


|   |   |           |             |             |                          |          |
|---|---|-----------|-------------|-------------|--------------------------|----------|
| Prosjekt:   |   |           |             |             |                          |          |
| <b>Detaljregulering for Gaustad sykehusområde</b>   |   |           |             |             |                          |          |
| Tittel:   |   |           |             |             |                          |          |
| <b>Fagrapport<br/>Flomanalyse</b>   |   |           |             |             |                          |          |
|   |   |           |             |             |                          |          |
| 04  | Revidert etter komplettvurdering              | 07.02.22  | LASK        | LREI        | TORH                     |          |
| 03  | Revidert planforslag etter offentlig ettersyn | 01.12.21  | LASK        | LREI        | LREI                     |          |
| 02  | Revidert planforslag                          | 15.12.20  | LASK        | LREI        | BNOR                     |          |
| 01  | Oversendelse av planforslag til Oslo kommune  | 31.01.20  | LASK        | LREI        | BNOR                     |          |
| Rev.  | Beskrivelse                                   | Rev. Dato | Utarbeidet  | Kontroll    | Godkjent                 |          |
| Kontraktør/leverandørs logo:  |   | Bygg nr.: | Etasje nr.: | Systemgr.:  | Antall sider:            |          |
| <br><small>Bright ideas. Sustainable change.</small> |   |           |             |             | <b>Side 1<br/>av 104</b> |          |
| Prosjekt:   | Utgivernr.:                                   | Fag:      | Dok.type:   | Løpenr.:    | Rev.nr.:                 | Status:  |
| <b>NSG</b>  | <b>8302</b>                                   | <b>T</b>  | <b>RA</b>   | <b>0004</b> | <b>04</b>                | <b>G</b> |

## REVISJONER

### **Revisjon 02**

Rapporten er revidert og oppdatert med justeringer av planalternativ 1A og 1B som er utført i løpet av høsten 2020.

### **Revisjon 03**

Rapporten er revidert og oppdatering med justeringer av planalternativ 1A og 1B som er utført i løpet av høsten 2021. Det er inkludert kapittel om restrisiko og dambruddsbølgeberegninger ved dam Sognsvann og Lille Åklungen. I tillegg har flomsonekartene blitt revidert for å inkludere 30 cm sikkerhetsmargin.

### **Revisjon 04**

Rapporten er justert etter kommentarer fra PBE ved komplettvurdering etter offentlig ettersyn.



## INNHALDSFORTEGNELSE

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>1.</b>  | <b>Forord</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2.</b>  | <b>Innledning</b>   | <b>2</b>  |
| <b>3.</b>  | <b>Utredningskrav</b>   | <b>4</b>  |
| <b>4.</b>  | <b>Mål og metode</b>  | <b>6</b>  |
| 4.1        | Målsetning  | 6         |
| 4.2        | Metode  | 6         |
| <b>5.</b>  | <b>Gjeldende føringer og retningslinjer</b>                   | <b>9</b>  |
| <b>6.</b>  | <b>Planområde og influensområde</b>                           | <b>11</b> |
| <b>7.</b>  | <b>Beskrivelser av alternativer</b>                           | <b>16</b> |
| 7.1        | Planalternativer  | 16        |
| <b>8.</b>  | <b>Flomberegning</b>  | <b>26</b> |
| 8.1        | Nedbørfelt  | 26        |
| 8.2        | Flomfrekvensanalyser  | 28        |
| 8.3        | Formelverk for små nedbørfelt                                 | 30        |
| 8.4        | Rasjonale formel  | 32        |
| 8.5        | PQRUT   | 33        |
| 8.6        | Oppsummering  | 35        |
| <b>9.</b>  | <b>Hydrauliske beregninger</b>                                | <b>37</b> |
| 9.1        | Topografiske data   | 37        |
| 9.2        | Modelloppbygging, forutsetninger og grensebetingelser         | 38        |
| <b>10.</b> | <b>Konsekvenser</b>   | <b>40</b> |
| 10.1       | 0-alternativet  | 40        |
| 10.2       | Planalternativene 1A, 1B, 2A og 2B                            | 45        |
| 10.3       | Usikkerhet  | 53        |
| 10.4       | Restrisiko  | 53        |
| 10.5       | Dambruddsbølgeberegninger dam Lille Åklungen og dam Sognsvann | 58        |
| 10.6       | Avbøtende og kompenserende tiltak                             | 70        |
| 10.7       | Slemdalsveien 87–89   | 80        |
| <b>11.</b> | <b>Oppsummering</b>   | <b>82</b> |
| <b>12.</b> | <b>Referanser og kilder</b>                                   | <b>85</b> |
| <b>13.</b> | <b>Vedlegg</b>  | <b>86</b> |

## VEDLEGG

Flomsonekart G102-G109

Orienteringsmøte dameier VAV

Flom og dambruddsbølgeberegninger Dam Lille Åklungen, Dam Sognsvann, Dam Store Åklungen, Dam Svartkulp og Frognerparkdammene, Nordmarkavassdraget

Dambruddskart Dam Lille Åklungen, Dam Sognsvann, Dam Store Åklungen, Dam Svartkulp og Frognerparkdammene, Nordmarkavassdraget

## FIGURLISTE

|  |    |
|--|----|
| Figur 1. Aktsomhetssone flom fra NVE ved planområdet vist i blått. Nye bygg for planalternativ 1A og 2B vises for å illustrere at nye bygg ligger innenfor aktsomhetssonen. Gjelder for samtlige planalternativer. | 5  |
| Figur 2. Formler fra Statens vegvesens Håndbok N200 (SVV, 2014).   | 7  |
| Figur 3. Tabell som viser klimafaktor for ulike geografiske områder. Hentet fra NIFS-rapport 134 (NVE, 2015).  | 10 |
| Figur 4. Planområdenes avgrensning er markert i rødt.  | 11 |
| Figur 5. Bro i øvre del av planområdet som går til «Geologistien» (foto: Rambøll).   | 12 |
| Figur 6. De to gangbroene ved planområdet sett motstrøms (foto: Rambøll).  | 12 |
| Figur 7. De to gangbroene ved planområdet. Venstre bro (oppstrøms) ligger høyere enn den til høyre (nedstrøms) (foto: Rambøll).  | 12 |
| Figur 8. Innløp til kulverter under Ring 3 (foto: Rambøll).  | 13 |
| Figur 9. Basseng på sørsiden av Ring 3 (foto: Rambøll).  | 13 |
| Figur 10. Utløp kulvert fra basseng (foto: Rambøll).   | 14 |
| Figur 11. Bro Forskningsveien. Sett medstrøms (foto: Rambøll).   | 14 |
| Figur 12. Gangbroer over etablert kanal ved SINTEF-bygg (foto: Rambøll).   | 15 |
| Figur 13. Volumstudie. Mørkegrønne volumer er arealer for etappe 1, lysegrønne volumer er arealer avsatt for utvikling i etappe 2. Nytt atkomsttorg er markert i brun. Planalternativ 1A (himmelretning mot øst).  | 17 |
| Figur 14. Planalternativ 1A.   | 18 |
| Figur 15. Volumstudie. Mørkegrønne volumer er arealer for etappe 1, lysegrønne volumer er arealer avsatt for utvikling i etappe 2. Nytt atkomsttorg er markert i brun. Planalternativ 1B (himmelretning mot øst).  | 19 |
| Figur 16. Planalternativ 1B.   | 20 |
| Figur 17. Volumstudie. Mørkegrønne volumer er arealer for etappe 1, lysegrønne volumer er arealer avsatt for utvikling i etappe 2. Atkomsttorget er markert i brun. Planalternativ 2A (himmelretning mot øst).     | 21 |
| Figur 18. Planalternativ 2A.   | 22 |
| Figur 19. Volumstudie. Mørkegrønne volumer er arealer for etappe 1, lysegrønne volumer er arealer avsatt for utvikling i etappe 2. Atkomsttorg er markert i brun. Planalternativ 2B (himmelretning mot øst).       | 23 |
| Figur 20. Planalternativ 2B  | 24 |
| Figur 21. Nedbørfelt (rød strek) for planområdet (svart strek), ved innløpet til kulvertene under Ring 3.  | 27 |
| Figur 22. Nærliggende målestasjoner benyttet i flomfrekvensanalysen.   | 29 |
| Figur 23. Beregning av flom med ulike gjentaksintervall for Sognsvannsbekken basert på formler for små nedbørfelt (NVE, 13/2015).  | 30 |
| Figur 24. Beregning av flom med ulike gjentaksintervall for Sognsvannsbekken basert på formler for små nedbørfelt, hvor effektiv sjøprosent er justert.  | 31 |
| Figur 25. Nedbørførløp og beregnet kulminert 200- og 1000-årsflom i PQRUT for effektiv sjøprosent lik 2,5 og 1,25 %.   | 34 |

|  |    |
|--|----|
| Figur 26. Innmålinger av vassdraget som er benyttet i oppbygging av den hydrauliske modellen.  | 37 |
| Figur 27. Utstrekning av den hydrauliske modellen vises med blå linje for senter bekk og svarte linjer for tverrprofiler. I tillegg vises tverrprofiler hvor det kommer påslipp fra sidevassdrag/bekker. | 38 |
| Figur 28. Beregnet vann- og energilinje for hele modellområdet for eksisterende situasjon ved dimensjonerende flom, Q1000 + 40 %.  | 42 |
| Figur 29. Beregnet vann- og energilinje ved planområdet for eksisterende situasjon ved dimensjonerende flom, Q1000 + 40 %.   | 43 |
| Figur 30. Utsnitt av flomsonekart for eksisterende situasjon ved Q1000 + 40 % med 30 cm sikkerhetsmargin.  | 44 |
| Figur 31. Tverrprofilnummer 896 av ny gangbro for planalternativ 1A og 1B lagt inn i modellen.   | 45 |
| Figur 32. Utklipp fra landskapsplan som viser plassering av Gaustaddammen ved innløpet til kulvertene under Ring 3.  | 46 |
| Figur 33. Ny bro vist med beregnet vann- og energinivå ved 200-årsflom + 40 %. Planalternativ 1A og 1B.  | 47 |
| Figur 34. Ny bru vist med beregnet vann- og energinivå ved 1000-årsflom + 40 %. Planalternativ 1A og 1B.   | 48 |
| Figur 35. Beregnet vann- og energilinje for hele modellområdet for alle planalternativene ved dimensjonerende flom, Q1000 + 40 %.  | 50 |
| Figur 36. Beregnet vann- og energilinje ved planområdet for alle planalternativene ved dimensjonerende flom, Q1000 + 40 %.   | 51 |
| Figur 37. Utsnitt av flomsonekart ved Q1000 + 40 % med 30 cm sikkerhetsmargin. Lys grønn er nye veier og rosa nye bygg. Planalternativ 1A.   | 52 |
| Figur 38. Utsnitt av flomsonekart ved Q1000 + 40 % med 30 cm sikkerhetsmargin. Lys grønn farge viser nye veier og rosa nye bygg. Planalternativ 1B.  | 52 |
| Figur 39. Utsnitt av flomsonekart ved Q1000 + 40 % med 30 cm sikkerhetsmargin. Rosa farge viser nye bygg. Planalternativ 2A.   | 52 |
| Figur 40. Utsnitt av flomsonekart ved Q1000 + 40 % med 30 cm sikkerhetsmargin. Rosa farge viser nye bygg. Planalternativ 2B.   | 52 |
| Figur 41. Ny bro med beregnet vannnivå ved 200-årsflom + 40 % for åpen og delvis gjentetting på vestre/høyre side. Planalternativ 1A og 1B.  | 54 |
| Figur 42. Ny bro med beregnet vannnivå ved 1000-årsflom + 40 % for åpen og delvis gjentetting på vestre/høyre side. Planalternativ 1A og 1B.   | 54 |
| Figur 43. Beregnet vannstand for kulverter under Ring 3 både åpen og gjentetting for Q200 + 40 %.  | 55 |
| Figur 44. Beregnet vannstand for kulverter under Ring 3 både åpen og gjentetting for Q200 + 40 %.  | 56 |
| Figur 45. Beregnet vanddekt areal ved Q1000 + 40 % for åpne kulverter (grått) og tattede kulverter (lyseblått) under Ring 3.   | 57 |
| Figur 46. Beregnede vanddybder ved Q1000 + 40 % ut på Ring 3.  | 57 |
| Figur 47. Alle tverrprofiler og beregningspunkter i den 1-dimensjonale modellen fra dam Store Åklungen og ned til Ringveien (Norconsult, 2011).  | 61 |
| Figur 48. Utvalgte tverrprofiler og beregningspunkter i den 1-dimensjonale modellen fra Lille Åklungen og ned til Ringveien (Norconsult, 2011).  | 62 |

|  |    |
|--|----|
| Figur 49. Flomsonekart fort situasjon Q1000 (blå) og DBBB (rød) ved Ringveien (Norconsult, 2011).  | 63 |
| Figur 50. Plassering av tverrprofiler oppstrøms og nedstrøms dam Sognsvann og tverrprofil som viser nytt overløp (Norconsult, 2011).   | 64 |
| Figur 51. Utvalgte tverrprofiler og beregningspunkter i den 1-dimensjonale modellen fra Sognsvann og ned til Ringveien (Norconsult, 2011).                                       | 68 |
| Figur 52. Flomsonekart for situasjon Q1000 (blå) og DBBB (rød) ved Ringveien, (Norconsult, 2011).  | 69 |
| Figur 53. Nytt kulvertløp Ø1600 mm (til høyre) lagt til de to eksisterende Ø1450 mm-kulvertene (til venstre) under Ring 3.   | 71 |
| Figur 54. Vann- og energilinje beregnet i innløpet til kulvertene under Ring 3 ved Q200 + 40 % for situasjon med tiltak.   | 72 |
| Figur 55. Vann- og energilinje beregnet i innløpet til kulvertene under Ring 3 ved Q1000 + 40 % for situasjon med tiltak.  | 73 |
| Figur 56. Beregnet vann- og energilinje for hele modellområdet for situasjon med avbøtende tiltak ved dimensjonerende flom, Q1000 + 40 %.  | 75 |
| Figur 57. Beregnet vann- og energilinje ved planområdet for situasjon med avbøtende tiltak ved dimensjonerende flom, Q1000 + 40 %.   | 76 |
| Figur 58. Utsnitt av flomsonekart ved Q200 + 40 % av eksisterende situasjon med 30 cm sikkerhetsmargin.  | 77 |
| Figur 59. Utsnitt av flomsonekart ved Q200 + 40 % med 30 cm sikkerhetsmargin etter tiltak (illustrert ved planalternativ 1A). Lys grønn farge viser nye veier og rosa nye bygg.  | 78 |
| Figur 60. Utsnitt av flomsonekart ved Q1000 + 40 % med 30 cm sikkerhetsmargin etter tiltak (illustrert ved planalternativ 1A). Lys grønn farge viser nye veier og rosa nye bygg. | 79 |
| Figur 61. Utklipp av illustrasjonsplan for planalternativ 1A som viser planlagt situasjon for Slemdalsveien 87-89.   | 80 |

## TABELLISTE

|  |    |
|--|----|
| Tabell 1. K-verdier basert på ulike overflatetyper (NVE 28/2016). Verdiene er revidert av Rambøll og NVE.  | 7  |
| Tabell 2. Feltkarakteristikk for Sognsvannsbekken og nærliggende målestasjoners nedbørfelt.  | 28 |
| Tabell 3. Spesifikk middelflom (kulminasjonsverdier) og forhold mellom middel- og 1000-årsflom for referansestasjoner.   | 30 |
| Tabell 4. Beregnede kulminasjonsverdier for flom ( $m^3/s$ ) for Sognsvannsbekken basert for formler for små nedbørfelt.   | 31 |
| Tabell 5. Beregnede kulminasjonsverdier for flom ( $m^3/s$ ) for Sognsvannsbekken basert på formelverk for små nedbørfelt, hvor effektiv sjøprosent er justert.                                    | 32 |
| Tabell 6. Parametere beregnet og valgt for beregning av vannmengder i den rasjonale formel.  | 32 |
| Tabell 7. Beregnet kulminasjonsverdier for flom for Sognsvannsbekken basert på den rasjonale formel.   | 33 |
| Tabell 8. Nedbørførsløp benyttet i PQRUT-modellen og beregnede kulminerende 200- og 1000-årsflomverdier for effektiv sjøprosent lik 2,5 og 1,25 %. Maksverdier for flom er markert med fet skrift. | 35 |
| Tabell 9. Sammenligning av beregnede kulminasjonsverdier for middelflom og 1000-årsflom ved planområdet.   | 36 |
| Tabell 10. Beregnede kulminerende flomverdier for ulike gjentaksintervall for Sognsvannsbekken ved planområdet.  | 36 |
| Tabell 11. Fordeling av beregnet kulminasjonsvannføringer ( $m^3/s$ ) for ulike tverrprofiler i den hydrauliske modellen.  | 39 |
| Tabell 12. Beregnede vann- og energilinjer (moh.) for utvalgte tverrprofiler langs planområder ved 200- og 1000-årsflom + 40% for eksisterende situasjon.  | 41 |
| Tabell 13. Nivå på kjellergulv for lavesteliggende bygg for de ulike planalternativene langs vassdraget.   | 45 |
| Tabell 14. Beregnede vann- og energilinjer (moh.) for utvalgte tverrprofiler langs planområder ved 200- og 1000-årsflom + 40 % for planalternativene.  | 49 |
| Tabell 15. Bruddforløp for dam Lille Åklungen (Norconsult, 2011).  | 59 |
| Tabell 16. Vannføring ut av dam Sognsvann ved forskjellige bruddgeometri og bruddtid (Norconsult, 2011).   | 65 |
| Tabell 17. Bruddforløp og dambruddsbølge ut av dam Sognsvann (* faktisk bunnbredde er noe lavere da den er begrenset av topografien) (Norconsult, 2011).   | 66 |
| Tabell 18. Sammenligning av Q1000 + 40 % fra Rambøll og DBBB fra Norconsult ved dam Lille Åkelungen  | 70 |
| Tabell 19. Sammenligning av Q1000 fra Rambøll og DBBB fra Norconsult ved dam Sognsvann   | 70 |
| Tabell 20. Beregnede vann- og energilinjer (moh.) for utvalgte tverrprofiler langs planområder ved 200- og 1000-årsflom + 40% for situasjon med avbøtende tiltak.                                  | 74 |

## 1. FORORD

Målbildet for Oslo universitetssykehus HF slik det ble godkjent i foretaksrådet for Helse Sør-Øst RHF 24. juni 2016, innebærer blant annet at det skal bygges et samlet og komplett region-sykehus inkludert lokalsykehusfunksjoner på Gaustad (Nye Rikshospitalet). Det er derfor utarbeidet en reguleringsplan med konsekvensutredning i saken. Konsekvensutredningen belyser virkningene for miljø og samfunn av Helse Sør-Øst RHF sin foreslåtte utbygging på Gaustad.

Rapporten om *flomanalyse* inngår i en serie fagrapporter som dokumenterer temaer som er konsekvensutredet og undersøkt i tråd med planprogrammet fastsatt av Oslo kommune. Belysningen i denne rapporten er ensidig rettet mot noen utvalgte spørsmål i planprogrammet, mens helheten er oppsummert og vurdert i en felles rapport, en samlet konsekvensutredning. Denne rapporten er utarbeidet av Rambøll Norge AS på vegne av Helse Sør-Øst RHF.

En prosjekteringsgruppe bestående av Ratio arkitekter AS, Arkitema Architects, Sweco Norge AS og Metier OEC har utviklet utbyggingsløsningen gjennom en konseptfase og et skisseprosjekt. I dette arbeidet har behovet for ett funksjonelt sykehus tilrettelagt for god pasientsikkerhet og effektiv drift, vurdert i forhold til andre virkninger for miljø og samfunn, vært sentralt for utforming av konseptet og planforslaget.

Høsten 2020 ble det engasjert ny prosjekteringsgruppe bestående av Multiconsult AS, Fabel Arkitekter, Bølgeblikk arkitekter og Erichsen & Horgen AS for gjennomføring av forprosjektet. Denne gruppen har bistått med videreutvikling av konseptet og revidert planforslag.

Planprosessen som er gjennomført med Rambøll som planrådgiver, er gjennomført i nær dialog med blant annet representanter fra Helse Sør-Øst RHF sin prosjektorganisasjon, Oslo universitetssykehus HF, Oslo kommune, Statens Vegvesen, Riksantikvaren og Byantikvaren i Oslo.

Styret i Helse Sør-Øst RHF vedtok i juni 2019 (i sak 050-2019) at videre prosess skal basere seg på planalternativ 1A. Konseptet for dette alternativet skal videreutvikles gjennom forprosjekt og detaljprosjektering. Denne rapporten vurderer konsekvensene av alle fire planalternativene angitt i planprogrammet.

## 2. INNLEDNING

Videreutviklingen av Aker (Nye Aker) og Gaustad (Nye Rikshospitalet) er et ledd i realisering av målbildet for Oslo universitetssykehus HF slik det ble vedtatt i foretaksmøtet for Helse Sør-Øst RHF 24.6.2016. Målbildet innebærer at Oslo universitetssykehus HF utvikles med et samlet og komplett regionsykehus inkludert lokalsykehusfunksjoner på Gaustad, et lokalsykehus på Aker og et spesialisert kreftsykehus på Radiumhospitalet. I tillegg skal det etableres en regional sikkerhetsavdeling (RSA) til erstatning for nåværende virksomhet på Dikemark.

Det er tre hovedårsaker til at Oslo universitetssykehus HF trenger nye sykehusbygg:

- Store deler av virksomheten foregår i bygninger som er gamle, uhensiktsmessige og i dårlig stand. Dette krever tiltak for å sikre avansert medisinsk virksomhet og for å kunne følge den medisinske og teknologiske utviklingen. En stor del av bygningsmassen gir dårlige forhold for både pasienter og ansatte.
- En sammenslåing av likartede aktiviteter er nødvendig for både å oppnå bedre kvalitet og effektivitet i pasientbehandlingen og for å gi sunn økonomisk drift.
- Det forventes en betydelig befolkningsvekst i Oslo og i regionen rundt.

I tillegg til pasientbehandling har Oslo universitetssykehus HF omfattende og viktige oppgaver knyttet til forskning, utvikling, utdanning og innovasjon. Dette er oppgaver som løses i samarbeid med nære samarbeidspartnere som Universitet i Oslo, Oslo kommune og høgskolene.

Planleggingen på Gaustad forutsetter at Rikshospitalet videreutvikles til et komplett regionsykehus inkludert nasjonale funksjoner, og med lokalsykehusfunksjoner. På Rikshospitalet ivaretas i dag i hovedsak elektive lands-, region- og en del områdefunksjoner, og noen mer akutte funksjoner. Dagens virksomhet i Gaustad sykehus, som hovedsakelig er døgnvirksomhet for psykisk helsevern for voksne, er planlagt flyttet til Aker. Universitetet i Oslo (UiO) har også stor aktivitet på området i Domus Medica og Domus Odontologica.

Konseptfasen for nye sykehus på Gaustad og Aker ble gjennomført i 2018/2019, og dokumentert i konseptfaserapporter fra november 2018<sup>[1]</sup> og revidert mai 2019<sup>[2]</sup>. Formålet med konseptfaseutredningene er å avklare innhold, rammer og utbyggingsløsning slik at det kan tas stilling til fremdrift og gjennomføring av prosjektene. Konseptfaserapporten ble vedtatt av styret ved Helse Sør-Øst RHF 20. juni 2019. Styret i Helse Sør-Øst RHF vedtok i sitt møte den 25. juni 2020 i sak 063-2020 oppstart av forprosjekt for Nye Aker og Nye Rikshospitalet med endelig behandling i møtet den 26. november 11.2020 i sak 124-2020.

En ønsket fremtidig utvikling av Gaustad sykehusområde krever ny reguleringsplan. I henhold til plan- og bygningslovens § 12-10 første ledd, jf. § 4-1 og § 4-2 med tilhørende forskrift, skal det utarbeides konsekvensutredning for reguleringsplaner som kan ha vesentlige virkninger for miljø og samfunn. Planforslaget faller inn under forskriftens § 6 b jf. Vedlegg 1, punkt 24: *«næringsbygg, bygg for offentlig eller privat tjenesteyting og bygg til allmennyttig formål med et bruksareal på mer enn 15 000 m<sup>2</sup> skal konsekvensutredes».*

Reguleringsplanforslaget for Nye Rikshospitalet ble oversendt plan- og bygningsetaten i Oslo i desember 2020 og lagt ut på offentlig ettersyn og høring 12. april 2021. Det er gjennomgående forprosjekt gjort endringer i konseptet som følge av innkomne merknader ved offentlig ettersyn og prosjektutvikling. Endringene er innarbeidet i det reviderte planforslaget, som denne fagrapporten er en del av.

<sup>[1]</sup> Videreutvikling av Aker og Gaustad, Konseptrapport, Oslo universitetssykehus HF, 16.11.2018

<sup>[2]</sup> Videreutvikling Aker og Gaustad, Konseptrapport Barn, føde og gynekologi, Oslo universitetssykehus HF, 23.5.2019

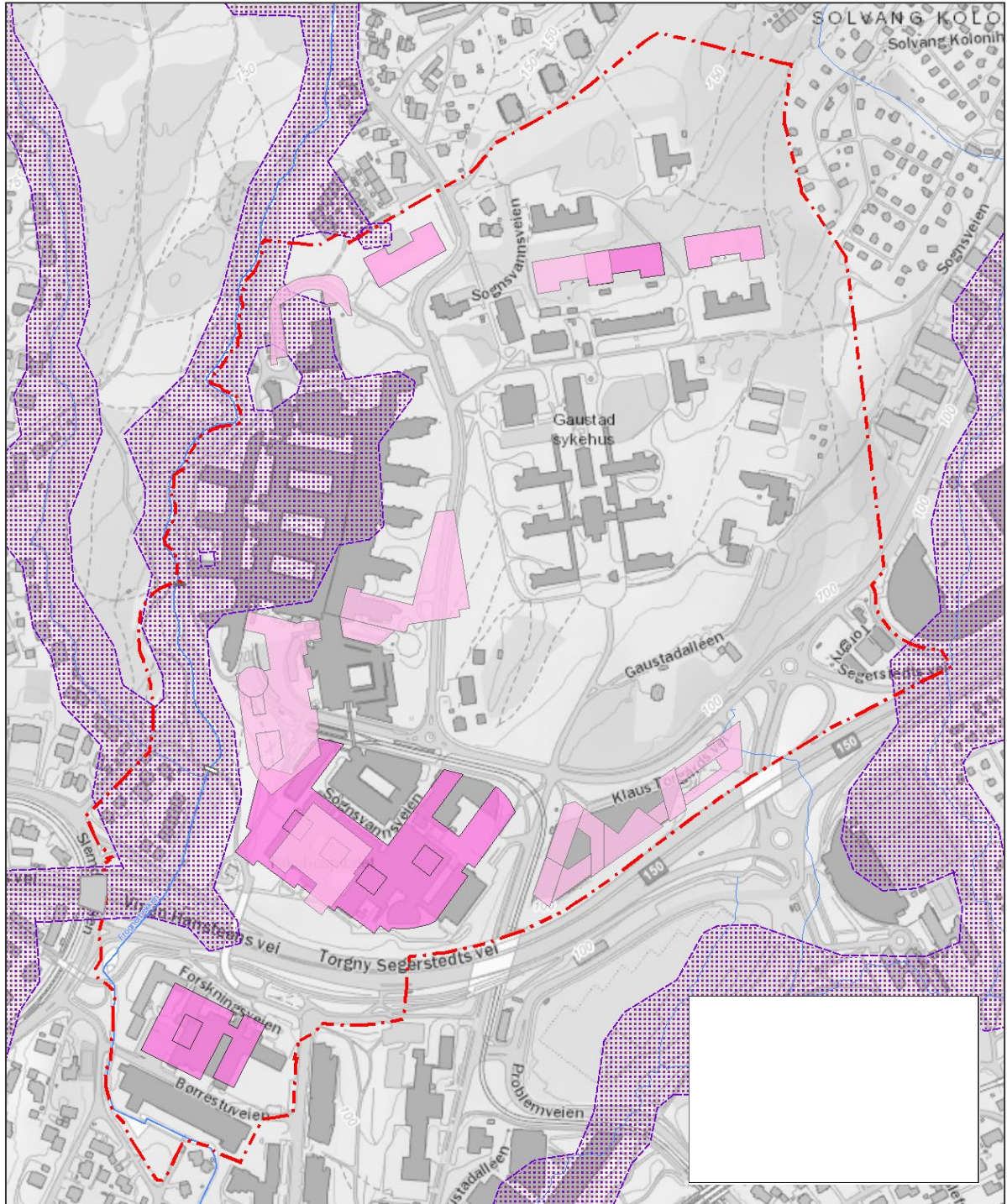
Reguleringsplanen er en oppfølging av vedtaket om målbildet for videreutvikling av Oslo universitetssykehus HF i Helse Sør-Øst i 2016, godkjent av helseministeren i foretaksmøte. Stortinget godkjente planene for utbygging av Aker og Gaustad i forbindelse med behandling av statsbudsjettet for 2020.



### 3. UTREDNINGSKRAV

Ved utbygging i aktsomhetssoner for flom tilrårer Norges vassdrag- og energidirektorat (NVE) kommuner å pålegge utredning av flomfare, konsekvenser og avbøtende tiltak. Siden en utbygging på sykehusområdet på Gaustad ligger innenfor aktsomhetssonen for flom stilles det krav til utredning for temaet.

Aktsomhetskartet for flom fra NVE er vist i Figur 1, hvor planalternativene 1A og 2B er lagt over hverandre for å representere fotavtrykket av nye bygg i samtlige planalternativ. Kartet viser at eksisterende bygningsmasse ved Rikshospitalet og samtlige planalternativ er berørt av aktsomhetssonen. Det skal i alle planalternativ etableres nye bygningsmasser nærmere Sognsvannsbekken enn tidligere, noe som medfører utleggelse av masser og reduksjon av tilgjengelig nyttbart volum for vann ved flom. Det er derfor trolig at flomsituasjonen for boligområde i vest for Sognsvannsbekken vil forverres.



**Figur 1. Aktshetsssone flom fra NVE ved planområdet vist i blått. Nye bygg for planalternativ 1A og 2B vises for å illustrere at nye bygg ligger innenfor aktshetsssonen. Gjelder for samtlige planalternativer.**

## 4. MÅL OG METODE

### 4.1 Målsetning

Hovedmålene med denne utredningen er å dokumentere flomfare og eventuelle konsekvenser for Gaustad sykehusområde, visualisere flommens utbredelse langs planområdet og foreslå avbøtende tiltak for at foreliggende planer kan gjennomføres uten forverring av flomforhold for nærliggende bebyggelse og infrastruktur.

Sidevassdrag er ikke beregnet og kontrollert for flomutbredelse i denne utredningen.

#### 4.1.1 Delmål

I planalternativene 1A og 1B ligger det inne en ny krysning av Sognsvannsbekken for fotgjengere og syklist. En del av utredningene er å undersøke hvilke nivåer en gang- og sykkelbro kan ligge på uten at den forverrer flomsituasjonen.

### 4.2 Metode

#### 4.2.1 SCALGO LIVE

Nedslagsfeltet er beregnet ved bruk av det internettbaserte, GIS-verktøyet SCALGO Live (<https://scalgo.com/>) som baserer seg på terrengmodellen fra NDH (Nasjonal detaljert høydemodell) med gridceller på 1 x 1 meter. Verktøyet kan beregne nedslagsfelt, avrennings-/flomveier, volum av groper og magasin og feltlengder og høydeforskjeller. Man kan legge inn egne GIS-filer og editere/redigere terrenget, for så å gjøre nye beregninger etter tiltak. Funksjonaliteten til programvaren ligner i stor grad på verktøyet Arc Hydro Tools for Arc GIS. Det henvises til hjemmesiden SCALGO Live for mer informasjon. Det kreves lisens for tilgang til terrengmodell basert på NDH.

#### 4.2.2 Flomberegninger

For å vurdere dimensjonerende flomverdi for vassdraget har det blitt benyttet metoder og formler anbefalt i NVE-veilederen 7/2015 «*Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt*». Under er det gitt en kort forklaring av de ulike metodene benyttet, men for mer detaljert lesning om formelverket henvises leseren til veilederen.

##### Flomfrekvensanalyse

Det er knyttet usikkerheten ved middelsflommen ( $l/s \cdot km^2$ ) beregnet i NEVINA, slik at en sammenligning mot middelsflomverdier fra nærliggende og sammenlignbare felt med målestasjoner for vannføring må gjennomføres. Målestasjoner med lignende feltkarakteristika som planområdets nedbørfelt kan benyttes for å vurdere om beregnet middelflomverdi er for lav eller høy.

##### Formelverk for små nedbørfelt

For beregning av vannmengder ved flom for nedslagsfelt i størrelse opp mot 50 km<sup>2</sup> anbefales det at det nasjonalt formelverk for små nedbørfelt benyttes. Formelverket baserer seg på parameterne feltstørrelse, middelvannføring og andel sjø, og beregner kulminerende flomverdier for ulike gjentakintervall (fra middelflom til 1000-årsflom), samt et troverdighetsintervall representert ved en høy og lav verdi. Ved bruk av NVEs lavvannsapplikasjon NEVINA kan nedslagsfelt, feltkarakteristika og flomverdier genereres og beregnes. Beregnede verdier er sammenlignet og justert ved bruk av GIS-analyse og SCALGO, for deretter å beregne nye flomverdier.

### Rasjonale formel

Konsentrasjonstider er beregnet etter formel fra Statens vegvesens Håndbok N200 (2014), og er gjengitt i Figur 2. Verdier for overflatetype settes ut fra Tabell 1.

**Konsentrasjonstid (iht. til Håndbok SVV N200)**  
*For naturlige felt (f.eks. skogsområder, ikke utbygde felt)*

$$t_c = K \cdot L \cdot H^{-0,5} + 3000 \cdot A_{se}$$

*Urbane felt (utbygde felt)*

$$t_c = 0,02 \cdot L^{1,15} \cdot H^{-0,39}$$

$t_c$  = konsentrasjonstid (min)  
 $K$  = Verdi basert på overflatetype. Se Tabell NVE 2016/28.  
 $L$  = Lengde (m)  
 $H$  = Høydeforskjell i feltet (m)  
 $A_{se}$  = Andel innsjø i feltet (forholdstall)

Lengde og høydeforskjellen i feltet regnes fra hhv. fjerneste punkt i feltet til utløpet og fra høyeste punkt i feltet til utløpet.

Figur 2. Formler fra Statens vegvesens Håndbok N200 (SVV, 2014).

Tabell 1. K-verdier basert på ulike overflattetyper (NVE 28/2016). Verdiene er revidert av Rambøll og NVE.

| Overflatetype      | K-verdi |
|--------------------|---------|
| Tett skog          | 0,6     |
| Høy vegetasjon     | 0,4     |
| Plen og kort gress | 0,25    |
| Bart fjell         | 0,15    |
| Asfalt og betong   | 0,1     |

Den rasjonell formel for å beregne vannmengder for hvert enkelt nedbørfelt brukes primært for overslagsberegninger og dimensjonering for små urbane felt opp mot 50 ha (0,5 km<sup>2</sup>). For felt med areal i området 0,5 - 2 km<sup>2</sup> må den rasjonelle formel benyttes med varsomhet (større naturlige eller kombinerte naturlige/urbane felt). Se formel under:

$$Q = C \cdot i \cdot A \cdot K_f$$

$Q$  = vannføring (l/s)  
 $i$  = Nedbørs intensitet (l/s\*ha)  
 $A$  = Areal av nedbørsfelt (ha)  
 $K_f$  = Klimafaktor (-)

Nedbørs intensitet velges utifra IVF kurve etter returperiode og regnvarighet = konsentrasjonstid.

### PQRUT

Nedbør-avrenningsmodellen PQRUT er en forenkling av HBV-modellen, som benyttes for større vassdrag og ofte i vannkraftsammenheng. Modellen krever feltkarakteristikkene areal, effektiv sjøprosent, hypsografisk kurve (H25 og H75), feltlengde og spesifikk normalavrenning for å «kalibrere» modellparameterne K1, K2 og T1. I tillegg må det estimeres og legges inn en konsentrasjonstid og et nedbørsforløp. Konsentrasjonstid ble estimert ved sammenligning av resultat ved bruk av ulike formler for konsentrasjonstid presentert i NIFS-rapport 28/2016 «Drenering for veg og jernbane» (SVV, 2016).

Nedbørforløpet er konstruert basert på medianverdien for nedbørmengde for en 200-års flom med en gitt varighet, tabell 4 (NVE 7/2015), og verdi for total døgnedbør med 200 års gjentakelsesintervall, figur 9 (NVE 7/2015). Nedbørmengdene i tabellene gjelder kun for gjentakelsesintervall opp mot 200 år, derfor har konstruert nedbørsforløp blitt justert med forholdstallet  $Q_{1000}/Q_{200}$ . Det konstruerte nedbørforløpet er lagt inn sammen med resten av inputverdiene i den nettbaserte versjonen av PQRUT.

#### 4.2.3 Hydrauliske beregninger

##### HEC-RAS

Programvaren HEC-RAS er benyttet ved beregning av vannlinjer. HEC-RAS er et anerkjent 1- og 2-dimensjonal elvemodell program som beregner vannlinjer ved ulike hydrauliske forhold og har spesielle funksjoner for å beregne effekt av blant annet broer (landkar og pilarer) og kulverter. Det er etablert en hydraulisk 1D modell i HEC-RAS av Sognsvannsbekken fra Sognsvann og litt sør for planområdet og Ring 3. Terreng- og bekkenivåer er basert på innmålinger av utvalgte tverrprofiler, FKB-data og eksisterende laserdata i NDH 1 meter (*Nasjonalt detaljert høydemodell*).

#### 4.2.4 Flomsonekart

Basert på vannlinjeberegninger i HEC-RAS er det gjennomført en GIS-analyse som viser hvilke arealer som blir oversvømt langs vassdraget. Oversvømmelse langs kantene til elva fremkommer der den etablerte terrengmodell viser at terrenget ligger lavere enn vannlinjen.

#### 4.2.5 Bebyggelse i Slemdalsveien 87–89

Det er lagt til grunn dagens bebyggelse i videre arbeid og flomsonekartlegging. Bakgrunnen til at den nye bebyggelsen i Slemdalsveien 87–89 ikke er inkludert i flomberegningene, er som følge av at formålet, samt at planen for eiendommen ble utarbeidet våren 2022. Flomberegningene ble sist revidert høsten 2021.

En endring av bebyggelse på eiendommen er vurdert å ikke påvirke resultatene av flomberegningene som er gjort, som følge av at beregningene av vannføring er gjort statistisk. Det vil si at vannføringen vil være lik over tid, slik at alle områder som kan oversvømmes ved en gitt flomhendelse, vil bli fylt med vann, til tross for at det kan være store arealer/volum som må fylles opp.

I realiteten vil en flomhendelse ha en varierende vannføring over tid. Det betyr at områder som blir oversvømt/vanddekt kan være mindre enn hva som er beregnet statistisk, da det tar tid å fylle opp alle lavpunkt og arealer med vann. Flomberegningene som er gjort i rapporten vil dermed være konservativ for områder hvor det er store arealer og volum som fylles opp før vann kan renne videre nedstrøms, slik som for området nord for Ring 3. Derfor vil resultatene av vannstander for flomberegningene være gyldige også for en endring ved Slemdalsveien 87–89.

Leseren gjøres oppmerksom på at resultater og flomsonekart viser eksisterende bebyggelse, og ikke ny planlagt bebyggelse for Slemdalsveien 87–89.



## 5. GJELDENE FØRINGER OG RETNINGSLINJER

Flomfare for byggverk må følge kravene gitt i Byggteknisk forskrift (TEK17) § 7-2 (Sikkerhet mot flom og stormflo). I henhold til paragrafens første ledd skal ikke byggverk hvor konsekvensen er særlig stor plasseres i flomutsatte områder, og tiltak for å sikre eller avbøtende tiltak slik at byggverk tåler oversvømmelse er ikke akseptert. For byggverk i flomutsatte området skal bygg dimensjoneres og sikres for gjeldende sikkerhetsklasser. TEK 17 oppgir følgende sikkerhetsklasser for flom:

**Sikkerhetsklasse F1** inkluderer bygninger som garasjer og lagerbygg med lite personopphold der oversvømmelse har liten konsekvens. 20-årshendelse er dimensjonerende.

**Sikkerhetsklasse F2** omfatter bebyggelse med personopphold og gjelder for områder der oversvømmelse får middels konsekvens. 200-årshendelse er dimensjonerende.

**Sikkerhetsklasse F3** omfatter bygg for sårbare samfunnsfunksjoner og byggverk som under flom kan forårsake stor forurensning på omgivelsene. Sikkerhetsklasse F3 gjelder områder der oversvømmelse får store konsekvenser. 1000-årshendelse er dimensjonerende.

Sykehusbyggene som eksisterer og er planlagt på Gaustad må anses å være av regional og nasjonal betydning for beredskap og krisehåndtering. Det vil si at første ledd i § 7-2 må oppfylles, og at bygg ikke kan plasseres flomutsatt.

For å undersøke hva som er flomutsatte områder langs Sognsbekken legges sikkerhetsklasse F3 i § 7-2 andre ledd til grunn som gjentaksintervall. F3 i TEK17 omfatter svært sårbare samfunnsfunksjoner (som sykehus), hvor største årlig nominelle sannsynlighet for oversvømmelse settes lik 1/1000 (gjentaksintervall på 1000 år) for området for videre utredninger.

Innenfor planområdet er det eksisterende byggverk vest for Sognsbekken som ikke er definert som sykehusbygg. Sikkerhet mot flom for boliger med personopphold er omfattet av sikkerhetsklasse F2, hvor gjentaksintervall på 200 år settes som dimensjonerende.

NVE har utarbeidet en rapport (81-2016) med forventet klimautvikling frem til år 2100 ved beregning av flommer med forskjellige gjentaksintervall. I NVEs veileder for flomberegninger kommer det frem følgende «20 % økning – Alle nedbørfelt med areal < 100 km<sup>2</sup> og andre mindre nedbørfelt som reagerer raskt på styrtregn.». Nedbørfeltet til Sognsvannsbekken ved planområdet er et lite felt med urbant areal, hvor det er forventet rask respons fra styrtregn.

NIFS-rapport 134/2016 Dimensjonerende korttidsnedbør, utarbeidet av NVE, JBV og SVV, har laget en oversikt over forventet endring i 3-timers nedbør etter utslippsscenarioene RCP4.5 og RCP8.5 (Figur 3). Basert på resultatene for R2: Østlandet er medianverdien for det verste utslippsscenarioet 1,37, altså en økning i nedbør på 37 %.

**Tabell 7.6 Klimafaktorer for endring i 3-timers nedbør fra 1976-2005 til 2071-2100 for de to utslippsscenarioene RCP4.5 og RCP8.5. Resultatene er basert på endring i verdier med returperioder på 200 år, og er gitt for median, lav og høy klimafremskrivning.**

| Nedbørregion               | RCP4.5 |             | RCP8.5 |             |
|----------------------------|--------|-------------|--------|-------------|
|                            | Middel | Lav - Høy   | Middel | Lav - Høy   |
| R1: Østfold                | 1,20   | 1,07 – 1,40 | 1,51   | 1,05 – 2,23 |
| R2: Østlandet              | 1,17   | 1,09 – 1,32 | 1,37   | 1,18 – 1,70 |
| R3: Sørlandet              | 1,19   | 1,07 – 1,38 | 1,29   | 1,08 – 1,53 |
| R4: Sørvestlandet          | 1,16   | 1,02 – 1,42 | 1,29   | 1,10 – 1,53 |
| R5: Sunnhordland/Ryfylke   | 1,16   | 1,08 – 1,37 | 1,33   | 1,21 – 1,46 |
| R6: Nordhordl/ Sogn&Fj.    | 1,18   | 1,08 – 1,28 | 1,32   | 1,21 – 1,42 |
| R7: Dovre/ Nord Østerdal   | 1,18   | 1,05 – 1,24 | 1,38   | 1,30 – 1,59 |
| R8: Møre & Romsdal         | 1,23   | 1,13 – 1,39 | 1,39   | 1,20 – 1,64 |
| R9: Inntrøndelag           | 1,19   | 1,05 – 1,37 | 1,31   | 1,16 – 1,60 |
| R10: Trøndelag / Helgeland | 1,20   | 1,12 – 1,35 | 1,35   | 1,21 – 1,56 |
| R11: Hålogaland            | 1,19   | 1,10 – 1,25 | 1,36   | 1,23 – 1,41 |
| R12: Finnmarksvidda        | 1,19   | 1,12 – 1,35 | 1,39   | 1,27 – 1,54 |
| R13: Varanger              | 1,19   | 1,07 – 1,37 | 1,40   | 1,27 – 1,60 |

Figur 3. Tabell som viser klimafaktor for ulike geografiske områder. Hentet fra NIFS-rapport 134 (NVE, 2015).

Klimaprofil for Oslo og Akershus, rapport utarbeidet av Norsk klimaservicesenter, anbefaler klimapåslag for flomvannføring fram mot 2100 på minst 20 %. For regnskyll (nedbør) med kortere varighet enn 3 timer foreslås et klimapåslag på 40 % (Norsk klimaservicesenter, 2017).

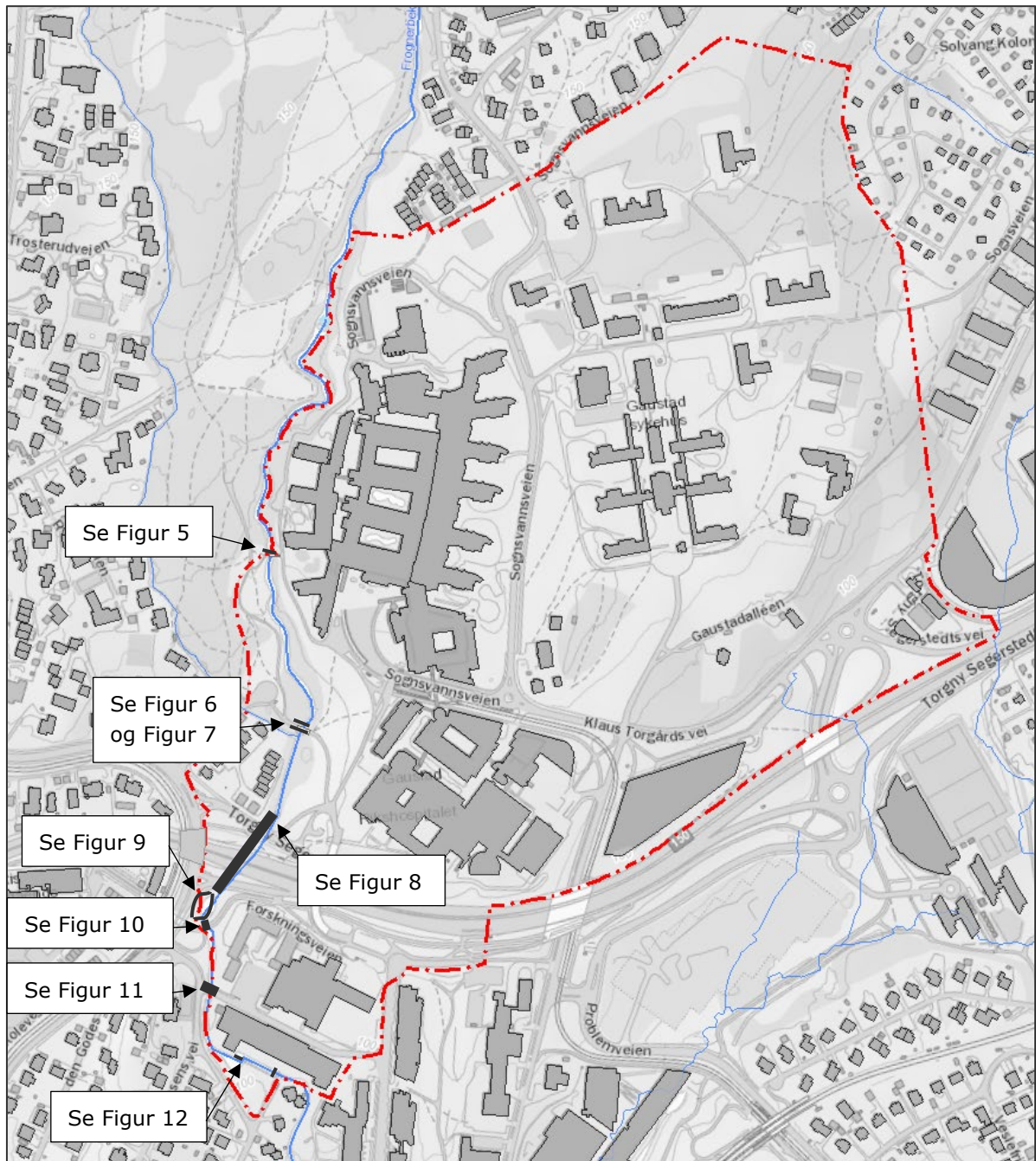
Basert på ovenstående settes dimensjonerende flom for planområdet til  $Q_{DIM} = Q_{1000} + 40\%$ .

Følgende veiledninger/retningslinjer har blitt lagt til grunn for utredningen:

- Byggteknisk forskrift - TEK17
- Norsk klimaservicesenter – Klimaprofil Oslo og Akershus. Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning.
- NVE rapport nr. 2-2011 – Flaum og skredfare i arealplaner.
- NVE rapport nr. 4-2011 – Retningslinjer for flomberegninger.
- NVE rapport nr. 7-2015 – Veiledning for flomberegninger i små uregulerte felt.
- NVE rapport nr. 13-2015 – Nasjonalt formelverk for flomberegning i små nedbørfelt.
- NVE rapport nr. 81-2016 – Klimaendringer og framtidig flommer i Norge.
- NIFS-rapport nr. 134-2015 – Dimensjonerende korttidsnedbør.
- NIFS rapport nr. 28-2016 – Overvannshåndtering og drenering for veg og jernbane.
- Statens vegvesens Håndbok N200 Vegbygging.
- Statens vegvesens rapport nr. 681 – Lærebok - Drenering og håndtering av overvann.

## 6. PLANOMRÅDE OG INFLUENSOMRÅDE

Planområdet er vist i Figur 4. De ulike planalternativene sine avgrensninger er vist med rød strek. Langs planområdet er det i dag tre broer: en bro som går til turstien «Geologistien» og 2 lenger ned i vassdraget som knytter sykehusområdet mot boligområdet i vest (Figur 5, Figur 6 og Figur 7). De to gangbroene nederst i planområdet har ugunstig utforming ved at underkant på øvre bro ligger på nivå med topp dekke på nedre bro. De to broene oppfører seg som en tykk bro, hvor tilgjengelig strømningsareal er minimalt. Det er forventet at broene oversvømmes ved lave gjentaksintervall og fører til at vannet strømmer ut over bekken bredder før det renner tilbake til bekken like nedstrøms.



Figur 4. Planområdenes avgrensning er markert i rødt.





**Figur 5. Bro i øvre del av planområdet som går til «Geologistien» (foto: Rambøll).**



**Figur 6. De to gangbroene ved planområdet sett motstrøms (foto: Rambøll).**



**Figur 7. De to gangbroene ved planområdet. Venstre bro (oppstrøms) ligger høyere enn den til høyre (nedstrøms) (foto: Rambøll).**

Sognsvannsbekken går videre i kulvert under Ring 3 (Figur 8), og ender opp i et basseng på sørsiden av veien. Kulvertene er registrert som to sirkulære Ø1450 mm-rør i karttjenesten *UnderOslo.no*. Kapasiteten til kulvertene er trolig lav, slik at det oppstår en oppstuvning oppstrøms innløpet til kulverter under Ring 3. Bassenget nedstrøms kulverten har flere terskler som antas å være bygd for fiskevandring og rekreasjon (Figur 9). I bunn av tersklene i bassenget går bekken i en ny kulvert under gang- og sykkelveien. Utløpet vises i Figur 10.



Figur 8. Innløp til kulverter under Ring 3 (foto: Rambøll).



Figur 9. Basseng på sørsiden av Ring 3 (foto: Rambøll).





**Figur 10. Utløp kulvert fra basseng (foto: Rambøll).**

Bekken går fra utløpet med definerte sidekanter til naturlig bekkeleie. Nedstrøms krysser bekken Forskningsveien under bro (Figur 11). Videre renner bekken inn i et etablert kanalløp ved SINTEF-bygg, hvor det er to mindre gangbroer over kanalen (Figur 12).



**Figur 11. Bro Forskningsveien. Sett medstrøms (foto: Rambøll).**



**Figur 12. Gangbroer over etablert kanal ved SINTEF-bygg (foto: Rambøll).**

## 7. BESKRIVELSER AV ALTERNATIVER

### 7.1 Planalternativer

I henhold til Oslo kommunes fastsatte planprogram for reguleringsplanarbeidet for Gaustad sykehusområde er Helse Sør-Øst RHF pålagt å utrede fire planalternativer som følger:

Planalternativ 1A er Helse Sør-Øst RHF sitt foretrukne planalternativ. Planalternativet er utviklet gjennom konseptfasen i 2018/2019 med utgangspunkt i en bred mulighetsstudie hvor 16 ulike utbyggingsløsninger ble vurdert. Arbeidet er dokumentert i rapportene «*Videreutvikling Aker og Gaustad - Konseptfase Gaustad - Steg 1*», «*Videreutvikling av Aker og Gaustad Konseptrapport*» og «*Videreutvikling Aker og Gaustad, Konseptrapport Barn, føde og gynekologi*», og ligger grunn for styret i Helse Sør-Øst RHF sitt vedtak den 20.6.2019 med godkjenning av konseptrapport og skisseprosjekt. Etter offentlig ettersyn og videre prosjektutvikling i forprosjektfasen har forslagsstiller gjort justeringer i planalternativ 1A og 1B i samråd med Oslo kommune v/ Plan- og bygningsetaten.

Planalternativ 1B skal utredes som følge av krav i høyhusstrategien for Oslo. Høyhusstrategien krever at det utarbeides et planalternativ som er innenfor byggehøyde på 42 meter. Dette er en følge av at utbyggingsløsningen i planalternativ 1A har byggehøyde på ca. 51 meter.

Planalternativ 2A er Oslo kommune v/Plan- og bygningsetaten sitt planalternativ, med utbyggingsløsning nærmere Ring 3. Planalternativ 2B er Oslo kommune v/Byantikvarens planalternativ med minst mulig utbygging i nærmiljøet til Gaustad sykehus.

Under følger en kort beskrivelse av hvert av planalternativene, i tillegg til 0-alternativet som benyttes som sammenligningsgrunnlag.

#### 7.1.1 0-alternativet

I henhold til planprogrammet skal det redegjøres for følgene av ikke å realisere planen. 0-alternativet defineres som eksisterende situasjon innenfor planområdet på Gaustad, da området i hovedsak er utbygget etter gjeldende regulering.

0-alternativet er et utredningsalternativ, ikke et planalternativ. Det presiseres at 0-alternativet i konsekvensutredningen ikke tilsvarer 0-alternativet som har inngått i idéfasen og konseptfasen for videreutvikling av Oslo universitetssykehus HF.

#### 7.1.2 Planalternativ 1A

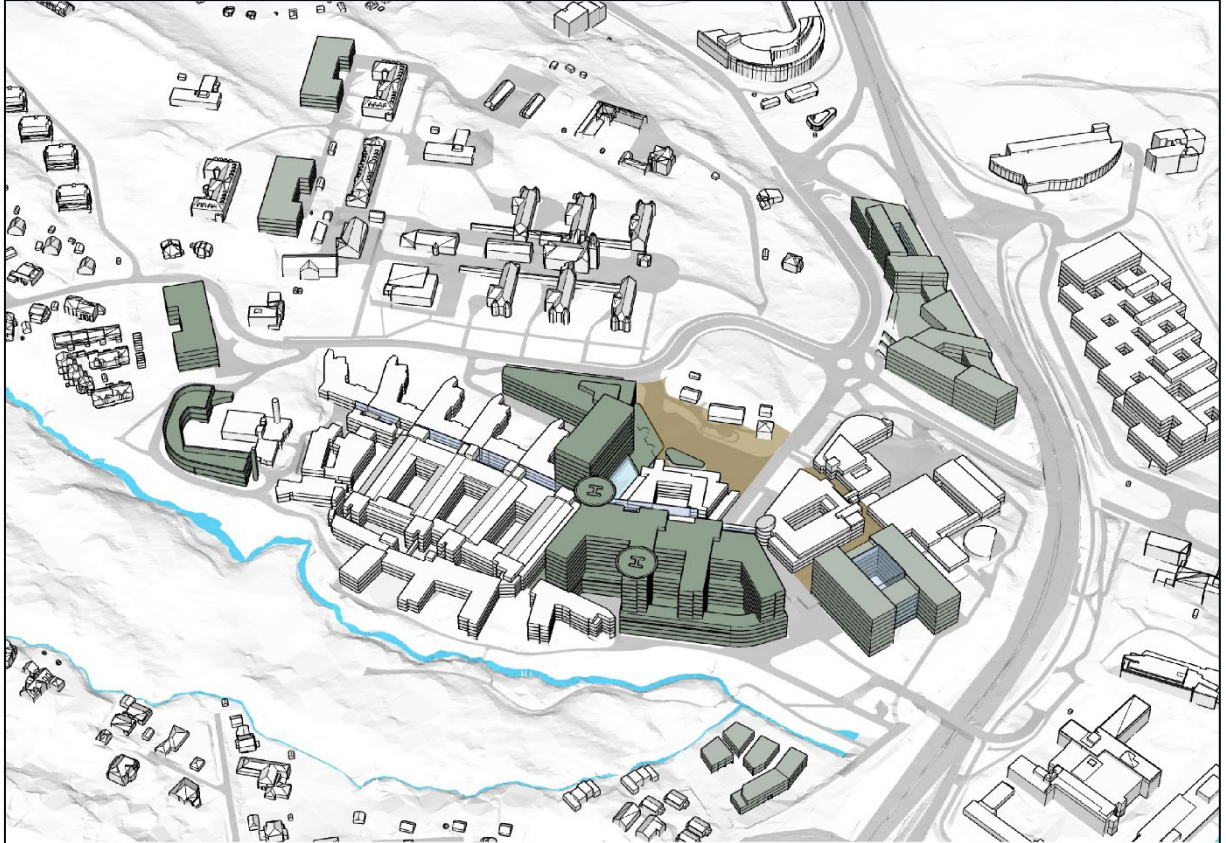
Planalternativ 1A innebærer en utvikling hovedsakelig i sør og øst i etappe 1. Videre er det utvidelsesmuligheter i nord og videre mot sør for utvikling i senere etapper i bygg R, S, DM, V og W (Figur 13 og 14).

Hovedvekten av ny bebyggelse etableres på dagens adkomsttorg, og kobles fysisk og funksjonelt sammen med eksisterende sykehus. På sykehusets østside etableres nytt behandlingsbygg og ny hovedinngang. Behandlingsbygget (M og N) vender mot Gaustad sykehus og rammer inn nytt adkomsttorg. En viktig føring for konseptet har vært å knytte Gaustad sykehus tettere sammen med Rikshospitalet slik at det skapes et helhetlig anlegg. Den nye bebyggelsen planlegges med opptil 12 etasjer på J1 og J2, med avtrappende høyder på J3 (11etasjer) og J4 (10etasjer). Helikopterlandingsplassen etableres på tak. Bygg M planlegges med 12etasjer, mens bygg N planlegges med 6 etasjer, med tilbaketrunket 2 øverste etasjer mot Gaustad sykehus.

Det etableres ny enveiskjørt adkomstløsning til den nye hovedinngangen, og Sognsvannsveien flyttes nærmere Gaustad sykehus med en omlagt trasé rundt Lindekollen. Bevegelseslinjene for gående og syklende opprettholdes gjennom sykehusområdet, med blant annet forbindelse til Gaustadskogen i vest med ny gangbro over Sognsvansbekken, samt flere bevegelseslinjer

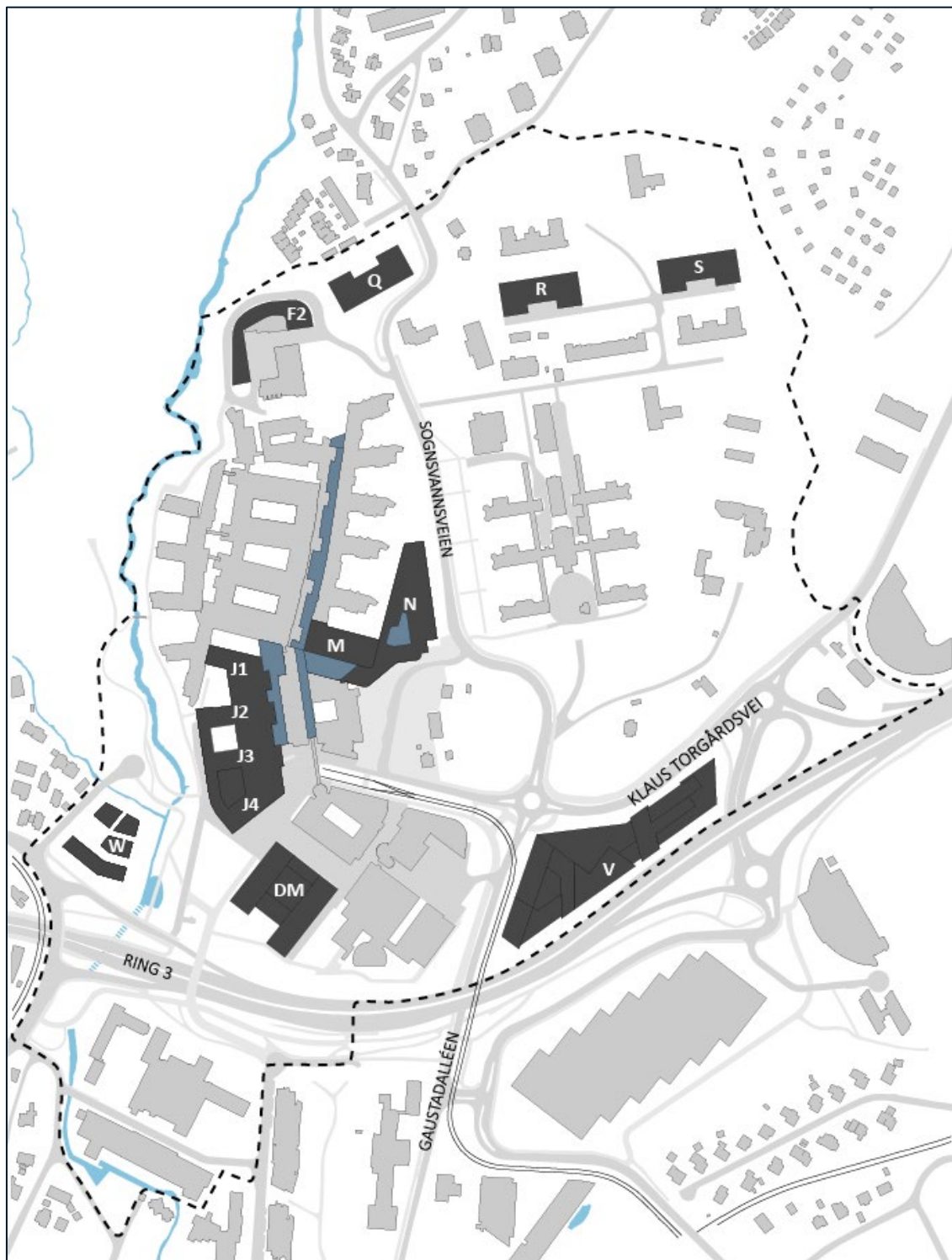
gjennom Universitet i Oslo sine arealer på Domus Medica. En ny parkeringskjeller bygges under parkområdet mellom Rikshospitalet og Gaustad sykehus.

På vestsiden av Sognsvannsbekken er det avsatt areal til fremtidig utvikling av virksomhet knyttet til Universitetet i Oslo eller støttefunksjoner knyttet til Oslo Universitetssykehus. Foreslått bebyggelse (bygg W) innebærer høyder tilsvarende 2 til 3 etasjer med et oppdelt volum. Dette skaper en naturlig overgang til boligbebyggelsen på vestsiden av avstikkeren fra Slemdalsveien.



**Figur 13. Volumstudie. Mørkegrønne volumer er arealer for etappe 1, lysegrønne volumer er arealer avsatt for utvikling i etappe 2. Nytt atkomstorg er markert i brun. Planalternativ 1A (himmelretning mot øst).**

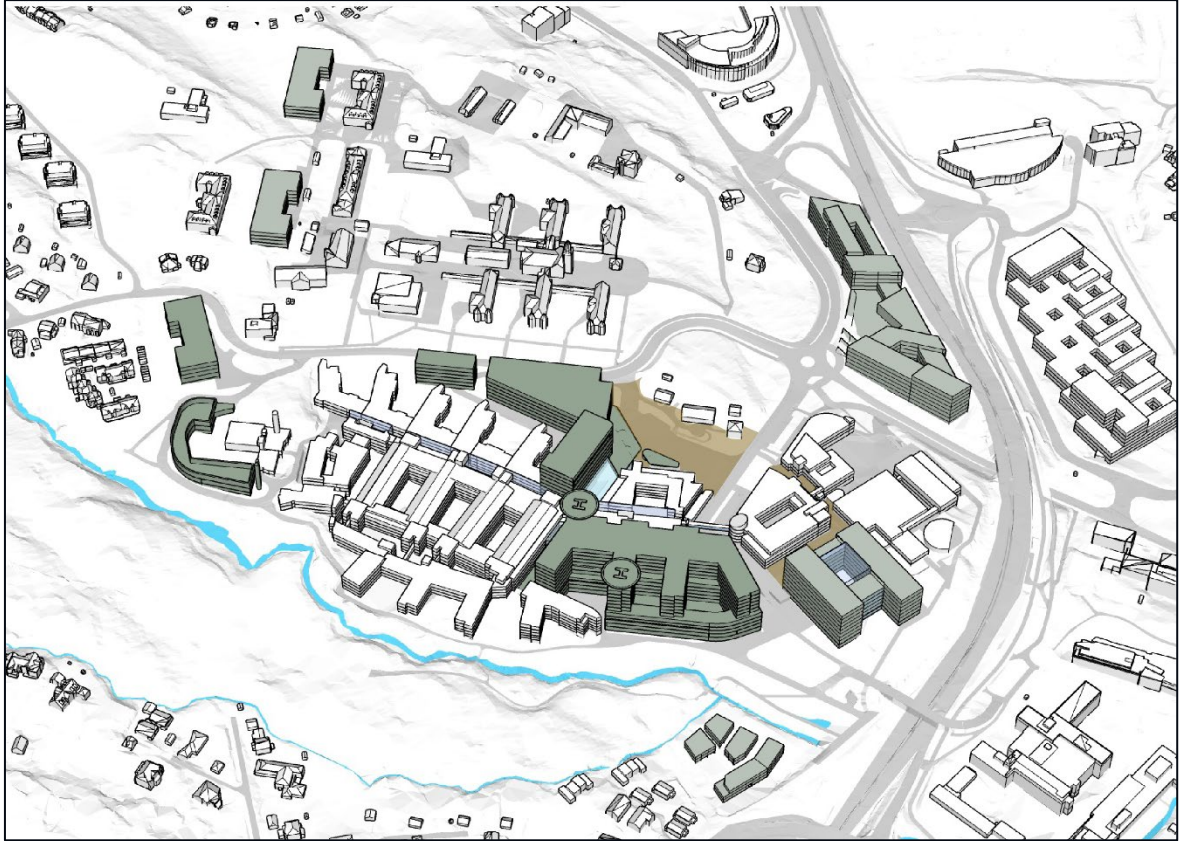




Figur 14. Planalternativ 1A.

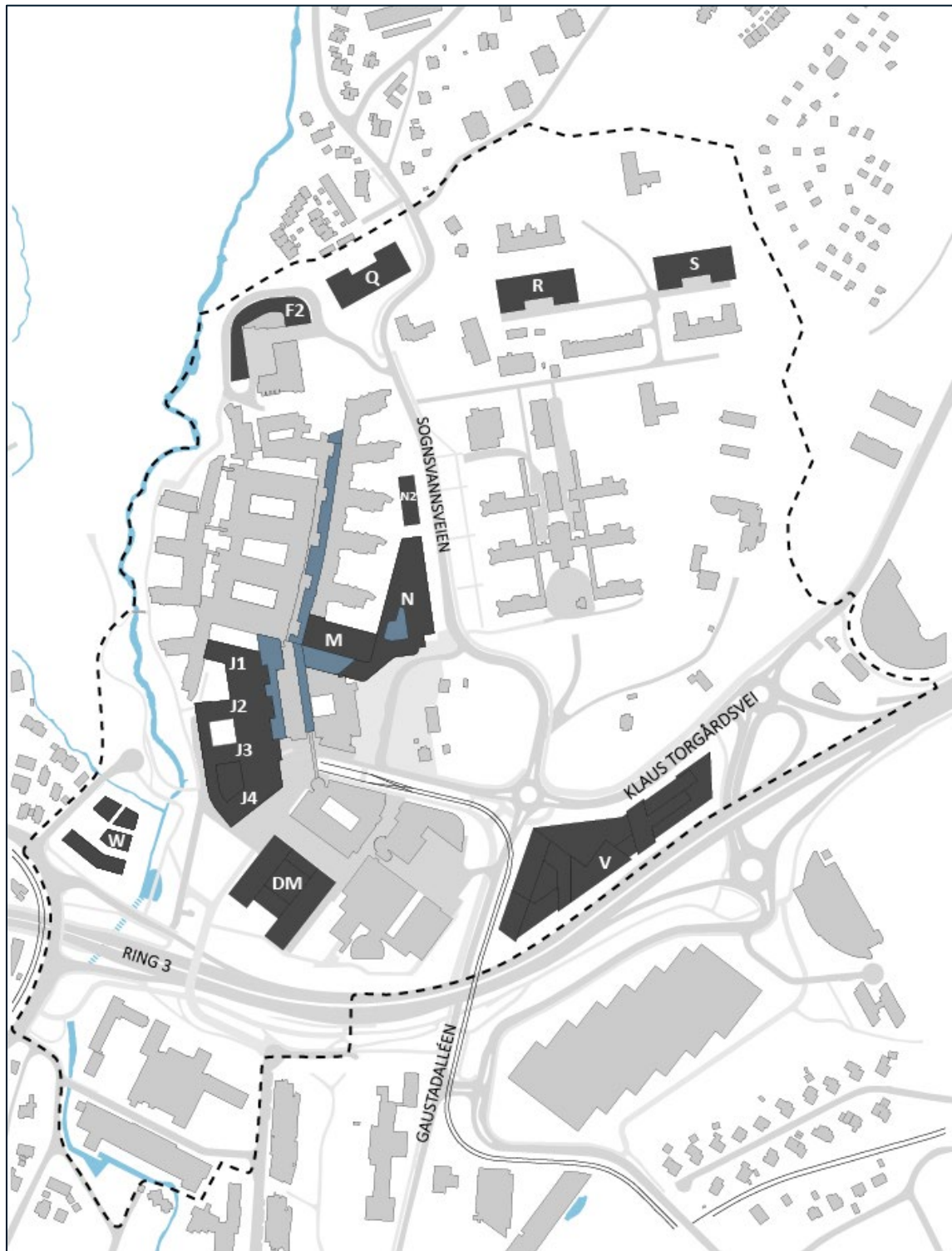
### 7.1.3 Planalternativ 1B

Planalternativ 1B er utviklet etter samme hovedprinsipp som planalternativ 1A, men med byggehøyder under 42 meter. Dette fører til at fotavtrykket er større i 1B enn i 1A, og til at mer av landskapsrommet mellom Rikshospitalet og Gaustad sykehus bebygges. Som i 1A bygges parkeringskjeller under parkområdet mellom det nye og det gamle sykehuset. Byggene R, S, DM, V og W, som er avsatt til utvikling i senere etapper, er identiske i 1A og 1B.



**Figur 15. Volumstudie. Mørkegrønne volumer er arealer for etappe 1, lysegrønne volumer er arealer avsatt for utvikling i etappe 2. Nytt atkomststorg er markert i brun. Planalternativ 1B (himmelretning mot øst).**

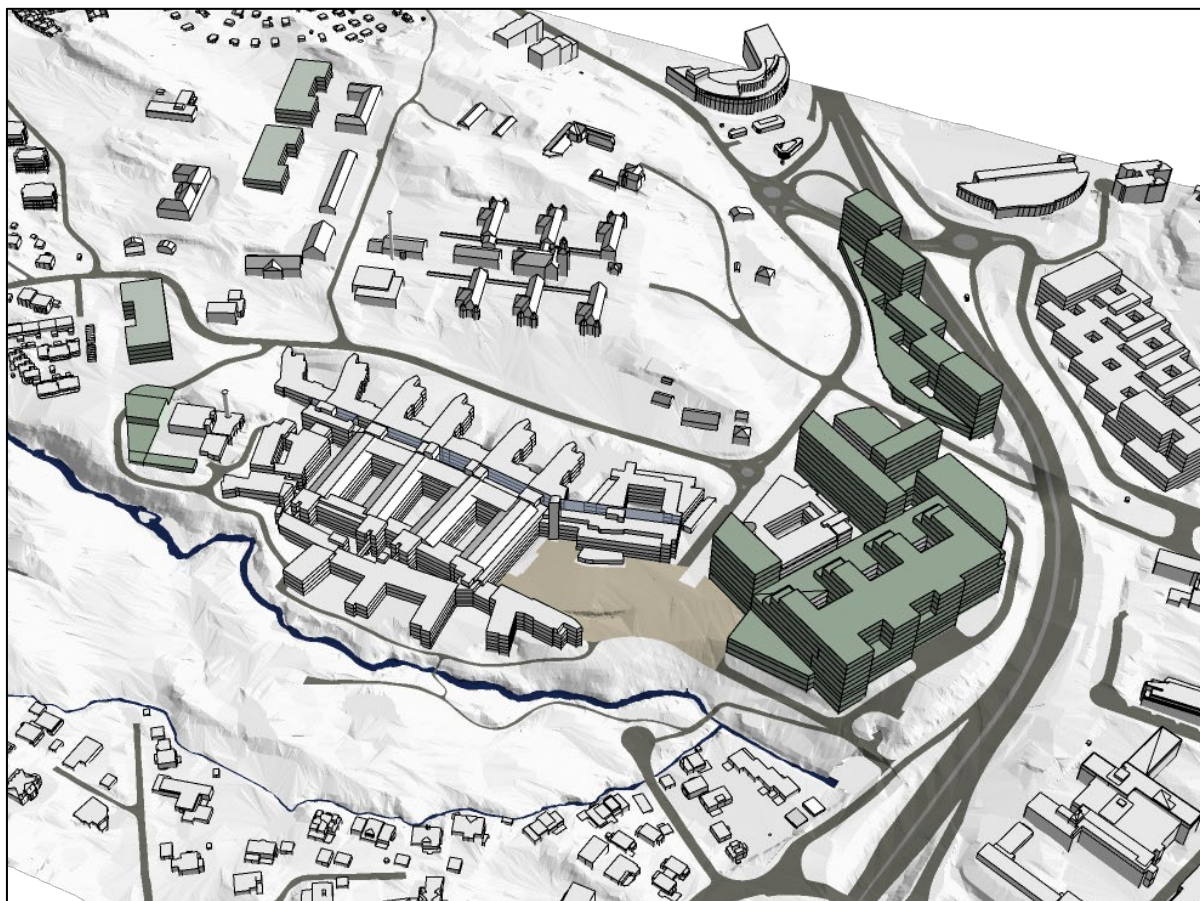




Figur 16. Planalternativ 1B.

### 7.1.4 Planalternativ 2A

Planalternativ 2A innebærer transformasjon og nybygg sør og sørøst i planområdet, langs nordsiden av Ring 3. Ny bebyggelse bygges opp til 42 meter og legges adskilt fra det eksisterende Rikshospitalet. Store deler av bygningsmassen på dagens Domus Medica og Domus Odontologica rives for å gi plass til den nye sykehusbebyggelsen. Funksjonene i bygningene som rives reetableres i nybygg på arealene til dagens p-hus. Parkering etableres i fjellhall i området sør for Gaustad sykehus. I henhold til planprogrammet skal 2A vurderes med en forbedret forbindelse over Ring 3 mellom Forskningsparken og sykehusområdet. Dette er et undersøkelses-tema som gjelder uavhengig av planalternativ. Utviklingsmuligheter i senere etapper er i byggene R og S (se Figur 17 og Figur 18).



Figur 17. Volumstudie. Mørkegrønne volumer er arealer for etappe 1, lysegrønne volumer er arealer avsatt for utvikling i etappe 2. Atkomsttorget er markert i brun. Planalternativ 2A (himmelretning mot øst).



Figur 18. Planalternativ 2A.

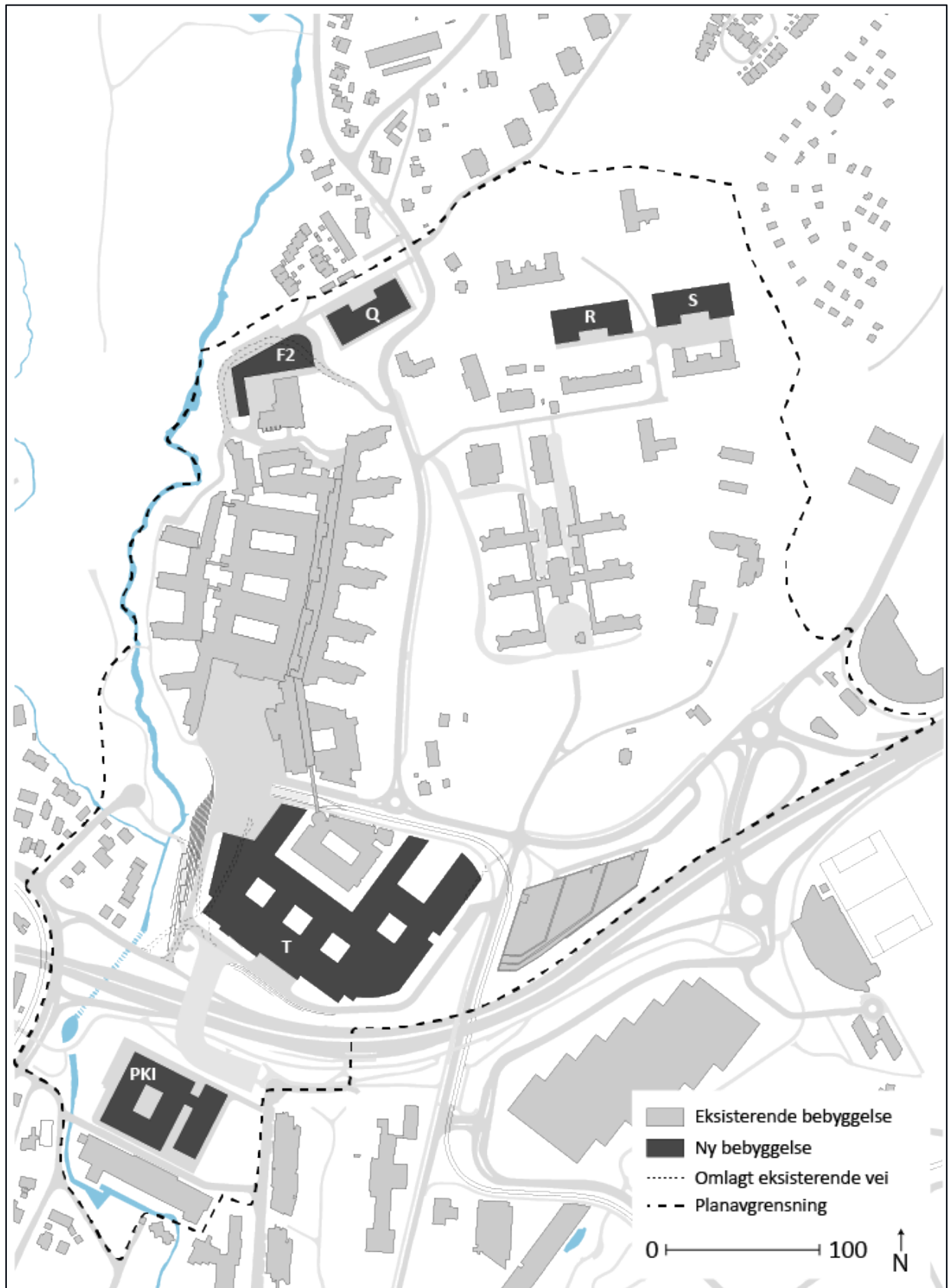


### 7.1.5 Planalternativ 2B

Planalternativ 2B er utviklet etter samme hovedprinsipp som planalternativ 2A med samme maks-høyde på bebyggelsen. Forskjellen mellom 2B og 2A er hvor erstatningsarealene for de bygningen som rives plasseres. I 2B plasseres disse byggene sør for Ring 3 istedenfor på dagens p-hus. Dette medfører at dagens p-hus fortsatt er i bruk. Ny parkering etableres i fjellhall sør for Gaustad sykehus som i 2A. Også her er arealer for utvikling i senere etapper avsatt i bygg R og S (se Figur 19 og Figur 20).



**Figur 19. Volumstudie. Mørkegrønne volumer er arealer for etappe 1, lysegrønne volumer er arealer avsatt for utvikling i etappe 2. Atkomsttorg er markert i brun. Planalternativ 2B (himmelretning mot øst).**



Figur 20. Planalternativ 2B

### **7.1.6 Avgrensning av utredningsområde**

For å utrede flomfaren for eksisterende situasjon og de ulike planalternativene er det valgt å sette opp en modell fra Sognsvann i nord til bro ved Rasmus Winderens vei i sør. Fokusområdet, hvor det er gjort innmålinger og gjort nøyere vurderinger, er rett nord for planområdet/sykehusområdet til rett sør for SINTEF-byggene.

## 8. FLOMBEREGNING

For å beregne vann- og energilinje ved en 1000-årsflom i Sognsvannsbekken ved planområdet estimeres en flomverdi basert på ulike metoder og vurderinger. Under er resultatene fra de ulike metodene vist.

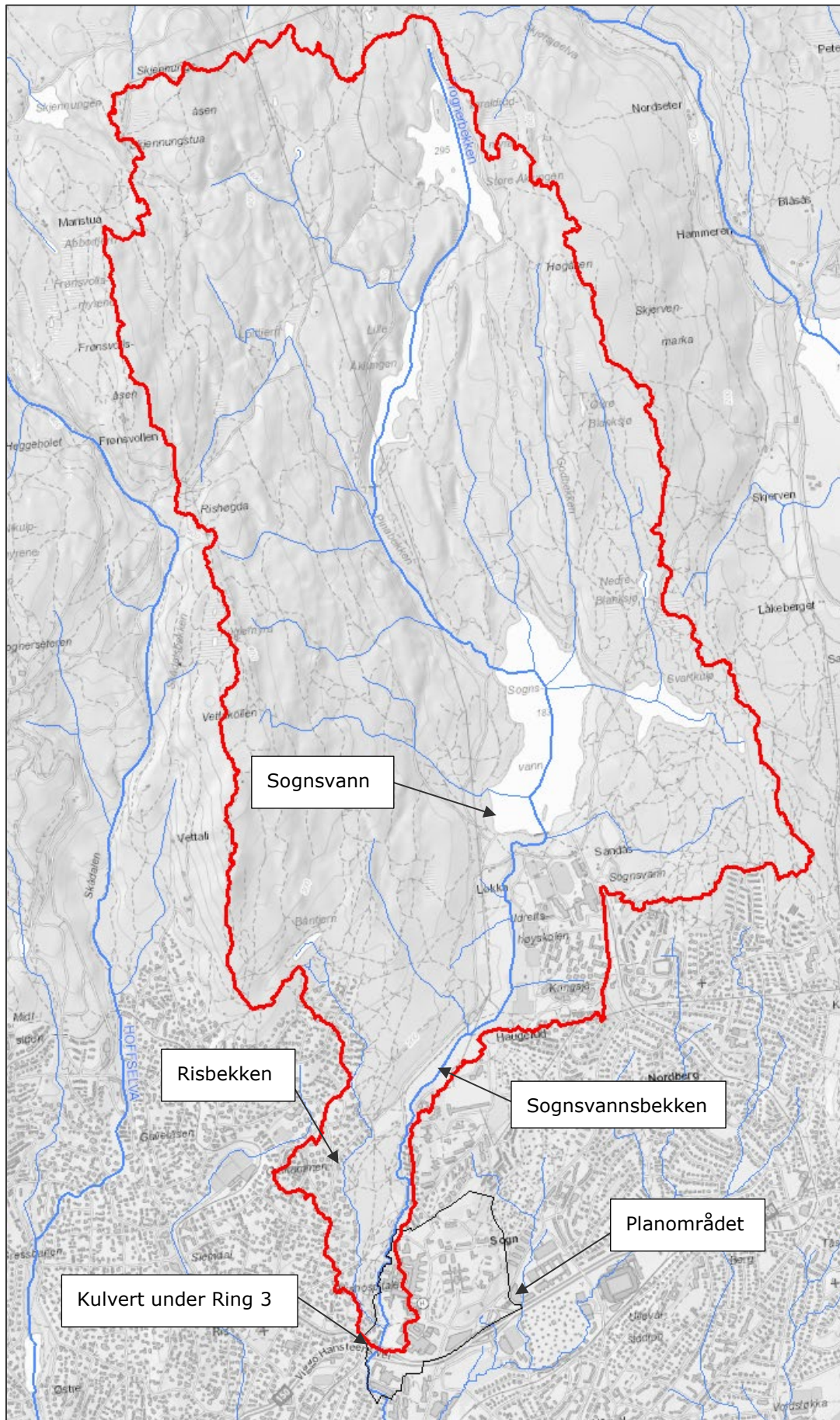
### 8.1 Nedbørfelt

Sognsvannsbekken sitt nedbørfelt ned til kulverter under Ring 3 ved planområdet er beregnet i SCALGO, hvor en detaljert terrengmodell med oppløsning på 1 x 1 meter-celler er benyttet. Nedbørfeltet vises i Figur 21.

Nedbørfeltet for Sognsvannsbekken er beregnet til 12,5 km<sup>2</sup>. Feltet er dominert av skog (83 %), er noe urbanisert (4 %) og har et sjøareal på 5,6 %, noe som tilsvarer en effektiv sjøprosent på 2,5 %. Høydene i feltet strekker seg fra 103 til 492 moh. Feltet har en liten dempningseffekt ved styrtregn. Middellavrenningen er 20 l/s\*km<sup>2</sup>.

Sognsvann ligger omtrent i tyngdepunktet til nedbørfeltet, og er et regulert vann. HRV er oppgitt ved 182,93 moh. og LRV på 181 moh. Det går en voll langs Sognsvann ned mot Sognsvannsbekken som ligger ca. 184 moh.





Figur 21. Nedbørfelt (rød strek) for planområdet (svart strek), ved innløpet til kulvertene under Ring 3.



## 8.2 Flomfrekvensanalyser

Det måles ikke vannføring i Sognsvannsbekken i dag. Det eksisterte en målestasjon fra 1993-1994 (6.21.0 Sognsvannsbekken), men målingene kan ikke brukes til å estimere flomverdier i Sognsvannsbekken som følge av kort serie og manglende data. Flomfrekvensanalyse for å estimere dimensjonerende vannføring må derfor baseres på nærliggende nedbørfelt med målestasjon for vannføring.

Tabell 2 viser feltkarakteristikk for det aktuelle vassdraget, Sognsvannsbekken, og et utvalg av nærliggende målestasjoner med noenlunde lik karakteristikk. Aktuelle målestasjoner, 3.11.0 Sagstubekken, 6.1.0 Gryta, 8.6.0 Sæternbekken og 8.8.0 Blomsterkroken, som har blitt vurdert videre er beskrevet under. Resterende målestasjoner har blitt valgt bort grunnet større ulikheter i feltkarakteristikk eller dårlig datagrunnlag (gjelder 3.33.0 Guthusbekken v/ Vansjø).

Tabell 2. Feltkarakteristikk for Sognsvannsbekken og nærliggende målestasjoners nedbørfelt.

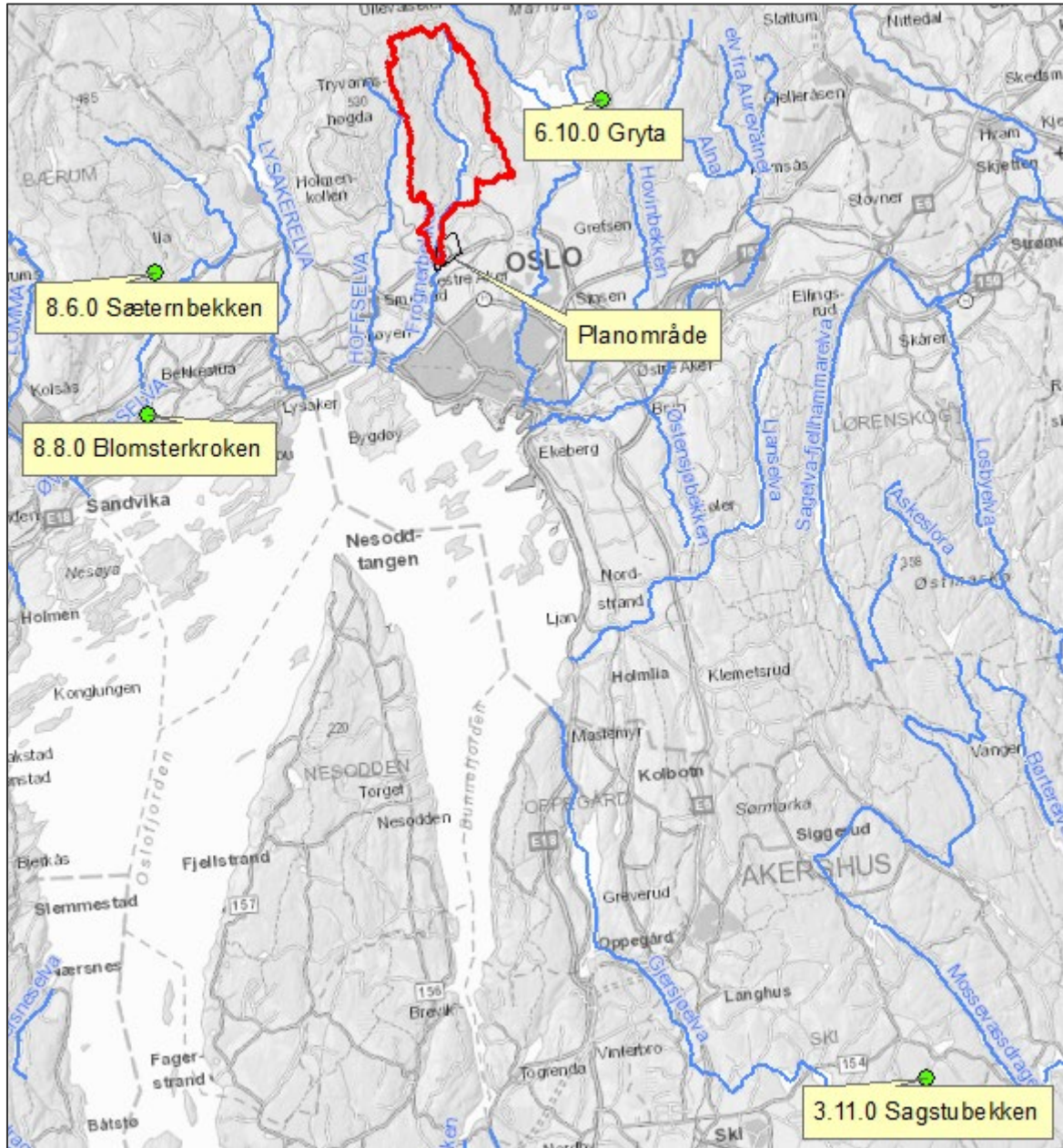
| Felt nr. | Feltnavn               | Areal           | Sjø  | Effektiv sjø | Snaufjell | Skog | Urbaniseringsgrad | Dyrkningsgrad | Myr | Hmin - Hmax | Elvegradient | Middellavrenning    |
|----------|------------------------|-----------------|------|--------------|-----------|------|-------------------|---------------|-----|-------------|--------------|---------------------|
|          |                        | km <sup>2</sup> | %    | %            | %         | %    | %                 | %             | %   | moh.        | %            | l/s*km <sup>2</sup> |
|          | Frognerbekken          | 12,7            | 5,6  | 2,5          | 0         | 83   | 4                 | 1,4           | 1,7 | 103-492     | 2,8          | 20                  |
| 3.11.0   | Sagstubekken           | 3,4             | 0,6  | 0,03         | 0         | 97   | 0                 | 0             | 2,7 | 154-239     | 1,7          | 18,7                |
| 6.1.0    | Gryta                  | 7,1             | 2,8  | 0,41         | 0         | 94   | 0                 | 0             | 1,6 | 165-435     | 4,4          | 20,6                |
| 8.6.0    | Sæternbekken           | 6,3             | 0,16 | 0,01         | 0         | 93   | 0,5               | 2,4           | 3,4 | 102-420     | 6            | 17,6                |
| 8.8.0    | Blomsterkroken         | 22              | 0    | 0,29         | 0         | 71   | 4,4               | 8,9           | 0   | 21-458      | 2,5          | 18,3                |
| 11.4.0   | Elgtjern               | 6,6             | 8    | 3,6          | 0,15      | 86   | 0                 | 0             | 6   | 430-673     | 4,2          | 19,9                |
| 15.72.0  | Sørkja                 | 36              | 10,9 | 5,4          | 9,8       | 67   | 0                 | 0             | 8,9 | 246-1209    | 3,6          |                     |
| 3.33.0   | Guthusbekken v/ Vansjø | 3,6             | 6,2  | 3,1          | 0         | 75   | 0                 | 11,3          | 5,9 | 28-66       | 0,29         | 14,9                |

6.1.0 Gryta er målestasjonen som generelt ligner mest på feltkarakteristikken til Sognsvannsbekken. Målestasjonen har 43 år med målinger og ligger ca. 6 km fra planområdet og Sognsvannsbekken. Det kan forventes høyere spesifikk middelflom for Gryta enn Sognsvannsbekken basert på parameterne effektiv sjøprosent og elvegradient. Samtidig kan det forventes lavere middelflom for Gryta enn Sognsvannsbekken basert på parameterne andel skog og urbaniseringsgrad. Totalt sett vil nok Sognsvannsbekken en spesifikk middelflom i størrelsesorden med Gryta.

3.11.0 Sagstubekken er en nedlagt stasjon (1974) som har 21 år med målinger. Stasjonen ligger ca. 27 km fra planområdet og Sognsvannsbekken. Den vil ikke ha fått med seg eventuelle endringer i vannføringsregimet de siste 50 årene, noe som er en svakhet med stasjonen. Likevel kan den være aktuell for å estimere middelflomverdier. Målestasjonen har delvis lik karakteristikk som Sognsvannsbekken, men skiller seg ut ved å ha veldig lav effektiv sjøprosent, større andel skog og ligger lavere i terrenget. Samtidig er feltet en del mindre, og man kan forvente en raskere avrenning her enn for Sognsvannsbekken.

8.6.0 Sæternbekken er en målestasjon med 34 år målinger og ligger ca. 8 km fra planområdet og Sognsvannsbekken i luftlinje. Parametere som tilsier raskere avrenning fra Sæternbekken enn Sognsvannsbekken er feltets størrelse, effektiv sjøprosent, lavere urbaniseringsgrad og større elvegradient. Samtidig har Sæternbekken litt større andel skog og myr. Den spesifikke middelflommen til Sognsvannsbekken forventes å være lavere enn for Sæternbekken.

8.8.0 Blomsterkroken er en målestasjon med 27 år målinger og ligger ca. 10 km fra planområdet i luftlinje. Sammenlignet med Sognsvannsbekken har Blomsterkrokens nedbørfelt lavere effektiv sjøandel, mindre skogandel, ca. lik andel urbanisering og en del større dyrkningsgrad. Elvegradienten er også tilnærmet lik for de to feltene. Blomsterkroken har et større nedslagsfelt. Totalt sett vurderes Sognsvannsbekken ha en lavere spesifikk middelflomverdi enn Blomsterkroken, men feltene ligner en god del.



Figur 22. Nærliggende målestasjoner benyttet i flomfrekvensanalysen.

Basert på vurdering av de fire målestasjonene over er det valgt å gå videre med Gryta og Blomsterkroken for å vurdere spesifikk middelflomverdi (kulminasjonsverdier) for Sognsvannsbekken. Spesifikk middelflom og forholdstall  $Q_{1000}/Q_M$  er vist i Tabell 3 for de to målestasjonene. Statistiske fordelinger som er lagt til grunn for vurdering av forholdstall er basert på fordelinger benyttet for samme målestasjoner i NVE-rapport 13/2015 Nasjonalt formelverk for flomberegning i små nedbørfelt (NVE, 2015).

**Tabell 3. Spesifikk middelflom (kulminasjonsverdier) og forhold mellom middel- og 1000-årsflom for referansestasjoner.**

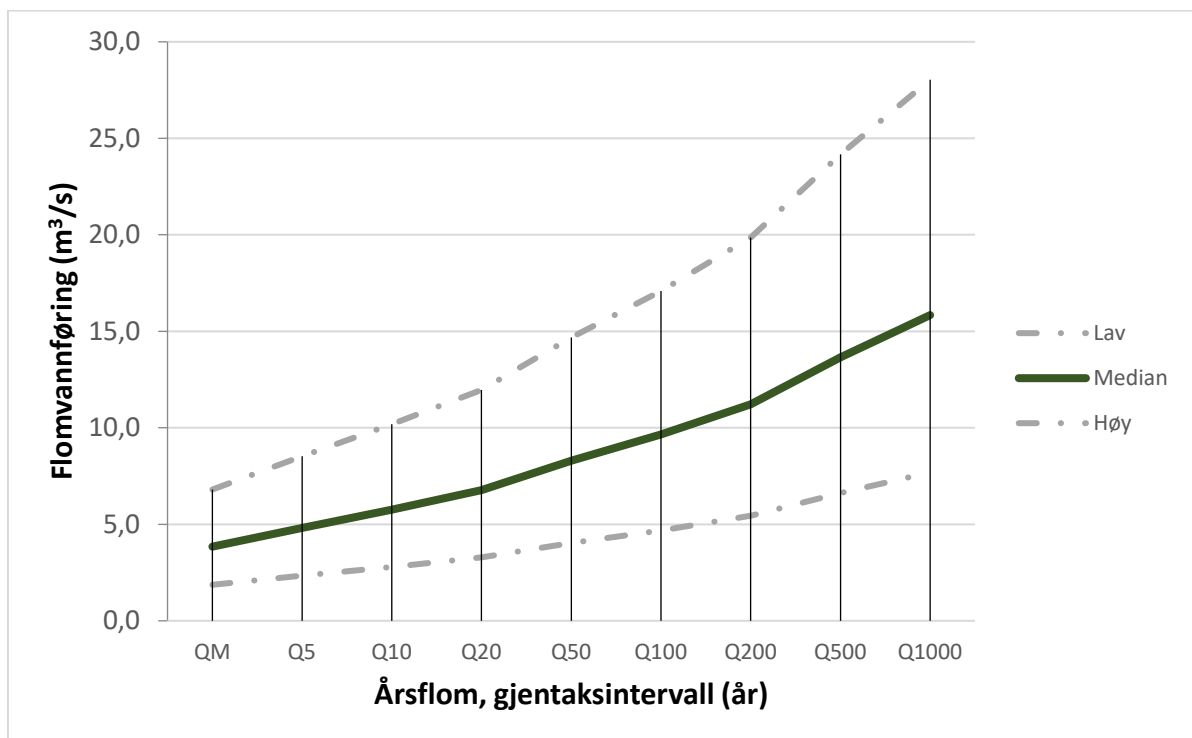
| Felt nr. | Felt navn      | QM kulm (l/s*km <sup>2</sup> ) | Q1000/QM | Kilde                  | Fordeling |
|----------|----------------|--------------------------------|----------|------------------------|-----------|
| 6.1.0    | Gryta          | 327                            | 5,5      | HYDRA II<br>20.02.2019 | GEV (max) |
| 8.8.0    | Blomsterkroken | 403                            | 4,08     | HYDRA II<br>20.02.2019 | GEV (mom) |

Basert på sammenligningene av nedbørfeltkarakteristikk gjort over bør Sognsvannsbekken ha en lavere spesifikk middelflom enn Blomsterkroken, og mer lignende spesifikk middelflom som Gryta. Kulminerende spesifikk middelflom for Frogner settes på bakgrunn av de to stasjonene til 350 l/s\*km<sup>2</sup>. Ved bruk av forholdstall mellom middelflom og 1000-årsflom,  $Q_{1000}/QM = 4,12$ , beregnet ved bruk av formelverk for små felt, kan 1000-årsflom beregnes:

$$Q_{1000, \text{ flomfrekvens}} = 350 \text{ l/s*km}^2 \times 4,0 = 1401 \text{ l/s*km}^2 = 17,5 \text{ m}^3/\text{s}.$$

### 8.3 Formelverk for små nedbørfelt

Det er utført beregninger av vannføringer basert på formler for små nedbørfelt. Figur 23 og Tabell 4 viser beregnet flom med ulike gjentakintervall for Sognsvannsbekken. I tillegg er øvre og nedre konfidensintervall for flomverdiene beregnet. Resultatene viser en beregnet årsflom på 3,9 m<sup>3</sup>/s og en 1000-årsflom på 16,1 m<sup>3</sup>/s som tilsvarer spesifikke verdier på henholdsvis 307 l/(s\*km<sup>2</sup>) og 1267 l/(s\*km<sup>2</sup>).



**Figur 23. Beregning av flom med ulike gjentakintervall for Sognsvannsbekken basert på formler for små nedbørfelt (NVE, 13/2015).**

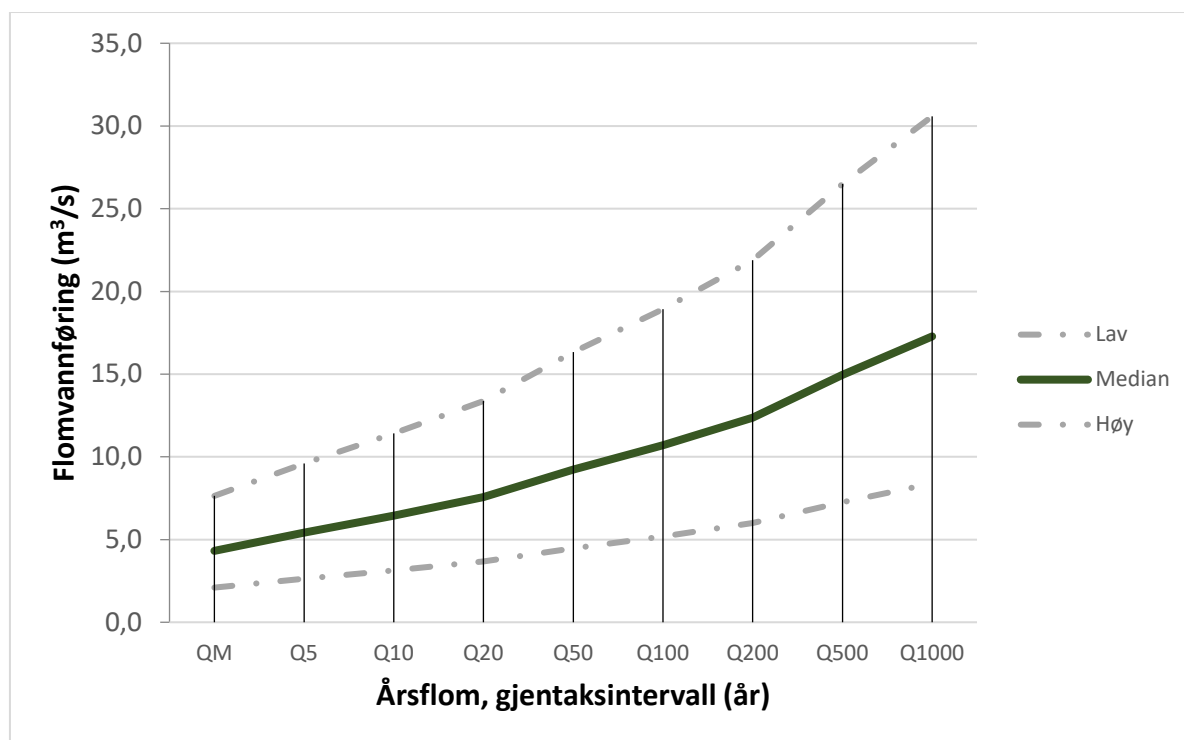
**Tabell 4. Beregnede kulminasjonsverdier for flom (m<sup>3</sup>/s) for Sognsvannsbekken basert for formler for små nedbørfelt.**

| Gjentaksintervall<br>(år) | Flomverdi kulminasjon (m <sup>3</sup> /s) |        |      |
|---------------------------|---|--------|------|
|                           | Lav                                       | Median | Høy  |
| Middel                    | 1,9                                       | 3,8    | 6,8  |
| 5                         | 2,3                                       | 4,8    | 8,5  |
| 10                        | 2,8                                       | 5,8    | 10,2 |
| 20                        | 3,3                                       | 6,8    | 12   |
| 50                        | 4   | 8,3    | 14,7 |
| 100                       | 4,7                                       | 9,7    | 17,1 |
| 200                       | 5,4                                       | 11,2   | 19,9 |
| 500                       | 6,6                                       | 13,7   | 24,2 |
| 1000                      | 7,7                                       | 15,8   | 28   |

### 8.3.1 Justering av effekt sjøandel

Formelverk for små nedbørfelt baserer seg kun på tre parametere: spesifikk normalavrenning, nedbørfeltets areal og effektiv sjøprosent. Effekten av urbanisering og myr vil blant annet føre til raske og spisse flomforløp. Det er derfor vurdert flomverdier ved en halvering av effektiv sjøprosent (fra 2,5 % til 1,25 %) for å ta hensyn til raskere avrenning fra nedbørfeltet.

Beregnet årsflom og 1000-årsflom blir da 4,3 m<sup>3</sup>/s og 17,3 m<sup>3</sup>/s, som tilsvarer spesifikke flomverdier henholdsvis på 346 l/s\*km<sup>2</sup> og 1386 l/s\*km<sup>2</sup>.



**Figur 24. Beregning av flom med ulike gjentaksintervall for Sognsvannsbekken basert på formler for små nedbørfelt, hvor effektiv sjøprosent er justert.**

**Tabell 5. Beregnede kulminasjonsverdier for flom (m<sup>3</sup>/s) for Sognsvannsbekken basert på formelverk for små nedbørfelt, hvor effektiv sjøprosent er justert.**

| Gjentaksintervall<br>(år) | Flomverdi kulminasjon (m <sup>3</sup> /s) |        |      |
|---------------------------|---|--------|------|
|                           | Lav                                       | Median | Høy  |
| Middel                    | 2,1                                       | 4,3    | 7,6  |
| 5                         | 2,6                                       | 5,4    | 9,6  |
| 10                        | 3,1                                       | 6,4    | 11,4 |
| 20                        | 3,7                                       | 7,6    | 13,4 |
| 50                        | 4,5                                       | 9,2    | 16,3 |
| 100                       | 5,2                                       | 10,7   | 18,9 |
| 200                       | 6   | 12,4   | 21,9 |
| 500                       | 7,3                                       | 15     | 26,5 |
| 1000                      | 8,4                                       | 17,3   | 30,6 |

#### 8.4 Rasjonale formel

Den rasjonale formel skal i utgangspunktet brukes på urbane felt med et areal på 0,2 – 0,5 km<sup>2</sup>, og helst ikke på felt større enn 2-5 km<sup>2</sup> etter anbefalinger i NVE-veileder 7/2015 (NVE, 2015). Sognsvannsbekken har et større areal enn det som er anbefalt for bruk av den rasjonale formel (12,5 km<sup>2</sup>). Som et ledd i tilnærmingen til estimering av vannføring er metoden benyttet.

IVF-kurven (intensitet-varighet-frekvens) for Blindern er lagt til grunn for nedbørmengder. Det er en begrensning i IVF-kurven ved at de er konstruert kun opp til 200-års gjentaksintervall. For å estimere 500- og 1000-årsnedbør har forholdet mellom vekstfaktor for Q500/Q200 og Q1000/Q200 fra formelverk for små felt blitt benyttet. I Tabell 6 er parametere beregnet og valgt som benyttes som inngangsdata til beregning av flomverdi ved bruk av den rasjonale formel. Avrenningsfaktoren er økt med 30 % for å ta hensyn til metning i grunnen eventuelt frossen overflate.

**Tabell 6. Parametere beregnet og valgt for beregning av vannmengder i den rasjonale formel.**

| Parameter                           | Verdi | Enhet |
|-------------------------------------|-------|-------|
| Konsentrasjonstid, beregnet         | 212   | min   |
| Konsentrasjonstid, valgt            | 180   | min   |
| Gjennomsnittlig avrenningsfaktor, C | 0,3   | -     |
| Avrenningsfaktor justert, C-justert | 0,39  | -     |

Beregnete kulminasjonsverdier for flom, inkludert spesifikk flomverdi, vises i Tabell 7.

**Tabell 7. Beregnet kulminasjonsverdier for flom for Sognsvannsbekken basert på den rasjonale formel.**

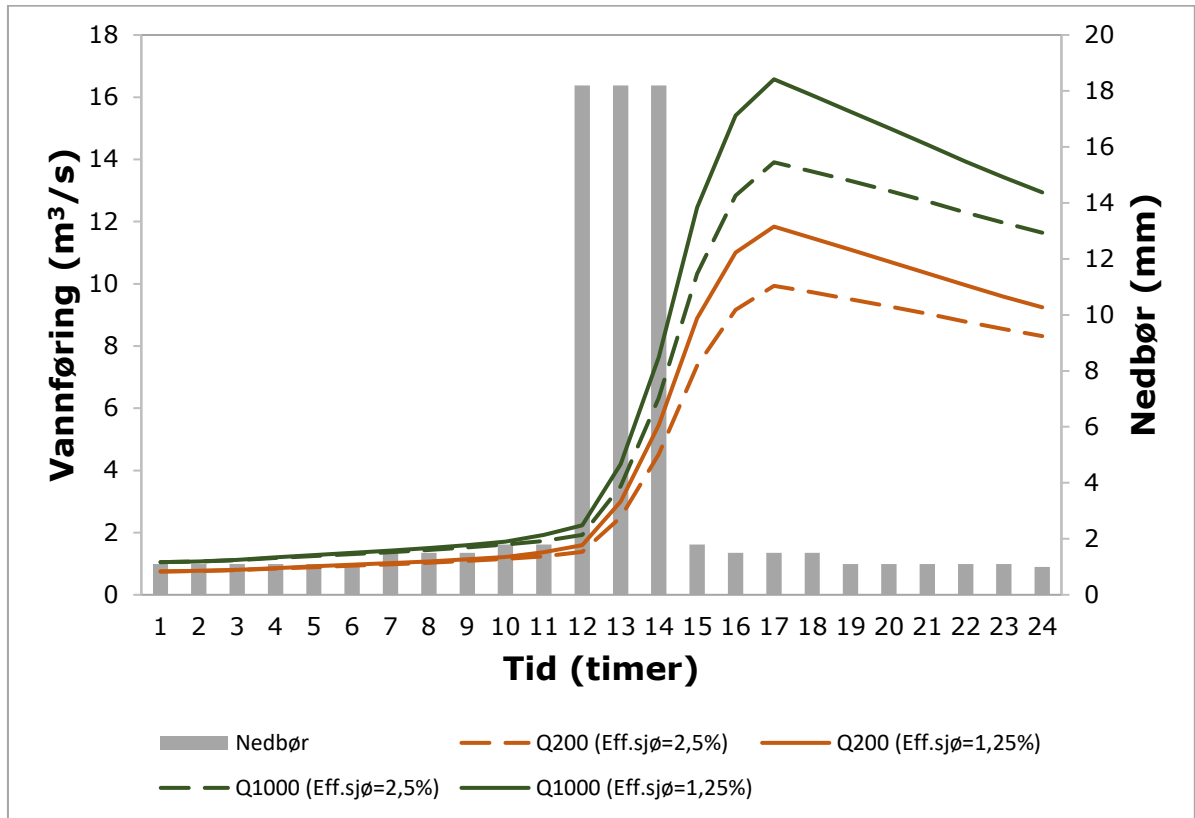
| Gjentaksintervall (år) | Flomverdi kulminasjon (m <sup>3</sup> /s) | Spesifikk flomverdi kulminasjon (l/s*km <sup>2</sup> ) |
|------------------------|---|--|
| 2                      | 8   | 642  |
| 5                      | 10,6                                      | 852  |
| 10                     | 12,3                                      | 990  |
| 20                     | 14  | 1122   |
| 50                     | 19,4                                      | 1555   |
| 100                    | 22,2                                      | 1781   |
| 200                    | 25,1                                      | 2016   |
| 500                    | 30,2                                      | 2420   |
| 1000                   | 35,2                                      | 2823   |

## 8.5 PQRUT

Flommodellen i PQRUT er en nedbør-avløpsmodell til bruk i flomberegninger. Modellen er en forenklet versjon av HBV-modellen og den beregner avløp fra et fastlagt nedbørforløp. Konsentrasjonstiden er beregnet til 3,5 time, hvor det er lagt hovedvekt på ny ligning for konsentrasjonstid (NVE, 2016) i vurdert av konsentrasjonstid.

Konstruert nedbørforløp er konstruert basert på verdier for 200-års gjentaksintervall og 3-timers varighet. Videre er beregnede 200-årsflomverdier skalert opp for 1000-årsnedbør ved bruk av forholdstallet  $Q_{1000}/Q_{200} = 1,4$ . Basert på erfaring ved bruk av PQRUT har vi opplevd at modellen overdriver effekten av parameteren effektiv sjøprosent, som vil si at PQRUT underestimerer flomverdier. På samme måte som for formelverk for små nedbørfelt er det derfor vurdert en reduksjon i effektiv sjøprosent, fra 2,5 til 1,25 %.

I Figur 25 og Tabell 8 er nedbørforløpene vist sammen med beregnede kulminerende 200- og 1000-årsflommer ved planområdet (innløpet til kulvertsystem under Ring 3) for effektiv sjøprosent lik 2,5 og 1,25 %. Maksimalverdi for kulminerende 1000-årsflom ved 2,5 og 1,25 % effektiv sjøprosent er beregnet til henholdsvis 13,9 og 16,6 m<sup>3</sup>/s.



Figur 25. Nedbørførløp og beregnet kulminert 200- og 1000-årsflom i PQRUT for effektiv sjøprosent lik 2,5 og 1,25 %.



**Tabell 8. Nedbørførløp benyttet i PQRUT-modellen og beregnede kulminerende 200- og 1000-årsflomverdier for effektiv sjøprosent lik 2,5 og 1,25 %. Maksverdier for flom er markert med fet skrift.**

| Tid (timer) | Nedbør (mm) | Q200 (Eff.sjø=2,5%) (m <sup>3</sup> /s) | Q200 (Eff.sjø=1,25%) (m <sup>3</sup> /s) | Q1000 (Eff.sjø=2,5%) (m <sup>3</sup> /s) | Q1000 (Eff.sjø=1,25%) (m <sup>3</sup> /s) |
|-------------|-------------|---|--|--|---|
| 1           | 1,5         | 0,75                                    | 0,75                                     | 1,1                                      | 1,1                                       |
| 2           | 1,5         | 0,77                                    | 0,77                                     | 1,1                                      | 1,1                                       |
| 3           | 1,5         | 0,8                                     | 0,81                                     | 1,1                                      | 1,1                                       |
| 4           | 1,5         | 0,85                                    | 0,86                                     | 1,2                                      | 1,2                                       |
| 5           | 1,5         | 0,89                                    | 0,91                                     | 1,2                                      | 1,3                                       |
| 6           | 1,5         | 0,94                                    | 1  | 1,3                                      | 1,3                                       |
| 7           | 2,1         | 1                                       | 1  | 1,4                                      | 1,4                                       |
| 8           | 2,1         | 1                                       | 1,1                                      | 1,4                                      | 1,5                                       |
| 9           | 2,1         | 1,1                                     | 1,1                                      | 1,5                                      | 1,6                                       |
| 10          | 2,5         | 1,2                                     | 1,2                                      | 1,6                                      | 1,7                                       |
| 11          | 2,6         | 1,2                                     | 1,4                                      | 1,7                                      | 1,9                                       |
| 12          | 25,5        | 1,4                                     | 1,6                                      | 1,9                                      | 2,2                                       |
| 13          | 25,5        | 2,5                                     | 3  | 3,5                                      | 4,2                                       |
| 14          | 25,5        | 4,5                                     | 5,5                                      | 6,3                                      | 7,6                                       |
| 15          | 2,5         | 7,4                                     | 8,9                                      | 10,3                                     | 12,5                                      |
| 16          | 2,1         | 9,2                                     | 11                                       | 12,8                                     | 15,4                                      |
| 17          | 2,1         | <b>9,9</b>                              | <b>11,8</b>                              | <b>13,9</b>                              | <b>16,6</b>                               |
| 18          | 2,1         | 9,7                                     | 11,5                                     | 13,6                                     | 16,1                                      |
| 19          | 1,5         | 9,5                                     | 11,1                                     | 13,3                                     | 15,5                                      |
| 20          | 1,5         | 9,3                                     | 10,7                                     | 13                                       | 15  |
| 21          | 1,5         | 9                                       | 10,3                                     | 12,6                                     | 14,5                                      |
| 22          | 1,5         | 8,8                                     | 10                                       | 12,3                                     | 13,9                                      |
| 23          | 1,5         | 8,5                                     | 9,6                                      | 12                                       | 13,4                                      |
| 24          | 1,4         | 8,3                                     | 9,2                                      | 11,6                                     | 12,9                                      |

## 8.6 Oppsummering

Flomberegningene som er gjort for Sognsvannsbekken ved planområdet (oppstrøms kulverten som går under Ring 3 ved Gaustad sykehusområde) er basert på samtlige metoder i «*Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt*» (NVE, 2015). For nabofelt er det observert spesifikke årsflommer som ligger i samme størrelsesorden eller høyere enn det som er beregnet ved bruk av formelverk for små nedbørfelt (median-verdien). Spesifikk årsflom valgt basert på flomfrekvensanalyse ligger høyere enn medianverdien fra formelverk for små nedbørfelt for effektiv sjøprosent lik 2,5 og 1,25 %, henholdsvis 308 og 346 mot 350 l/s\*km<sup>2</sup>.

PQRUT-modellen gir noe lavere flomverdier enn formelverk for små nedbørfelt og flomfrekvensanalyse, men fortsatt godt innenfor troverdighetsintervallet til formelverk for små nedbørfelt. Flomverdier basert på rasjonale formel gir veldig høye verdier og ligger utenfor øvre troverdighetsgrense i formelverk for små nedbørfelt, noe som henger sammen med at formelverket ikke er anbefalt å benytte for så store nedbørfelt. Verdien er ikke tatt med i vurdering av dimensjonerende flomverdi. I Tabell 9 er de ulike beregnede kulminasjonsverdiene for 1000-årsflom oppsummert.



**Tabell 9. Sammenligning av beregnede kulminasjonsverdier for middelflom og 1000-årsflom ved planområdet.**

| Metode/formel  | Spesifikk middelflom (l/s*km <sup>2</sup> ) | Middelflo m (m <sup>3</sup> /s) | Spesifikk 1000-årsflom (l/s*km <sup>2</sup> ) | 1000-årsflom (m <sup>3</sup> /s) |
|--|---|---------------------------------|---|----------------------------------|
| Formelverk for små nedbørfelt (median) (Eff.sjø=2,5%)  | 308   | 3,8                             | 1270  | 15,8                             |
| Formelverk for små nedbørfelt (median) (Eff.sjø=1,25%) | 346   | 4,3                             | 1386  | 17,3                             |
| Flomfrekvens   | 350   | 4,4                             | 1401  | 17,5                             |
| PQRUT (Eff.sjø=2,5%)                                   |   |                                 | 1115  | 13,9                             |
| PQRUT (Eff.sjø=1,25%)                                  |   |                                 | 1329  | 16,6                             |
| Rasjonale formel                                       |   |                                 | 2823  | 35,2                             |

PQRUT-modellen tyder også på at dimensjonerende flomverdi skal ligge litt lavere enn medianverdien i formelverk for små nedbørfelt. Basert på ovenstående og god overensstemmelse mellom resultat for middelflomverdi fra flomfrekvensanalysen og formelverk for små nedbørfelt, settes Q1000 konservativt til 1401 l/s\*km<sup>2</sup> eller 17,5 m<sup>3</sup>/s. Dimensjonerende flomverdi, Q1000+40 %, blir da 24,5 m<sup>3</sup>/s. I Tabell 10 er beregnede kulminasjonsverdier for flom basert på formelverk for små nedbørfelt med ulike gjentaksintervaller vist.

**Tabell 10. Beregnede kulminerende flomverdier for ulike gjentaksintervall for Sognsvannsbekken ved planområdet.**

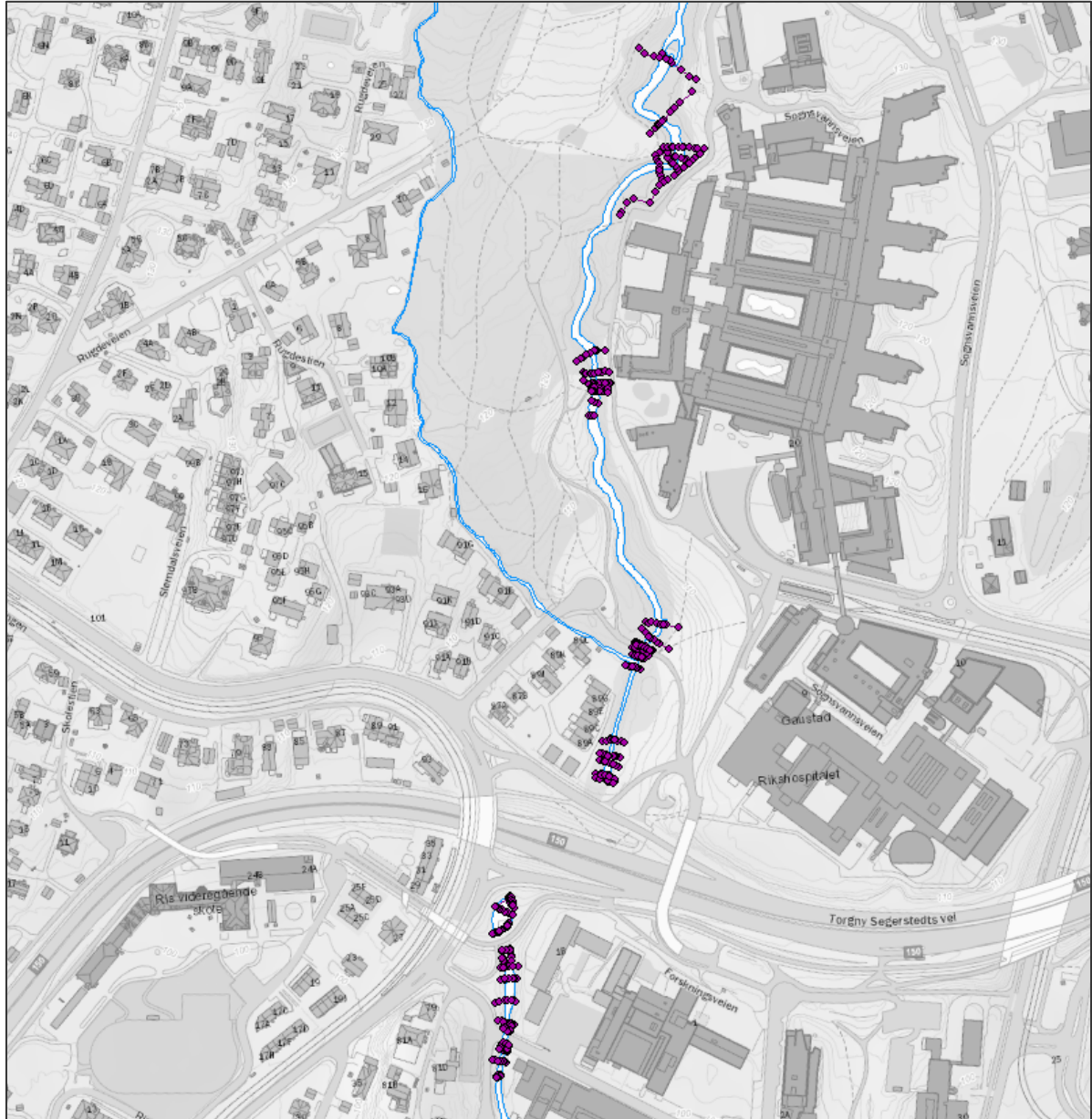
| Gjentaksintervall (år) | Spesifikk flomverdi kulminasjon (l/s*km <sup>2</sup> ) | Flomverdi kulminasjon (m <sup>3</sup> /s) |
|------------------------|--|---|
| QN                     | 20   | 0,25                                      |
| QM                     | 350  | 4,4                                       |
| Q5                     | 439  | 5,5                                       |
| Q10                    | 523  | 6,5                                       |
| Q20                    | 613  | 7,6                                       |
| Q50                    | 748  | 9,3                                       |
| Q100                   | 867  | 10,8                                      |
| Q200                   | 1003   | 12,5                                      |
| Q200 + 40 %            | 1404   | 17,5                                      |
| Q500                   | 1214   | 15,1                                      |
| Q1000                  | 1401   | 17,5                                      |
| Q1000 + 40 %           | 1961   | 24,5                                      |

Usikkerheten i flomberegningene er vurdert etter NVE-veileder 7/2015. Observasjoner nært vassdrag gjør flomberegningene noe mindre usikre, men med lite data i vassdraget og et nedbørfelt som bærer preg av urbanisering og utbygging settes usikkerheten til flomberegningene til stor: «Brukbart hydrologisk datagrunnlag i kombinasjon med store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området alternativt begrenset hydrologisk datagrunnlag.» (tabell 8, NVE, 2015).

## 9. HYDRAULISKE BEREGNINGER

### 9.1 Topografiske data

Den hydrauliske modellen i HEC-RAS er basert på en generert høydemodell (i NN2000) for Sognsvannsbekken som er sammenstilt av terrengdata (1 x 1 meter celler fra Nasjonal Detaljert Høydemodell), elve-tema i FKB-databasen og innmålinger som er gjort av vassdraget. Innmålingene er gjort av terrengpunkter av utvalgte tverrprofiler, fundamenter, over- og underkant broer, kulverter med mer. Plasseringen av innmålingene vises i Figur 26.

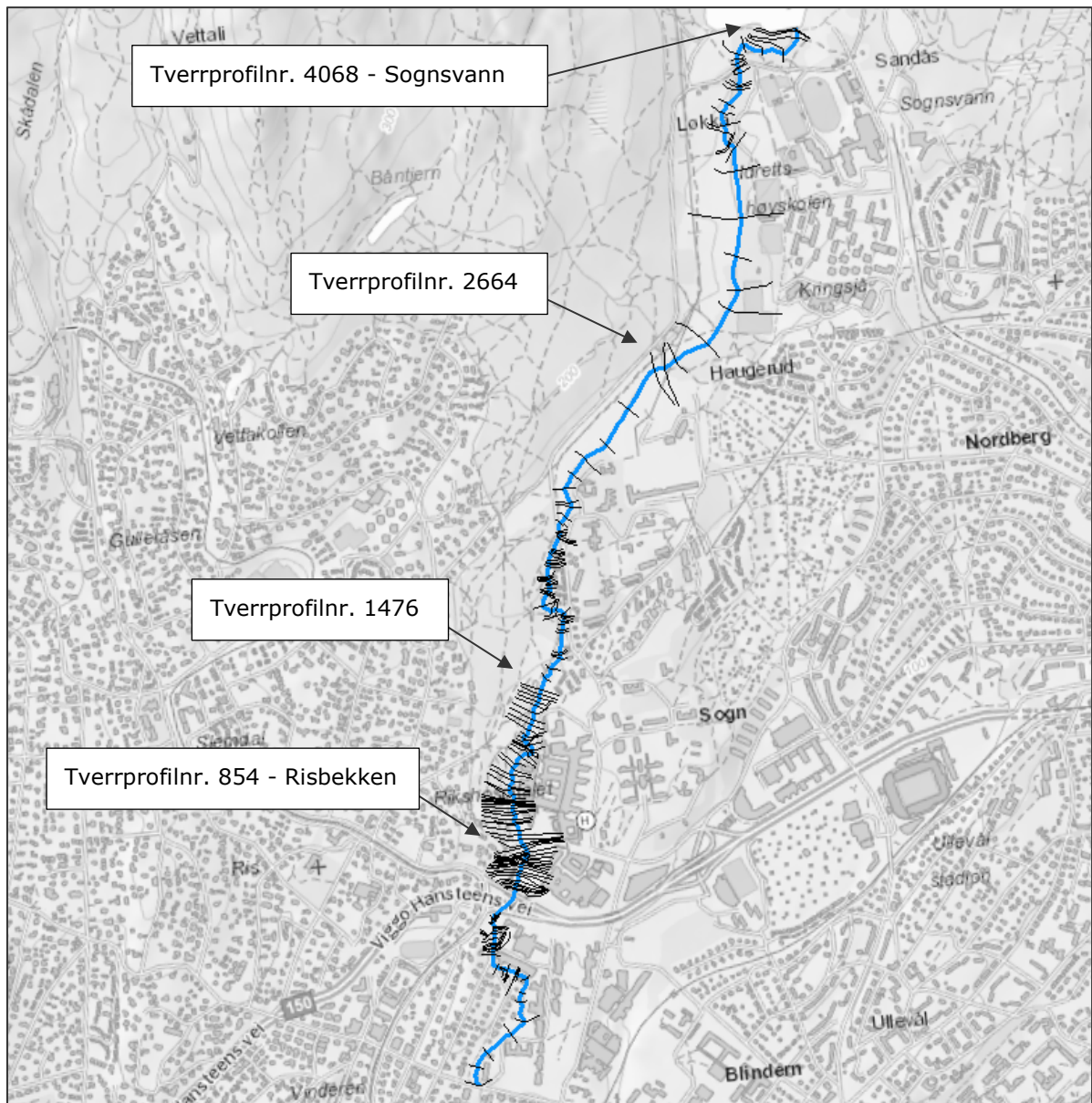


Figur 26. Innmålinger av vassdraget som er benyttet i oppbygging av den hydrauliske modellen.

## 9.2 Modelloppbygging, forutsetninger og grensebetingelser

### 9.2.1 Modelloppbygging

Det er etablert en ca. 4 km lang hydraulisk 1D modell i HEC RAS. Tverrprofiler er tegnet inn etter topografien og innmålinger. Videre er høyder generert for tverrprofilene basert på høyde-modellen. Fokusområdet for modellen ligger langs planområdet, hvor det er gjort innmålinger. Broer og kulverter er bygget opp ved bruk av HECRAS funksjonen «bridge/culvert» og dekket over er digitalisert ved hjelp av funksjonen «deck/roadway». Mannings ruhetskoeffisient  $n$ , dimensjoner (lengde, bredde, tykkelse) og koeffisienter er bestemt for broene og kulvertene. Det er foretatt konservative parametere basert på erfaring og HEC-RAS-manualen.



**Figur 27. Utstrekning av den hydrauliske modellen vises med blå linje for senter bekk og svarte linjer for tverrprofiler. I tillegg vises tverrprofiler hvor det kommer påslipp fra sidevassdrag/bekker.**

Flomverdien som er beregnet for planområdet gjelder ikke for hele vassdraget, da det er sidebekker som gir bidrag fra Sognsvann og ned til planområdet. Det er derfor gjort en skjønnsmessig vurdering basert på vekting av nedslagsfeltareal. Vannmengder er videre definert i tverrprofil etter påslipp fra sidevassdrag/-bekker. Fordeling av vannføringer i de ulike tverrprofilene er vist i Tabell 11 og plassering er vist i Figur 27.

**Tabell 11. Fordeling av beregnet kulminasjonsvannføringer (m<sup>3</sup>/s) for ulike tverrprofiler i den hydrauliske modellen.**

| Tverrprofilnr. | Q1000<br>+40% | Q1000 | Q500 | Q200<br>+40% | Q200 | Q100 | Q50 | Q20 | Q10 | Q5  | QM  | QN   |
|----------------|---------------|-------|------|--------------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 4068           | 18,9          | 13,5  | 11,7 | 13,6         | 9,7  | 8,4  | 7,2 | 5,9 | 5,1 | 4,2 | 3,4 | 0,19 |
| 2664           | 21,4          | 15,3  | 13,3 | 15,3         | 11,0 | 9,5  | 8,2 | 6,7 | 5,7 | 4,8 | 3,8 | 0,22 |
| 1476           | 21,9          | 15,7  | 13,6 | 15,7         | 11,2 | 9,7  | 8,4 | 6,9 | 5,9 | 4,9 | 3,9 | 0,22 |
| 854            | 24,4          | 17,4  | 15,1 | 17,5         | 12,5 | 10,8 | 9,3 | 7,6 | 6,5 | 5,5 | 4,4 | 0,25 |
| 2              | 24,7          | 17,6  | 15,3 | 17,7         | 12,6 | 10,9 | 9,4 | 7,7 | 6,6 | 5,5 | 4,4 | 0,25 |

### 9.2.2 Start- og grensebetingelser

- Oppstrøms betingelse: Det er lagt inn en helning på 0,1 promille i øvre del av modellen/i Sognsvann. Det er forsøkt å legge øvre grensebetingelse med et fast vannspeil, men ved store vannføringer gjør det modellen ustabil da vannstanden vil øke for å få vann igjennom lysåpning under bro og over flomvoll.
- Nedstrøms betingelse: Det er lagt inn en helning på 25 promille i nedre del av modellen. Helningen er basert på terrenget helning i bekken i og ved nedstrøms tverrprofil.
- Mannings ruhetskoeffisient,  $n$ , er satt til 0,035 i bunn av kanal og opp til breddekant, og 0,05 på kantene og sidene grunnet mer ruhet.
- Forenkling av modell: Der innløp og utløp kulvert har ulik diameter er den minste diameteren anvendt (mest konservativt).

### 9.2.3 Kalibreringsdata

Det foreligger ingen kalibreringsdata, og kalibrering av modellen har dermed ikke blitt gjort.

## 10. KONSEKVENSER

### 10.1 0-alternativet

Dagens flomsituasjon er beregnet for blant annet å kunne sammenligne resultater fra de ulike planalternativene.

#### 10.1.1 Vannlinjeberegninger

For vurdering av flomsikkerhet er vann- og energilinje to viktige parametere. Det er beregnet vann- og energilinje for Sognsvannsbekken med hovedfokus langs planområdet. Figur 28 og Figur 29 viser vann- og energilinje for hele modellområdet og langs planområdet for Q1000 + 40 %. Et utvalg av beregnede vann- og energilinjer for tverrprofiler langs planområdet er vist i Tabell 12 for Q200 + 40 % og Q1000 + 40 %.

#### 200-årshendelse inkludert klima

Vannlinjeberegningen viser at innløpet til kulvert under Ring 3 vil gå fullt og vann stuve seg opp til kote 105,4 moh. Vannstanden vil forplante seg 150 meter oppstrøms og blant annet opp til de to gangbroene ved tverrsnittnr. 864 og 867, som vil være vanndekt/oversvømt.

Gangbro til turområde ved tverrsnitt 1062 vil ha en lysåpning på 1,8 meter.

Oppstuvningen i innløpet til kulvertene under Ring 3 fører til at vannet vil strømme ut over avkjøringsveien fra Ring 3. Kulvertene under Ring 3 er beregnet til å håndtere 16 m<sup>3</sup>/s, mens 1,5 m<sup>3</sup>/s vil strømme over og ut på avkjøringsveien fra Ring 3.

#### 1000-årshendelse inkludert klima

Vannlinjen er beregnet til å ligge på kote ca. 105,5 moh. fra innløpet til kulvertene under Ring 3 og omtrentlig 150 m opp i vassdraget. Det betyr igjen at gangbroene ved profilnr. 864 og 867 vil være oversvømt som for 200-årshendelsen.

Lysåpningen ved gangbro til turområdet ved profilnr. 1062 vil være 1,6 meter.

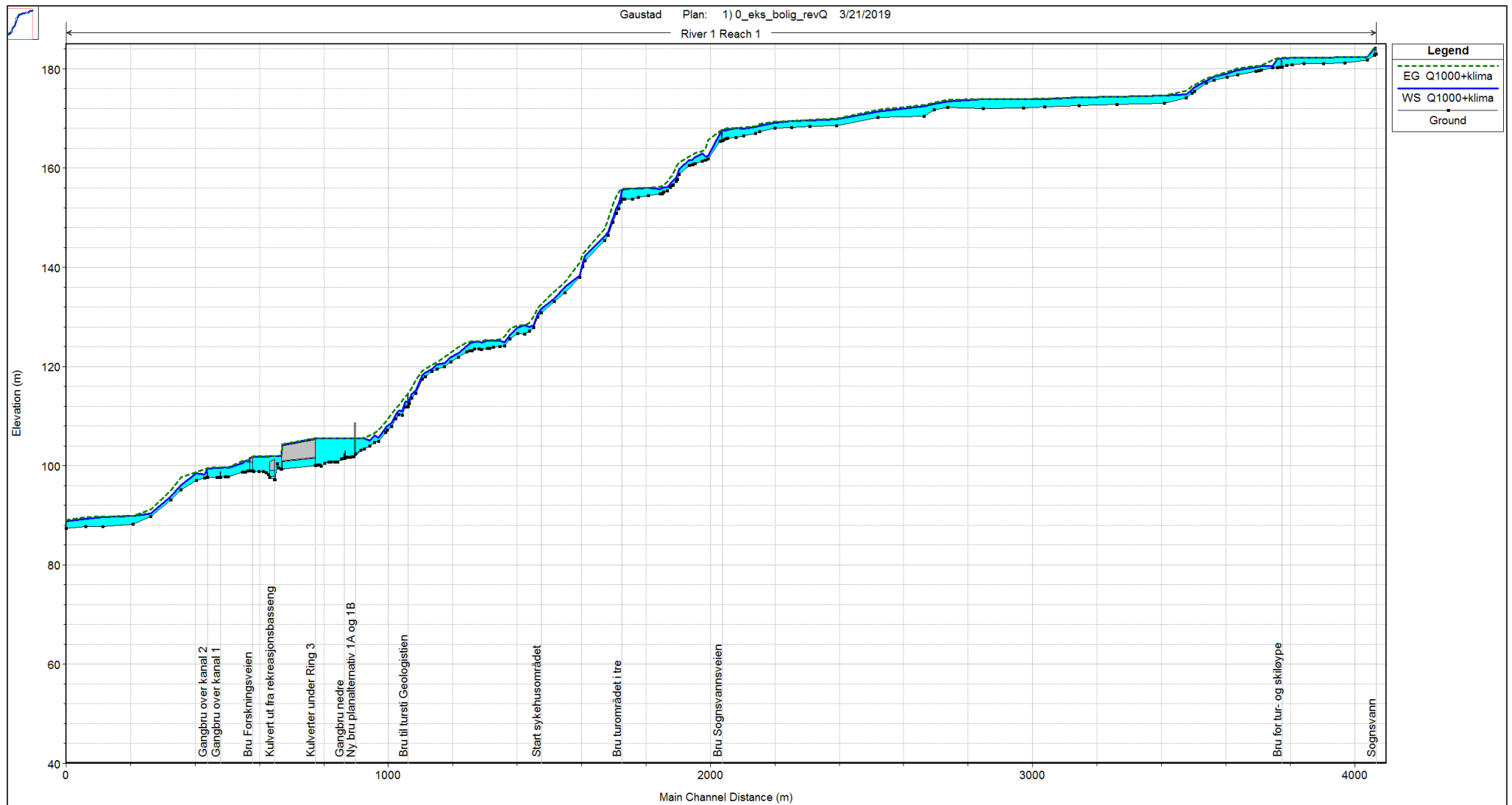
Oppstuvningen i innløpet til kulvertene under Ring 3 fører til at vannet vil strømme ut over avkjøringsveien. Kulvertene under Ring 3 er beregnet til å håndtere 15,6 m<sup>3</sup>/s, mens 8,8 m<sup>3</sup>/s vil strømme over og ut på avkjøringsveien fra Ring 3.

Det var tidligere en mistanke om at det i øvre del av planområdet kunne være fare for at vannet ville gå over bekkens bredder og renne ned mot sykehusbyggene, i område ved tverrprofil 1244-1269. Årsaken til mistanken kom fra en avrenningsanalyse basert på terrengdata (NDH 1m) hvor vann fylte seg opp i området. På grunn av unøyaktigheter i terrengdata, som er fanget opp og korrigert av innmålinger, viste det seg at på vann- og energilinjen ligger lavere enn bekkens bredder.

**Tabell 12. Beregnede vann- og energilinjer (moh.) for utvalgte tverrprofiler langs planområder ved 200- og 1000-årsflom + 40% for eksisterende situasjon.**

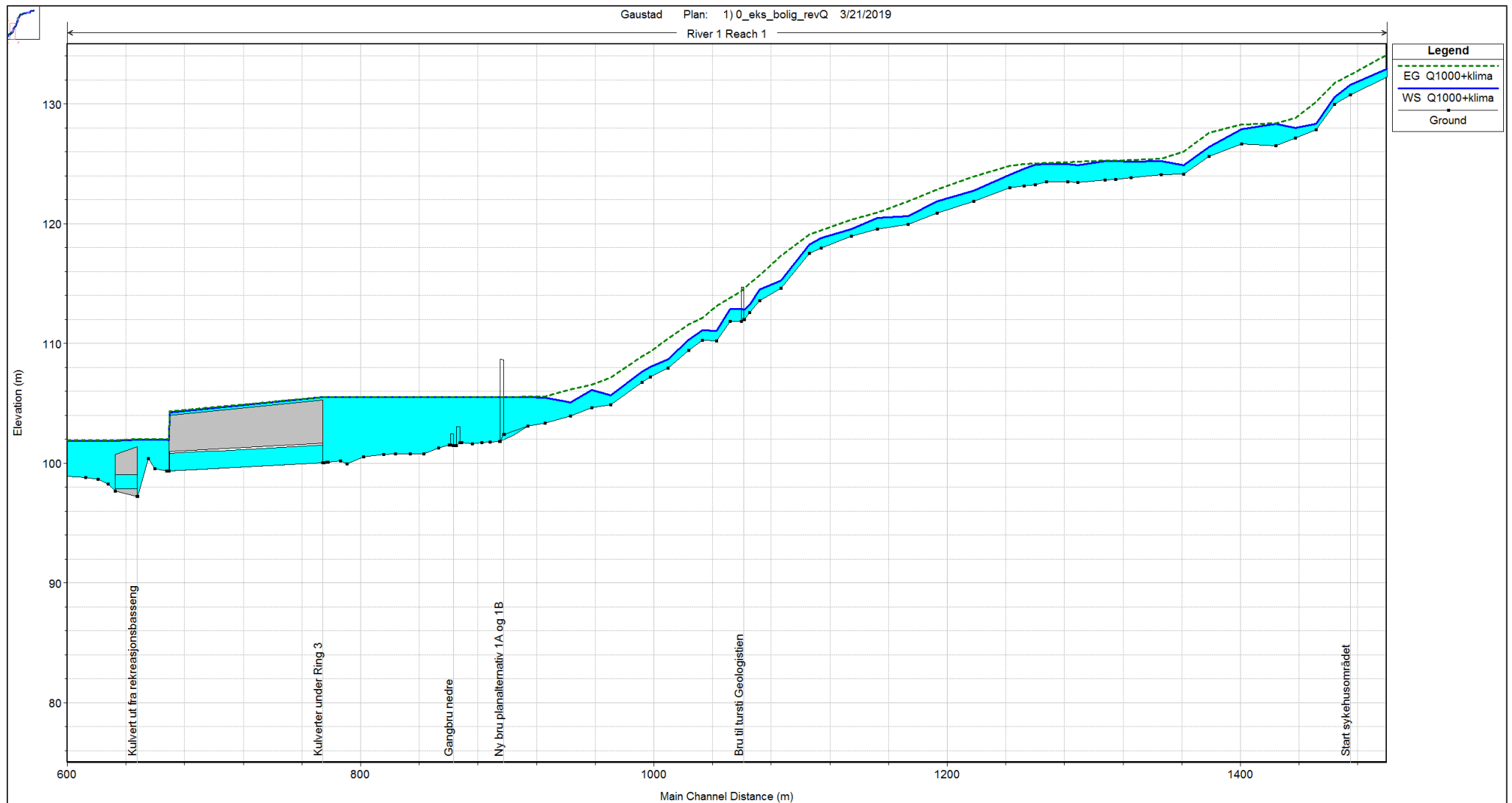
| Tverrsnitt nr. | Q1000 + 40%        |                  | Q200 + 40%         |                  | Kommentar                   |
|----------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|-----------------------------|
|                | Energilinje (moh.) | Vannlinje (moh.) | Energilinje (moh.) | Vannlinje (moh.) |                             |
| 1362           | 126                | 124,9            | 125,9              | 124,9            |                             |
| 1244           | 124,8              | 124,1            | 124,6              | 123,9            |                             |
| 1107           | 119,1              | 118,3            | 118,9              | 118,1            |                             |
| 1062           | 114,6              | 112,8            | 114,2              | 112,7            | Gangbro turområde           |
| 1053           | 113,8              | 112,9            | 113,5              | 112,7            |                             |
| 1044           | 113,1              | 111              | 112,8              | 110,9            |                             |
| 1034           | 112,1              | 111,1            | 111,8              | 111              |                             |
| 972            | 107,1              | 105,7            | 106,8              | 105,5            |                             |
| 870            | 105,5              | 105,5            | 105,4              | 105,4            |                             |
| 867            | 105,5              | 105,5            | 105,4              | 105,4            | Gangbro øvre                |
| 865            | 105,5              | 105,5            | 105,4              | 105,4            |                             |
| 864            | 105,5              | 105,5            | 105,4              | 105,4            | Gangbro nedre               |
| 861            | 105,5              | 105,5            | 105,4              | 105,4            |                             |
| 775            | 105,5              | 105,5            | 105,4              | 105,4            |                             |
| 774            | 105,5              | 105,5            | 105,4              | 105,4            | Innløp kulvert under Ring 3 |
| 670            | 102                | 101,9            | 101,6              | 101,6            | Utløp kulvert under Ring 3  |





Figur 28. Beregnet vann- og energilinje for hele modellområdet for eksisterende situasjon ved dimensjonerende flom, Q1000 + 40 %.



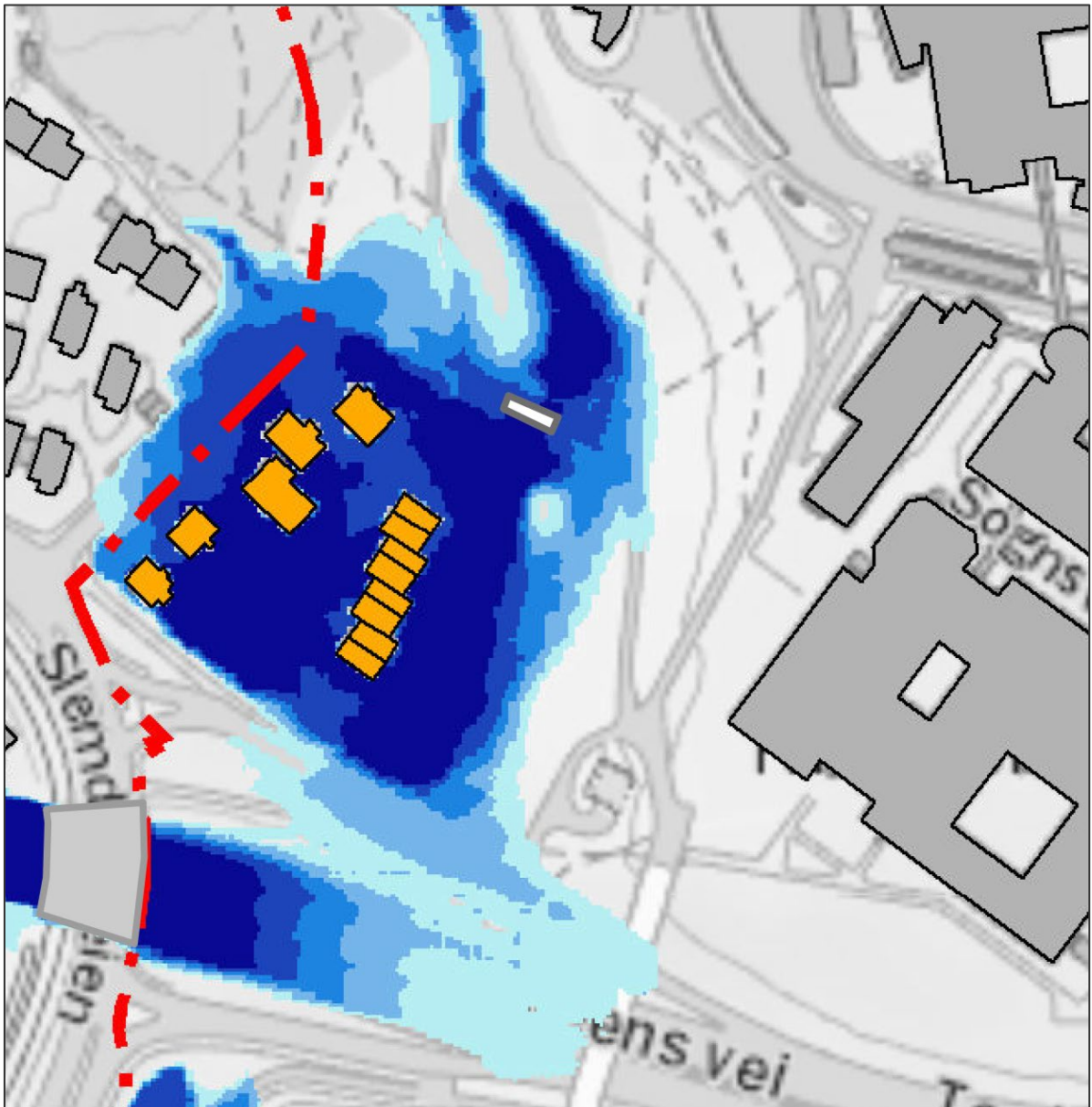


Figur 29. Beregnet vann- og energilinje ved planområdet for eksisterende situasjon ved dimensjonerende flom, Q1000 + 40 %.

### 10.1.2 Flomsonekart og flomutbredelse

Basert på vannlinjeberegninger i HEC-RAS er det gjennomført en GIS-analyse som viser hvilke arealer som blir oversvømt langs Sognsvannsbekken ved planområdet. Oversvømmelse langs bekkekantene fremkommer der den etablerte terrengmodell viser at terrenget ligger lavere enn vannlinjen.

Flomsonekart for dimensjonerende flom  $Q_{1000} + 40\%$  for eksisterende situasjon finnes i vedlegg G102. Et utsnitt fra flomutbredelseskartet (planområdet) for 1000-årsflom med klimafaktor (inkludert 30 cm sikkerhetsmargin) er vist i Figur 30. Det er i tillegg laget et flomsonekart for  $Q_{200} + 40\%$  for eksisterende situasjon som er vist i vedlegg G103.

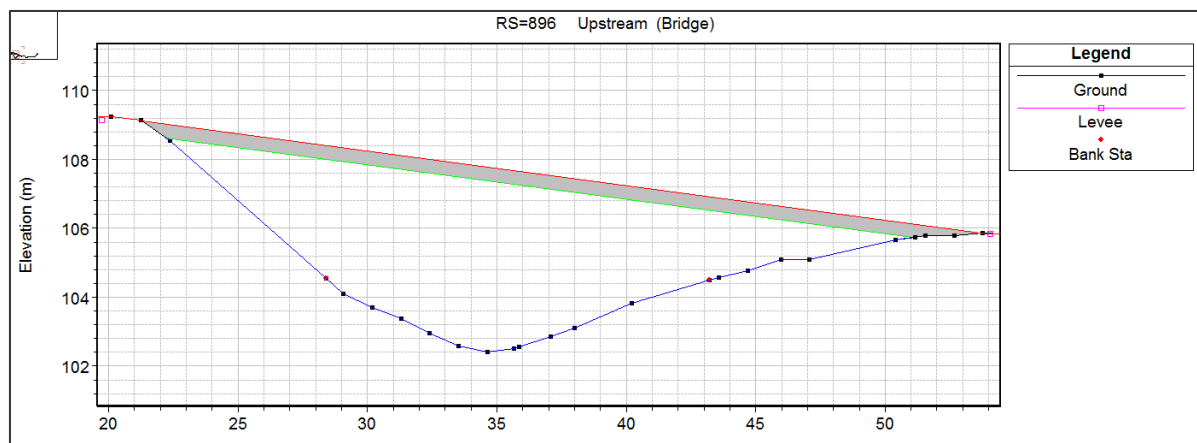


Figur 30. Utsnitt av flomsonekart for eksisterende situasjon ved  $Q_{1000} + 40\%$  med 30 cm sikkerhetsmargin.

Sykehusbyggene ligger ikke i det flomutsatte området. Slemdalsveien 87–89 som ligger i vest/på motsatt side av Sognsvannsbekken vil være utsatt ved en flomhendelse. Vannstand i området er beregnet til ca. 1,5–2 meter. Som følge av lav avledningskapasitet i kulvertsystemet under Ring 3 er det beregnet at vann vil stuve seg opp, og avkjøringsveien overtoppes og vannet strømmer ned på Ring 3. Vannspeil på Ring 3 er ikke beregnet i modellen og må tolkes med varsomhet, da den er basert på en GIS-analyse av terrenget ved å se på hvilket nivå som fører til at vann vil strømme videre langs Rings 3 eller til laveliggende områder. Kulverten ut fra bassenget på sørsiden av Ring 3 har ikke god nok kapasitet, og det vil flomme over kanten til basseng og ned på gang- og sykkelstien. Det antas at noe av vannet vil renne vestover, i gang- og sykkelkulvert under Slemdalsveien, og ikke tilbake i Sognsvannsbekken.

## 10.2 Planalternativene 1A, 1B, 2A og 2B

For å ta hensyn til utbyggingen planalternativene medfører er det gjort redigering av terrenget. Det har medført at skråningen fra sykehusområdet ned mot bekken har blitt flyttet mot bekken, og tilgjengelig volum mindre. I tverrprofilene som er lagt inn i modellen er arealene blitt mindre i nedre del av planområdet fra mot kulverten under Ring 3. I tillegg er det lagt inn en ny bro over Sognsvannsbekken for planalternativ 1A og 1B, vist i Figur 31. Topp dekke er lagt inn på 109,14 moh. i øst (venstre side i figuren) og 105,85 moh. i vest (høyre side i figuren), med en tykkelse på dekket lik 40 cm. Lengden til broen er ca. 32 meter og bredden lagt inn som 2,5 meter.



Figur 31. Tverrprofilnummer 896 av ny gangbro for planalternativ 1A og 1B lagt inn i modellen.

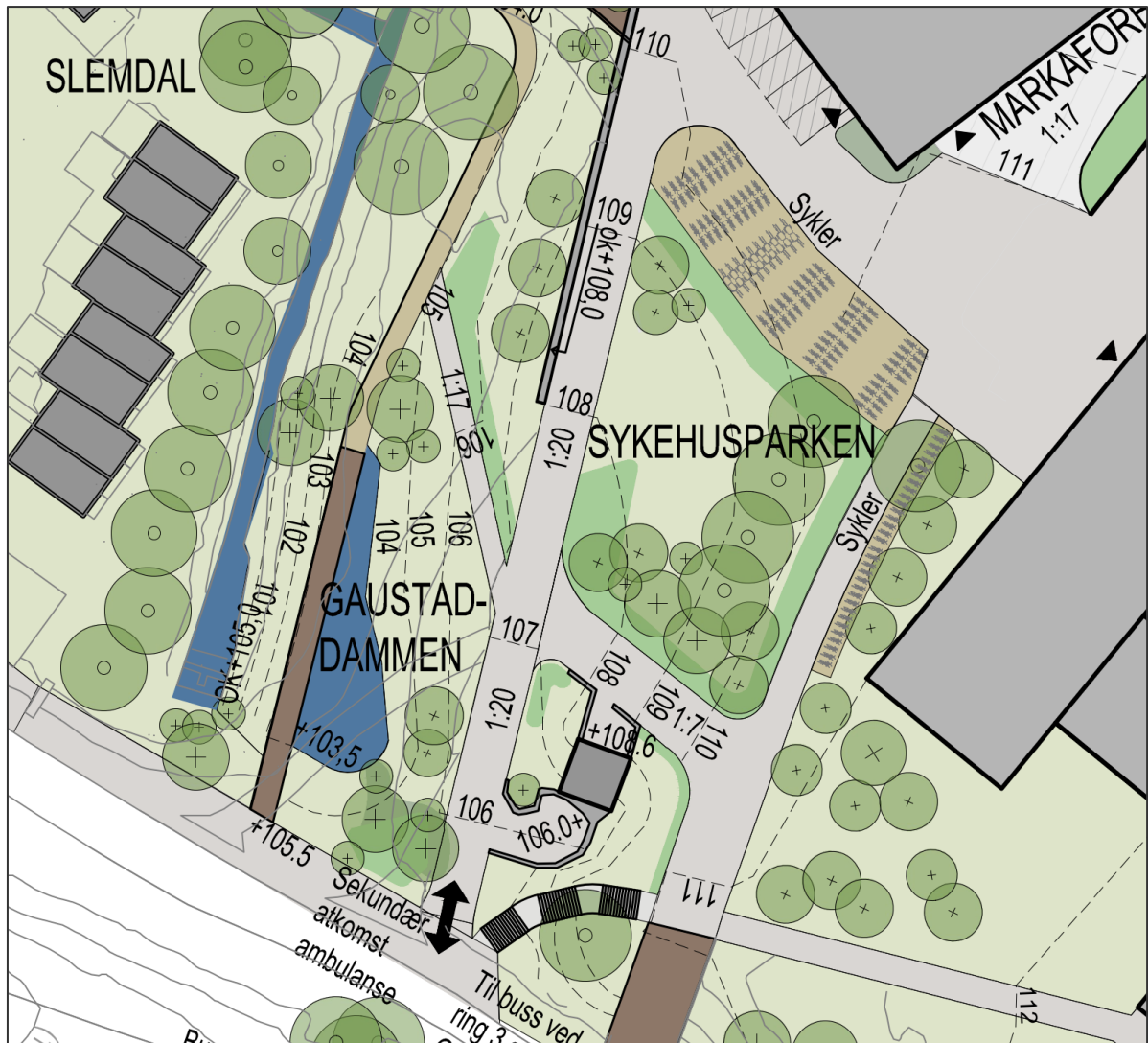
De nye byggene i de ulike planalternativene er lagt en god del lavere i terrenget enn eksisterende bygg. Det er derfor hentet informasjon om laveste kjellergulv for de ulike planalternativene, slik at verdien kan sammenlignes mot beregnede vannlinjer, se Tabell 13. For eksisterende situasjon vil kjellere i 1A, 1B og 2A ligge lavere enn beregnet vannlinje. Det gjelder også for 2B hvis man legger til grunn en sikkerhetsmargin på 30 cm til beregnet vannlinje. I tillegg går det eksisterende tunneler i grunn på lavere nivå. I hvilken grad de håndterer inntrengende vann er ukjent.

Tabell 13. Nivå på kjellergulv for lavesteliggende bygg for de ulike planalternativene langs vassdraget.

| Planalternativ | Nivå kjellergulv for lavesteliggende bygg (moh.) |
|----------------|--|
| 1A             | 105,37   |
| 1B             | 105,37   |
| 2A             | 101,2  |
| 2B             | 105,77   |

For 1A og 1B er det foreslått å etablere en dam med fast vannspeil (Gaustaddammen) ved innløpet av kulverter under Ring 3, vist i Figur 32. Dammen foreslås etablert med et vannspeil på

kote 103,5 moh. Ved normalvannføring (QN) vil det ikke være direkte kontakt mellom elva og Gaustaddammen, mens ved større flomhendelser som 200- og 1000-årsflom vil vannstanden i elva renne over i Gaustaddammen.



**Figur 32. Utklipp fra landskapsplan som viser plassering av Gaustaddammen ved innløpet til kulvertene under Ring 3.**

Det er antatt at flomsituasjonen vil i neglisjerbar grad endre seg som følge av etablering av en dam ved innløpet siden vannstanden ved innløpet ikke endrer seg. Etablering av vanddammen er et positivt bidrag i den forstand at det blir mulig å lagre mer flomvann oppstrøms kulverten. I tillegg gir det en avbøtende effekt for utfyllingen av sideskråningen fra nye bygg ned mot bekken lenger oppstrøms. Terrengendringene og Gaustaddammen er inkludert i de hydrauliske modellene for planalternativene.



### 10.2.1 Vannlinjeberegninger

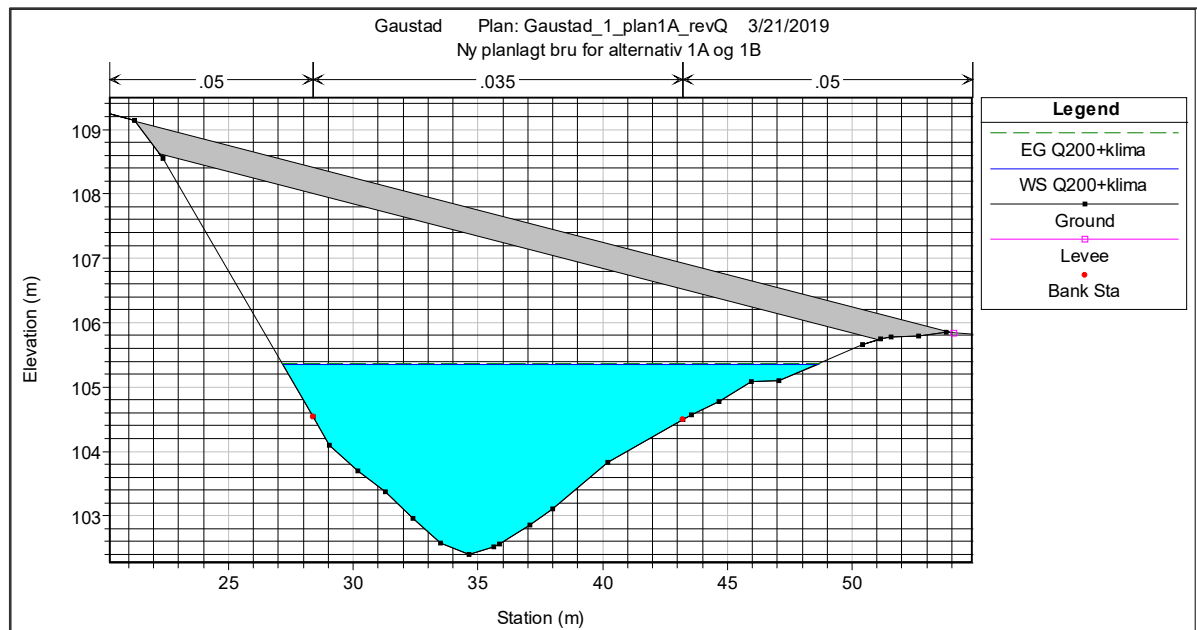
For vurdering av flomsikkerhet er vann- og energilinje to viktige parametere. Det er beregnet vann- og energilinje for Sognsvannsbekken med hovedfokus langs planområdet. Figur 35 og Figur 36 viser vann- og energilinje for hele modellområdet og langs planområdet for Q1000 + 40 %. Et utvalg av beregnede vann- og energilinjer for tverrprofiler langs planområdet er vist i Tabell 14 for Q200 + 40 % og Q1000 + 40 %.

#### 200-årshendelse inkludert klima

Vannlinjeberegningen viser at innløpet til kulvert under Ring 3 vil gå fullt og vann stuve seg opp til kote 105,4 moh. Vannstanden vil forplante seg ca. 150 meter oppstrøms og blant annet opp til de to gangbroene ved tverrsnittnummer 864 og 867, som vil være oversvømt. Vannlinjen er beregnet å ligge ca. 1 cm høyere for planalternativene enn ved eksisterende situasjon, som betyr en marginal endring av flomforholdene.

Gangbro til turområde ved tverrsnitt 1062 har en lysåpning på 1,7 meter, som eksisterende situasjon. Utbyggingene vil med andre ord ikke påvirke så langt opp i vassdraget.

Den nye broen for 1A og 1B har en lysåpning på 38 cm hvor broen er på det laveste, se Figur 33, og medfører ikke noe forverring av strømningsforholdene ved en 200-årshendelse inkludert klimapåslag. Ved å legge til 30 cm sikkerhetsmargin til beregnet vannstand er lysåpning 8 cm på det laveste punktet.



Figur 33. Ny bro vist med beregnet vann- og energinivå ved 200-årsflom + 40 %. Planalternativ 1A og 1B.

Ved å legge til en sikkerhetsmargin på 30 cm til beregnet vannlinje lik 105,4 moh., bør bygg ligge med kjellernivå høyere enn 105,7 moh. For flomsituasjon 200-årsflom med klimapåslag er da kjellere i planalternativ 1A, 1B og 2A mulig utsatt for kortvarig, høy grunnvannstand. Det anbefales at bygg enten bygges på nivå med beregnet vannlinje med sikkerhetsmargin på 30 cm, eller at det bygges som en vanttett konstruksjon under angitt nivå.

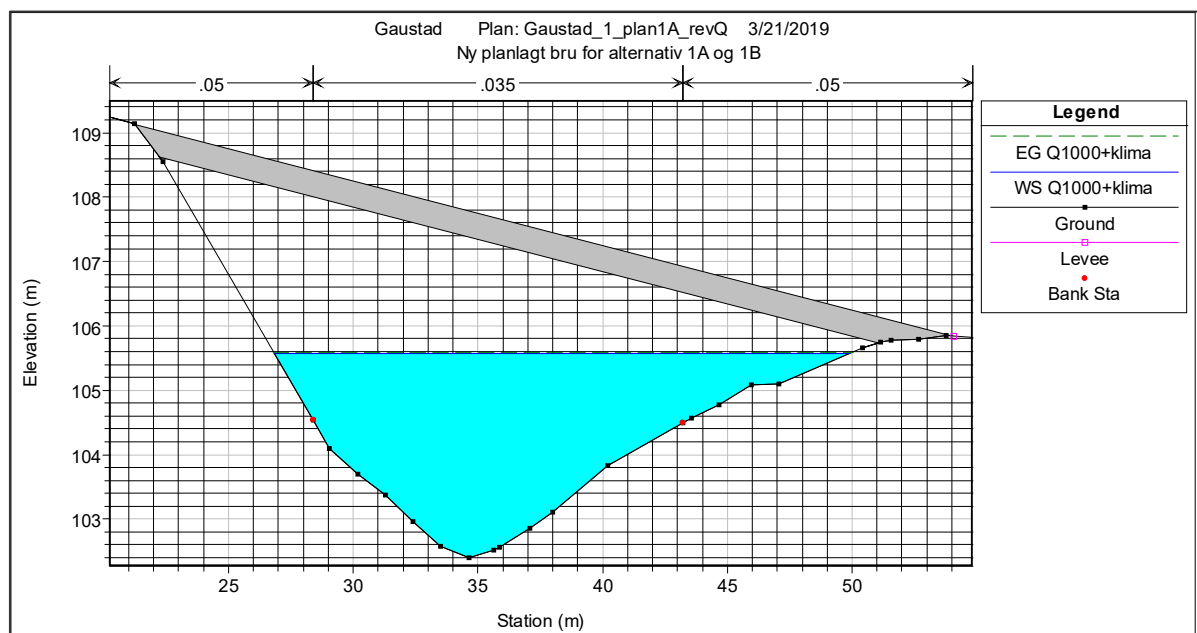
Oppstuvningen i innløpet til kulvertene under Ring 3 fører til at vannet vil strømme ut over avkjøringsveien fra Ring 3. Kulvertene under Ring 3 er beregnet til å håndtere 16 m<sup>3</sup>/s, mens 1,5 m<sup>3</sup>/s vil strømme over og ut på avkjøringsveien fra Ring 3, noe som tilsvarer eksisterende situasjon.

**1000-årshendelse inkludert klima:**

Vannlinjen er beregnet til å ligge på kote ca. 105,6 moh. fra innløpet til kulvertene under Ring 3 og omtrentlig 150 meter opp i vassdraget. Det betyr igjen at gangbroene ved profilnummer 864 og 867 vil være oversvømt som for 200-årshendelsen. Vannstanden er beregnet å ligge ca. 5 cm høyere for situasjon med planalternativene enn for 0-alternativet, noe som innebærer minimal endring av flomforholdene.

Lysåpningen ved gangbro til turområdet ved profilnummer 1062 er 1,6 meter, som for eksisterende situasjon. Heller ikke for planalternativene ved en 1000-årsflom med klimapåslag påvirkes vassdraget så langt opp som ved gangbro til Geologistien.

Den nye broen for planalternativ 1A og 1B har en lysåpning på 16 cm hvor broen er på det laveste, se Figur 34, og medfører ikke noe forverring av strømningsforholdene ved en 200-årshendelse inkludert klimapåslag. Vannstanden er beregnet, uten en tillagt sikkerhetsmargin.



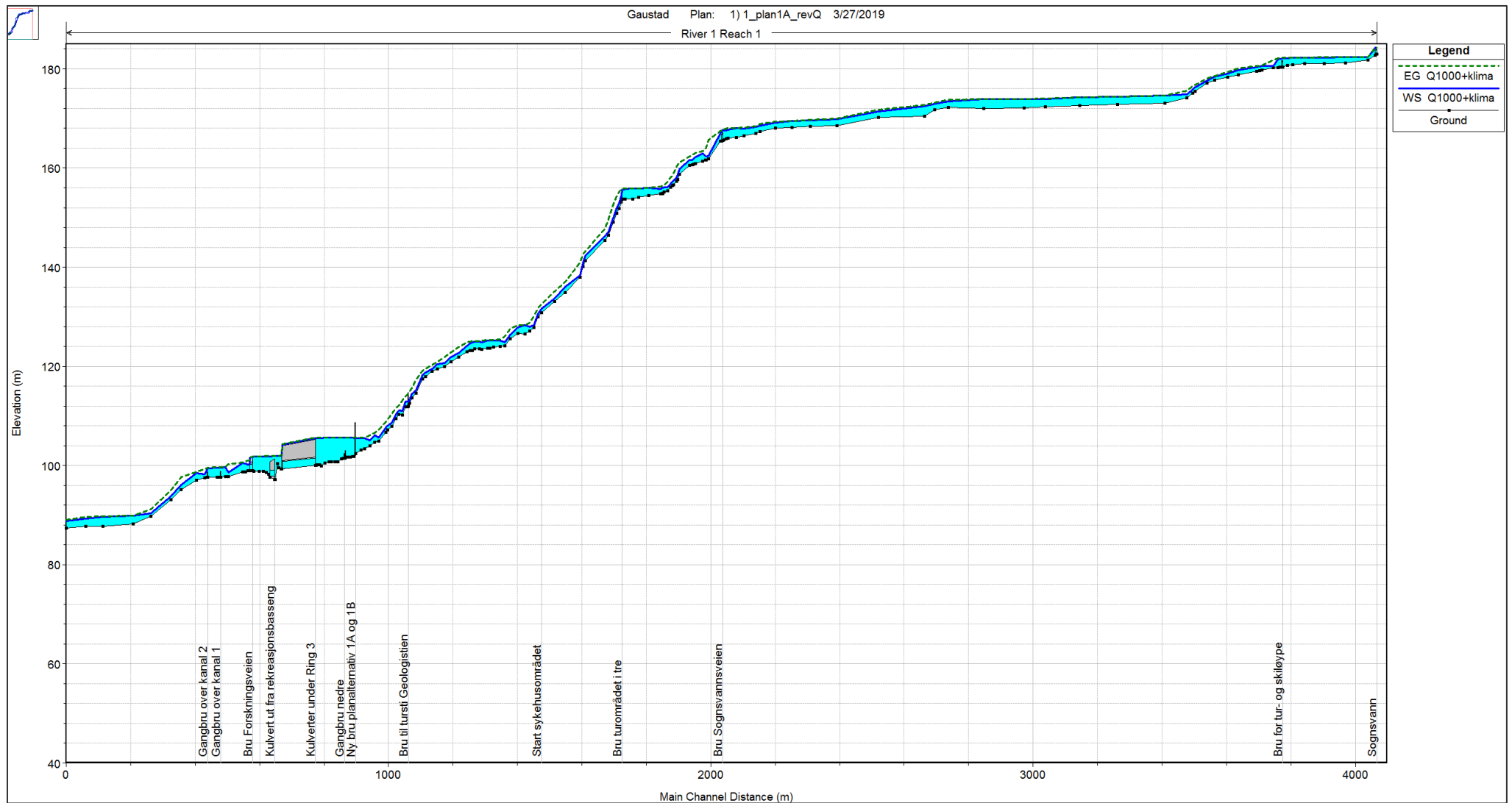
**Figur 34. Ny bru vist med beregnet vann- og energinivå ved 1000-årsflom + 40 %. Planalternativ 1A og 1B.**

Ved å legge til grunn en sikkerhetsmargin på 30 cm til beregnet vannlinje lik 105,6 moh., bør bygget ligge med kjellernivå høyere enn 105,9 moh. For dimensjonerende flomsituasjon har kjellere i alle planalternativ mulig fare for kortvarig, høy grunnvannstand. Det anbefales at bygg enten bygges på nivå med beregnet vannlinje med sikkerhetsmargin på 30 cm, eller at det bygges som en vanntett konstruksjon under angitt nivå.

Oppstuvningen i innløpet til kulvertene under Ring 3 fører til at vannet strømmer ut over avkjøringsrampen fra Ring 3 og ut på Ring 3. Kulvertene under Ring 3 er beregnet til å håndtere 15,7 m<sup>3</sup>/s, mens 8,7 m<sup>3</sup>/s vil strømme over og ut på avkjøringsveien fra Ring 3. Det er med andre ord en beskjeden økning i kulvertkapasiteten, og følgelig strømmer det noe mindre vann ut over avkjøringen fra Ring 3.

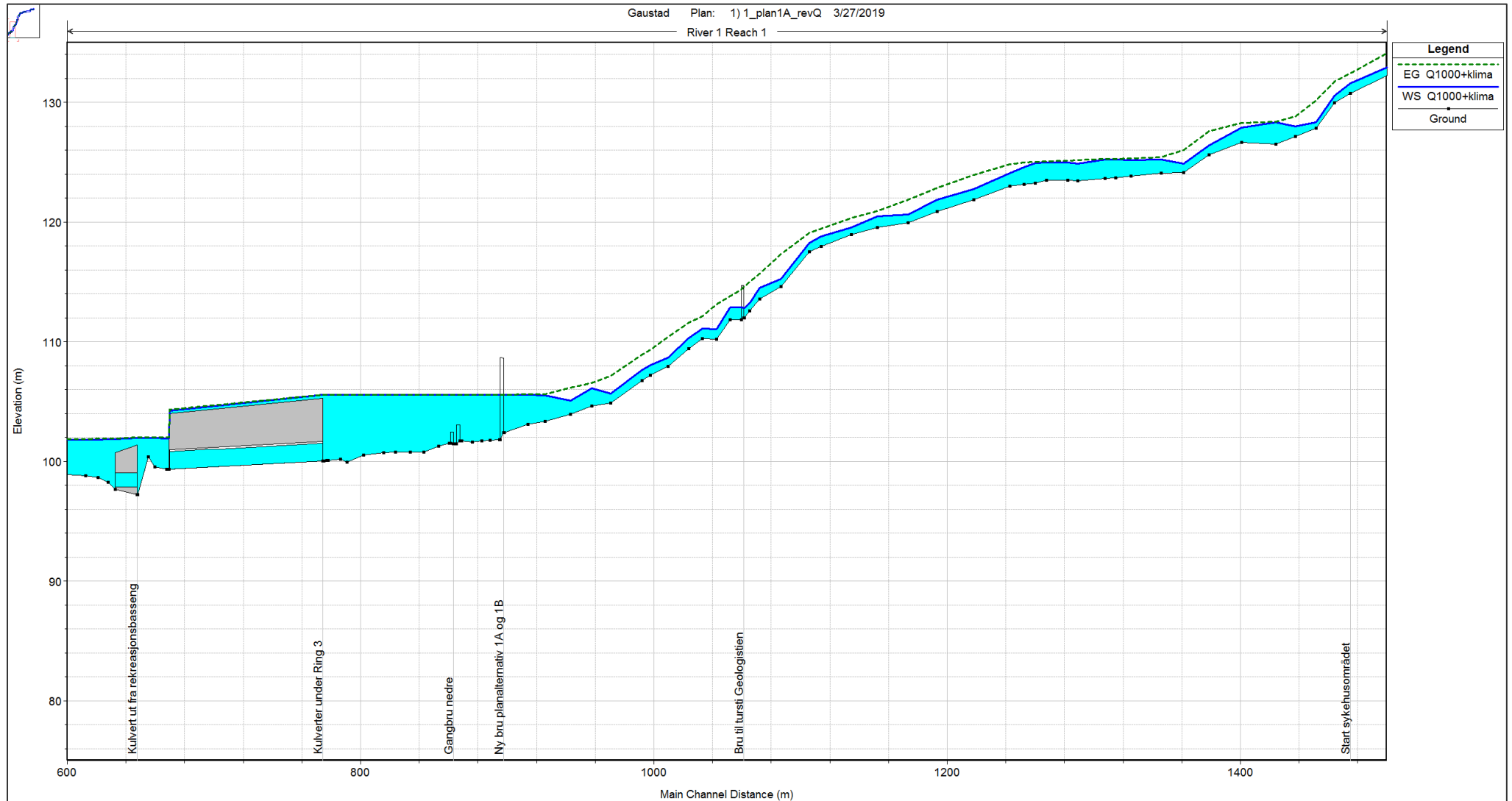
**Tabell 14. Beregnede vann- og energilinjer (moh.) for utvalgte tverrprofiler langs planområder ved 200- og 1000-årsflom + 40 % for planalternativene.**

| Tverrsnitt nr. | Q1000 + 40%        |                  | Q200 + 40%         |                  | Kommentar                   |
|----------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|-----------------------------|
|                | Energilinje (moh.) | Vannlinje (moh.) | Energilinje (moh.) | Vannlinje (moh.) |                             |
| 1362           | 126                | 124,9            | 125,7              | 124,8            |                             |
| 1244           | 124,8              | 124,1            | 124,6              | 123,9            |                             |
| 1107           | 119,1              | 118,3            | 118,9              | 118,1            |                             |
| 1062           | 114,6              | 112,8            | 114,2              | 112,7            | Gangbro turområde           |
| 1053           | 113,8              | 112,9            | 113,5              | 112,7            |                             |
| 1044           | 113,1              | 111              | 112,8              | 110,9            |                             |
| 1034           | 112,1              | 111,1            | 111,8              | 111              |                             |
| 972            | 107,1              | 105,7            | 106,8              | 105,5            |                             |
| 896            | 105,6              | 105,6            | 105,4              | 105,4            | Ny gangbro plan 1A og B     |
| 870            | 105,6              | 105,6            | 105,4              | 105,4            |                             |
| 867            | 105,6              | 105,6            | 105,4              | 105,4            | Gangbro øvre                |
| 865            | 105,6              | 105,6            | 105,4              | 105,4            |                             |
| 864            | 105,6              | 102,5            | 105,4              | 105,4            | Gangbro nedre               |
| 861            | 105,6              | 105,6            | 105,4              | 105,4            |                             |
| 775            | 105,6              | 105,6            | 105,4              | 105,4            |                             |
| 774            | 105,6              | 105,6            | 105,4              | 105,4            | Innløp kulvert under Ring 3 |
| 670            | 102                | 101,9            | 101,6              | 101,6            | Utløp kulvert under Ring 3  |



Figur 35. Beregnet vann- og energilinje for hele modellområdet for alle planalternativene ved dimensjonerende flom, Q1000 + 40 %.

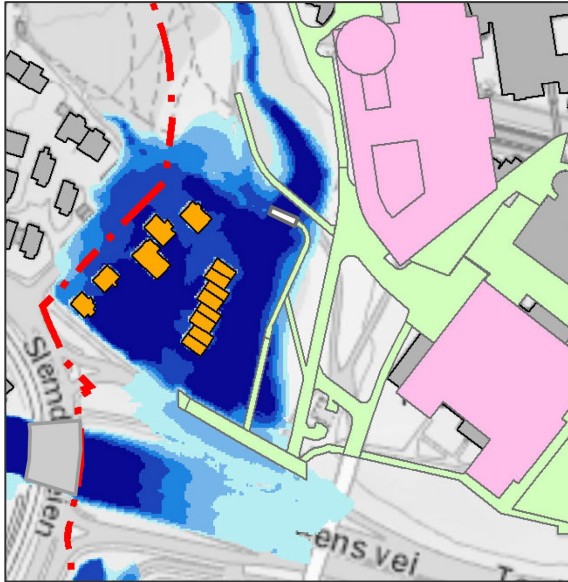




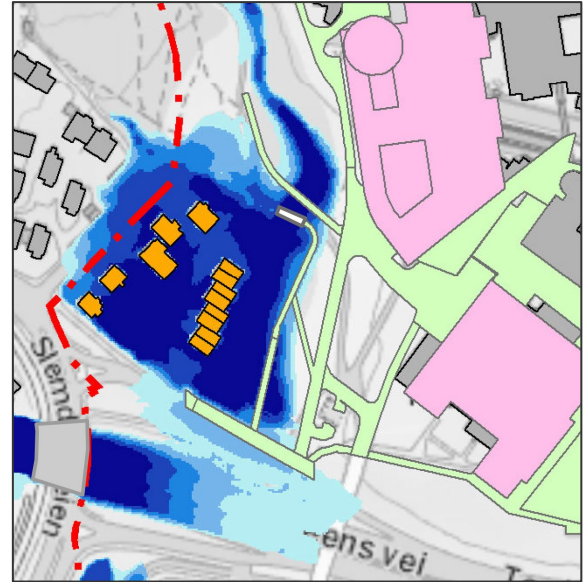
Figur 36. Beregnet vann- og energilinje ved planområdet for alle planalternativene ved dimensjonerende flom, Q1000 + 40 %.

### 10.2.2 Flomsonekart og flomutbredelse

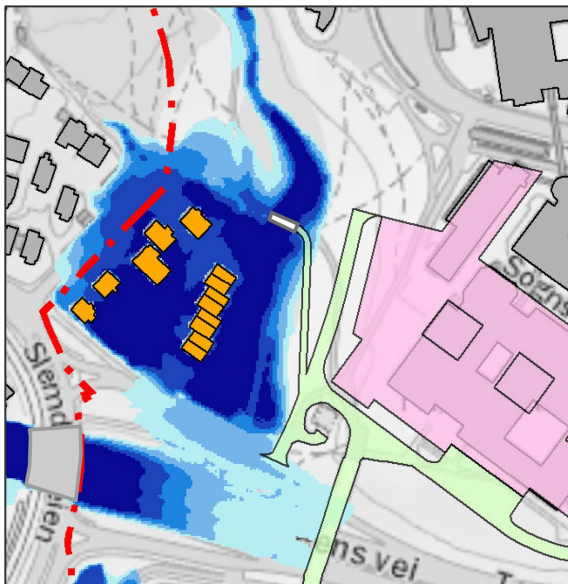
Flomsonekart for dimensjonerende flom Q1000 + 40 % (inkludert 30 cm sikkerhetsmargin) for de fire ulike planalternativene finnes i vedlegg G104, G105, G106 og G107. Et utsnitt fra flomutbredelseskartet (planområdet) for 1000-årsflom med klimafaktor vises i Figur 37, Figur 38, Figur 39 og Figur 40.



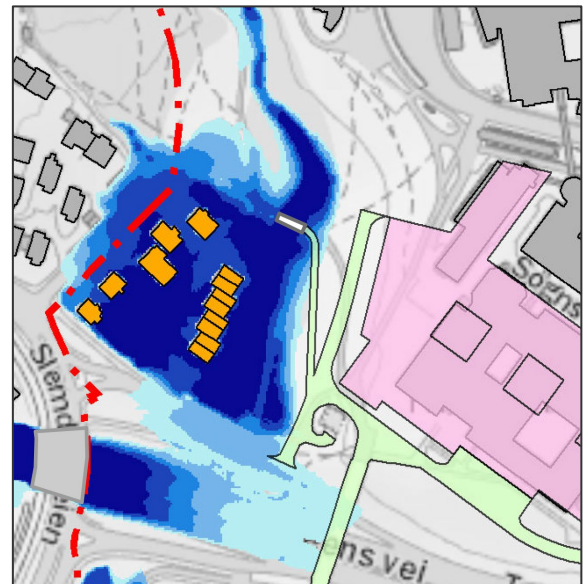
Figur 37. Utsnitt av flomsonekart ved Q1000 + 40 % med 30 cm sikkerhetsmargin. Lys grønn er nye veier og rosa nye bygg. Planalternativ 1A.



Figur 38. Utsnitt av flomsonekart ved Q1000 + 40 % med 30 cm sikkerhetsmargin. Lys grønn farge viser nye veier og rosa nye bygg. Planalternativ 1B.



Figur 39. Utsnitt av flomsonekart ved Q1000 + 40 % med 30 cm sikkerhetsmargin. Rosa farge viser nye bygg. Planalternativ 2A.



Figur 40. Utsnitt av flomsonekart ved Q1000 + 40 % med 30 cm sikkerhetsmargin. Rosa farge viser nye bygg. Planalternativ 2B.

Flomsonekartene viser at ingen av de nye byggene i planalternativene ligger på et nivå som er utsatt ved dimensjonerende flom. På lik linje som i 0-alternativet vil Slemdalsveien 87–89 i vest oversvømmes og vann strømme ned på veibanen til Ring 3. Vannspeil på Ring 3 er ikke beregnet i modellen og må tolkes med varsomhet, da den er basert på en GIS-analyse av terrenget ved å se på hvilket nivå som fører til at vann vil strømme videre langs Rings 3 eller til lavereliggende områder.

Kulverten ut fra bassenget på sørsiden av Ring 3 har ikke god nok kapasitet, og det vil flomme over kanten til basseng og ned på gang- og sykkelstien. Det antas at noe av vannet vil renne vestover, i gang- og sykkelkulvert under Slemdalsveien, og ikke tilbake i Sognsvannsbekken.

Vannstanden i flomsonen øker med ca. 5 cm i 1000-års flom fra eksisterende til etter utbygging av planalternativene, da utbygging medfører en reduksjon av volum som følge av fylling av masser i skråningen. Dette anses som en neglisjerbar situasjon, da endringene er mindre enn usikkerhetsfaktoren i analysen.

### 10.3 Usikkerhet

Denne type analyser og beregningsresultater er alltid heftet med usikkerhet. Faktorer som nevnt nedenfor påvirker sluttresultatet og beregnede vannlinjer og flomutbredelser.

#### Datagrunnlag

Datagrunnlaget for vassdraget kan karakteriseres som godt da det er anvendt filtrert laserdata i tillegg til nøyaktige innmålinger (GPS og totalstasjon). Likevel er det noe usikkerhet knyttet til beregnede flomutbredelser som følge av støy som ikke har blitt filtrert ut.

#### Flomfrekvensanalyse

Flomfrekvensanalysen har stor usikkerhet da det er store forskjeller i nærliggende vassdrag, samt at datagrunnlaget for små urbane felt generelt er beskjedent.

#### Vannlinjeberegninger

Viktige faktorer som påvirker usikkerheten av vannlinjeberegningene er nøyaktighet i tverrprofiler, avstand mellom tverrprofiler, usikkerhet i estimat av ruhet og helning på elva. Det ligger usikkerhet knyttet til manglende kalibreringsdata, mens gode grunnlagsdata eksempelvis innmålinger, laserdata og ruhet styrker modellens nøyaktighet.

#### Flomsonekart

Det er utarbeidet flomsonekart for flommer med gjentaksintervall på 200 og 1000 år for eksisterende situasjon, 1000 år for de ulike planalternativene og 200 og 1000 år etter utbygging. Disse er vist i separate vedlegg. Vannstand og utbredelsen av vann i Ring 3 for beregninger hvor det skjer overtopping av avkjøringsveien fra Ring 3 er basert på en GIS-analyse av terrengnivå, og er meget usikre.

Basert på en samlet vurdering av usikkerheten anbefales det å legge til en sikkerhetsmargin lik 30 cm på beregnede vannlinjer.

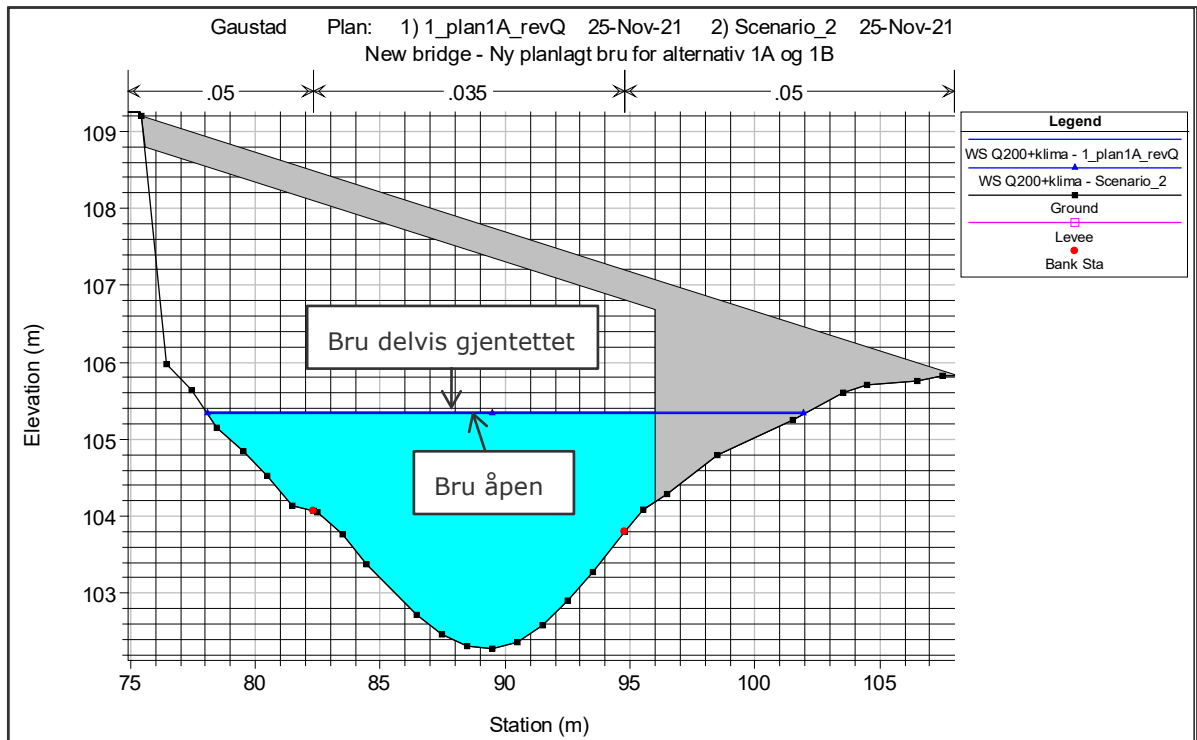
### 10.4 Restrisiko

#### 10.4.1 Ny bru over Sognsvannsbekken – fare for gjentetting

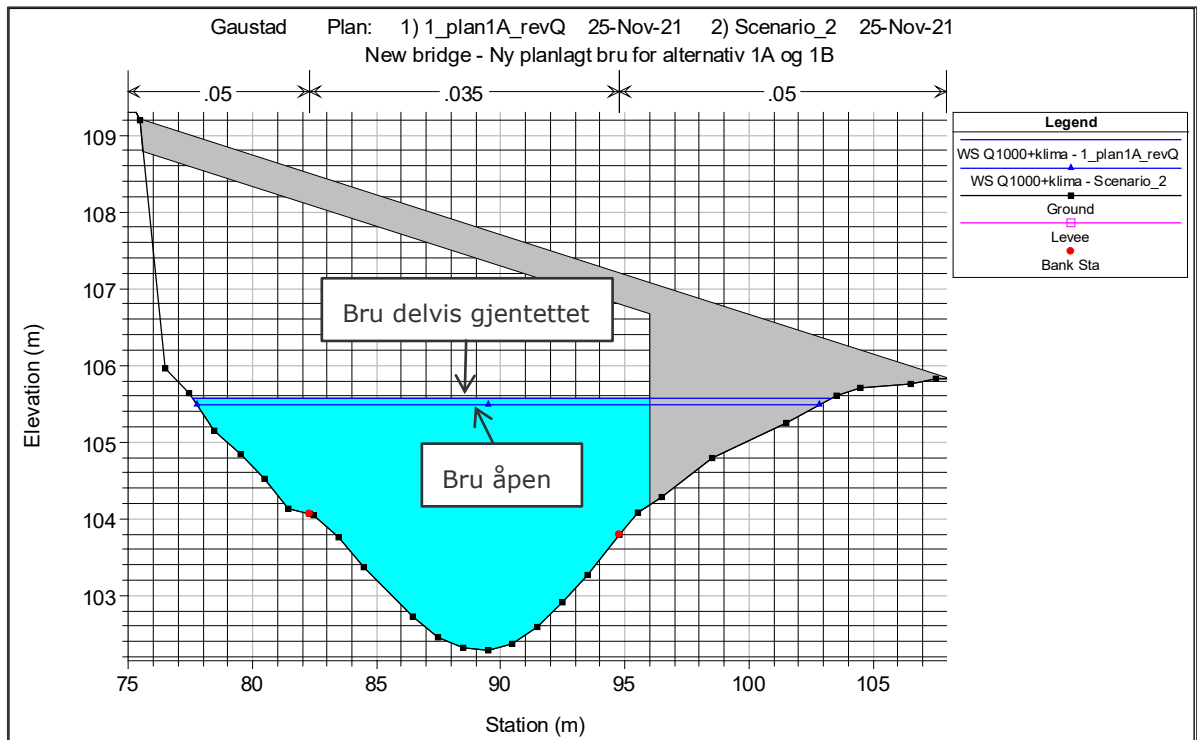
Det er en risiko for at drivgods/isgang kan sette seg fast eller det dannes is på vestre/høyre side av broen (hvor den er lavest). For å undersøke konsekvensene for vannstand ved en tetting av tverrsnittet under broen er det gjort en egen beregning. Det er valgt å tette igjen ca. 10 meter på vestre side. I Figur 41 og Figur 42 er vannstanden ved åpen og delvis gjentettet bru på vestre side vist for  $Q_{200} + 40\%$  og  $Q_{1000} + 40\%$ . Det er beregnet at økning i vannstanden er ca. 2 cm og 8 cm for hhv.  $Q_{200} + 40\%$  og  $Q_{1000} + 40\%$  ved å tette igjen broen. Det er fortsatt stor lysåpning under hele broen, slik at en tetting på østre side av broen ikke påvirker den hydrauliske kapasiteten under broen i betydelig grad.

Det er viktig å sikre fundamentet til broen og terrenget rundt på østre/vestre side for å tåle kreftene fra vannet og drivgods som kan komme med flomvannet. Vannhastigheten ved situasjon  $Q_{1000} + 40\%$  er beregnet til underkant av 0,7 m/s.

Høyeste vannhastighet er beregnet for situasjon Q100, lik 4 m/s. Men vannstanden for Q100 er beregnet til 103,1 moh. og er ikke i nærheten av brofundament på vestre side av broen.



Figur 41. Ny bro med beregnet vannivå ved 200-årsflom + 40 % for åpen og delvis gjentetting på vestre/høyre side. Planalternativ 1A og 1B.



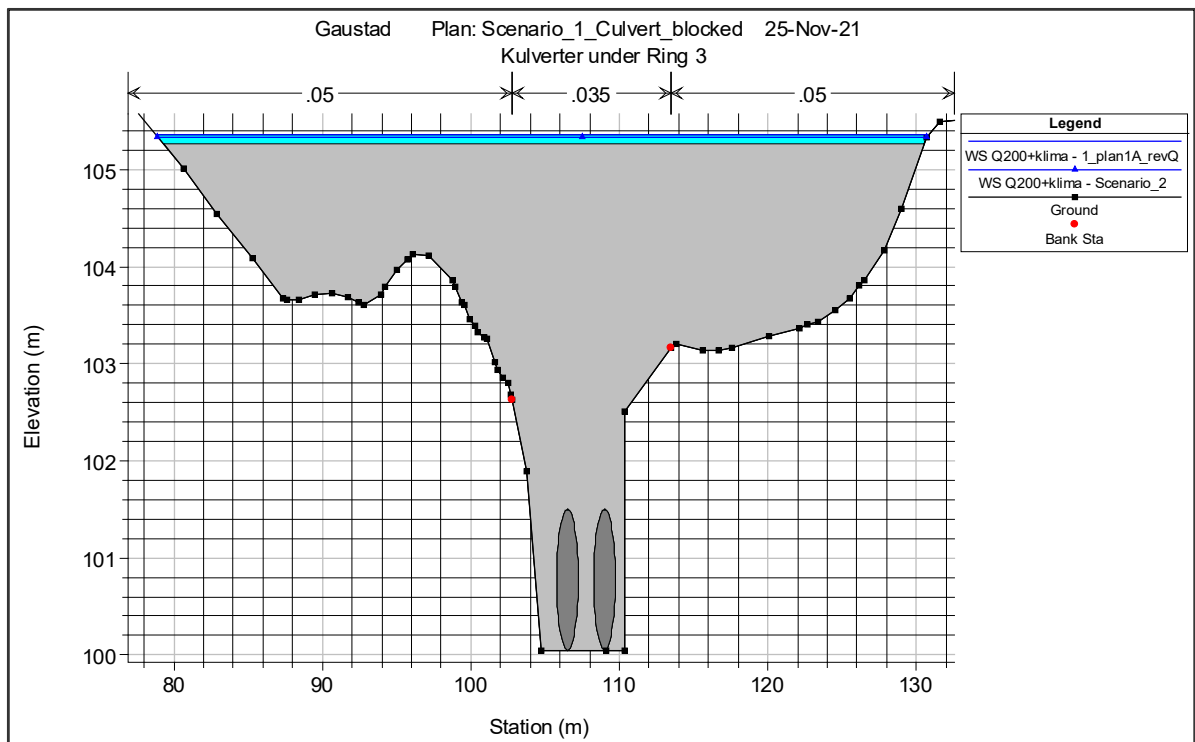
Figur 42. Ny bro med beregnet vannivå ved 1000-årsflom + 40 % for åpen og delvis gjentetting på vestre/høyre side. Planalternativ 1A og 1B.

### 10.4.2 Kulverter under Ring 3 – fare for gjentetting

Kulverter og rør med begrenset størrelse vil alltid ha en visst risiko for gjentetting. Dagens kulverter har rister som vil redusere faren for at større gjenstander og drivgods setter seg fast i rørene og blokkere vanngjennomstrømningen. For å se på konsekvensen ved gjentetting av kulvertene under Ring 3 er det valgt å tette disse helt. Det vil si at alt vann tvinges til å renne på overflaten.

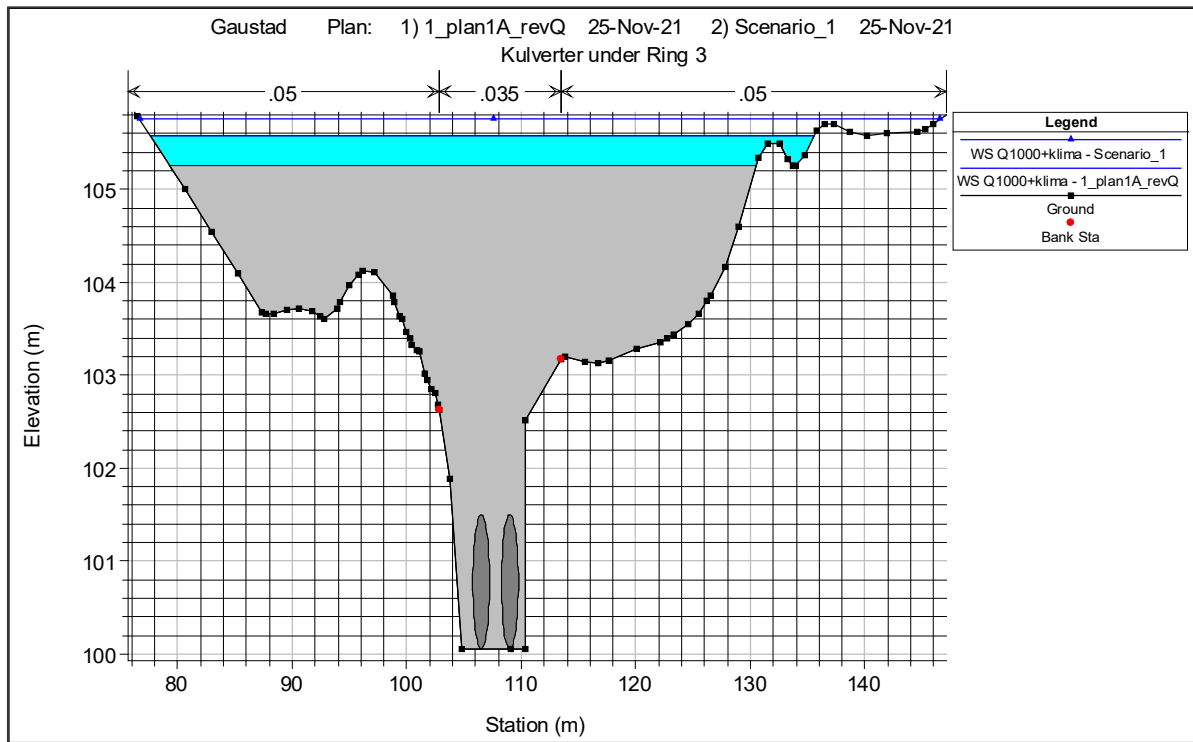
For flomhendelsene Q200 + 40 % og Q1000 + 40 % er det beregnet av vannstanden oppstrøms kulvertene under Ring 3 øker med henholdsvis 2 og 18 cm, se Figur 43 og Figur 44. Da vil total vannføring på henholdsvis 17,5 og 24,7 m<sup>3</sup>/s renne over avskjøringsrampen og ned på veibanen til Ring 3. I vurderingene er ikke volumet som lagres nord for Ring 3 eller effekten det har på forsinkelse av flommen (beregnet statistisk vannføring). Reell videreført vannmengde er noe lavere enn beregnet kulminasjonsverdi.

I Figur 45 er vanddekt areal oppstrøms kulvertene under Ring 3 vist for situasjon Q1000 + 40 %. Økningen i vannstand på 18 cm gir påvirkning på vanddekt areal på et område som strekker seg 200 m oppstrøms innløpet til kulverter under Ring 3. Økningen i vannstand er mindre enn anbefalt sikkerhetsmargin på 30 cm, slik at konsekvensene ved at kulvertene er blokkert/tettet vil være liten for området oppstrøms innløpet til kulvertene under Ring 3.



Figur 43. Beregnet vannstand for kulverter under Ring 3 både åpen og gjentetting for Q200 + 40 %.





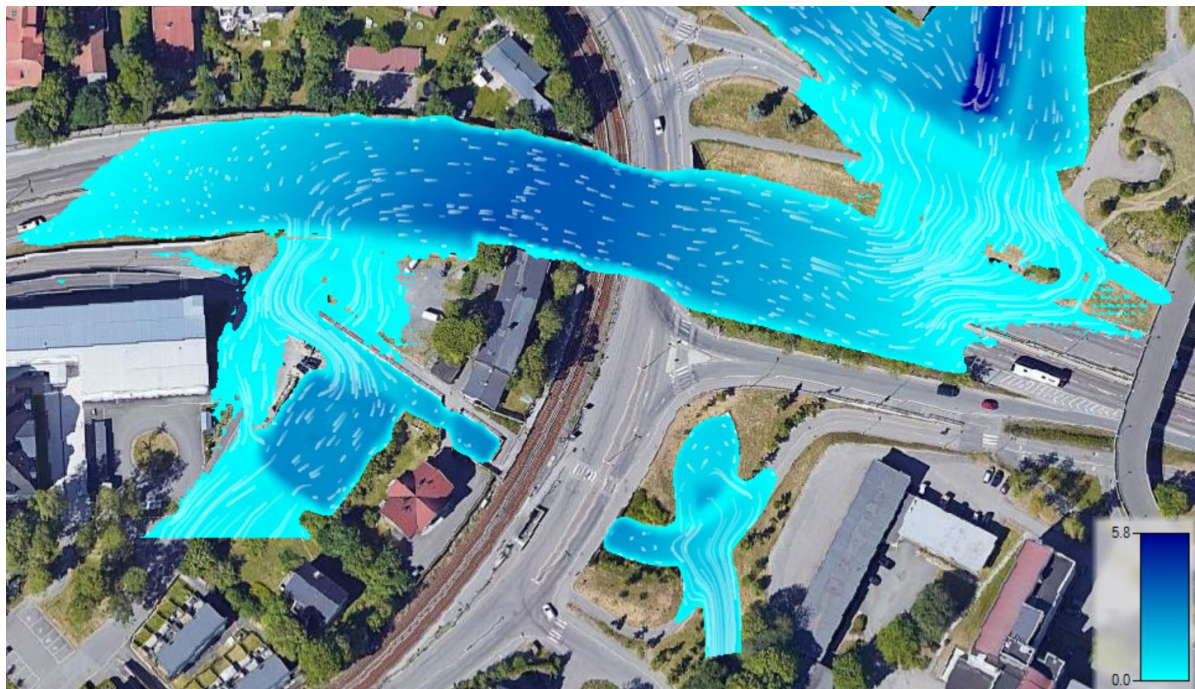
Figur 44. Beregnet vannstand for kulverter under Ring 3 både åpen og gjentetting for Q200 + 40 %.

For Ring 3 vil det være en betydelig forverring ved at vannføringen øker fra 8,7 til 24,9 m<sup>3</sup>/s for Q1000 + 40 % og fra 1,5 til 17,5 ved Q200 + 40%, en differanse på 16 m<sup>3</sup>/s for begge situasjonene. Risikoen for at kulvertene går tette og konsekvensene for Ring 3 vil være like for eksisterende og planlagt situasjon, altså uavhengig av planalternativene og utbygging på Gaustad sykehusområde.

Vannet som renner ut på Ring 3 vil følge veien vestover. Det er et lavbrekk på Ring 3 hvor det vil bli vanddybder på ca. 4 meter. Videre fra Ring 3 vil det renne sørover og langs Ris skolevei, se Figur 53. Det er et støygjerde/mur som går langs Ring 3 mot Ris skolevei som ikke er inkludert i modellen. Støygjerde/muren vil representere en feilkilde i modellen, slik at strømningsbildet ikke blir helt korrekt. En konsekvens av støygjerde kan være at vannet på Ring 3 stiger, før det renner enten videre langs Ring 3 sørvestover eller til Ris skolevei som illustrert. En del av vannet vil også renne gjennom gang- og sykkelkulverten under Slemdalsveien, og dermed havne tilbake i Sognsvannsbekken. Basert på avrenningslinjer vil ikke vannet som renner sørover langs Ris skolevei renne tilbake i Sognsvannsbekken, men møte Sognsvannsbekken først i Frognerkilen.



Figur 45. Beregnet vanddekt areal ved  $Q_{1000} + 40\%$  for åpne kulverter (grått) og tattede kulverter (lyseblått) under Ring 3.



Figur 46. Beregnede vanddybder ved  $Q_{1000} + 40\%$  ut på Ring 3.

## **10.5 Dambruddsbølgeberegninger dam Lille Åklungen og dam Sogsvann**

Norconsult AS gjorde i 2011 på oppdrag for Oslo kommune, Friluftsetaten, flomberegninger og dambruddsbølgeberegninger for dammer i Frogner- og Sogsvanns-bekken, Nordmarka-vassdraget.

Det er i denne rapporten tatt et utdrag fra resultatene i rapporten (Norconsult, 2011), med hovedfokus på dam Lille Åklungen og dam Sogsvann som ligger oppstrøms Gaustad.

### **10.5.1 Dominobrudd**

Dam Sogsvann ble rehabilitert og ferdigstilt i 2012, og dambruddsbølgeberegninger ble gjort som om dam Sogsvann er rehabilitert.

Det nye overløpet er dimensjonert med hensyn til at flom i normal situasjon vedlikeholdes omtrent som tidligere, HRV holdes på tidligere nivå og damkronene heves ikke med mer enn 1,5 meter. Det er funnet en utforming slik at dam Sogsvann ikke går til dominobrudd ved brudd på dam Lille Åklungen. Siden dam Sogsvann ikke går til dominobrudd ved brudd på dam Lille Åklungen, vil den heller ikke gå til brudd ved brudd på dam Store Åklungen og dam Svartkulp. Med disse begrensingene er det ikke mulig å finne en utforming av dam Sogsvann slik at dambruddsbølgen fra dam Lille Åklungen er dempet tilstrekkelig til at dam Lille Åklungen plasseres i en klasse lavere en klasse 3 (Norconsult, 2011).

### **10.5.2 Dambrudd dam Lille Åklungen**

Dambruddsforløpet for Lille Åklungen er vist i Tabell 15. I henhold til retningslinjene skal hele dammen gå til brudd. Det valgte dambruddet utvikler seg trapesformet til 251 moh. med en bunnbredde på 8,5 meter og en toppbredde på 34,4 meter. Bruddet utvikler seg til et fullt brudd etter 8 minutter og maksimal vannføring utav bruddet er 521 m<sup>3</sup>/s. Bruddets geometri gir store utslag på vannføringen. Det er gjort en sensitivets analyse hvor bruddbredden i toppen er halvert. I denne situasjonen var bruddvannføringen redusert til 300 m<sup>3</sup>/s, men vannføring ut fra dam Sogsvann ble ikke forandret nevneverdig.

I henhold til retningslinjene skal bruddet skje momentant og vi har benyttet 8 minutter. Derfor er det også gjort en sensitivitet analyse på bruddtiden hvor bruddet fikk utviklet seg over 3 minutter, da økte maksimal bruddvannføringen til 550 m<sup>3</sup>/s, igjen var vannføringen ut av Sogsvann ikke forandret nevneverdig. Den største konsekvensen av en kortere brudd tid var at bølgen som skapes i Sogsvann er større. Det er ikke gjort en ruting av bruddbølgen ved middelflom (Norconsult, 2011).

Tabell 15. Bruddforløp for dam Lille Åklungen (Norconsult, 2011).

| Dam Lille Åklungen<br>Dambruddsforløp |       |                   |               |           |                  |         |         |         |
|---------------------------------------|-------|-------------------|---------------|-----------|------------------|---------|---------|---------|
| Tid                                   | Tid   | Q                 | V             | H         | Nivå             | Vanndyp | Bredde  | Bredde  |
|                                       |       | Vannføring        | Vannhastighet | Vannstand | av               | i       | bunn av | topp av |
| min                                   | hr    | m <sup>3</sup> /s | m/s           | m         | Magasin<br>brudd | Brudd   | brudd   | brudd   |
|                                       |       |                   |               |           | m                | m       | m       | m       |
| 0                                     | 0     | 0.1               | 1.643         | 259.6     | 259              | 0.3     | 0.1     | 0.2     |
| 1.98                                  | 0.033 | 10.2              | 2.677         | 259.5     | 257.9            | 1       | 2.1     | 6.6     |
| 2.52                                  | 0.042 | 19.3              | 3.048         | 259.5     | 257.4            | 1.4     | 2.6     | 8.6     |
| 2.88                                  | 0.048 | 29.1              | 3.315         | 259.5     | 257              | 1.6     | 3       | 10.2    |
| 3.48                                  | 0.058 | 48.5              | 3.673         | 259.5     | 256.4            | 2       | 3.6     | 12.6    |
| 3.78                                  | 0.063 | 60.5              | 3.843         | 259.4     | 256.1            | 2.2     | 3.9     | 13.8    |
| 4.08                                  | 0.068 | 74.1              | 4.002         | 259.4     | 255.8            | 2.4     | 4.2     | 15      |
| 4.32                                  | 0.072 | 83.9              | 4.105         | 259.4     | 255.6            | 2.5     | 4.4     | 15.8    |
| 4.5                                   | 0.075 | 94.5              | 4.204         | 259.4     | 255.4            | 2.6     | 4.6     | 16.6    |
| 4.98                                  | 0.083 | 123.9             | 4.439         | 259.3     | 254.9            | 2.9     | 5.1     | 18.6    |
| 5.4                                   | 0.09  | 150.9             | 4.618         | 259.2     | 254.5            | 3.2     | 5.5     | 20.2    |
| 5.7                                   | 0.095 | 173               | 4.747         | 259.2     | 254.2            | 3.4     | 5.8     | 21.4    |
| 6                                     | 0.1   | 201.7             | 4.897         | 259.1     | 253.9            | 3.6     | 6.1     | 22.8    |
| 6.18                                  | 0.103 | 232.3             | 5.043         | 259       | 253.5            | 3.8     | 6.3     | 24.2    |
| 6.3                                   | 0.105 | 248.7             | 5.116         | 259       | 253.3            | 4       | 6.4     | 24.9    |
| 6.48                                  | 0.108 | 283.1             | 5.255         | 258.9     | 252.9            | 4.2     | 6.6     | 26.3    |
| 6.72                                  | 0.112 | 320               | 5.39          | 258.7     | 252.5            | 4.4     | 6.8     | 27.7    |
| 6.9                                   | 0.115 | 359.9             | 5.523         | 258.6     | 252.1            | 4.7     | 7       | 29.1    |
| 7.08                                  | 0.118 | 388.9             | 5.604         | 258.4     | 251.8            | 4.8     | 7.3     | 30.2    |
| 7.32                                  | 0.122 | 418.5             | 5.681         | 258.3     | 251.6            | 4.9     | 7.7     | 31.2    |
| 7.38                                  | 0.123 | 433.6             | 5.719         | 258.2     | 251.5            | 4.9     | 7.9     | 31.7    |
| 7.62                                  | 0.127 | 469.1             | 5.805         | 258       | 251.3            | 5.1     | 8.3     | 32.7    |
| 7.8                                   | 0.13  | 508.2             | 5.895         | 257.8     | 251.1            | 5.2     | 8.7     | 33.7    |
| 7.92                                  | 0.132 | 521.3             | 5.92          | 257.7     | 251              | 5.2     | 8.5     | 34.2    |
| 7.98                                  | 0.133 | 519.1             | 5.91          | 257.6     | 251              | 5.2     | 8.5     | 34.4    |
| 8.1                                   | 0.135 | 520.4             | 5.913         | 257.6     | 251              | 5.2     | 8.5     | 34.4    |
| 8.22                                  | 0.137 | 521.4             | 5.916         | 257.6     | 251              | 5.2     | 8.5     | 34.4    |
| 8.28                                  | 0.138 | 519.7             | 5.912         | 257.6     | 251              | 5.2     | 8.5     | 34.4    |
| 8.4                                   | 0.14  | 519.8             | 5.912         | 257.6     | 251              | 5.2     | 8.5     | 34.4    |
| 8.52                                  | 0.142 | 520.6             | 5.914         | 257.6     | 251              | 5.2     | 8.5     | 34.4    |
| 8.58                                  | 0.143 | 519.4             | 5.911         | 257.6     | 251              | 5.2     | 8.5     | 34.4    |
| 8.7                                   | 0.145 | 517.2             | 5.905         | 257.6     | 251              | 5.2     | 8.5     | 34.4    |
| 8.82                                  | 0.147 | 515.5             | 5.903         | 257.6     | 251              | 5.2     | 8.5     | 34.4    |
| 8.88                                  | 0.148 | 515.9             | 5.902         | 257.6     | 251              | 5.2     | 8.5     | 34.4    |
| 9.6                                   | 0.16  | 498.8             | 5.858         | 257.5     | 251              | 5.1     | 8.5     | 34.4    |
| 14.1                                  | 0.235 | 306.7             | 5.25          | 256.3     | 251              | 3.9     | 8.5     | 34.4    |
| 17.1                                  | 0.285 | 202.5             | 4.765         | 255.4     | 251              | 3.1     | 8.5     | 34.4    |
| 20.1                                  | 0.335 | 102.6             | 4.035         | 254.1     | 251              | 2.1     | 8.5     | 34.4    |
| 25.68                                 | 0.428 | 10.7              | 2.162         | 251.9     | 251              | 0.5     | 8.5     | 34.4    |
| 28.62                                 | 0.477 | 6.7               | 1.878         | 251.6     | 251              | 0.4     | 8.5     | 34.4    |
| 49.02                                 | 0.817 | 4.5               | 1.666         | 251.5     | 251              | 0.3     | 8.5     | 34.4    |

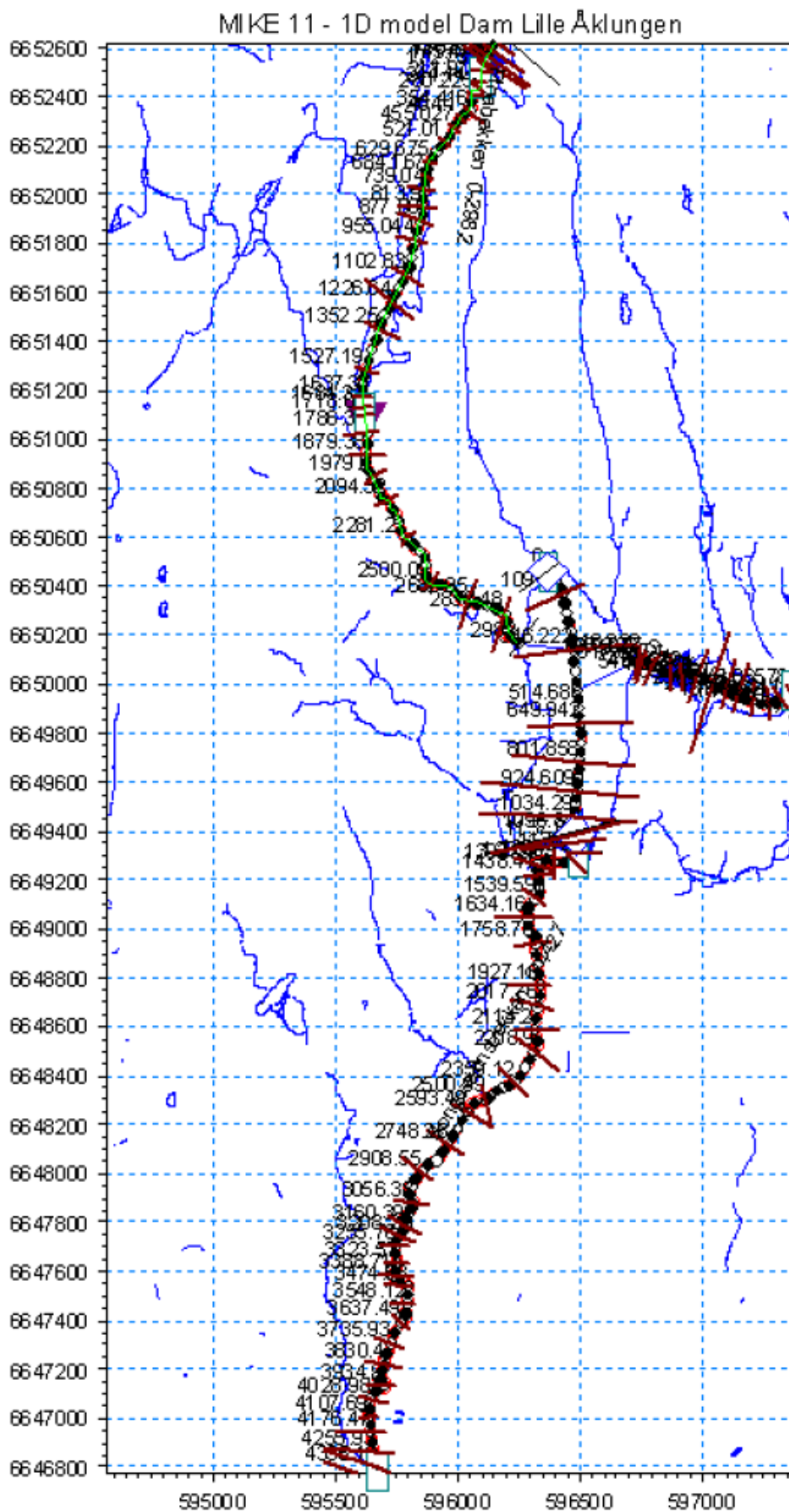
### Resultater DBBB dam Lille Åklungen

Resultatene presenteres i to deler, i denne rapporten diskuteres kun strekningen ned til Ringveien. Det legges til at det er på den siste strekningen til Frognerkilen hvor det er skader på bygninger og infrastruktur inntreffer.

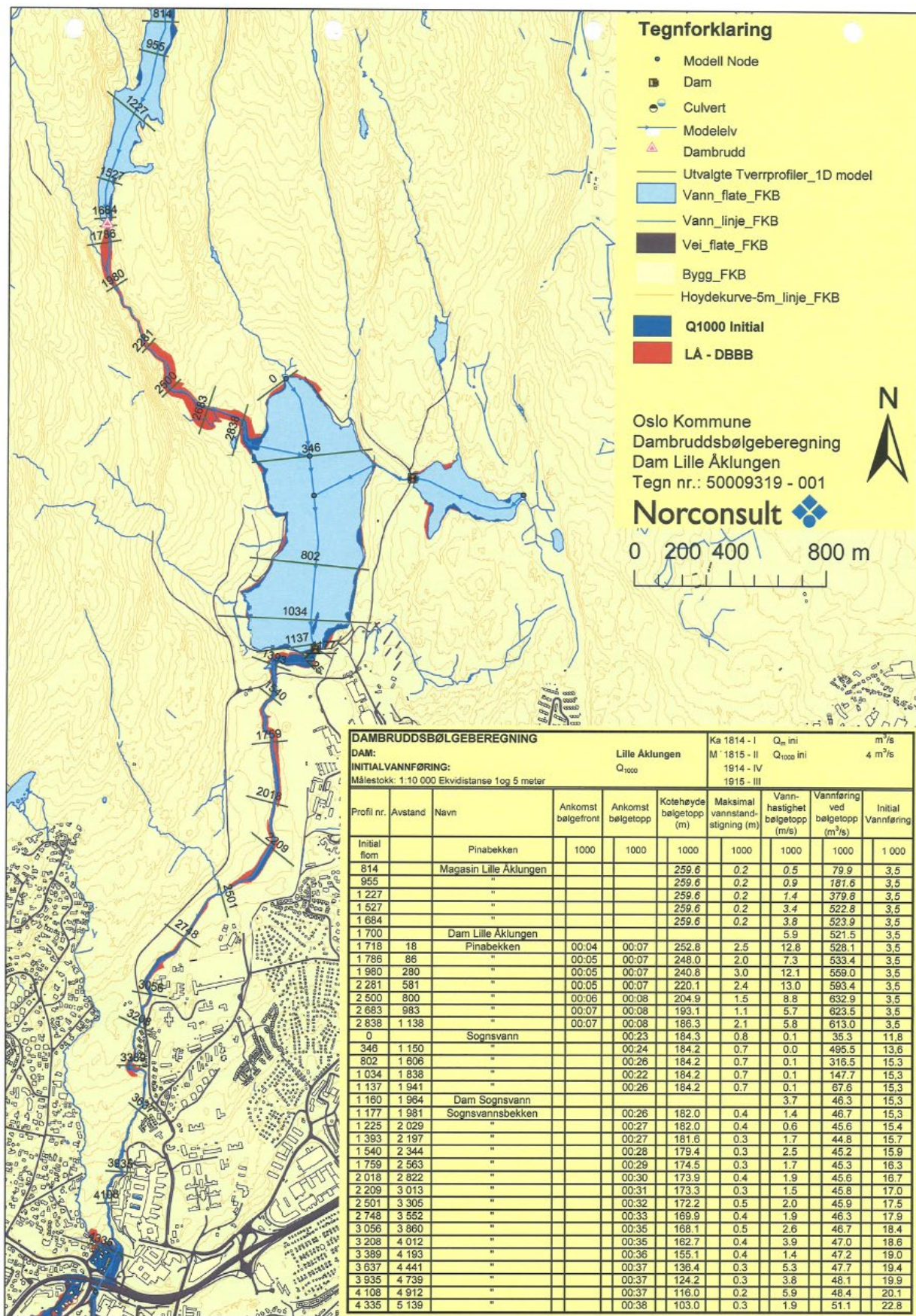
### **Dam Lille Åklungen til Ringveien**

Modelloppstillingen og alle tverrsnitt benyttet er vist i Figur 54. Det er regnet vannstand og vannføring for alle tverrsnitt vist på figuren. Hvis tverrsnittene ligger mer enn 50 meter fra hverandre, er det interpolert tverrsnitt hvor det er utført beregninger. Modellen inkluderer 300 beregningspunkter og 90 tverrsnitt som er hentet fra den konstruerte terrengmodell. For å gjøre resultat presentasjonen tydeligere, er det valgt 35 tverrprofiler som det er presentert resultater for i tabellform. De valgte profiler er vist i Figur 55 og på tegning 50009319-001. Kartene som gir dambruddsbølge og 1000 års flommensutbredelse er basert på alle beregningspunkter som er vist i Figur 54, (Norconsult, 2011).



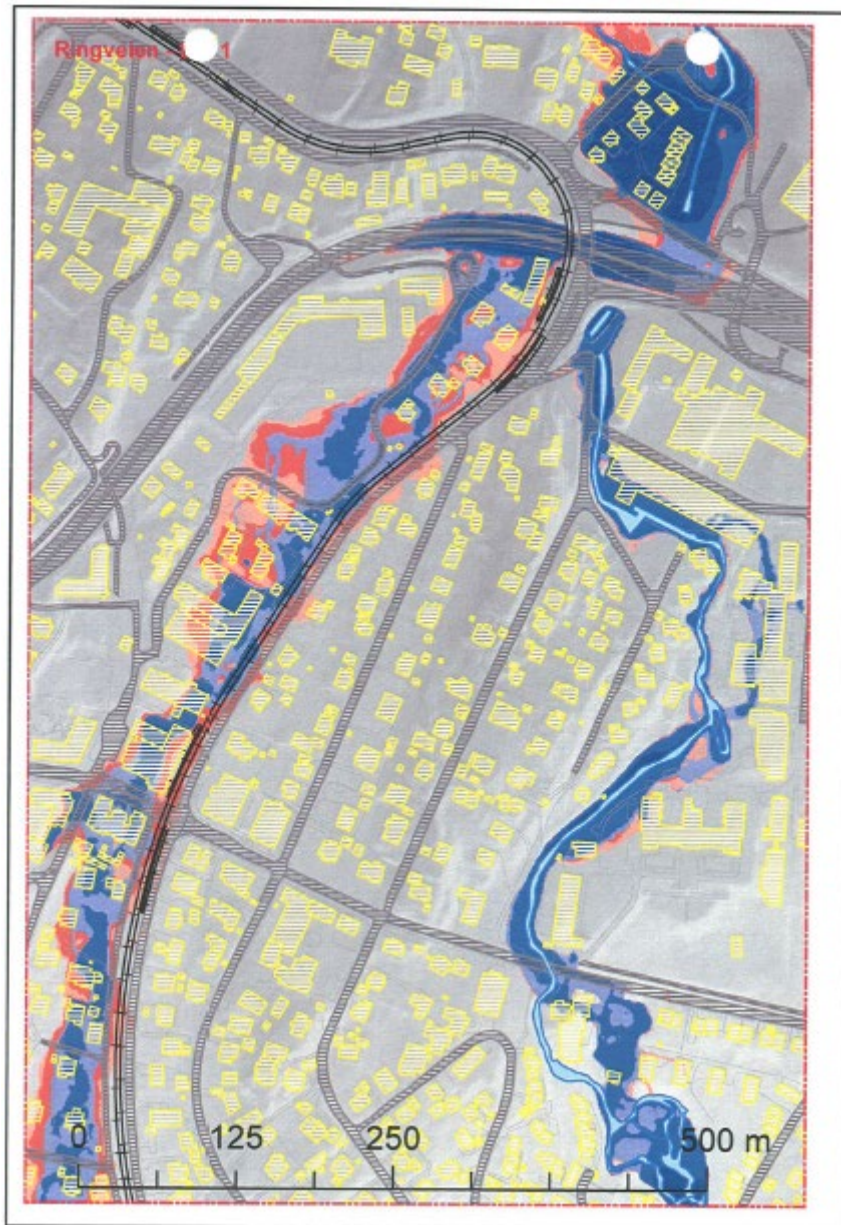


Figur 47. Alle tverrprofiler og beregningspunkter i den 1-dimensjonale modellen fra dam Store Åklungen og ned til Ringveien (Norconsult, 2011).



Figur 48. Utvalgte tverrprofiler og beregningspunkter i den 1-dimensjonale modellen fra Lille Åklungen og ned til Ringveien (Norconsult, 2011).

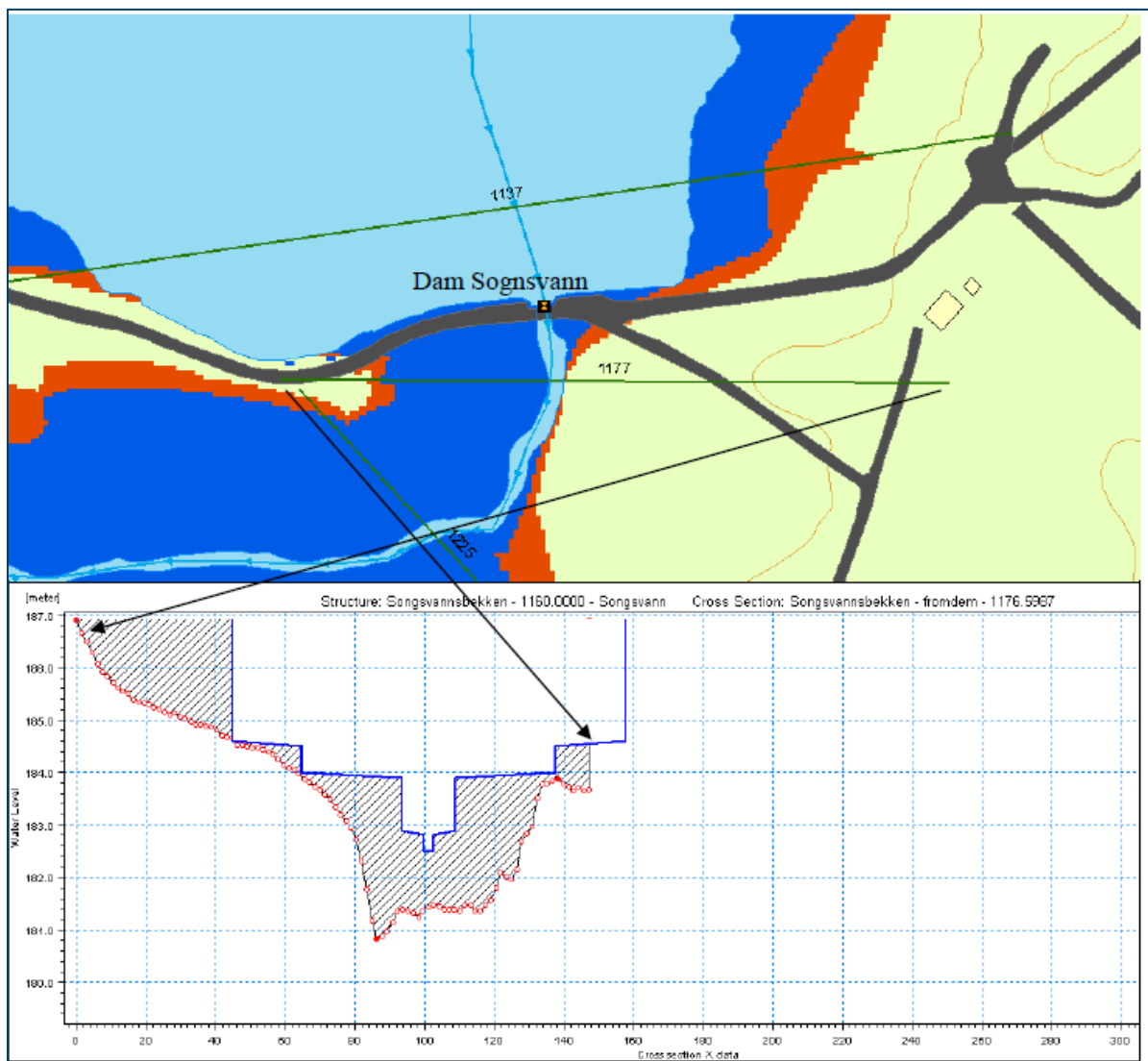




Figur 49. Flomsonekart fort situasjon Q1000 (blå) og DBBB (rød) ved Ringveien (Norconsult, 2011).

### 10.5.3 Dambrudd dam Sognsvann

Dambruddsforløpet for Sognsvann er vist i Tabell 17. I henhold til retningslinjene kan en bruddbredde på 5 ganger maksimum høyde brukes for lange og lave dammer hvor det er usannsynlig at dammen vil bryte i sin fulle lengde. På tidspunktet beregnet visste man ikke hvilken dam som erstatter dam Sognsvann, men det er anvendt dette kriteriet. Det valgte dambruddet utvikler seg trapesformet til 181.25 moh. med en bunnbredde på maksimalt 10 meter og en toppbredde på 30,4 meter. Bruddets form er begrenset av tverrsnittet som ligger nedenfor bruddstedet som vist i Figur 57. Beregnet vann- og energilinje ved planområdet for situasjon med avbøtende tiltak ved dimensjonerende flom,  $Q_{1000} + 40\%$ . Det betyr at under ca. 181.5 moh. vil den faktiske bunnbredde være ca. 6 meter. Bruddet utvikler seg til et fullt brudd etter 3 minutter og maksimal vannføring ut av bruddet er  $67 \text{ m}^3/\text{s}$ . Bruddets geometri gir noe større utslag på bruddvannføringen enn forandringer av tiden som bruddet utvikler seg over (Norconsult, 2011). Sensitivitetsanalysen er vist i Tabell 16.



Figur 50. Plassering av tverrprofiler oppstrøms og nedstrøms dam Sognsvann og tverrprofil som viser nytt overløp (Norconsult, 2011).

Tabell 16. Vannføring ut av dam Sognsvann ved forskjellige bruddgeometri og bruddtid (Norconsult, 2011).

| Bruddtid<br>(min) | Bruddbredde<br>bunn<br>(m) | Bruddbredde<br>topp<br>(m) | Vannføring<br>(m <sup>3</sup> /s) |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| 6,5               | 3                          | 16                         | 30                                |
| 6,5               | 3                          | 30                         | 45                                |
| 6,5               | 10                         | 23                         | 60                                |
| 6,5               | 10                         | 30                         | 66                                |
| 6,5               | 10                         | 37                         | 75                                |
| <b>3</b>          | <b>10</b>                  | <b>30</b>                  | <b>67</b>                         |
| <b>1</b>          | <b>10</b>                  | <b>30</b>                  | <b>67</b>                         |

Som det kommer frem av tabellen, er ikke maksimum bruddvannføring spesielt følsom for variasjoner i bruddgeometri og tid som bruddet utvikler seg over. Det skyldes at vandypene rett ovenfor dam Sognsvann er små, noe som tydelig kommer frem av dybdekart. Følgelig vil det grunne partiet i Sognsvann begrense omfanget av et brudd på dam Sognsvann. Det er derfor valgt at bruddet utvikler seg over 3 minutter med 10 meter maksimal bunnbredde og 30 meters bredde i topp av bruddet. Det gir en gjennomsnittlig bredde på 20 meter som er litt høyere en  $5 * 3,5$  meter (dammens maksimale høyde) = 17,5 meter som er en bruddbredde angitt i retningslinjene.

Bruddforløpet og bruddbølgen er vist i Tabell 17. På grunn av det grunne parti oppstrøms for dammen betyr det at volumet over ca. 181 moh. kan renne ut ved en dambruddsbølge. Magasinkurven gir et volum på 713 000 m<sup>3</sup> over 181 moh., ca. 2,5 ganger volumet i Lille Åklungen. Sognsvann har en større overflate og dammen er lavere enn dam Lille Åklungen, (Norconsult, 2011).



Tabell 17. Bruddforløp og dambruddsbølge ut av dam Sognsvann (\* faktisk bunnbredde er noe lavere da den er begrenset av topografien) (Norconsult, 2011).

| Dam Sognsvann<br>Dambruddsforløp |       |                   |               |           |       |         |         |         |
|----------------------------------|-------|-------------------|---------------|-----------|-------|---------|---------|---------|
| Tid                              | Tid   | Q                 | V             | H         | Nivå  | Vanndyp | Bredde  | Bredde  |
|                                  |       | Vannføring        | Vannhastighet | Vannstand | av    | av      | bunn av | topp av |
| min                              | hr    | m <sup>3</sup> /s | m/s           | Magasin   | brudd | Brudd   | brudd   | brudd   |
|                                  |       |                   |               | m         | m     | m       | m       | m       |
| 0                                | 0     | 15.3              | 2.000         | 183.6     | 182.5 | 0.7     | 10      | 22.0    |
| 1.98                             | 0.033 | 34.5              | 2.778         | 183.5     | 182.0 | 1.0     | 10*     | 25.6    |
| 4.02                             | 0.067 | 67.2              | 3.245         | 183.5     | 181.3 | 1.5     | 10*     | 30.4    |
| 6                                | 0.1   | 66.4              | 3.235         | 183.5     | 181.3 | 1.5     | 10*     | 30.4    |
| 7.98                             | 0.133 | 65.6              | 3.225         | 183.5     | 181.3 | 1.5     | 10*     | 30.4    |
| 10.02                            | 0.167 | 64.9              | 3.217         | 183.5     | 181.3 | 1.5     | 10*     | 30.4    |
| 12                               | 0.2   | 63.8              | 3.203         | 183.5     | 181.3 | 1.5     | 10*     | 30.4    |
| 13.98                            | 0.233 | 63.1              | 3.195         | 183.5     | 181.3 | 1.4     | 10*     | 30.4    |
| 16.02                            | 0.267 | 62.2              | 3.183         | 183.4     | 181.3 | 1.4     | 10*     | 30.4    |
| 18                               | 0.3   | 61.6              | 3.175         | 183.4     | 181.3 | 1.4     | 10*     | 30.4    |
| 19.98                            | 0.333 | 60.6              | 3.162         | 183.4     | 181.3 | 1.4     | 10*     | 30.4    |
| 22.02                            | 0.367 | 60.2              | 3.156         | 183.4     | 181.3 | 1.4     | 10*     | 30.4    |
| 24                               | 0.4   | 59.4              | 3.145         | 183.4     | 181.3 | 1.4     | 10*     | 30.4    |
| 25.98                            | 0.433 | 58.8              | 3.137         | 183.4     | 181.3 | 1.4     | 10*     | 30.4    |
| 28.02                            | 0.467 | 57.9              | 3.126         | 183.4     | 181.3 | 1.4     | 10*     | 30.4    |
| 30                               | 0.5   | 57.5              | 3.120         | 183.4     | 181.3 | 1.4     | 10*     | 30.4    |
| 31.98                            | 0.533 | 56.8              | 3.110         | 183.3     | 181.3 | 1.4     | 10*     | 30.4    |
| 34.02                            | 0.567 | 56.3              | 3.103         | 183.3     | 181.3 | 1.4     | 10*     | 30.4    |
| 36                               | 0.6   | 55.5              | 3.092         | 183.3     | 181.3 | 1.3     | 10*     | 30.4    |
| 37.98                            | 0.633 | 55.0              | 3.086         | 183.3     | 181.3 | 1.3     | 10*     | 30.4    |
| 40.02                            | 0.667 | 54.2              | 3.074         | 183.3     | 181.3 | 1.3     | 10*     | 30.4    |
| 42                               | 0.7   | 53.9              | 3.069         | 183.3     | 181.3 | 1.3     | 10*     | 30.4    |
| 43.98                            | 0.733 | 53.1              | 3.057         | 183.3     | 181.3 | 1.3     | 10*     | 30.4    |
| 46.02                            | 0.767 | 52.6              | 3.050         | 183.3     | 181.3 | 1.3     | 10*     | 30.4    |
| 48                               | 0.8   | 51.9              | 3.039         | 183.2     | 181.3 | 1.3     | 10*     | 30.4    |
| 49.98                            | 0.833 | 51.5              | 3.034         | 183.2     | 181.3 | 1.3     | 10*     | 30.4    |
| 52.02                            | 0.867 | 50.8              | 3.023         | 183.2     | 181.3 | 1.3     | 10*     | 30.4    |
| 54                               | 0.9   | 50.4              | 3.017         | 183.2     | 181.3 | 1.3     | 10*     | 30.4    |
| 55.98                            | 0.933 | 49.7              | 3.007         | 183.2     | 181.3 | 1.3     | 10*     | 30.4    |
| 58.02                            | 0.967 | 49.5              | 3.002         | 183.2     | 181.3 | 1.3     | 10*     | 30.4    |
| 60                               | 1     | 48.8              | 2.992         | 183.2     | 181.3 | 1.3     | 10*     | 30.4    |
| 61.98                            | 1.033 | 48.5              | 2.987         | 183.2     | 181.3 | 1.3     | 10*     | 30.4    |
| 64.02                            | 1.067 | 47.8              | 2.977         | 183.2     | 181.3 | 1.2     | 10*     | 30.4    |
| 66                               | 1.1   | 47.6              | 2.972         | 183.2     | 181.3 | 1.2     | 10*     | 30.4    |
| 67.98                            | 1.133 | 47.0              | 2.962         | 183.1     | 181.3 | 1.2     | 10*     | 30.4    |
| 70.02                            | 1.167 | 46.7              | 2.958         | 183.1     | 181.3 | 1.2     | 10*     | 30.4    |
| 72                               | 1.2   | 46.0              | 2.947         | 183.1     | 181.3 | 1.2     | 10*     | 30.4    |
| 73.98                            | 1.233 | 45.8              | 2.943         | 183.1     | 181.3 | 1.2     | 10*     | 30.4    |
| 76.02                            | 1.267 | 45.2              | 2.933         | 183.1     | 181.3 | 1.2     | 10*     | 30.4    |
| 78                               | 1.3   | 44.9              | 2.928         | 183.1     | 181.3 | 1.2     | 10*     | 30.4    |
| 79.98                            | 1.333 | 44.3              | 2.918         | 183.1     | 181.3 | 1.2     | 10*     | 30.4    |

### **Resultater DBBB dam Sognsvann**

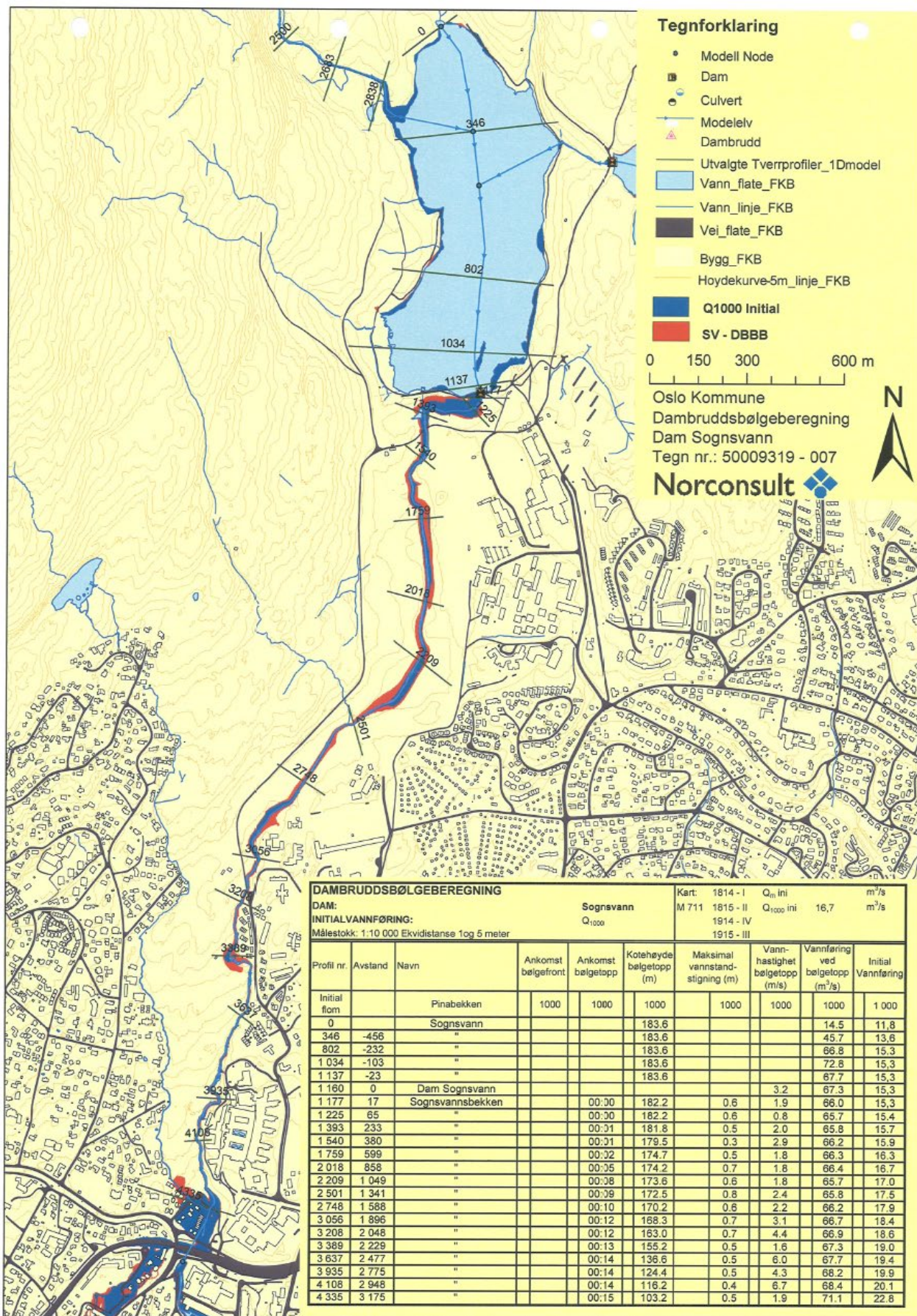
Resultatene presenteres i to deler, i denne rapporten diskuteres kun strekningen ned til Ringveien. Det legges til at det er på den siste strekningen til Frognerkilen hvor det er skader på bygninger og infrastruktur inntreffer (Norconsult, 2011).

### **Dam Sognsvann til Ringveien.**

Modelloppstillingen og alle tverrsnitt benyttet er vist i Figur 47, mens Figur 58 viser utvalgte profiler. Det er regnet vannstand og vannføring for alle tverrsnitt vist på figuren. Hvis tverrsnittene ligger mer enn 50 meter fra hverandre, er det interpolert tverrsnitt hvor det er utført beregninger. Modellen inkluderer 300 beregningspunkter og 90 tverrsnitt som er hentet fra den konstruerte terrengmodell. For å gjøre resultat presentasjonen tydeligere, er det valgt 22 tverrprofiler som det er presentert resultater for i tabellform.

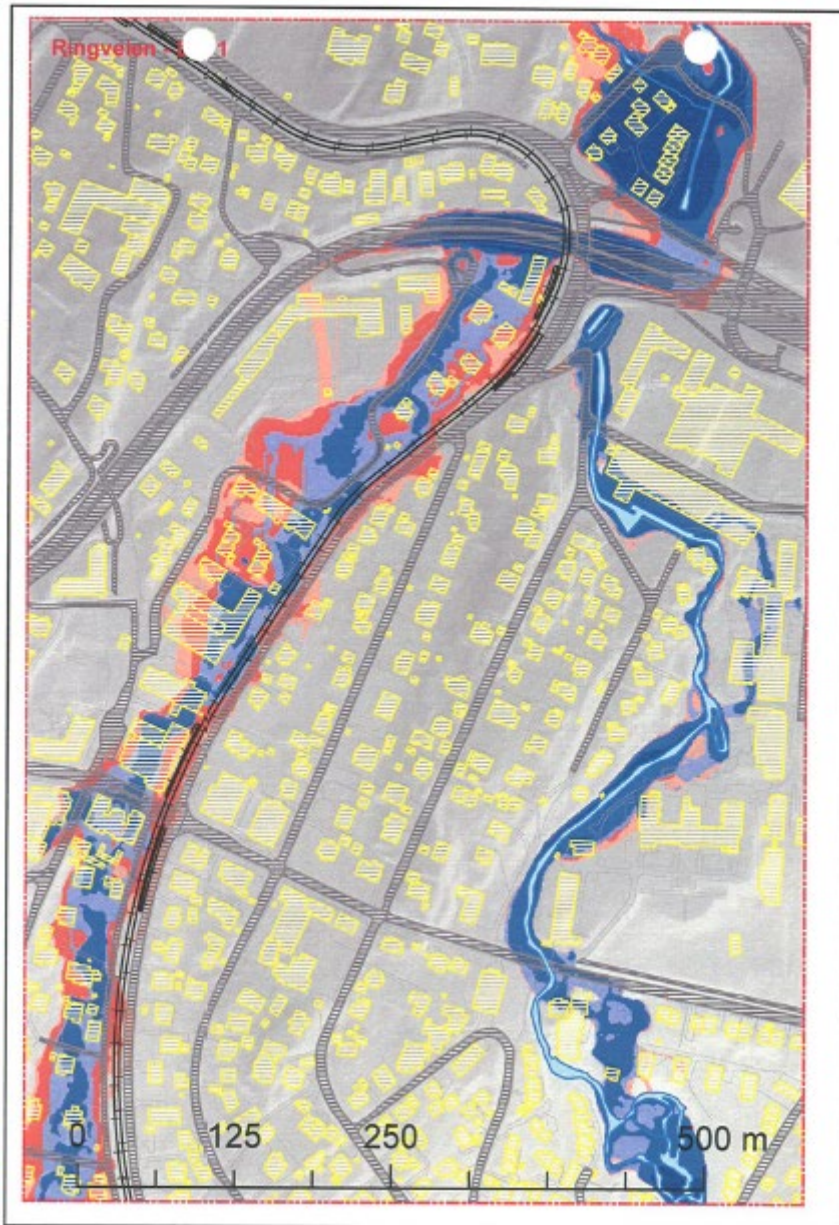
De valgte profiler er vist i Figur 58 og på tegning 50009319-007. Kartene som gir dambruddsbølgens og 1000 års flommens utbredelse er basert på alle beregningspunkter som er vist i Figur 47 (Norconsult, 2011).





Figur 51. Utvalgte tverrprofiler og beregningspunkter i den 1-dimensjonale modellen fra Sogsvann og ned til Ringveien (Norconsult, 2011).





Figur 52. Flomsonekart for situasjon Q1000 (blå) og DBBB (rød) ved Ringveien, (Norconsult, 2011).

Ut fra beregninger og kart fra Norconsults rapport berøres ikke utbygging i henhold til planalternativene tiltaket ved dambrudd i dam Lille Åkelungen eller dam Sognsvann. Det er sett på tre profiler (3935, 4108 og 4335) for å sammenligne vannlinje beregnet ved DBBB mot denne rapportens beregninger. Det antas at beregningene for DBBB er utført på gammel høydereferanse NN1954 og derfor valgt å legge til et konservativt anslag på +39 cm.

**Tabell 18. Sammenligning av Q1000 + 40 % fra Rambøll og DBBB fra Norconsult ved dam Lille Åkelungen**

| Profil nr. Norconsult | Profil nr. Rambøll | DBBB dam Lille Åkelungen | Q1000 + 40 % Rambøll inkl. sikkerhetsmargin |
|-----------------------|--------------------|--------------------------|---|
| 3935*                 | 1269               | 124,2*                   | 125,3                                       |
| 4108*                 | 1107               | 116,0*                   | 118,6                                       |
| 4335*                 | 870                | 103,0*                   | 105,8                                       |

\* Verdier er hentet fra rapport for DBBB for dam Sognsvann og dam Lille Åklungen (Norconsult, 2011).

**Tabell 19. Sammenligning av Q1000 fra Rambøll og DBBB fra Norconsult ved dam Sognsvann**

| Profil nr. Norconsult | Profil nr. Rambøll | DBBB dam Sognsvann | Q1000 + 40 % Rambøll inkl. sikkerhetsmargin |
|-----------------------|--------------------|--------------------|---|
| 3935*                 | 1269               | 124,4*             | 125,3                                       |
| 4108*                 | 1107               | 116,2*             | 118,6                                       |
| 4335*                 | 870                | 103,2*             | 105,8                                       |

\* Verdier er hentet fra rapport for DBBB for dam Sognsvann og dam Lille Åklungen (Norconsult, 2011).

Vi ser for Tabell 18 og Tabell 19 at denne rapportens beregninger for Q1000 + 40 % + 30 cm sikkerhetsmargin ligger høyere enn Norconsults dambruddsbølgeberegninger for dam Lille Åkelungen og dam Sognsvann. Avbøtende og kompenserende tiltak

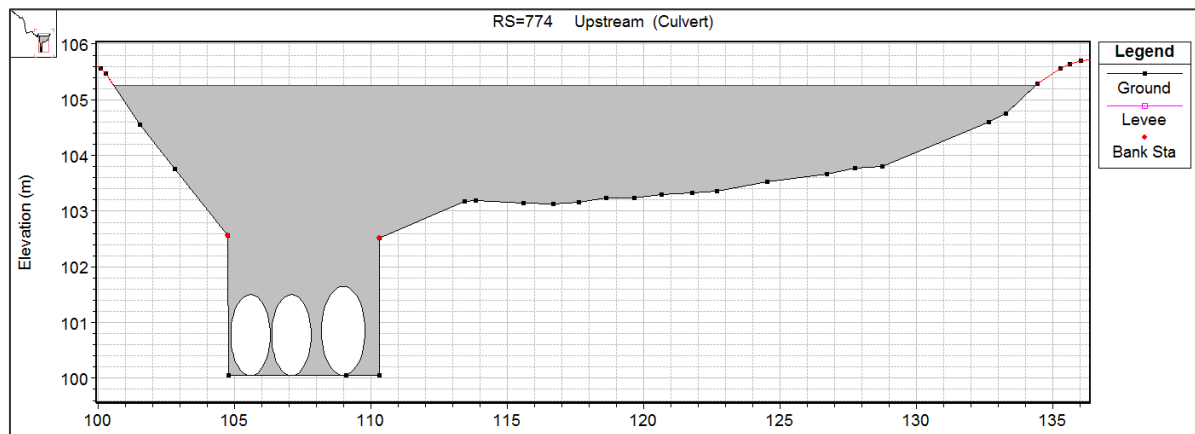
## 10.6 Avbøtende og kompenserende tiltak

For å sørge for en trygg avledning av flomvannet i kulverter under Ring 3 kan det vurderes nytt kulvertløp i tillegg til de to eksisterende Ø1450 mm-rørene. Bygg med personopphold og boliger hører til sikkerhetsklasse 2 i TEK17 §7-2, hvor dimensjonerende flom har gjentakintervall på 200 år. Det er derfor lagt til grunn at det nye kulvertssystemet skal håndtere Q200 + 40 % (klimafaktor) uten at boliger blir utsatt for flom. Ved å sørge for at boliger ligger på et trygt nivå vil man samtidig oppnå at Ring 3 ikke blir oversvømt ved 200-årsflom, da overtopping av veien mot Ring 3 krever en høyere vannstand enn terrenghøyden ved Slemdalsveien 87–89 i vest.

Det er i tillegg lagt til grunn en sikkerhetsmargin på 30 cm, som vil si at beregnet vannivå i bekken ved 200-årsflom må ligge minst 30 cm under laveste nivå på bygg i flomsonen. Laveste nivå på bygg er satt til 103,7 moh., noe som betyr at høyeste vannstand i bekken må ligge under 103,4 moh.

Det er lagt til en ny kulvert Ø1600 mm som ligger på samme innløps- og utløpsnivå som de to eksisterende løpene for å oppnå ønsket effekt og forbedring av flomforholdene (Figur 53). Tiltaket innebærer styrt boring, eventuelt rørpressing hvis gjennomførbart, av et rør med innvendig diameter 1600 mm fra innløp til kulverter under Ring 3 til basseng på sørsiden av Ring 3, tilsvarende en lengde i overkant av 100 meter.





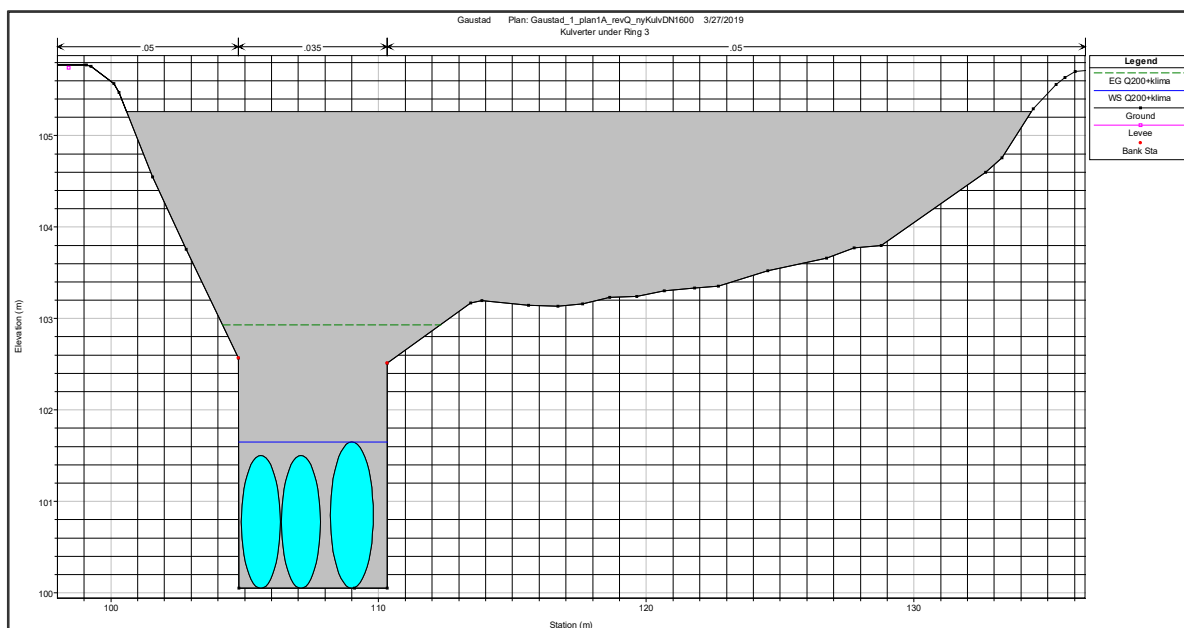
Figur 53. Nytt kulvertløp Ø1600 mm (til høyre) lagt til de to eksisterende Ø1450 mm-kulvertene (til venstre) under Ring 3.

### 10.6.1 Vannlinjeberegninger

For vurdering av flomsikkerhet er vann- og energilinje to viktige parametere. Det er beregnet vann- og energilinje for Sognsvannsbekken med hovedfokus langs planområdet. Figur 56 og Figur 57 viser vann- og energilinje for hele modellområdet og langs planområdet for Q1000 + 40 %. Et utvalg av beregnede vann- og energilinjer for tverrprofiler langs planområdet er vist i Tabell 20 for Q200 + 40 % og Q1000 + 40 %.

## 200-årshendelse inkludert klima

Vannlinjen beregnet for situasjon med tiltak viser at innløpet til kulvertene under Ring 3 fortsatt vil gå fullt, se Figur 54. Vannlinjen er vist ved topp rør som følge av at rørene er trykksatte og energilinen ligger på 102,9 moh. Vannstanden ved og rett oppstrøms innløpet er beregnet til 103,2 moh. Vannstanden vil forplante seg ca. 120 meter oppstrøms (mot omtrent 150 meter før tiltak). Ved tverrprofil 864, hvor Risbekken har kommet inn på Sognsvannsbekken, er vannspeilet beregnet til å ligge på 103,3 moh. Vannlinjen langs boligområdet i vest er dermed beregnet å ligge lavere enn det som er satt som krav på høyeste vannlinje lik 103,4 moh., slik at en anbefalt sikkerhetsmargin på 30 cm opprettholdes. Slemdalsveien 87–89 og eksisterende terrengnivå som for både 0-alternativet og de fire planalternativene er beregnet flomutsatt vil ikke lenger være utsatt for flom ved en 200-årshendelse med klimapåslag.



**Figur 54. Vann- og energilinjeberegning i innløpet til kulvertene under Ring 3 ved Q200 + 40 % for situasjon med tiltak.**

Gangbro ved tverrsnittnummer 864 er fortsatt oversvømt, mens øvre gangbro ved tverrsnittnummer 867 er beregnet å ha en vannstand stående mot brudekket, ca. 35 cm over underkant dekket og et fribord på ca. 60 cm opp til topp dekke.

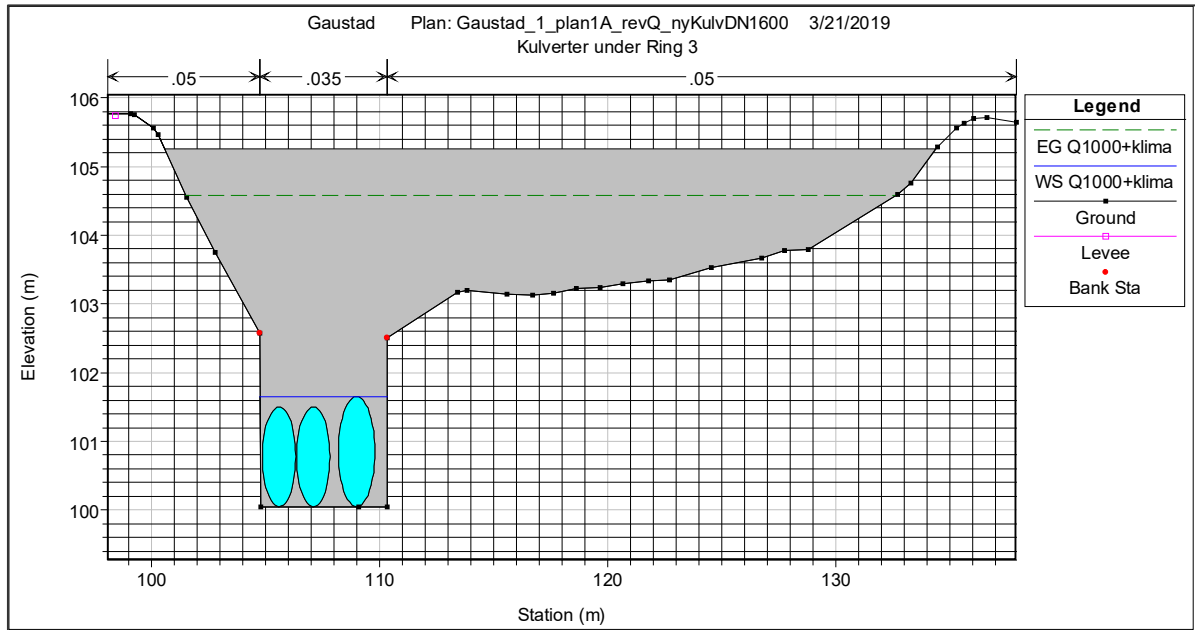
Ved å legge til grunn en sikkerhetsmargin på 30 cm til beregnet vannlinje lik 103,3 moh., bør bygge ligge med kjellernivå høyere enn 103,6 moh. For 200-årsflom med klimatillegg for situasjon med tiltak vil da kjellere i planalternativ 2A ha potensiell fare for kortvarig, høy grunnvannstand. Det anbefales at bygg enten bygges på nivå med beregnet vannlinje med sikkerhetsmargin på 30 cm, eller at det bygges som en vann tett konstruksjon under angitt nivå.

Som følge av tilstrekkelig kapasitet for det nye kulvertsystemet under Ring 3 vil det ikke være vann som strømmer over avkjøringsveien fra Ring 3 og videre.

## 1000-årshendelse inkludert klima:

Ved 1000-årshendelsen med klimafaktor er vannlinjen beregnet til å ligge på kote ca. 105,3 moh. (rundet opp fra 105,25 moh.) ved innløpet til kulvertene under Ring 3, og er uendret omtrentlig 120 m opp i vassdraget. Innløpet til kulvertene er med andre ord fullt, se Figur 55. Det er bare så vidt at avkjøringsveien fra Ring 3 ikke overtoppes, som er lagt inn på kote 105,26 moh. Modellen og simuleringene har en usikkerhet som er større enn 1 cm, som er beregnet fribord.

Det er med andre ord mulig at veien overtoppes og vann strømmet ned mot Ring 3 selv om modellen ikke beregner det.



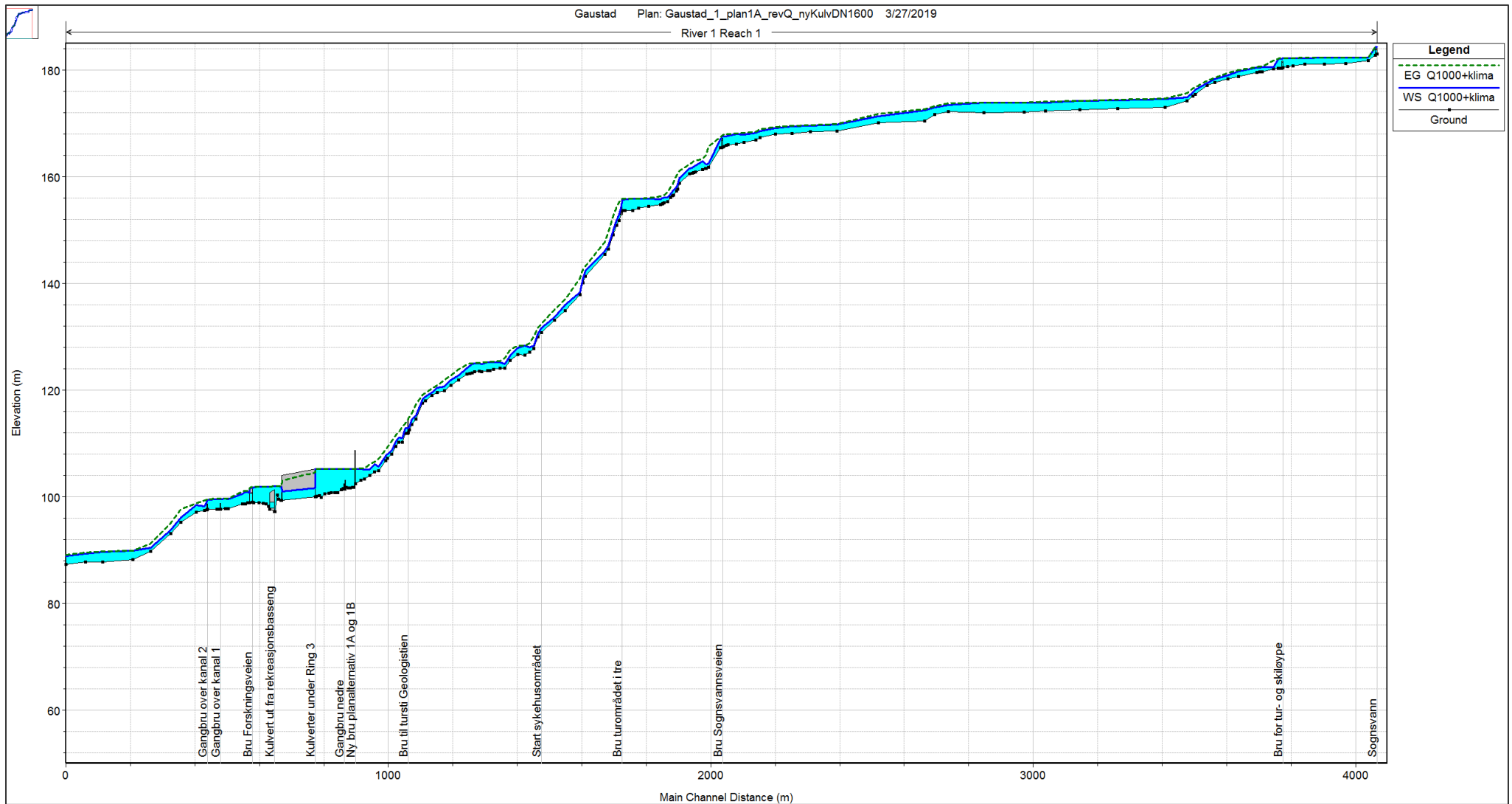
**Figur 55. Vann- og energilinje beregnet i innløpet til kulvertene under Ring 3 ved Q1000 + 40 % for situasjon med tiltak.**

Ved å legge til grunn en sikkerhetsmargin på 30 cm til beregnet vannlinje lik 105,3 moh., bør bygg ligge med kjellernivå høyere enn 105,6 moh. For en 1000-årsflom vil da kjellere i planalternativ 1A, 1B og 2A ha potensiell fare for kortvarig, høy grunnvannstand. Det anbefales at bygg enten bygges på nivå med beregnet vannlinje med sikkerhetsmargin på 30 cm, eller at det bygges som en vanntett konstruksjon under angitt nivå.

En vannlinje på kote 105,3 moh. betyr at gangbroene ved profilnummer 864 og 867 vil være oversvømt. Vannspeilet er beregnet å ligge ca. 30 cm lavere enn for situasjon med planalternativene og eksisterende situasjon, noe som innebærer en liten bedring av flomforholdene. Slemdalsveien 87–89 og eksisterende terreng vil fortsatt være flomutsatt med en vannstand på 105,3 moh.

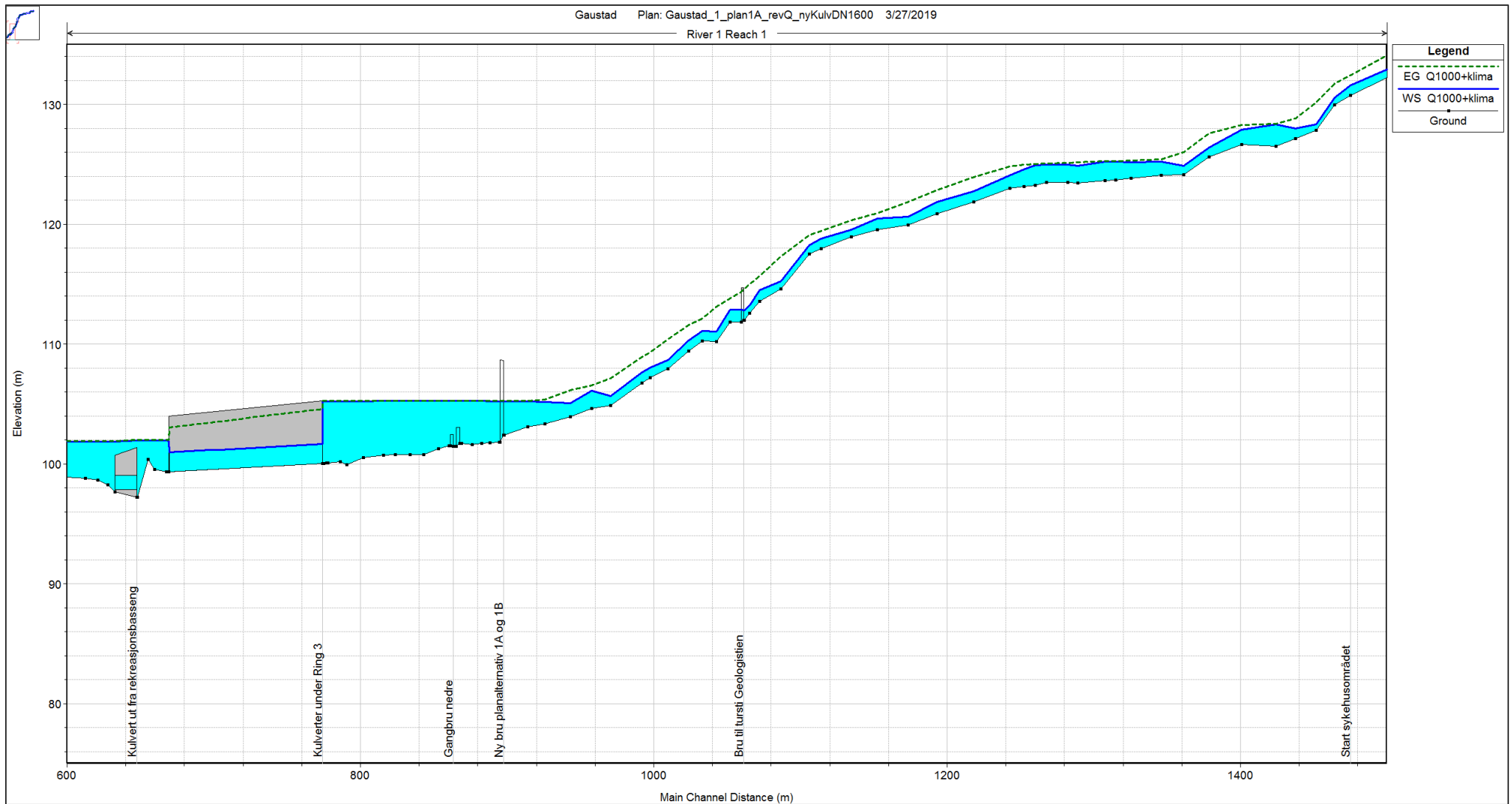
**Tabell 20. Beregnede vann- og energilinjer (moh.) for utvalgte tverrprofiler langs planområder ved 200- og 1000-årsflom + 40% for situasjon med avbøtende tiltak.**

| Tverrsnitt nr. | Q1000 + 40%        |                  | Q200 + 40%         |                  | Kommentar                   |
|----------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|-----------------------------|
|                | Energilinje (moh.) | Vannlinje (moh.) | Energilinje (moh.) | Vannlinje (moh.) |                             |
| 1362           | 126                | 124,9            | 125,7              | 124,8            |                             |
| 1244           | 124,8              | 124,1            | 124,6              | 123,9            |                             |
| 1107           | 119,1              | 118,3            | 118,9              | 118,1            |                             |
| 1062           | 114,6              | 112,8            | 114,2              | 112,7            | Gangbro turområde           |
| 1053           | 113,8              | 112,9            | 113,5              | 112,7            |                             |
| 1044           | 113,1              | 111              | 112,8              | 110,9            |                             |
| 1034           | 112,1              | 111,1            | 111,8              | 111              |                             |
| 972            | 107,1              | 105,7            | 106,8              | 105,5            |                             |
| 896            | 105,3              | 105,2            | 104                | 103,4            | Ny gangbro plan 1A og B     |
| 870            | 105,3              | 105,3            | 103,6              | 103,5            |                             |
| 867            | 105,3              | 105,3            | 103,6              | 103,5            | Gangbro øvre                |
| 865            | 105,3              | 105,3            | 103,5              | 103,5            |                             |
| 864            | 105,3              | 105,3            | 103,5              | 103,5            | Gangbro nedre               |
| 861            | 105,3              | 105,3            | 103,5              | 103,4            |                             |
| 775            | 105,3              | 105,2            | 103,3              | 103,2            |                             |
| 774            | 105,3              | 105,2            | 103,3              | 103,2            | Innløp kulvert under Ring 3 |
| 670            | 102                | 101,9            | 101,6              | 101,6            | Utløp kulvert under Ring 3  |



Figur 56. Beregnet vann- og energilinje for hele modellområdet for situasjon med avbøtende tiltak ved dimensjonerende flom, Q1000 + 40 %.

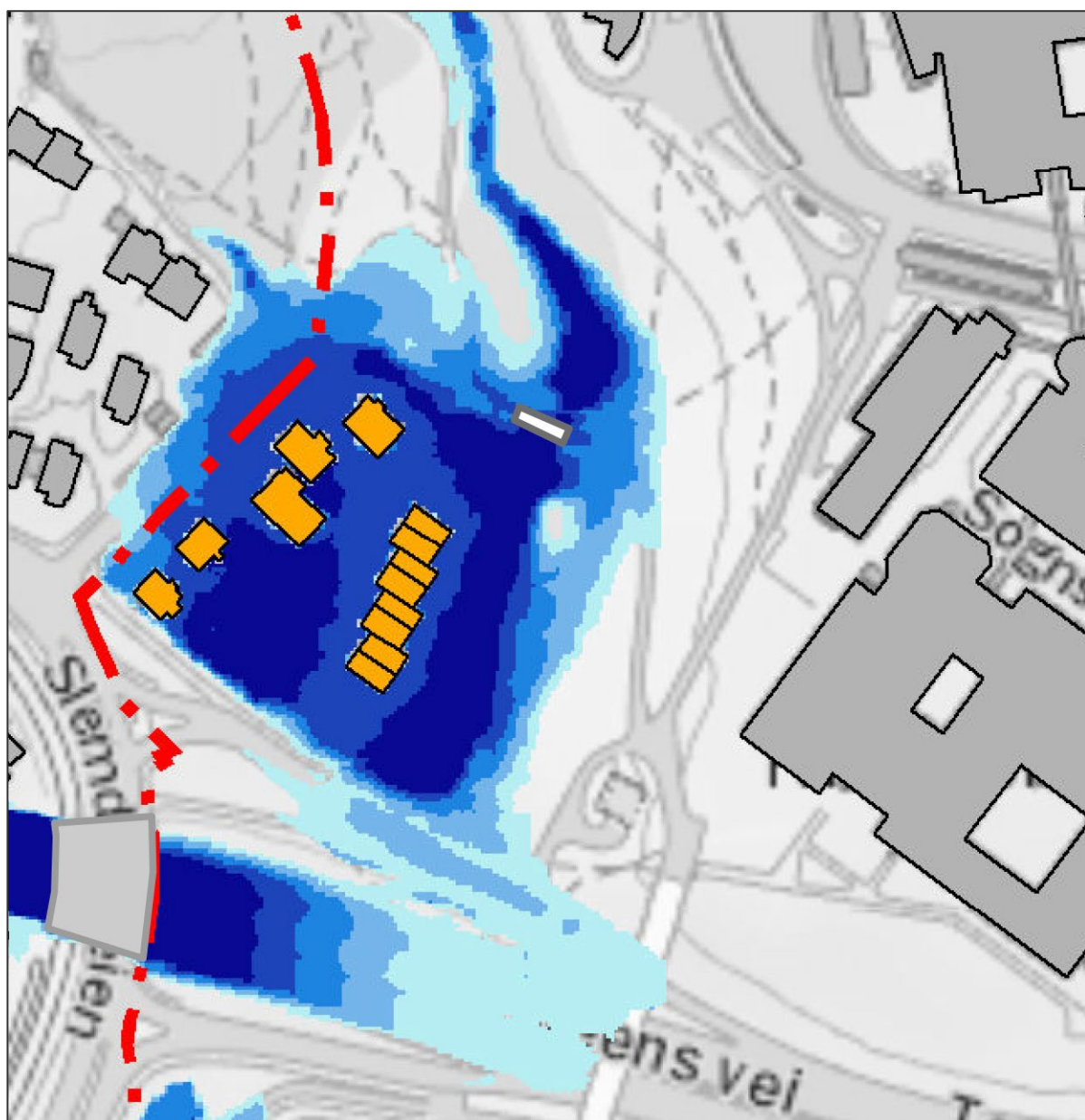




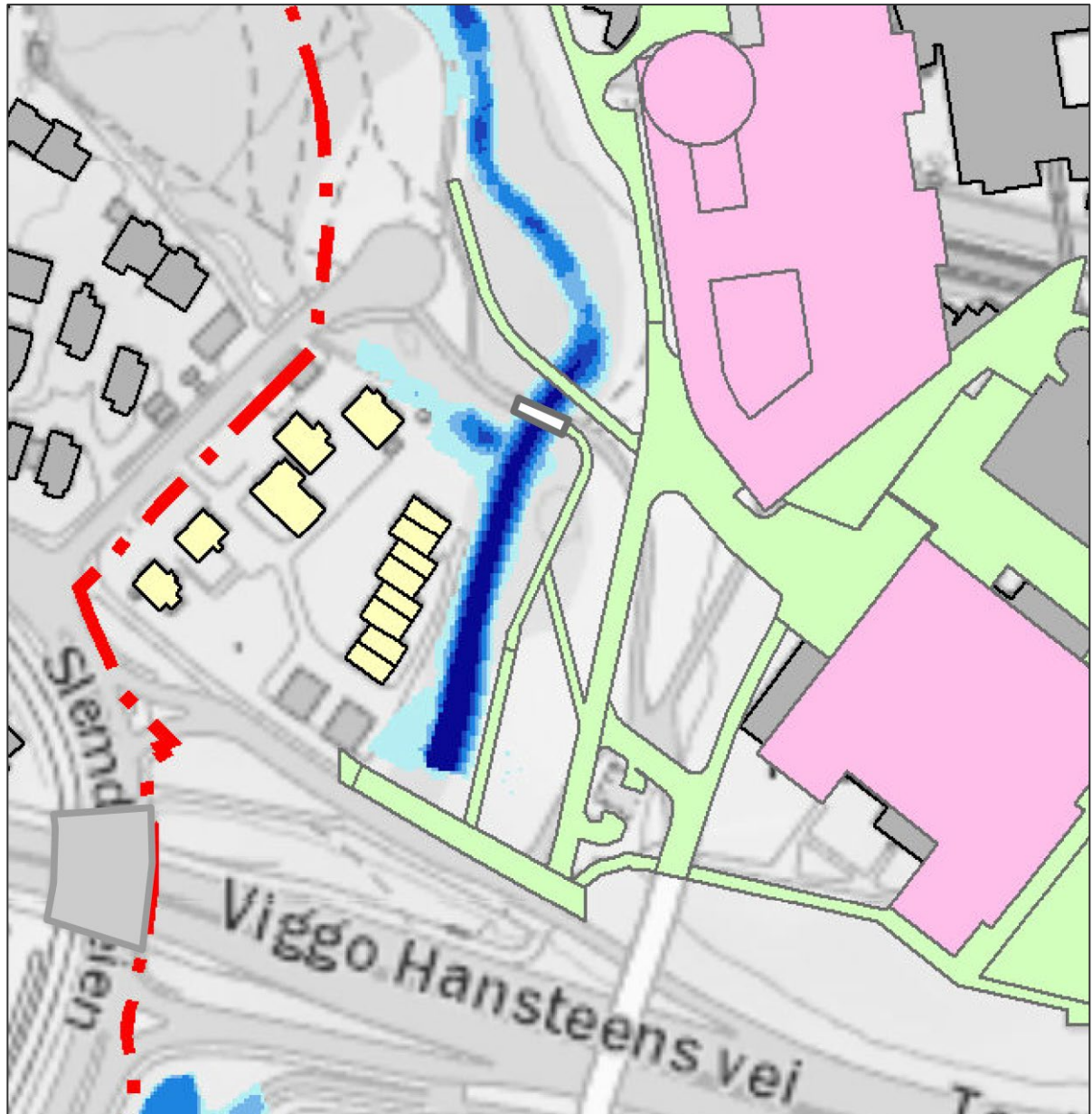
Figur 57. Beregnet vann- og energilinje ved planområdet for situasjon med avbøtende tiltak ved dimensjonerende flom, Q1000 + 40 %.

### 10.6.2 Flomsonekart og flomutbredelse

Det er laget flomsonekart for  $Q_{200} + 40\%$  og  $Q_{1000} + 40\%$  (med 30 cm sikkerhetsmargin) for å vise effekt av tiltak ved Slemdalsveien 87–89 på vestsiden av kulverter ved Ring 3. Flomsonekartene er vist i vedlegg G108 og G109. Utsnitt av flomsonekartene for  $Q_{200} + 40\%$  før og etter tiltak (med 30 cm sikkerhetsmargin) er vist i Figur 58 og Figur 59. Flomsituasjonen før tiltak viser at området Slemdalsveien 87–89 oversvømmes og avkjøringsveien fra Ring 3 overtoppes, noe som igjen fører til at Ring 3 blir fylt med vann. Vannspeil på Ring 3 er ikke beregnet i modellen og må tolkes med varsomhet, da den er basert på en GIS-analyse av terrenget ved å se på hvilket nivå som fører til at vann vil strømme videre langs Rings 3 eller til lavereliggende områder.



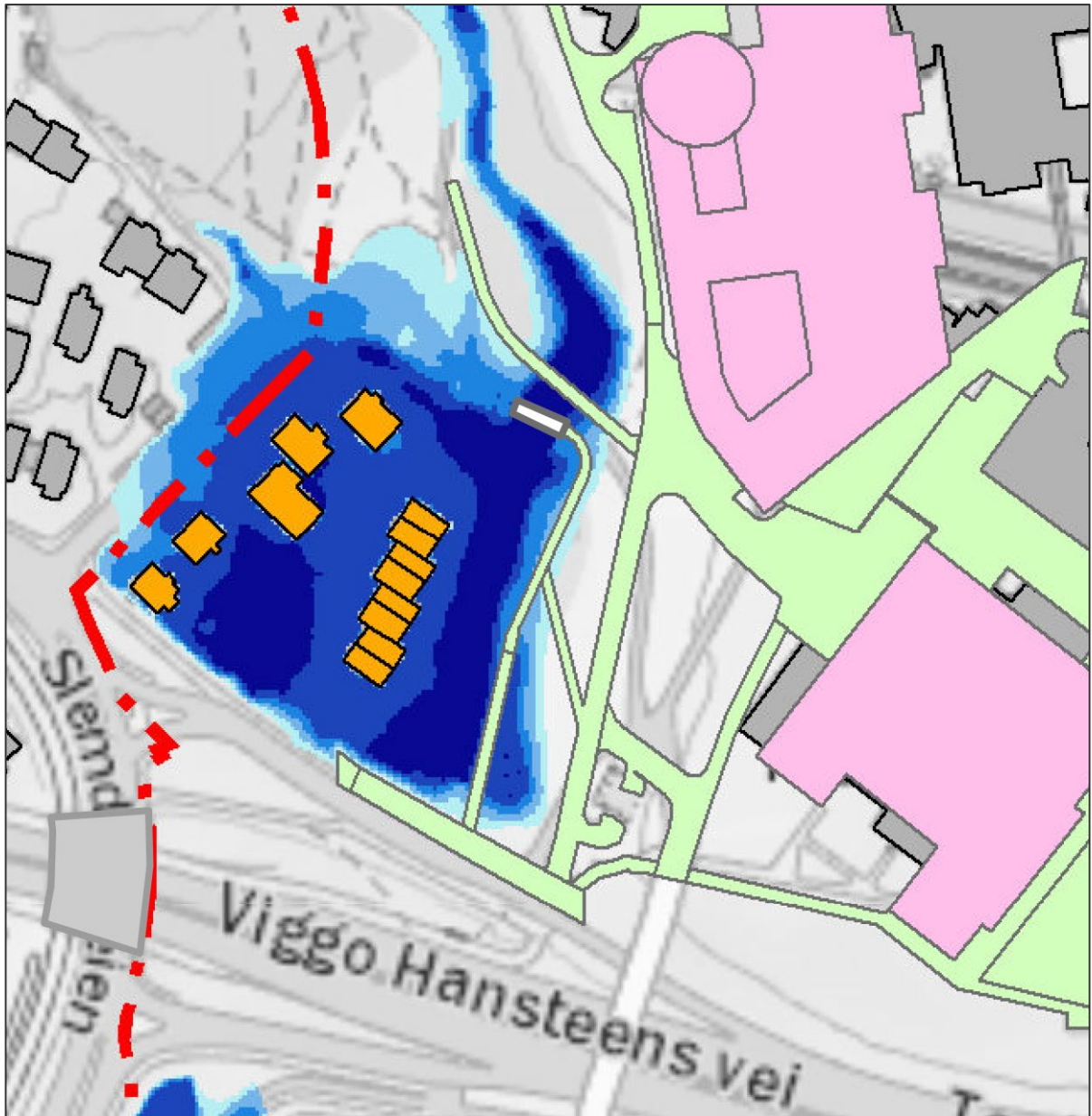
Figur 58. Utsnitt av flomsonekart ved  $Q_{200} + 40\%$  av eksisterende situasjon med 30 cm sikkerhetsmargin.



Figur 59. Utsnitt av flomsonekart ved Q200 + 40 % med 30 cm sikkerhetsmargin etter tiltak (illustrert ved planalternativ 1A). Lys grønn farge viser nye veier og rosa nye bygg.

Et utsnitt av flomsonekart for Q1000 + 40 % vises i Figur 60. Området Slemdalsveien 87–89 i vest vil fortsatt være vanndekt, hvor vannspeilet er beregnet å ligge på ca. 105,25 moh. Kulverten ut fra bassenget på sørsiden av Ring 3 har fortsatt ikke god nok kapasitet, og det vil flomme over kanten til basseng og ned på gang- og sykkelstien. Det antas at noe av vannet vil renne vestover, i gang- og sykkelkulvert under Slemdalsveien, og ikke tilbake i Sognsvannsbekken.





Figur 60. Utsnitt av flomsonekart ved Q1000 + 40 % med 30 cm sikkerhetsmargin etter tiltak (illustrert ved planalternativ 1A). Lys grønn farge viser nye veier og rosa nye bygg.

### 10.6.3 Restrisiko

Selv om avbøtende tiltak etableres vil det fortsatt være en viss fare for at kulverter går tett. Restrisikoen og konsekvensene anses å være like som beskrevet i kapittel 10.4.

### 10.6.4 Dambruddsbølgeberegning dam Songsvann

Konsekvensene vil være tilnærmet lik situasjonen beskrevet i kapittel 10.5 selv ved etablering av avbøtende tiltak.

### 10.7 Slemdalsveien 87-89

Området vest for Sognsvannsbekken ved Ring 3, Slemdalsveien 87-89, vil benyttes som et anleggsområde for utvidelsen av Gaustad sykehusområde. Når anleggsfasen er fullført, vil området kunne benyttes til andre formål. I reguleringsplanen er det lagt til grunn etablering av bygg med personopphold, som ikke vil ha en kritisk funksjon for drift av sykehuset. Utklipp fra illustrasjonsplanen for planalternativ 1A er vist i Figur 61.



Figur 61. Utklipp av illustrasjonsplan for planalternativ 1A som viser planlagt situasjon for Slemdalsveien 87-89.



Byggene, byggegrunn og tilkomst til bygg vil iht. TEK17 §7-2 ligge i sikkerhetsklasse 2, tilsvarende sikkerhet mot en 200-årsflom. Området Slemdalsveien 87–89 ligger i dag flomutsatt ved 200-årsflom, se Figur 58 og oppfyller ikke krav i byggteknisk forskrift uten videre tiltak.

Det er derfor tiltenkt at byggene og tilkomsten skal ligge høyere enn flomvannstand ved 200-årsflom. Byggene er planlagt med 1. etasje på kote +106, tilsvarende henholdsvis 60 cm og 40 cm høyere enn beregnet vannstand ved 200- og 1000-årsflom med 40 % klimapåslag. Det anbefales at byggesikkert nivå for Slemdalsveien 87–89 ligger minst på beregnet vannstand ved 200-årsflom med 40 % klimapåslag og 30 cm sikkerhetsmargin, tilsvarende kote +105,7 (vannstand på 105,4 moh. + 30 cm sikkerhetsmargin). Bygg er planlagt med en avstand på 20 m til Sognsvannsbekken og 12 m til Risbekken for å sikre en kantsone.

Dagens bebyggelse utgjør et fotavtrykk på ca. 1410 m<sup>2</sup>. Foreslått ny utbyggelse har et fotavtrykk på ca. 250 m<sup>2</sup>. Det vil med andre ord være en betydelig reduksjon av fotavtrykket på tomten, noe som betyr at flomvannet kan fordele seg utover et større areal på eiendommen. Dette gir økt lagringsvolum av flomvann og fordrøyning, som er med på å redusere flomtoppen videre i Sognsvannsbekken. Det er vanskelig å kvantifisere effekten ved å redusere bebygd areal, men generelt vil reduksjonen være positivt i form av økt flomsoneareal og lavere vannstander for Sognsvannsbekken i et område som ligger svært utsatt til i dag.

Det konkluderes med at planlagt bebyggelse i Slemdalsveien 87–89 vil være et positivt bidrag for flomsituasjonen i Sognsvannsbekken. Nye bygg med personopphold skal etableres flomsikkert for en 200-årsflom, og vil medføre at bebyggelsen i Slemdalsveien 87–89 oppfyller krav i TEK17.

## 11. OPPSUMMERING

Hovedformålet med denne rapporten er å utrede konsekvenser av og dokumentere flomfaren for de ulike planalternativene som er utarbeidet for sykehusområdet på Gaustad. Dagens situasjon dokumenteres for å kunne sammenligne og vurdere endring ved ulike forhold. I tillegg har et delformål vært å undersøke ved hvilket nivå en ny gang- og sykkelbro kan etableres uten å forverre dagens situasjon.

En samling av sykehusområdene i Oslo på Gaustad, med Rikshospitalet som komplett region-sykehus med nasjonale funksjoner, betyr at eksisterende og planlagte sykehusbygg må anses å være av regional og nasjonal betydning for beredskap og krisehåndtering. I henhold til Byggteknisk forskrift (TEK17) § 7-2. Sikkerhet mot flom og stormflo skal ikke byggverk plasseres i flomutsatte områder, og tiltak for å sikre eller avbøtende tiltak slik at byggverk tåler oversvømmelse er ikke akseptert.

I følge TEK17, andre ledd, skal største årlige nominelle sannsynlighet for oversvømmelse for samfunnskritisk infrastruktur, som sykehus, settes til 1/1000 (gjentaksintervall på 1000 år). Dette sikkerhetskriteriet er satt for å vurdere flomfare på sykehusområdet. Annen bebyggelse vest for Sognsbekken innenfor planområdet vil ha krav til sikkerhet mot flom med gjentaksintervall likt 200 år.

For å ta hensyn til endring i klima fram mot år 2100 er det basert på NVE-rapport 81-2016 «Klimaendringer og framtidige flommer i Norge» og «Klimaprofil for Oslo og Akershus» fra Klimaservicesenter.no vurdert en økning på 40 % i nedbørsmengde. Dimensjonerende flom er dermed satt til Q1000 + 40 % for sykehusområdet og Q200 + 40 % for bebyggelsen vest for Sognsbekken.

Beregning av dimensjonerende flom er basert på metoder og formler i NVE-veileder 7/2015 «Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt». Konsentrasjonstiden for feltet er beregnet til 3,5-4 timer, men det er valgt å benytte en konservativ konsentrasjonstid på 3 timer for videre beregninger. Det er gjort en flomfrekvensanalyse basert på nærliggende målestasjoner med lignende nedbørfeltkarakteristika, beregnet flomverdier basert på formelverk for små nedbørfelt, den forenklede nedbør-avløpsmodellen PQRUT og rasjonale formel. Dimensjonerende flomverdi er satt til 24,5 m<sup>3</sup>/s basert på en samlet vurdering av resultatene fra de ulike metodene. I tillegg er det beregnet flomverdier for ulike gjentaksintervall basert på formelverk for små nedbørfelt. Usikkerheten til flomberegningene er satt til stor.

Det er etablert en hydraulisk endimensjonal modell i HEC-RAS for å beregne vann- og energilinje, samt lage flomsonekart. Det er satt opp en modell for eksisterende situasjon, en samlet modell for de fire planalternativene og en for tiltak for å bedre flomforholdene oppstrøms kulverter under Ring 3.

Resultatene fra eksisterende situasjon (0-alternativet) viser at kulverter under Ring 3 ikke har tilstrekkelig kapasitet for å ta unna dimensjonerende flom. Det fører til at vann strømmer ut over avkjøringsvei fra Ring 3, hvor det er beregnet en fordeling av vannføring på 15,6 og 8,8 m<sup>3</sup>/s for henholdsvis kulverter og over veien. Strømningsforholdene ca. 150 meter oppstrøms kulvertene blir påvirket. Blant annet åtte boliger på vestsiden av Sognsvannsbekken ved kulverter under Ring 3 er flomutsatt. Lavesteliggende bolig antas å ligge på kote 103,7 moh. Vannspeilet i

området er beregnet til 105,5 moh., noe som tilsvarer en vannstand på 1,8 meter opp på husveggen.

For planalternativene er det beregnet rimelig like resultater som for eksisterende situasjon, hvor en fylling av skråningen fra sykehusområdet og ned mot bekken fører til en reduksjon i tilgjengelig strømningsareal. Konsekvensene blir en liten økning i vannlinjen på 5 cm for 1000-årsflom, fra innløpet til kulverter under Ring 3 og 150 meter opp i vassdraget. Avkjøringsveien fra Ring 3 vil fortsatt overtoppes og de åtte boligene vil på det verste stå med en vannstand på 1,9 meter opp langs husvegg. Som følge av beregnet økt vannstand er lavere enn usikkerheten i beregningene, vurderes endret vannstand ved 200- og 1000-årsflom for eksisterende bebyggelse som følge av tiltak ved utbygging av sykehusområdet som neglisjerbar.

Planalternativ 1A, 1B og 2A har bygg med kjellernivå under beregnet vannlinje inkludert en sikkerhetsmargin på 30 cm for 1000-årsflom. Byggene med lav kjeller bør bygges som vannrette konstruksjoner opp til angitt nivå, eller heves for å ikke være utsatt for mulig vanninnslag i kortvarige perioder hvor grunnvannstanden kan bli høy som følge av flom. PKI bygget i planalternativ 2B er ikke utsatt for flom i Sogsvannsbekken, men må ivaretas i prosjekteringsfase da bygget ligger delvis ved en forsenkning som gir fare for oppstuvning av vann ved kraftig nedbør. Gode fallforhold fra bygg mot terreng og drenerings- og overvannssystem vil sørge for tilstrekkelig håndtering.

Det er i tillegg til 0-alternativet og de ulike planalternativene vurdert en situasjon med tiltak for å redusere faren for flom for boliger vest for vassdraget. Da er det lagt inn et nytt kulvertløp Ø1600 mm i tillegg til de to eksisterende Ø1450 mm-kulvertene under Ring 3. I følge TEK17 skal bygg med personopphold være sikre mot flom med gjentaksintervall 200 år. For vurdering av situasjon med tiltak har det blitt lagt til grunn at flomfare skal vurderes for 200-årsflom med klimapåslag (40 %). Resultatene fra beregning av vann- og energilinje tilsier at vannspeilet langs boligområdet varierer fra 103,2 moh. ved innløp til kulverter til 103,3 moh. hvor Risbekken møter Sogsvannsbekken. Det vil med andre ord være et fribord på ca. 30-40 cm opp til eksisterende terreng og boliger i vest.

Ettersom det er usikkerheter i beregningene, er det anbefalt en sikkerhetsmargin på 30 cm for beregnede vannlinjer. Tiltak med ny Ø1600 mm-kulvert vil med andre ord tilfredsstillende anbefaling til sikkerhetsmargin. Ved dimensjonerende flom,  $Q_{1000} + 40\%$ , vil boliger fortsatt ligge i en flomsone og avkjøringsvei fra Ring 3 vil muligens oversvømmes, da det er beregnet en vannlinje som ligger rett i underkant av topp vei. Beregnet vannlinje ved  $Q_{1000} + 40\%$  inkludert en sikkerhetsmargin på 30 cm, kote 105,6 moh., tilsier at kjellere i planalternativ 1A, 1B og 2A vil være utsatt for mulig kortvarig, høy grunnvannstand. Aktuelle bygg bør bygges som vannrette konstruksjoner opp til angitt nivå, eller heves for å ikke være utsatt for vanninnslag.

Planområdet (ekskludert boligbebyggelse i vest) er basert på ovenstående vurderinger ikke flomutsatt og eksisterende og planlagte sykehusbygg tilfredsstiller krav i Byggteknisk forskrift (TEK17) §7-2. Sikkerhet mot flom og stormflo etter første ledd «Byggverk hvor konsekvensen av en flom er særlig stor, skal ikke plasseres i flomutsatt område». Eksisterende bebyggelsen i vest tilfredsstiller ikke krav til sikkerhetsklasse for flom F2 (200-årsflom) i andre ledd i § 7-2. Ved avbøtende tiltak som å øke kapasiteten til kulvertsystemet under Ring 3 kan krav til sikkerhet mot flom i henhold til TEK17 oppnås for boligene i vest.

Det er alltid en risiko knyttet til at det er eller etableres konstruksjoner i vassdrag (kulverter, broer, terskler, etc.). I konsekvensutredningen for flom har det blitt sett på konsekvenser knyttet

til delvis tetting av ny bro over Songsvannsbekken fra sykehusområdet til turstinettet i Geologiparken og full tetting av kulverter under Ring 3. Delvis gjentetting av ny bro medfører neglisjerbar økningen av vannstand for både Q200 + 40 % og Q1000 + 40 % (vannstandsøkning mindre enn sikkerhetsmargin for beregningene), men ingen konsekvenser ellers i vassdraget. Terreng og brofundament må erosjonssikres for å tåle krefter fra vann og drivgods.

Full tetting av kulvertene under Ring 3 medfører at hele flomvannføringen må renne på overflaten og ned på Ring 3. Det gir en økt vannføring på ca. 16 m<sup>3</sup>/s for både situasjon Q200 + 40 % og Q1000 + 40 % (sammenlignet mot situasjon med åpne kulverter). Vannstandsøkningen oppstrøms kulvertinnløpet er lavere enn sikkerhetsmarginen for beregningene for både Q200 + 40 % og Q1000 + 40 %, og medfører ingen endring i flomutsatte bygg.

Det er en usikker strømnings situasjon etter at flomvannet har rent ned på Ring 3. Beregningene tilsier at flomvannet renner sørover fra Ring 3 til Ris skolevei, hvor vannet deler seg. En del vil følge Ris skolevei sørover og en annen del vil renne gjennom gang- og sykkelkulvert under Slemdalsveien, som igjen leder tilbake til Songsvannsbekken. Det er flere konstruksjoner/murer som ikke er medtatt i de hydrauliske beregningene og som gjør det vanskelig å konstatere nøyaktig hvordan vannet fra Ring 3 renner videre. Det sannsynlig at flomvann følger Ring 3 sørvest, siden det er et støygjerde/mur som skiller Ring 3 og Ris skolevei.

Det er oppsummert deler av innholdet i rapport «*Flom og dambruddsbølgeberegning. Dam Lille Åklungen, dam Sognsvann, dam Store Åklungen, dam Svartkulp og Frogerpark dammene, Nordmarkavassdraget*» (Norconsult, 2011) som er tilstøtende nytt Rikshospital. Et dambrudd ved dam Lille Åklungen og dam Sognsvann gir store vannmengder i Sognsvannsbekken. Flomsonekartene gir god overensstemmelse med beregningene for Q1000 + 40 % som er gjort i denne rapporten. Beregnede vannlinjer for tre utvalgte tverrprofil som ligger nært nytt Rikshospital viser at beregningene i denne rapporten har noe høyere verdier enn ved dambruddsbølgeberegningene for dam Lille Åklungen og dam Sognsvann. De hydrauliske beregningene av dambruddene viser at vannet holder seg i Sognsvannsbekken uten å påvirke sykehusområdet eller nytt Rikshospital.

Det kan som et foreløpig tiltak anbefales å etablere en målestasjon for vannføring ved planområdet for å kalibrere beregnede data mot målinger i felt, noe som medfører et mer korrekt estimat av flomverdier. Målestasjonen bør måle vannføring over lengre tid (flere år) for å fange opp sesongvariasjoner i vannføringer. Kostnadene med å etablere og drifte en stasjon er små sammenlignet med foreslått tiltak med ekstra kulvertløp under Ring 3.

I Slemdalsveien 87–89 er det planlagt ny bebyggelse etter anleggsfasen for nytt sykehusområde er gjennomført. Området er i dag utsatt for flom ved 200-årsflom med 40 % klimapåslag. Nye bygg med personopphold skal etableres flomsikkert for en 200-årsflom, og vil medføre at bebyggelsen i Slemdalsveien 87–89 kan oppfylle krav i TEK17. For flomsituasjonen for Sognsvannsbekken konkluderes det med at planlagt bebyggelse i Slemdalsveien 87–89 vil være et positivt bidrag som følge av redusert fotavtrykk på terreng og økt flomsone.

## 12. REFERANSER OG KILDER

Norconsult, 2011. *Dam Lille Åklungen, Dam Sognsvann, Dam Store Åklungen, Dam Svartkulp og Frognerpark dammene, Nordmarkavassdraget. Flom og Dambruddsbølgeberegninger*, Oslo: Norconsult AS.

Norsk klimaservicesenter, 2017. *Klimaprofil Oslo og Akershus. Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning..* [Internett]

[Funnet 21 februar 2019].

NVE, 2011. *Rapport nr 2-11. Flaum og skredfare i arealplaner*, s.l.: NVE.

NVE, 2011. *Rapport nr 4-2011. Retningslinjer for flomberegninger (versjon 3: NVEs flomsonekartlegging - retningslinjer for flomberegninger, godkjent 19.03.2013)*, s.l.: NVE.

NVE, 2013. *Flomsonekartlegging: Intern veiledning for vannlinjeberegning*, s.l.: NVE.

NVE, 2015. *Rapport nr 13-2015. Nasjonalt formelverk for flomberegning i små nedbørfelt*, s.l.: NVE.

NVE, 2015. *Veileder nr 7-2015. Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt*, s.l.: NVE.

NVE, 2016. *Rapport nr 81-2016. Klimaendringer og framtidige flommer i Norge*, s.l.: NVE.

NVE, 2019. *Hydra II programvare (lisensbelagt)*, s.l.: NVE.

NVE, JBV & SVV, 2015. *Rapport nr 134-2015. Dimensjonerende korttidsnedbør.*

*Naturfareprosjektet Delprosjekt 5 Flom og vann på avveie*, s.l.: NVE.

NVE, JBV & SVV, 2016. *Rapport nr 28-2016. Overvannshåndtering og drenering for veg og jernbane. Naturfareprosjektet Delprosjekt 5 Flom og vann på avveie*, s.l.: NVE.

US Army Corps of Engineers, u.d. *HEC-RAS..* [Internett]

Available at: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>

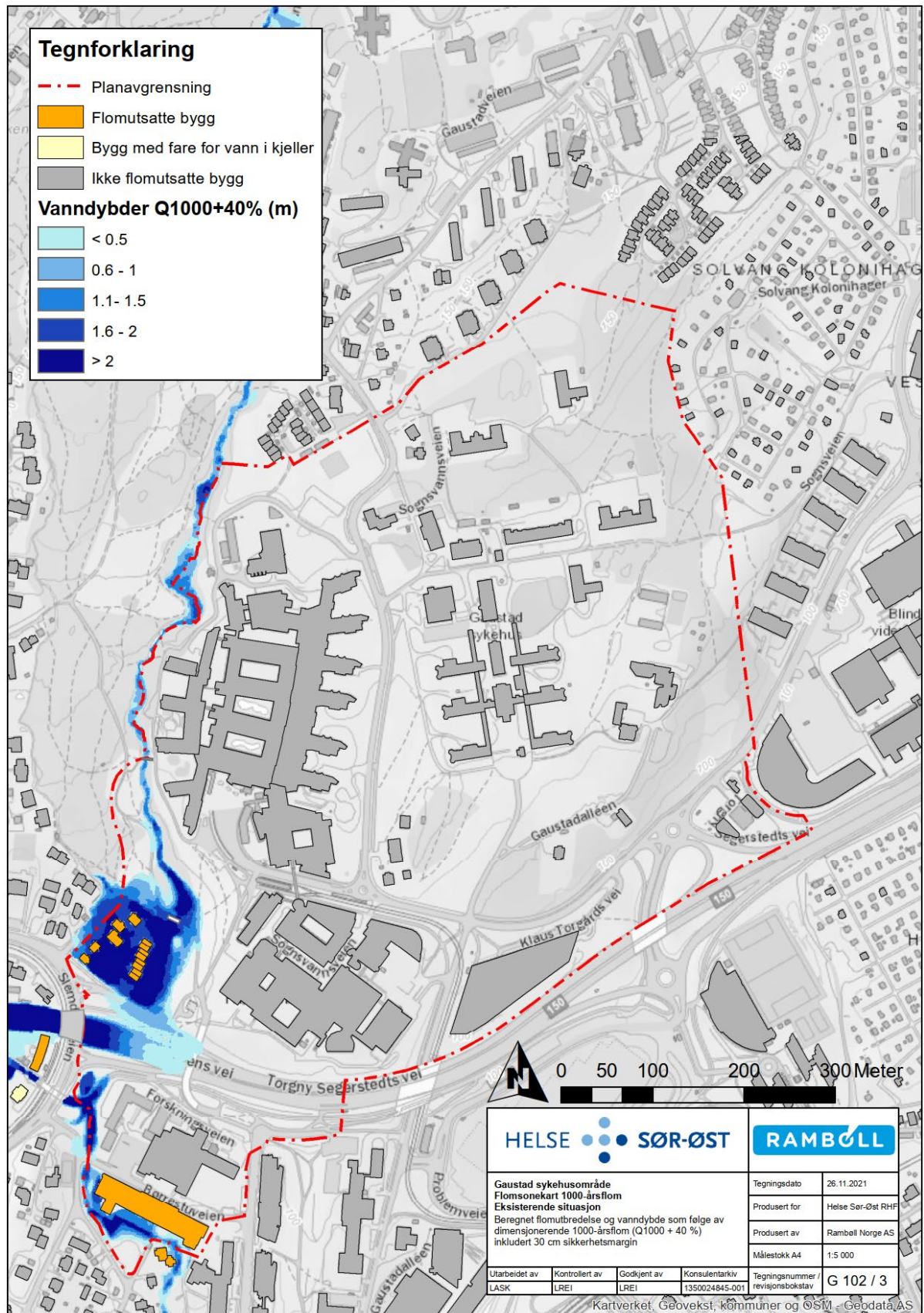
[Funnet 11 Februar 2019].



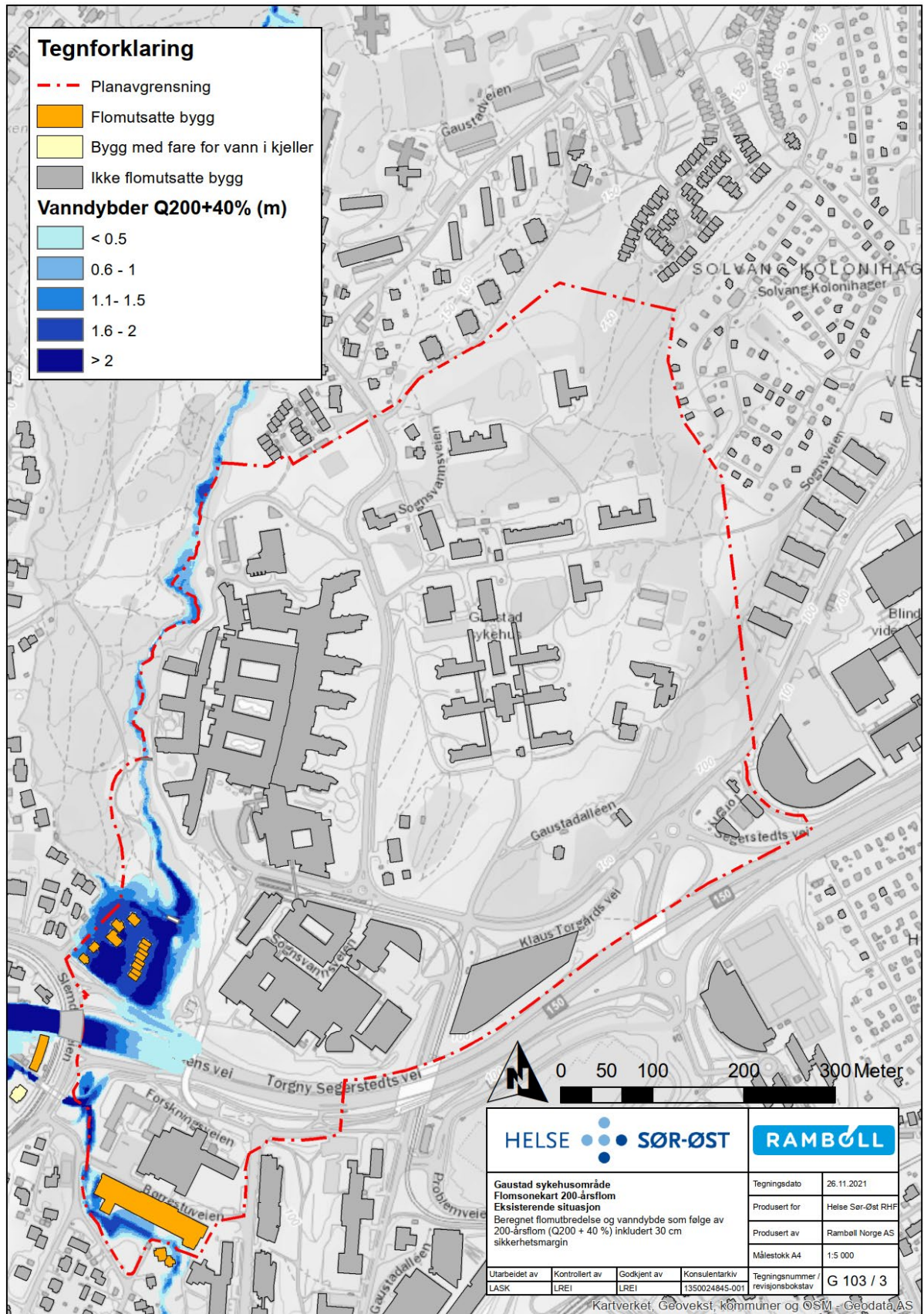
## 13. VEDLEGG

### **FLOMSONEKART G102-G109**

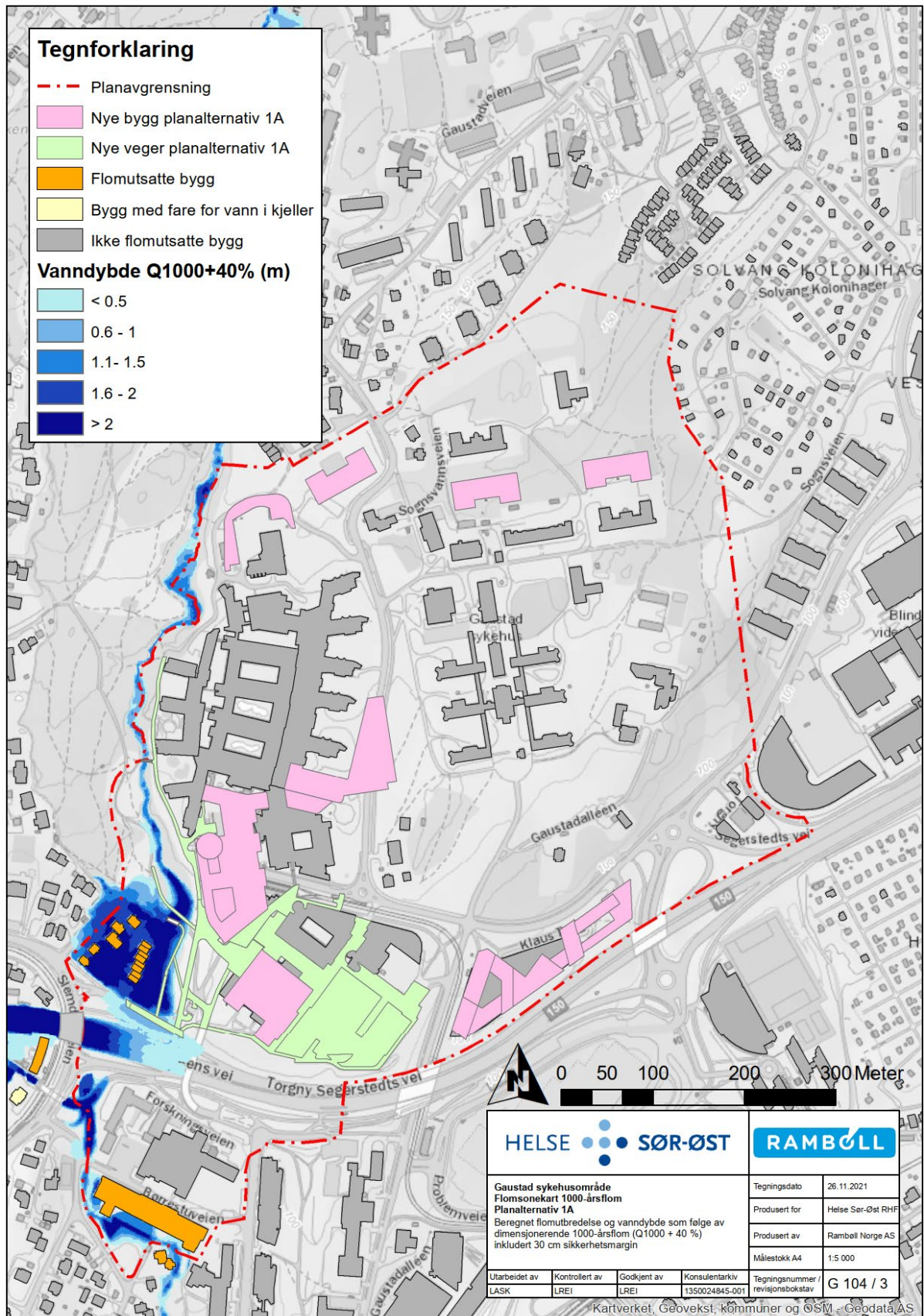
Revisjon 3, 26.11.2021. Det er gjort endring på nye bygg og veier for planalternativ 1A og 1B. For samtlige flomsonekart er sikkerhetsmarginen på 30 cm lagt til beregnede vanndybder.



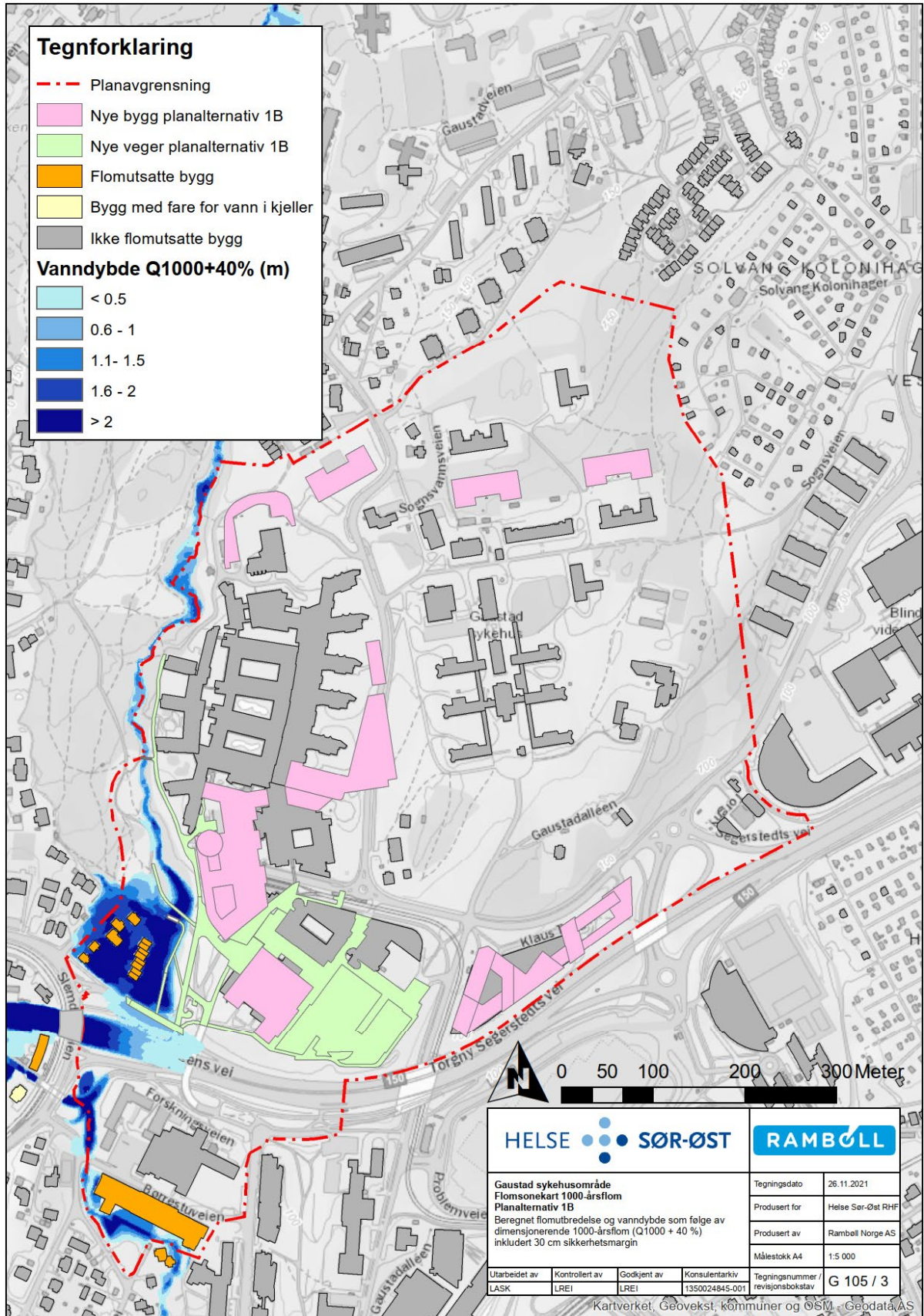




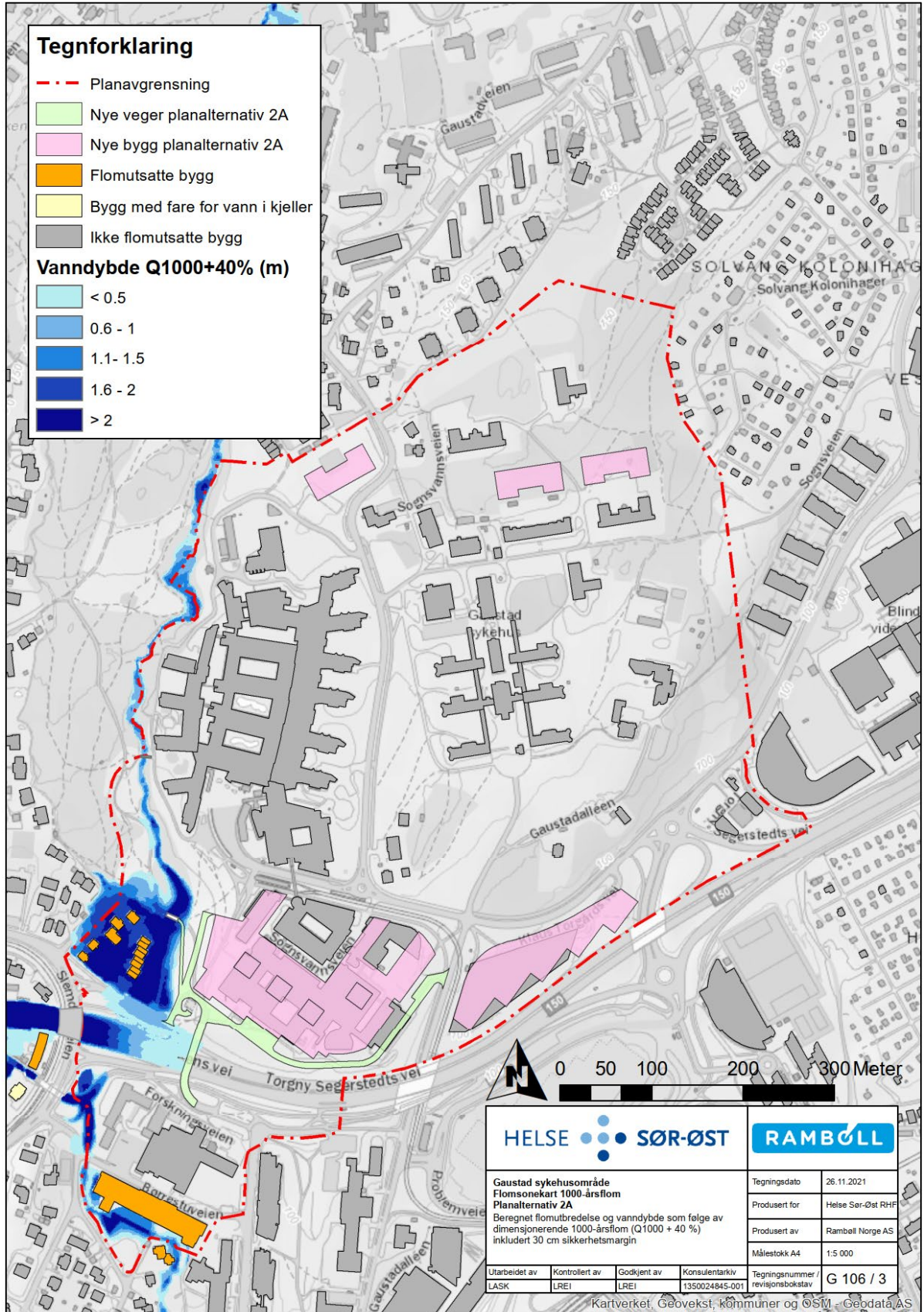




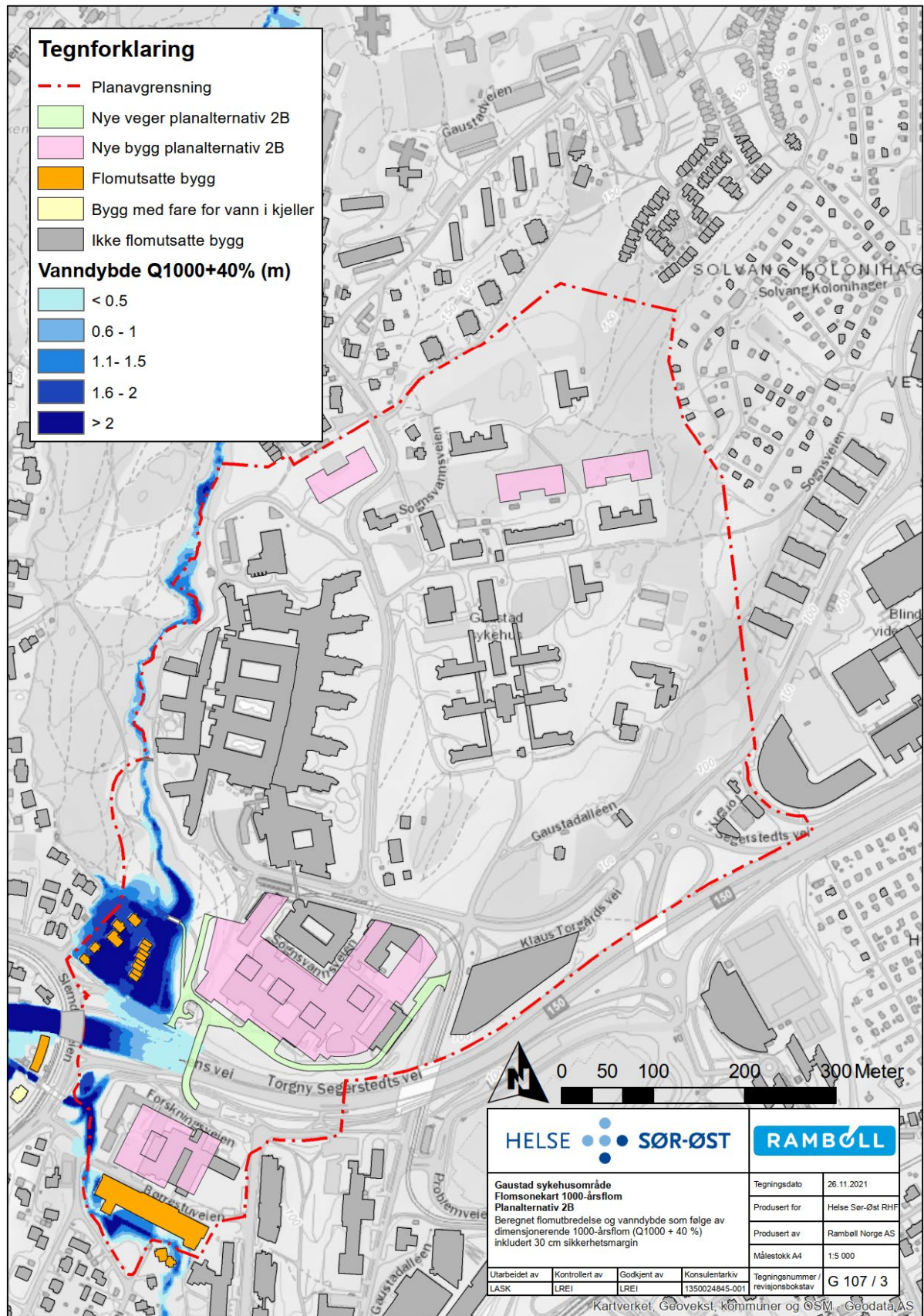




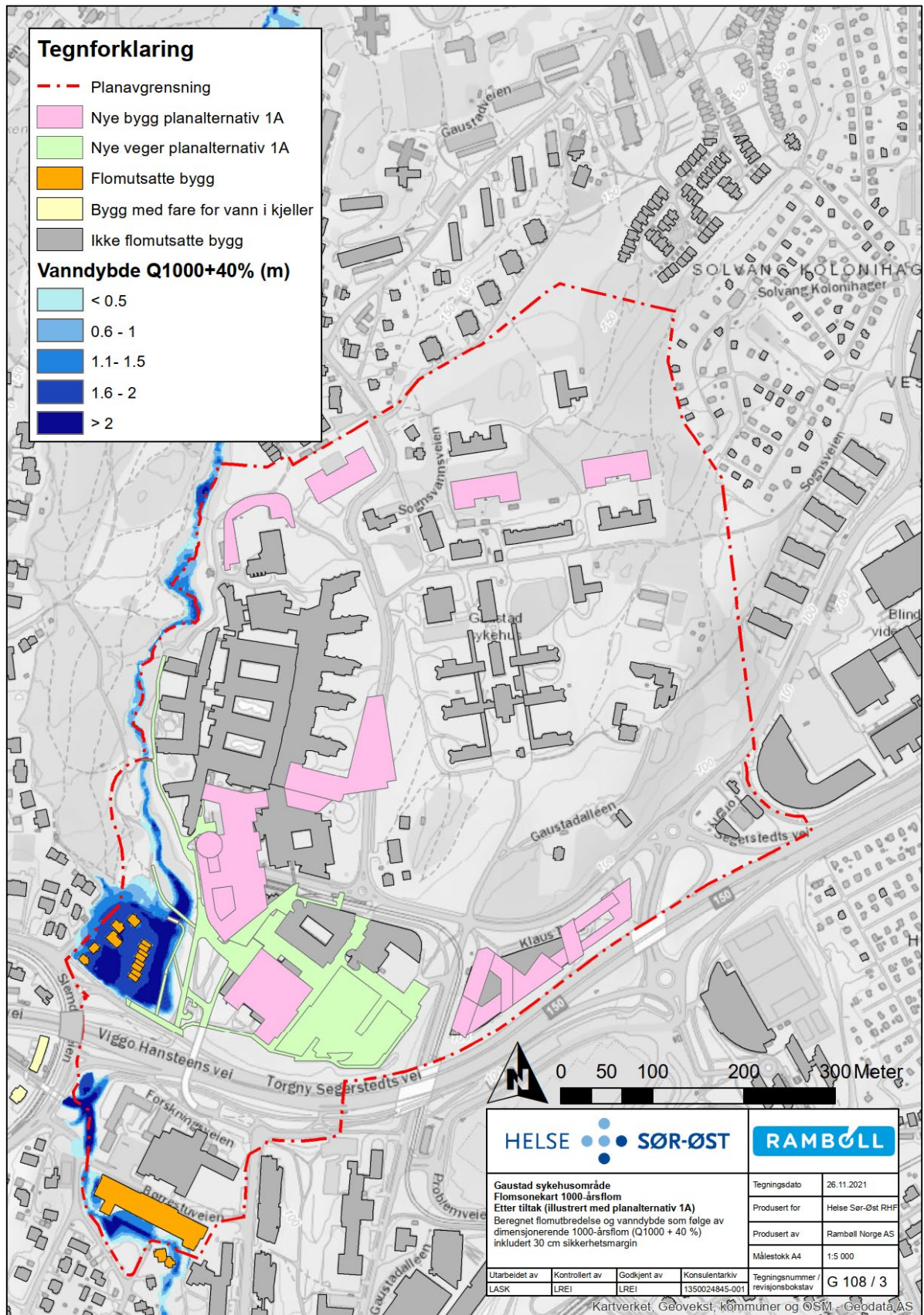




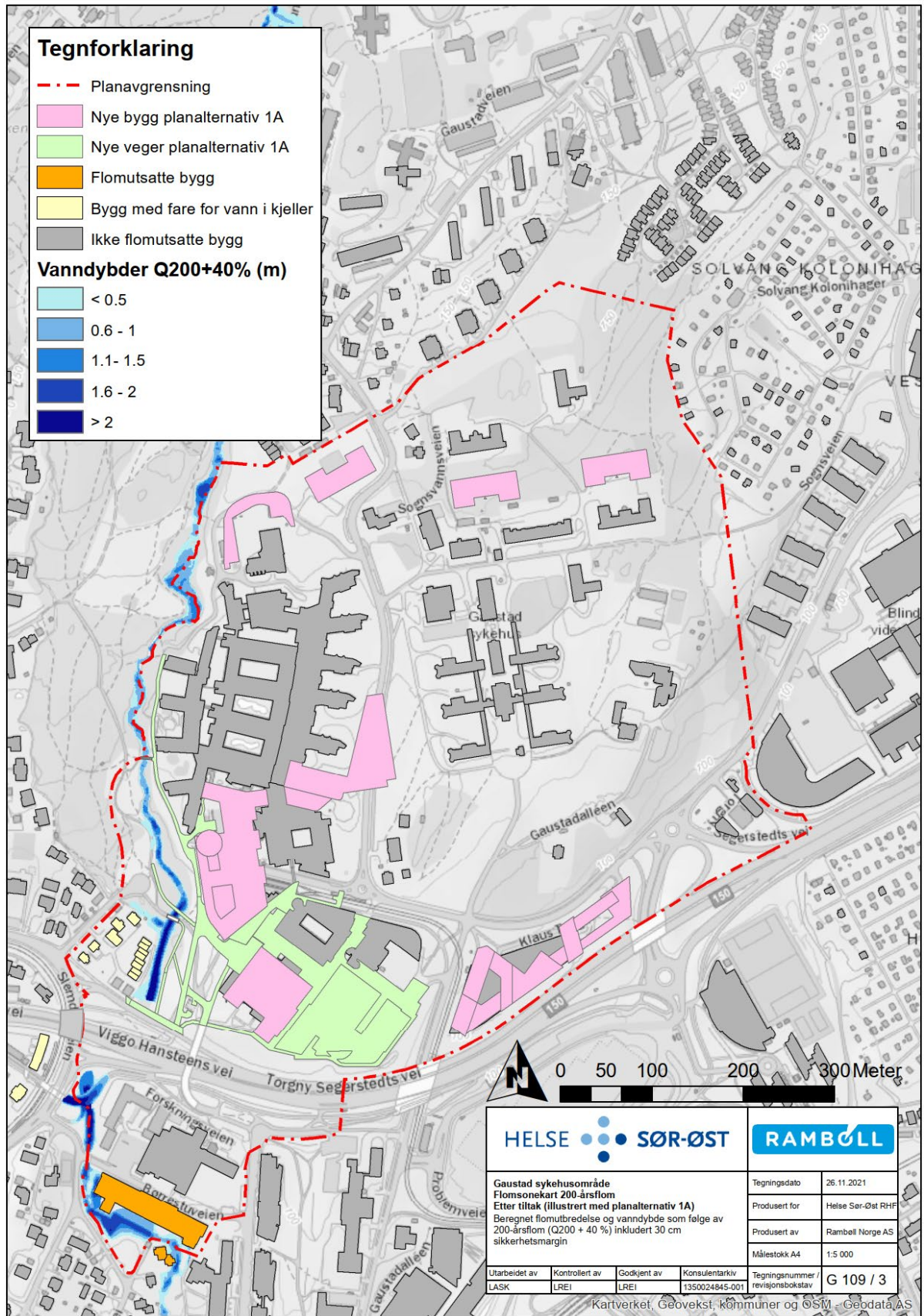












|  |                |                                      |                   |
|--|----------------|--------------------------------------|-------------------|
| HELSE SØR-ØST  |                | RAMBOLL                              |                   |
| Gaustad sykehusområde<br>Flomsonekart 200-årsflom<br>Etter tiltak (illustrert med planalternativ 1A)<br>Beregnet flomutbredelse og vanndybde som følge av<br>200-årsflom (Q200 + 40 %) inkludert 30 cm<br>sikkerhetsmargin |                | Tegningsdato                         | 26.11.2021        |
|  |                | Produsert for                        | Helse Sør-Øst RHF |
|  |                | Produsert av                         | Rambøll Norge AS  |
|  |                | Målestokk A4                         | 1:5 000           |
| Utarbeidet av  | Kontrollert av | Godkjent av                          | Konsulentarkiv    |
| LASK   | LREI           | LREI                                 | 1350024845-001    |
|  |                | Tegningsnummer /<br>revisjonsbokstav | G 109 / 3         |

Kartverket, Geovekst, kommuner og ©SM - Geodata AS



## ORIENTERINGSMØTE DAMEIER VAV



ARKITEKTUR & PLAN

# ORIENTERINGSMØTE VAV

Oppdragsnavn **Nye Rikshospitalet**  
Emne **Møtereferat**  
Motedato **06.10.2021**

Arrangør **Tore Bakken Horne / Lorentz Reinertsen**  
Deltagere **Bjørnar Hviding Roaldkvam Oslo VAV  
Lorentz Reinertsen, Rambøll  
Tore Bakken Horne, Rambøll**

Dato 06.10.2021

## 1 Agenda

Rambøll har på vegne av Helse Sør-Øst RHF sin prosjektorganisasjon invitert dameier Oslo kommune VAV til et dialogmøte med utgangspunkt i NVE sin høringsuttalelse til planforslaget for Nye Rikshospitalet (NVEs ref: 201801622-10). Hovedtema i møtet var NVEs kommentarer knyttet til Dambrudd.

## 2 Flomanalyse

### 2.1 Dambrudd

Rambøll har orientert dameier om reguleringsarbeidet ved Nye Rikshospitalet, det er vist til tenkt utvidelse og områder som blir transformert. Dambruddsbølgeberegningene fra Åklungen og Sognsvann, 2011 - sees på sammen med dameier og det påpekes at analysene viser at Rikshospitalet ikke vil bli berørt av et dambrudd slik det er i dag. Dammene ligger i dag i konsekvensklasse 3 og det stilles spørsmål til dameier om det det bør gjøres nye vurderinger av dammenes konsekvensklasse med tanke på at Nye Rikshospitalet skal være et regionssykehus. Dameier kan ikke ta stilling til om dammene bør endre konsekvensklasse til en høyere konsekvensklasse basert på kartet og informasjon som ble presentert i møte. Kart med nye tiltak som viser kotehøyder bør da sammenlignes med foreliggende kart fra dambruddsbølgeberegningene. Dersom det er tvil om nye tiltak på Rikshospitalet blir berørt av et eventuelt dambrudd bør det gjennomføres nye dambruddsbølgeberegninger der nye tiltak er tatt med i beregningen. Dameier påpeker at damtilsynet (NVE) er myndigheten som fatter vedtak om konsekvensklasse for alle dammer etter forslag fra dameier.

Rambøll orienterer dameier om NVE ikke var klar over at disse beregningene forelå og at NVE ønsker at disse legges ved plansaken. Dameier poengterer at damtilsynet (NVE) har beregninger og all nødvendig informasjon for dammene. Videre tillater dameier Rambøll å benytte disse dataene som en del av plansaken og at de publiseres for offentlig ettersyn. En eventuell reklassifisering av dammen i Sognsvann må vurderes av NVE etter vedtatt reguleringsplan.

Rambøll  
Harbitzalléen 5  
Postboks 427 Skøyen  
0213 Oslo

T +47 22 51 80 00  
<https://no.ramboll.com>

**FLOM OG DAMBRUDDSBØLGEBEREGNINGER DAM LILLE ÅKLUNGEN,  
DAM SOGNSVANN, DAM STORE ÅKLUNGEN, DAM SVARTKULP OG  
FROGNERPARKDAMMENE, NORDMARKAVASSDRAGET**

**DAMBRUDDSKART DAM LILLE ÅKLUNGEN, DAM SOGNSVANN, DAM  
STORE ÅKLUNGEN, DAM SVARTKULP OG FROGNERPARKDAMMENE,  
NORDMARKAVASSDRAGET**

# Oslo Kommune Friluftsetaten

**Dam Lille Åklungen, Dam Sognsvann,  
Dam Store Åklungen, Dam Svartkulp og  
Frognerpark dammene, Nordmarkavassdraget**



## **FLOM OG DAMBRUDDSBØLGEBEREGNING**

**Juni 2011**





**INNHOLDSFORTEGNELSE**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. SAMMENDRAG</b>  | <b>3</b>  |
| <b>2. INNLEDNING</b>  | <b>8</b>  |
| <b>3. BEREGNING AV DIMENSJONERENDE FLOM (<math>Q_{PMF}</math>, <math>Q_{1000}</math> OG <math>Q_{500}</math>)</b> | <b>13</b> |
| 3.1 Vannmerker  | 13        |
| 3.2 Sammendrag av tidligere flomberegninger   | 16        |
| 3.3 Analyse av Vannmerke 8.6 Sæterenbekken  | 17        |
| 3.4 Nedbøravløps modellering  | 22        |
| 3.5 Beregninger av tilløpsflommer   | 26        |
| 3.5.1 <i>Sognsvann dagens situasjon</i>   | 28        |
| 3.5.2 <i>Lille Åklungen</i>   | 30        |
| 3.5.3 <i>Store Åklungen</i>   | 31        |
| 3.5.4 <i>Svartkulp</i>  | 32        |
| 3.5.5 <i>Flomberegninger for dammer oppstrøms for Sognsvann</i>   | 32        |
| 3.5.6 <i>Flomberegninger nedstrøms for Sognsvann</i>  | 33        |
| <b>4. DAMBRUDDSBØLGEBEREGNINGER</b>   | <b>37</b> |
| <b>5. TILRETTELEGGING FOR DAMBRUDDSBØLGEBEREGNINGER</b>   | <b>39</b> |
| 5.1 Modellverktøy   | 39        |
| 5.2 Modelloppstilling   | 39        |
| 5.3 Modellverrsnitt og terrengmodell  | 45        |
| 5.4 Grensebetingelser for dambruddsbølge beregningene   | 46        |
| 5.5 Kulverter og broer nedstrøms for Sognsvann  | 48        |
| 5.6 Tilstopping av overløp  | 49        |
| 5.7 Dominobrudd   | 49        |
| 5.8 Dam Lille Åklungen  | 50        |
| 5.9 Dam Sognsvann   | 52        |
| 5.10 Dam Store Åklungen   | 56        |
| 5.11 Dam Svartkulp  | 57        |
| 5.12 Dam Vigelandsbroen   | 57        |
| 5.13 Dam Nedre Frognerpark dammen   | 58        |
| <b>6. DAMBRUDDSBØLGEBEREGNINGER OG RESULTATER</b>   | <b>60</b> |
| 6.1 Beregninger   | 60        |
| 6.2 Resultater DBBB Dam Lille Åklungen  | 61        |
| 6.3 Resultater DBBB Dam Sognsvann   | 74        |
| 6.4 Resultater DBBB Dam Store Åklungen  | 84        |
| 6.5 Resultater DBBB Dam Svartkulp   | 85        |
| 6.6 Resultater Dammene i Frognerparken  | 85        |

|           |                                    |           |
|-----------|------------------------------------|-----------|
| <b>7.</b> | <b>REFERANSER</b>                  | <b>90</b> |
| <b>8.</b> | <b>BILAGS- OG TEGNINGSOVERSIKT</b> | <b>91</b> |

## 1. SAMMENDRAG

Norconsult AS er gitt i oppdrag av Oslo kommune, Friluftsetaten å foreta flomberegninger og dambruddsbølgeberegninger for dammer i Frogner- og Sognsvanns-bekken, Nordmarkavassdraget. Nedbørfeltet ligger i Oslo kommune.

I forbindelse med rehabilitering av Lille Åklungen har det blitt besluttet å se på nedslagsfelt til Frognerbekken som er en del av Nordmarkavassdraget. Derfor vil tidligere flomberegninger utført for Sognsvann og Svartkulp bli sjekket. Formålet med å se på hele vassdraget er å oppnå riktige klassifisering av dammene i denne delen av Nordmarkavassdraget. Slik det er i dag vil brudd på dammene Lille Åklungen, Store Åklungen og Svartkulp føre til at Dam Sognsvann går tilbrudd, da den allerede er overtoppet ved initial flommen. Siden Dam Sognsvann skal rehabiliteres i nær fremtid så utføres flomberegningen som om dammen ikke overtoppes, d.v.s. at et overløp med tilstrekkelig kapasitet inkluderes. Derved vil Dam Sognsvann ikke gå til brudd som følge av et dominobrudd forårsaket av brudd på ovenforliggende dammer.

I Revisjon 002 er overtopping av dam Sognsvann tillatt uten at dammen skal gå til dominobrudd. Ny dam Sognsvann har fått et flomløp som er likt dagens, men som gir mulighet for passasje av fisk. Rapporten er også oppdatert for endringer i flomløpet på dam Lille Åklungen. Det er nå inkludert et flomløp som er identisk med det rehabiliterte flomløp. Det er gjort mindre endringer i rapporten som er beskrevet i et eget notat. Endringer er sjekket mot nyere versjoner av retningslinjer og forskrifter, men det er ingen endringer som påvirker diskusjonen eller konklusjoner i dokumentet.

Beregningene er utført med bakgrunn i "Retningslinjer for flomberegninger" utgitt av NVE 2002, "Retningslinje for flomløp" utgitt av NVE 2003 og NVEs, "Forskrift om klassifisering av vassdragsanlegg", 2001. I tillegg er NVE's, "Retningslinjer for dambruddsbølgeberegninger" utgitt av NVE 2005 Utgave 2, lagt til grunn. Siden damklasse først kan bestemmes etter en dambruddsbølgeanalyse er det regnet flommer for klasse 3, 2 og 1 dammer.

Forskriftene angir at det skal beregnes to flommer for dammer i klasse 3.

- 1) Dimensjonerende flom ( $Q_{1000}$ )
- 2) Kontroll flom ( $Q_{pmf}$ )

Forskriftene angir at det skal beregnes to flommer for dammer i klasse 2.

- 1) Dimensjonerende flom ( $Q_{1000}$ )
- 2) Kontroll flom ( $Q_{1000} * 1.5$ )

Forskriftene angir at det skal beregnes en flom,  $Q_{500}$  for dammer i klasse 1.



### Sammendrag flomberegning

For Dam Sognsvann og Dam Lille Åklungen er det usikkert om disse skal plasseres i klasse 2 eller i klasse 3 og derfor har vi regnet  $Q_{pmf}$  (Kontroll flom) og  $Q_{1000}$  (Dimensjonerende flom) for disse to dammene. For Dam Lille Åklungen og Dam Sognsvann er det utført en ruting av den beregnede flommen for total feltet gjennom henholdsvis Store Åklungen, Lille Åklungen og Svartkulp for å gi den aktuelle tilsigsflom.

$Q_{1000}$  er beregnet ved hjelp av nedbør avløpsmodellering kontrollert mot vannmerker og frekvensanalyser og har gitt følgende resultater:

| Magasin                  | Døgntilsig kulminasjon (m <sup>3</sup> /s) | Døgntilsig (m <sup>3</sup> /s) | Døgntilsig l/s/km <sup>2</sup> | Avløp (m <sup>3</sup> /s) | HRV (m.o.h.) | Dam-krone (m.o.h.) | Vann-stand (m.o.h.) |
|--------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------|--------------|--------------------|---------------------|
| Svartkulp                | 1,9  | 1,2                            | 1290                           | 1,8                       | 202          | 202,4              | 202,4               |
| Lille Åklungen           | 3,6  | 3,2                            | 1290                           | 3,4                       | 259          | 259,9              | 259,5               |
| Store Åklungen           | 2,3  | 1,4                            | 1290                           | 1,5                       | 293          | 293,6              | 293,5               |
| Sognsvann – Nytt overløp | 17,2                                       | 12,9                           | 1290                           | 15,8                      | 182,5        | 183,5              | 183,6               |
| Vigelandsbroen           | 24,0                                       | -                              | -                              | 23,3                      | 31,2         | 35,5               | 33,1                |
| Nedre Frognerpark dammen | 23,3                                       | -                              | -                              | 23,3                      | 28,0         | 28,4               | 29,2                |

Tabell 1-1.  $Q_{1000}$  (kulminasjonsverdier) – dimensjonerende flom

| Magasin                  | Tilstopping | Døgntilsig kulminasjon (m <sup>3</sup> /s) | Døgntilsig l/s/km <sup>2</sup> | Avløp (m <sup>3</sup> /s) | HRV (m.o.h.) | Dam-krone (m.o.h.) | Vann-stand (m.o.h.) |
|--------------------------|-------------|--|--------------------------------|---------------------------|--------------|--------------------|---------------------|
| Svartkulp                | 25 %        | 1,9  | 1290                           | 1,9                       | 202          | 202,4              | 202,5               |
| Lille Åklungen           | 0 %         | 3,6  | 1290                           | 3,4                       | 259          | 259,9              | 259,5               |
| Store Åklungen           | 25 %        | 2,3  | 1290                           | 1,4                       | 293          | 293,6              | 293,6               |
| Sognsvann – Nytt overløp | 50 %        | 17,2                                       | 1290                           | 16,1                      | 182,5        | 183,5              | 183,8               |
| Vigelandsbroen           | 0 %         | -  | -                              | 23,3                      | 31,2         | 35,5               | 33,1                |
| N. Frognerpark dammen    | 0 %         | -  | -                              | 23,3                      | 28,0         | 28,4               | 29,2                |

Tabell 1-2.  $Q_{1000}$  (kulminasjonsverdier) – dimensjonerende flom med tilstopping av flomløp

$Q_{pmf}$  er beregnet ved hjelp av nedbør avløpsmodellering og har gitt følgende resultater:

| Magasin        | Døgntilsig kulminasjon (m <sup>3</sup> /s) | Døgntilsig (m <sup>3</sup> /s) | Døgntilsig l/s/km <sup>2</sup> | Avløp (m <sup>3</sup> /s) | HRV (m.o.h.) | Dam-krone (m.o.h.) | Vann-stand (m.o.h.) |
|----------------|--|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------|--------------|--------------------|---------------------|
| Lille Åklungen | 7,0  | 5,4                            | 2170                           | 6,9                       | 259          | 259,5              | 259,7               |
| Sognsvann (ny) | 31,0                                       | 22,0                           | 2170                           | 27,1                      | 182,5        | 183,5              | 184,0               |

Tabell 1-3.  $Q_{pmf}$  (kulminasjonsverdier) - ulykkegrensetilstand

| Magasin                  | Døgntilsig<br>kuliminasjon<br>(m <sup>3</sup> /s) | Døgntilsig<br>(m <sup>3</sup> /s) | Døgntilsig<br>l/s/km <sup>2</sup> | Avløp<br>(m <sup>3</sup> /s) | HRV<br>( m.o.h.) | Dam-<br>krone<br>( m.o.h.) | Vann-<br>stand<br>( m.o.h.) |
|--------------------------|---|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Svartkulp                | 2,9   | 2,9                               | 1935                              | 2,9                          | 202              | 202,4                      | 202,5                       |
| Store Åklungen           | 3,5   | 2,9                               | 1935                              | 2,7                          | 293              | 293,6                      | 293,7                       |
| Vigelandsbroen           | 30,0  | -                                 | -                                 | 29,5                         | 31,2             | 35,5                       | 33,6                        |
| N. Frognerpark<br>dammen | 29,5  | -                                 | -                                 | 29,4                         | 28,0             | 28,4                       | 29,4                        |

**Tabell 1-4. Q<sub>1000\*1,5</sub> (kulminasjonsverdier) - ulykkegrensetilstand**

## Sammendrag dambruddsølgeberegning

### Dam Lille Åklungen

Ved en dambruddsølge på Dam Lille Åklungen vil 44 og 79 bygninger være berørt av dambruddsølgen syd for Ringveien ved henholdsvis 1000 årsflom og middelflom som initial situasjon. Vannstandsstigninger er generelt mindre enn 1 meter med unntak av steder hvor det er oppstuvninger. Vannhastigheter er også lave. De største følger ved en dambruddsølge er skader på infrastruktur. Ved et eventuelt brudd på Dam Lille Åklungen vil de følgende områder bli utsatt for betydelige vannmengder:

- Vannstanden vil bli større enn 1 meter oppstrøms, nedstrøms og over Ringveien.
- Oppstrøms kulvert under Slemdalsveien blir det oppstuvning av vann på mer enn 1 meter og flomvannet vil følge T-Bane trasen nordover mot Blindern stasjon, sørover mot Frøen og Majorstua stasjon.
- Majorstua stasjon: inne på stasjonsområdet vil det være oversvømmelse delvis på grunn av vann som følger T-Bane trasen på grunn av oppstuvning ved Slemdalsveien. Oversvømmelsen vil ikke bli slik at vann forventes å strømme ned i tunnel mot Nationalteateret eller i tunnel mot Sørkedalsveien. Vannstandsstigningen vil være mindre enn 1 meter inne på stasjonsområde.
- Middelthunsgate: her vil det være oppstuvning av vann på mer enn 1 meter og oversvømmelse av næringsbygg og parkeringskjeller.
- Skøyen: dambruddsølgeberegningene er avsluttet her, men det kan sees at oppstrøms kulvert inntak til Sigurd Syrsgate vil være vannstandsstigning på mer enn 1 meter. Det forventes noe skader på Skøyen, både på bygg og infrastruktur.

### Dam Sognsvann

Ved en dambruddsølge på Dam Sognsvann vil 51 og 79 bygninger være berørt av dambruddsølgen syd for Ringveien ved henholdsvis 1000 årsflom og middelflom som initial situasjon. Vannstandsstigninger er generelt mindre enn 1 meter med unntak av steder hvor det er oppstuvninger. Vannhastigheter er også lave. De største følger ved en dambruddsølge er skader på infrastruktur. Ved et eventuelt brudd på Dam Sognsvann vil de følgende områder bli utsatt for betydelige vannmengder:

- Vannstanden vil bli større enn 1 meter oppstrøms, nedstrøms og over Ringveien.
- Oppstrøms kulvert under Slemdalsveien blir det oppstuvning av vann på mer enn 1 meter og flomvannet vil følge T-Bane trasen nordover mot Blindern stasjon, sørover mot Frøen og Majorstua stasjon.
- Majorstua stasjon: inne på stasjonsområdet vil det være oversvømmelse delvis på grunn av vann som følger T-Bane trasen på grunn av oppstuvning ved Slemdalsveien. Oversvømmelsen vil ikke bli slik at vann forventes å strømme ned i tunnel mot Nationalteateret eller i tunnel mot Sørkedalsveien. Vannstandsstigningen vil være mindre enn 1 meter inne på stasjonsområde.
- Middelthunsgate: her vil det være oppstuvning av vann på mer enn 1 meter og oversvømmelse av næringsbygg og parkeringskjeller.
- Skøyen: dambruddsølgeberegningene er avsluttet her, men det kan sees at nedstrøms kulvert inntak til Sigurd Syrsgate vil være vannstandsstigning på mer enn 1 meter. Det forventes noe skader på Skøyen, både på bygg og infrastruktur.

### **Dam Store Åklungen**

Vannstandsstigningene er små i Pinabekken mellom Dam Store og Lille Åklungen med en maksimal vannstandsstigning på 40 cm. I magasinet til Dam Lille Åklungen stiger vannstanden med 20 cm til 259,8 som er 30 cm over damkrona. Mellom Dam Lille Åklungen og Sognsvannet er vannstandsstigningen mindre enn 20 cm. I Sognsvann og Sognsvannsbekken ned til Ringveien er vannstandsstigningen mindre enn 10 cm utover  $Q_{1000}$  initialflom. Vannføringen dempes til  $4\text{m}^3/\text{s}$  i Dam Sognsvann og selv ved  $Q_{1000}$  hvor det er overtopping ved Ringveien vil den vannføringen ikke bidra til ytterligere skader. Ved  $Q_m$  som initial flom vil alle kulverter har nok kapasitet til å ta den ekstra vannføringen.

### **Dam Svartkulp**

Vannstandsstigningene i Svartkulpbekken er på det høyeste 2,5 meter og vil gi skader på stier nedstrøms for dammen. I Sognsvann magasinet stiger vannstanden med 30 cm til 183,9. Etter rehabilitering vil Dam Sognsvann ikke gå til dominobrudd ved et brudd på Dam Svartkulp. Nedover i Sognsvannsbekken til Ringveien er ikke vannstandsstigningen mer enn 20 cm noen steder. Basert på skader ved et dambrudd på Dam Lille Åklungen hvor vannføring var dobbelt så stor forventes skaden å være moderat ved et dambrudd på Dam Svartkulp nedenfor Ringveien.

### **Vigelandbroen og Dam Nedre Frognerparken**

Vannstandsstigningen i Frognerbekken fra dammen og ned til kulvert inntaket til kulvert under Sigurd Syrsgate er stort sett under 1 meter og det er ingen skade på denne strekningen utover bortvasking av enkelte gangbroer. Oppstrøms for kulvert inntaket vil det være en oppstuvning som følge av nedsatt kapasitet av kulverten i en flomsituasjon. Vann vil så kunne strømme ned mot Skøyen og forårsake skader her, men varigheten og vannvolumene er beskjedene så et moderat skadeomfang vil være å forvente.



## 2. INNLEDNING

Norconsult AS er gitt i oppdrag av Oslo kommune, Friluftsetaten å foreta flomberegninger og dambruddsbølgeberegninger for dammer i Frogner- og Sognsvanns-bekken, Nordmarkavassdraget. Nedbørfeltet ligger i Oslo kommune.

Ved et brudd på Dam Lille Åklungen vil Dam Sognsvann gå til brudd da det allerede er overtopping av Dam Sognsvann ved dimensjonerende flom. I henhold regler for Dominobrudd betyr det at Dam Sognsvann vil gå til brudd ved ethvert brudd på ovenforliggende dammer. Det betyr at dammene oppstrøms for Dam Sognsvann skal klassifiseres i henhold til skadepotensialet til Dam Sognsvann. Siden Dam Sognsvann skal rehabiliteres i nær fremtid så gjennomføres dambruddsbølge beregninger for hele vassdraget for en fremtidig situasjon der Dam Sognsvann er rehabilitert på en slik måte at den ikke vil gå til brudd ved dambrudd av ovenforliggende dammer (se bilag 4).

Tidligere er det utført flomberegninger for Dam Sognsvann \ref. 1\ og Dam Svartkulp \ref. 2\ og Lysakervassdraget \ref. 3\. Denne flomberegning inkluderer dammene; Dam Store Åklungen, Dam Lille Åklungen, Dam Svartkulp, Dam Sognsvann, Vigelandsbroen og Dam Nedre Frongerparkdammen.

Dam Svartkulp og Dam Sognsvann er også inkludert da en gjennomgang viste at tidligere flombergning burde oppdateres.

Nedbørfeltene oppstrøms for Dam Sognsvann er 'naturlige nedbørfelt' slik at nedbørgrenser er bestemt fra topografi. Fra Dam Sognsvann og ned til Frognerkilen er nedbørgrenser bestemt fra topografien kun veiledende på grunn av urbaniseringen. Det er mange overvannssystem med hurtig avrenning og mulighet for overføring av vann på tvers av topografiske grenser. For å bestemme areal som drener til gitte punkt i den urbaniserte del av området er kart over ledningsnett sammen med kart som viser del arealer som drener til overvannsnettet fra Oslo vann og avløpsetaten benyttet. I det urbane området er også modifiserte flomberegninger som er tilpasset urbane områder brukt.

All kart informasjon er behandlet i ARC GIS versjon 9.2 og ARC HYDRO for å finne nedbørgrenser og andre hydrologiske nøkkeltall. Det er benyttet høyde informasjon fra 1 meters høyde koter og GEOVEKST data. Dataene er mottatt fra Oslo Kommune Planleggingsetaten og er siste oppdaterte versjon av oktober 2008. Koordinat systemet er WGS 1984 UTM sone 32N – Vanligvis så benyttes ETRF 1989 som datum i Norge. Siden WGS 1984 var benyttet som datum i de mottatte data så vi har benyttet dette uten at det vil få følger for analysene. Det er også mottatt høydedata fra laser oppmålinger i de sentrale deler av Oslo. Disse foreligger som terreng modell med 1 m grid oppløsning. Denne terrengmodellen er ikke benyttet i den hydrologiske analysen da den ikke var tilgjengelig for hele området. Den vil bli benyttet i den påfølgende dambruddsbølgeberegning hvor vi har konstruert en ny terreng modell med 1 meters grid oppløsning for hele området. Kildene til denne terrengmodell er laser data i de urbane områder og 1 meter høydekonturer i de områder som ikke er urbanisert.

Tabell 2-1 gir en oversikt over nedbørfeltene og magasinene til de dammer som er inkludert.

| Nedbørfelt              | Feltstørrelse<br>(km <sup>2</sup> ) | Magasinareal<br>(km <sup>2</sup> ) |
|-------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Dam Store Åklungen      | 1,15                                | 0,14                               |
| Dam Lille Åklungen      | 2,47                                | 0,10                               |
| Dam Svartkulp           | 0,95                                | 0,07                               |
| Dam Sognsvann           | 9,98                                | 0,39                               |
| Dam Vigelandsbroen      | 17,74*                              | 0,01                               |
| Nedre Frognerparkdammen | 17,80*                              | 0,01                               |

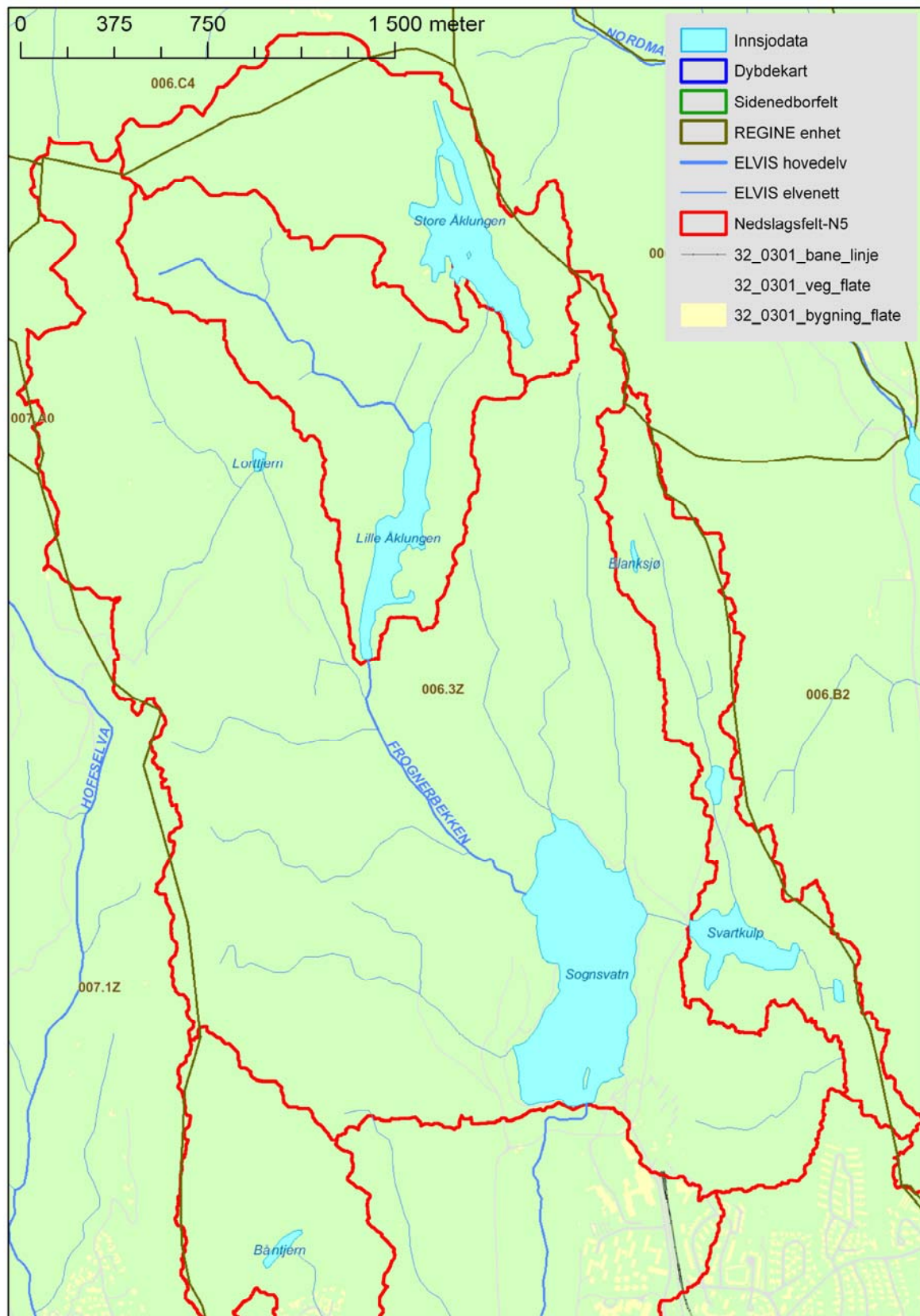
\* Topografiske feltgrenser ikke faktisk feltstørrelse p.g.a. urbanisering og overvannsdren

### Tabell 2-1. Oversikt over feltet

For en full oversikt over parametere tilhørende nedbørfeltene se bilag 7 hvor alle parametere som inngår i utregning av parametere benyttet i Nedbør-avløpsmodellen PQRUT er vist sammen med hypsograf kurver.

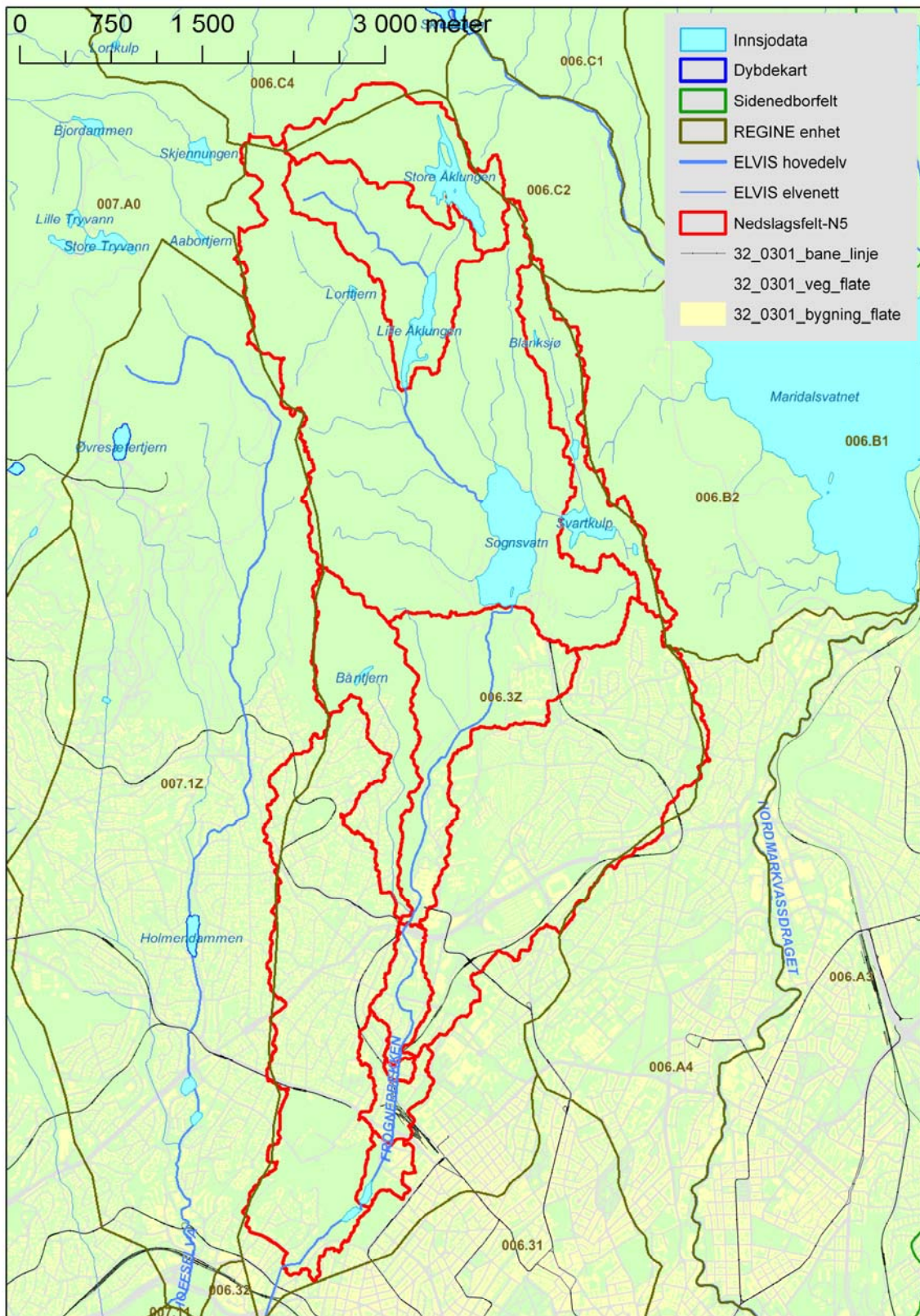
Restfelt til dam Sognsvann = dam Sognsvann – Lille Åklungen – Svartkulp  
Restfelt til dam Lille Åklungen = Lille Åklungen – Store Åklungen

Feltstørrelser som er vist her er hentet fra GIS. Arealene er funnet ved å benytte ARC HYDRO og kartunderlag fra 1:5000 databasen. De bestemte arealer er sjekket mot vassdragsregisteret og det er funnet små forskjeller fra Regine underlaget og fra de arealer som er oppgitt i HYDRA databasen. Det skyldes at de verdier som er oppgitt i HYDRA/Regine er basert på 1:50000 kart underlag. Arealer som gitt i tabell 2-1 er derfor benyttet da de er basert på det mest detaljerte topografiske underlag. Nedbørgrense er vist i figur 2-1 og figur 2-2.



**Figur 2-1 Lille Åklungen nedbørgrense, Frognerbekken heter Pinabekken mellom Sognsvann og Åklungen**





**Figur 2-2 Nedbørsgrenser langs Frognerbekken, Nordmarka vassdraget, rødlinje er del felter som inngår i disse flomberegningene mens den grønne linje er nedslagsfeltet fra Regine databasen. Fra Sognsvann og ned til Ringveien heter Frognerbekken Sognvannsbekken.**



Det er bygget opp en routingmodell for nedbørfeltet. Tilsiget til feltet beregnes og rutes.

Beregningene er utført med bakgrunn i "Retningslinjer for flomberegninger" utgitt av NVE 2002, "Retningslinje for flomløp" utgitt av NVE 2003 og NVE's "forskrift om klassifisering av vassdragsanlegg", 2001. I tillegg er NVE's "Retningslinjer for dambruddsbølgeberegninger" utgitt av NVE 2005 Utgave 2, lagt til grunn.

Forskriftene angir at det skal beregnes to flommer for dammer i klasse 3.

- 1) Dimensjonerende flom ( $Q_{1000}$ )
- 2) Kontroll flom ( $Q_{pmf}$ )

Forskriftene angir at det skal beregnes to flommer for dammer i klasse 2.

- 1) Dimensjonerende flom ( $Q_{1000}$ )
- 2) Kontroll flom ( $Q_{1000} * 1.5$ )

Forskriftene angir at det skal beregnes en flom,  $Q_{500}$  for dammer i klasse 1.

Generelt vil dimensjonerende tilløpsflom være bestemt gjennom den risiko (eller sannsynlighet) for overskridelse man velger å ta i det enkelte tilfellet, samt det tidsrommet man betrakter. Dimensjonerende tilløpsflom er derfor karakterisert ved et gitt gjentaksintervall. Det vil ofte også være hensiktsmessig å angi sannsynligheten for overskridelse av denne flommen i løpet av en gitt periodelengde. I Tabell 2-2 er vist en slik sammenheng:

| Gjentaksintervall (L) | 10 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1000 |
|-----------------------|----|----|-----|-----|-----|------|
| 1000                  | 1  | 5  | 10  | 18  | 39  | 63   |

**Tabell 2-2. Sannsynlighet i prosent for overskridelse av 1000 - års tilløpsflom i en periode på L år**

Påregnelig maksimal tilløpsflom er den største tilløpsflom som kan opptre i et uregulert felt når det er tatt hensyn til eventuelle ovenforliggende magasiner og overføringer.

Påregnelig maksimal tilløpsflom kan ikke knyttes til et bestemt gjentaksintervall, men blir fastsatt på grunnlag av en påregnelig maksimal nedbør (PMP) og ugunstige hydrologiske forhold. Det må foretas en vurdering av om det er store nedbørmengder alene eller noe mindre nedbørmengder i kombinasjon med snøsmelting som gir de ugunstigste forhold. For klasse 3 dammer så skal PMF flom beregnes.

Med basis i tilløpsflom er forløp av tilløpsflommen, avløpsflommen og vannstandsstigningen i magasinet beregnet.

I henhold til Retningslinjer for flomberegninger" utgitt av NVE 2002 så skal kvaliteten på flomberegningen klassifiseres basert på kvaliteten av data underlaget. *Flomberegningene er vurdert til Klasse 2 med godt hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i vassdraget.*

### 3. BEREGNING AV DIMENSJONERENDE FLOM ( $Q_{PMF}$ , $Q_{1000}$ OG $Q_{500}$ )

#### 3.1 Vanmerker

Da det er utført enkelte flomberegninger tidligere så har disse blitt gjennomgått for å vurdere om flomstørrelsene er samsvarende.

Det ble funnet at Flomberegningen for Dam Sognsvann (ref. 1) baseres på Vm nr. 8.6 og derfor vil gi noe lave verdier. Dette skyldes at Vm nr. 8.6 er et V-overløp hvor vannstanden ved flom kan overstige V formen, mens vannstand- vannføringskurven er konstruert for en V form som fortsetter i det "uendelige".

Flomberegningen for Svartkulp (ref. 2) gir tilsvarende verdier som beregnet i denne rapport da samme metode er benyttet nemlig nedbøravløpsmodell. Men arealet som ble benyttet tidligere var 0,72 km<sup>2</sup>. Det egentlige areal er 0,95 km<sup>2</sup>. Det betyr at flomberegningen for Svartkulp har verdier som var underestimert med 24%. En mer detaljert kontroll av Nedbør-avløpsmodellen mot vannmerker har ført til at flommen til Svartkulp har blitt redusert.

Flomberegning fra Lysakervassdraget er kun benyttet som referanse (ref. 3).

| Vm nr. | Navn             | Areal (km <sup>2</sup> ) | Periode | Middelavløp (l/s/km <sup>2</sup> )<br>ref.1/2/3 | Q <sub>1000</sub><br>ref.1/2/3 | Vassdrag |
|--------|------------------|--------------------------|---------|---|--------------------------------|----------|
| 6.9    | Maridalsvannet   | 212                      | 1956-79 | 74/ /   | 356/ /                         | 006      |
| 6.10   | Gryta            | 7,6                      | 1967-04 | 164/146/149                                     | 643/600/586                    | 006      |
| 8.2    | Bjørngårdsvingen | 193                      | 1968-04 | 196/ /195                                       | 680/ /673                      | 008      |
| 8.6    | Sæternbekken     | 6,3                      | 1971-04 | 229/ /230                                       | 869/ / 802                     | 008      |
| 8.8    | Blomsterkroken   | 22,6                     | 1975-04 | 290/ /285                                       | 1126/ / 1110                   | 008      |
| 7.3    | Øraker           | 170                      | 1964-83 | 113/ /  | 350/ /                         | 007      |

**Tabell 3-1. Aktuelle vannmerker for flomberegning. Sammenligning av tidligere flomberegninger verdier for høstflommer. Perioden som data er hentet fra varierer noe i de tre flomberegningen.**

Flomberegningen er utført ved å benytte nedbør-avløpsmetoden basert på ekstremnedbør fra DNMI. Nedbør avløpsmetoden er valgt da vannmerkene i området er beheftet med usikkerhet, det antas derfor at flomstørrelsen ved å benytte nedbør avløpsmetoden vil være bedre enn å benytte vannmerkene alene. Nedbørsdataene er lettere å samle inn og mindre beheftet med måleusikkerheter. Det er fremdeles usikkerheter forbundet med areal korreksjonsfaktor, fordampningsfaktor, snøsmeltningsbidra og parametere i nedbør-avløpsmodel. Disse er vurdert til gi mindre bidrag enn usikkerheten i vannføringsmålingene for de undersøkte felt som er aktuelle å bruke i denne flomberegningen.

Selv om nedbør-avløpsmetoden benyttes, må flomfrekvensanalyse basert på vannmerker utføres. Dette er nødvendig for å:

- Vurdere om flommer beregnet med nedbør-avløpsmodellen er sannsynlige,
- Finne forholdstall mellom middel og 1000 års flom slik at beregnet flom kan skaleres til en middelflom som kan benyttes i dambruddsbølgeberegningene,

Det skal beregnes PMF flom for Dam Sognsvann og Dam Lille Åklungen. Ved beregning av PMF skal alltid nedbør-avløpsmodell benyttes.

De aktuelle vannmerker er gitt i tabell 3-1 og utvalgte vannmerker er vist i figur 3-2

Vm nr 8.8 Blomsterkroken har en et nedslagsfelt som er mer enn dobbelt så stort som Sognsvann og nesten 10 ganger større en Lille Åklungen. En del av nedslagsfeltet ligger i urbant område men ellers ligger det i tilsvarende område som Sognsvann, men med en noe mindre sjøprosent (figur 3.2).

Vannføringskurve for Vm nr. 8.8 har blitt oppdatert etter de tidligere flomberegninger (ref. 3) ble utført og de nye verdier er gitt i tabell 3-2

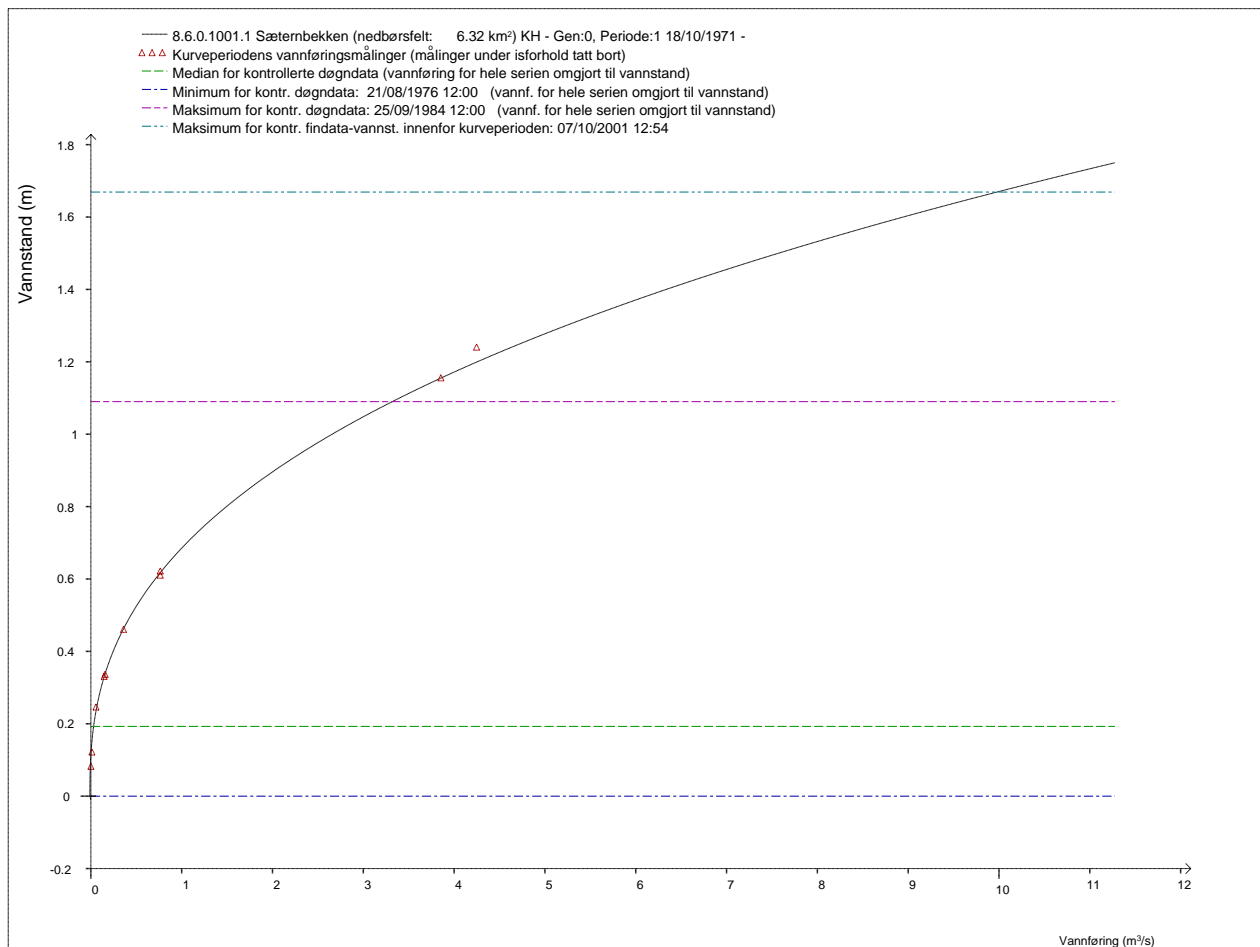
| Vm nr. | Navn           | Areal (km <sup>2</sup> ) | Periode | Middelavløp (l/s/km <sup>2</sup> ) | Q <sub>1000</sub> | Vassdrag |
|--------|----------------|--------------------------|---------|------------------------------------|-------------------|----------|
| 8.8    | Blomsterkroken | 22.6                     | 1975-07 | 240                                | 796               | 008      |

**Tabell 3-2. Oppdaterte flomstørrelser for Vm nr. 8.8 Blomsterkroken basert på ny vannføringskurve fra NVE.**

Det betyr at flomstørrelsen for Blomsterkroken er redusert med ca 25 % i forhold til de flomverdier man fikk ved å benytte den tidligere vannføringskurve.

Vm nr. 6.10 Gryta og 8.6 Sæternbekken utpeker seg som gode vannmerker ved første gjennomgang. De ligger i tilsvarende område, nært det område som skal undersøkes og har sammenlignbart feltareal. Dessverre så er begge uegnet til flomanalyser (Andre Soot NVE desember 2006 og Einar Markhus Norconsult desember 2008) da de har V overløp som vil oversvømmes slik at det blir overløp på siden av V-overløpet. Dette tas det ikke hensyn til når vannstanden omregnes til vannføring. Det antas at V-overløpet forsetter i det "uendelige" og ikke stopper på en gitt høyde som det faktisk gjør. Dette betyr at flomverdien fra disse vannmerkene blir for små.

I 2007 er det utført to vannføringsmålinger i Sæternbekken i juni og i desember henholdsvis 3,87 og 4,25 m<sup>3</sup>/s ved en vannstand på 1,16 m og 1,24 m begge over V overløper som ender ved 1,1 m. Dette gir en avrenning på 610-670 l/s/km<sup>2</sup>. De to målingene er vist i figur 3-1. Vannføringskurven er basert på formel for V-overløp og gir tilsynelatende god overensstemmelse mellom målinger og observasjoner. Det mangler observasjoner mellom 0,8 og 3,8 m<sup>3</sup>/s. Ved en vannstand høyere en 1,1 meter så bør kuven flate ut mer en den gjør. Usikkerheter forbundet med vannføringskurven og få observasjoner tilsier at frekvensanalyse med bakgrunn i dette flommerket bør tolkes forsiktig.



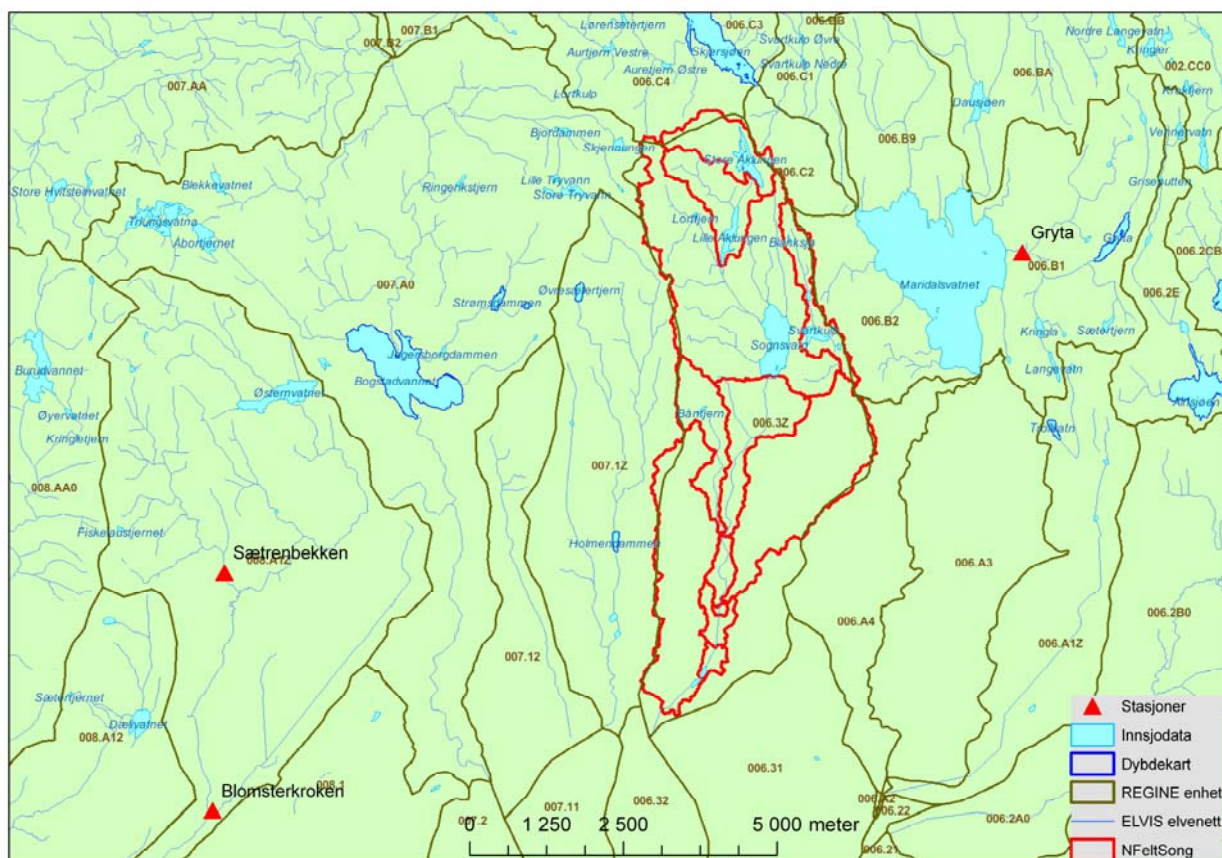
**Figur 3-1 Vannstand vannføringskurve for Sæternbekken Vm nr 8.6.**

Vm nr. 7.3 Øraker og 6.9 Maridalsvannet er fra store regulerte nedslagsfelt 170 og 212 km<sup>2</sup> og er derfor ikke representative for det studerte område.

Vm nr. 8.2 Bjørngårdssvingen er fra et større regulert felt og i tillegg er det problemer med måling av flomvannstand da det er turbulens og pendling av vannstanden ved flomvannføringer.

Av de undersøkte vannmerker er Vm nr. 8.6 Sæternbekken funnet å være det som er mest representative for det studerte område på tross av problemer med vannføringskurven. Dette vannmerke vil så benyttes til å beregne skaleringsfaktorer mellom 1000 årsflom og middelflom samt vurdering av resultater fra nedbør-avløpsmodelleringen.





Figur 3-2 Vanmerker i nærheten av Frognerbekkens tilsigsområde

### 3.2 Sammendrag av tidligere flomberegninger

| Nedbørfelt        | Døgntilsg kuliminasjon<br>l/s/km <sup>2</sup> | Døgntilsg<br>l/s/km <sup>2</sup> | Kuliminasjon/<br>Døgntilsg | Q <sub>1000</sub> /Q <sub>m</sub> |
|-------------------|---|----------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Sognsvann (total) | 1350*   | 900*                             | 1,5**                      | 3,8*                              |
| Svartkulp         | 2958***                                       | 1480***                          | 2,0***                     | 4,0**                             |

Kilde: \*-Vm nr. 8.6/ \*\*-Vm Nr. 6.10 \*\*\*-Nedbør-avløpsmodell

Tabell 3-3. Flomverdier for høstflommer fra ref. 1 og ref. 2.

Som det fremgår av tabell 3-3 så er det stor forskjell i verdier for tidligere beregnede flommer. Det vil forventes at det er noe forskjell på de to områder, men ikke så stor forskjell som sees her. Forskjellene kan forklares ved:

- Sognsvann (total) baseres seg på Vm nr. 8.6 døgnerverdier, som gir for lave flomverdier.
- Kuliminasjonsfaktoren er hentet fra Vm nr. 6.10 som gir for lave kuliminasjonsverdier.

*Tidligere flomberegning for Sognsvann gir altså for lave verdier.*

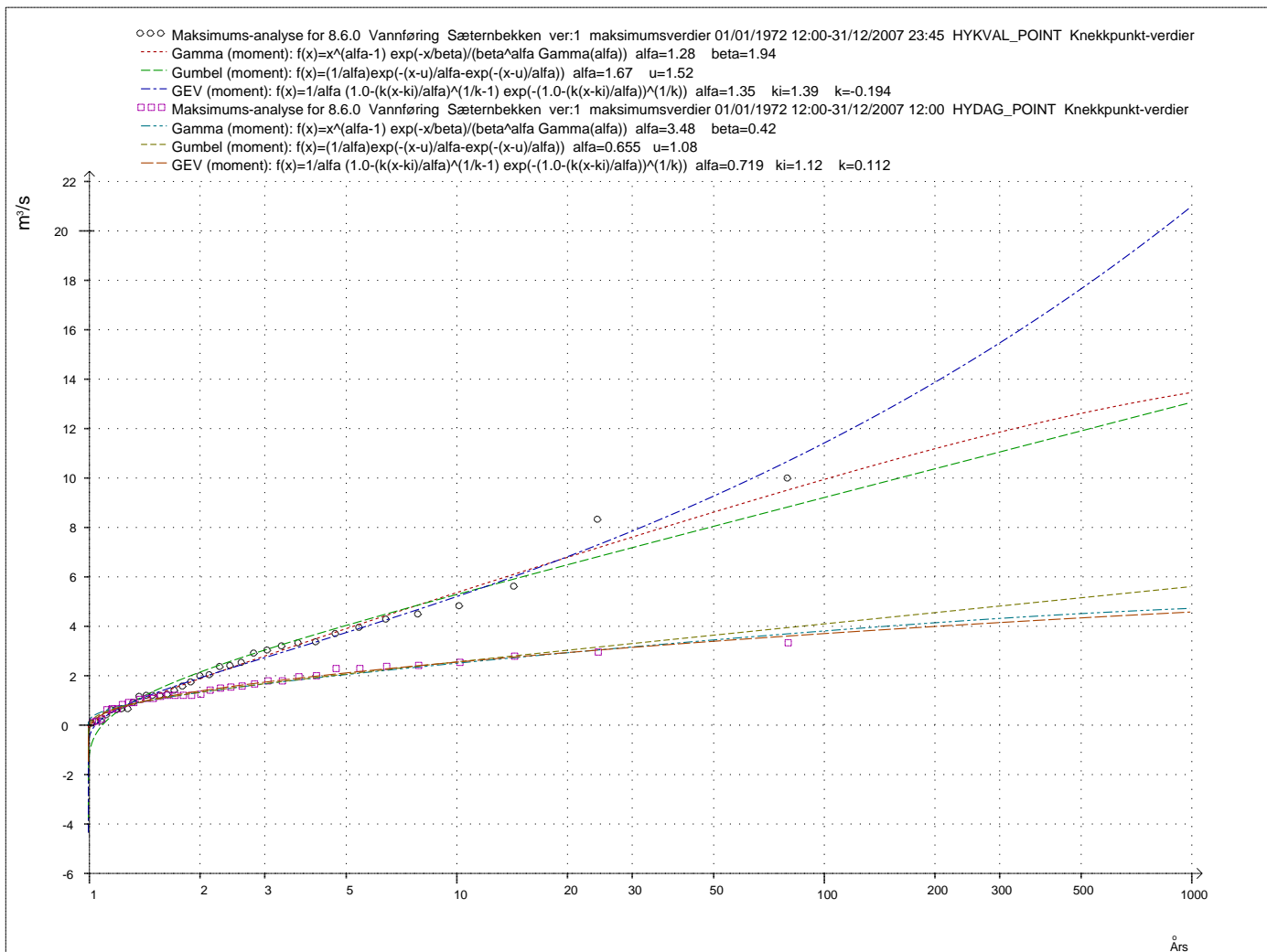
- Flomberegning for Svartkulp baseres seg på nedbøravløpsmodellen med en grov sjekk mot andre vanmerker og kan gi for høye verdier. Feil areal er benyttet 0,72 i stedet for 0,95 km<sup>2</sup> som vil gi for lav flomstørrelse i m<sup>3</sup>/s.

### 3.3 Analyse av Vanmerke 8.6 Sæterenbekken

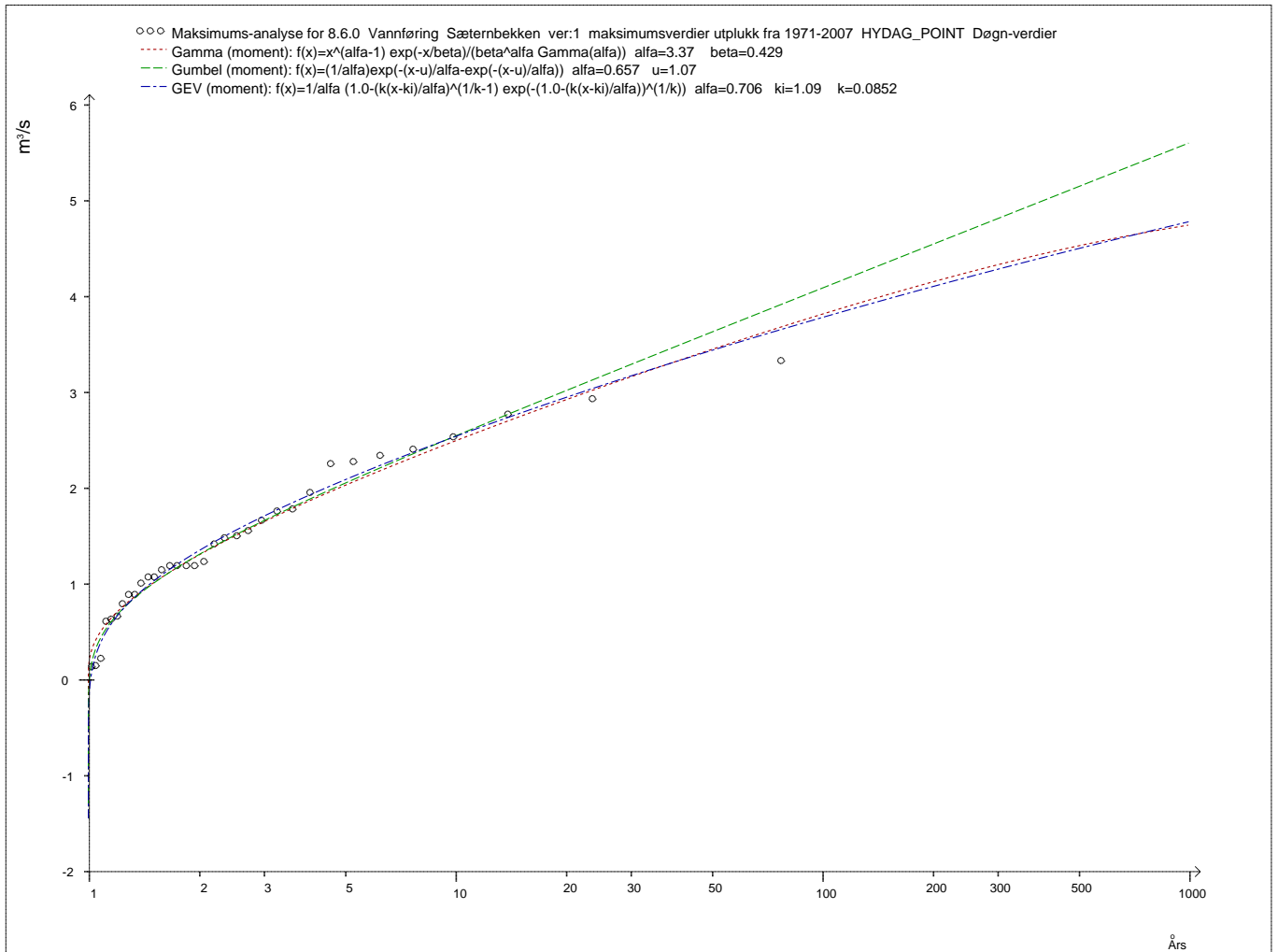
Resultatet av flomfrekvensanalysen er vist i figur 3-3 for ett døgn. Her er både knekkpunktverdier og døgndata benyttet. Som det framgår av figuren så gir disse data en for  $Q_{1000}$  en kuliminasjonsvannføring mellom 2100 og 3333 l/s/km<sup>2</sup> og en døgnverdi for  $Q_{1000}$  mellom 730 og 875 l/s/km<sup>2</sup> avhenging av hvilken fordelingsfunksjon man velger (m<sup>3</sup>/s er regnet om ved å bruke et areal på 6,3 km<sup>2</sup>). Det gir en kuliminasjonsfaktor mellom 2,4 og 4,5 hvor det siste er mye høyere en forventet. Det er et lite felt så en kuliminasjonsfaktor over 2 vil være forventet.

Figur 3-3 er laget ved å benytte FINUT som er tilgjengelig i HYDRA. Da det er enkelte år (1987, 88 og 2006) med manglende data så er det gjort en analyse i DAGUT hvor disse år er valgt vekk. For døgnflommen så er verdiene vist i figur 3-4. Som det fremgår av figur 3-4 så gir dette de samme verdier for døgnverdi av  $Q_{1000}$  som analysen i FINUT med hele tidsserien. Derav konkluderer vi at analysen i FINDATA hvor årene 1987,88 og 2006 er inkludert er gyldig. Middelflom ble funnet til å være 225 l/s/km<sup>2</sup> og skaleringsfaktor  $Q_{1000}/Q_m$  er mellom 3,3 og 3,9 avhenging av hvilken fordeling funksjon man velger som vist i figur 3-5.

I analysen er det valgt å benytte høstflommer. Dette er på bakgrunn av flomrosen vist i figur 3-6 og analyse av flomdata samt flomrose fra Vm nr. 8.8 Blomsterbekken vist i bilag 5. Det kan sees i figur 3-6 at det er enkelte store sommerflommer men de fleste og største flommene opptrer om høsten så høstflommer er valgt i perioden juli til desember.

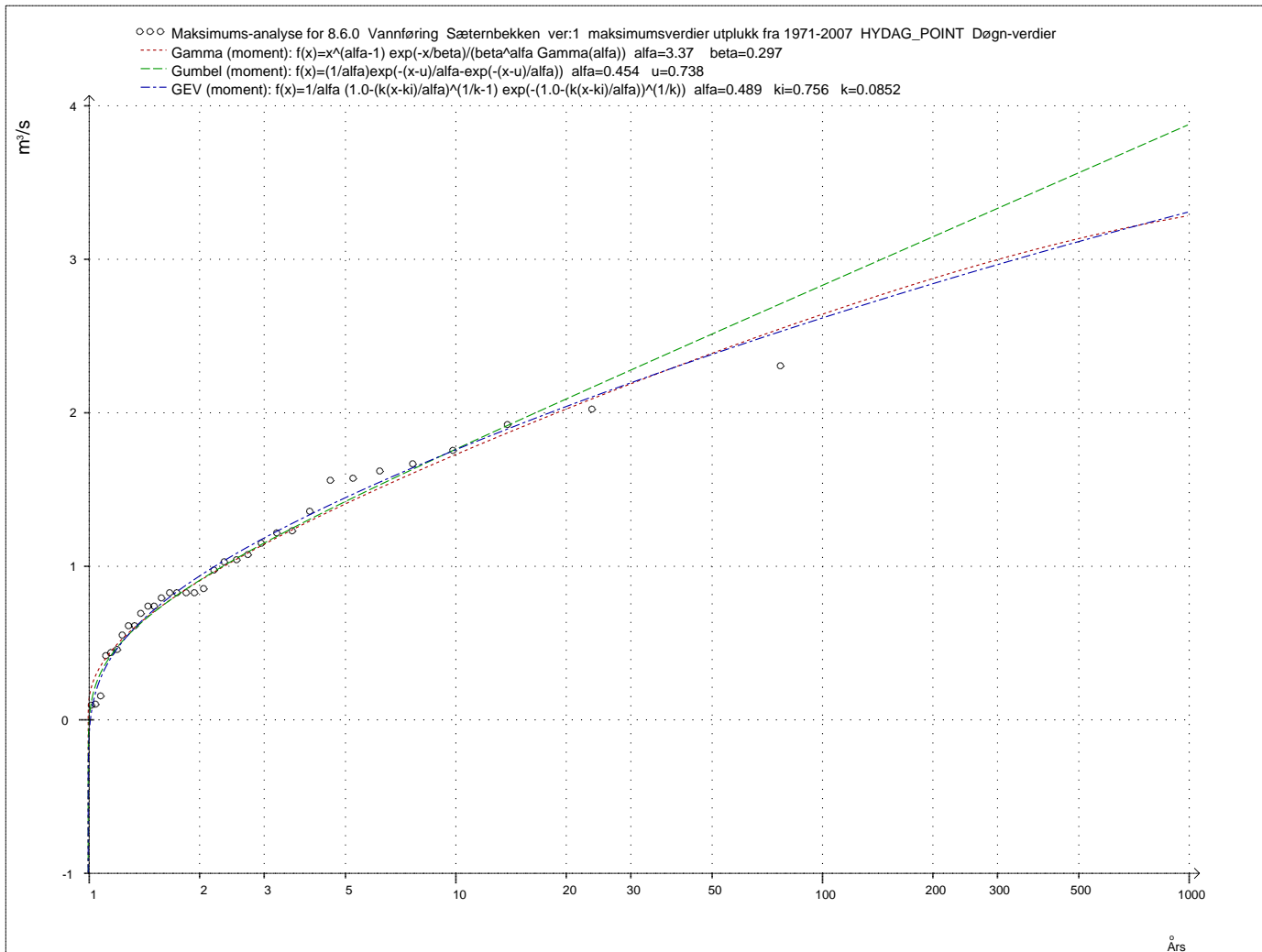


**Figur 3-3 Flomfrekvensanalyse Vm nr 8.6 Sæterebekken knekkpunktverdier og døgndata.**

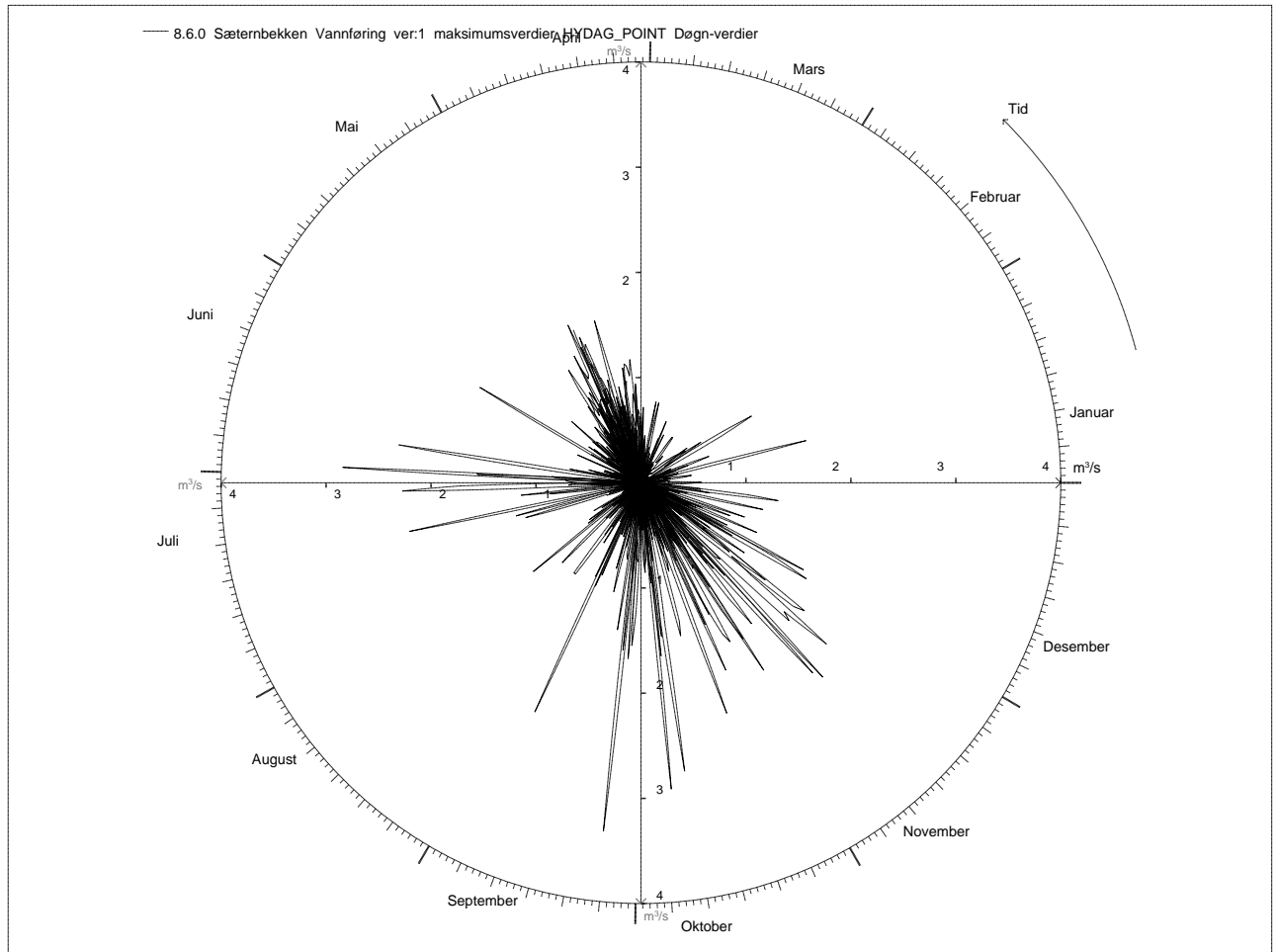


**Figur 3-4 Flomfrekvensanalyse Vm nr 8.6 Sæternbekken døgndata uten data fra 1987/88 og 2006.**





**Figur 3-5 Flomfrekvensanalyse Vm nr 8.6 Sæternbekken skaleringsfaktor for middelflom fra døgndata uten data fra 1987/88 og 2006.**



**Figur 3-6 Flomrose Vm nr 8.6 Sæterebekken.**

Programmene EKSTREM, FINUT, VFTAB, HYSOP og DAGUT tilgjengelig i HYDRA databasen fra NVE har vært benyttet til å gjøre flomfrekvensanalysen.

Følgende resultater er funnet ved frekvensanalysen og vil bli benyttet som kontroll verdier for Nedbøravløpsmodellen:

$Q_m$  større enn 225 l/s/km<sup>2</sup>

$Q_{1000}$  større enn 875 m/s

Kuliminasjonsverdi  $Q_{1000}$  mellom 2100 og 3333 l/s/km<sup>2</sup>

Kuliminasjonsfaktor større enn 2

Skaleringsfaktor  $Q_{1000}/Q_m$  mellom 3,3 og 3,9

Parameterne i nedbør-avløpsmodellen vil bli justert slik at flommen ligger innenfor de grenser som er gitt i flomfrekvensanalysen. Analysen av  $V_m$  nr. 8.6 gir ikke entydige svar og gir rom for en stor grad av tolkning og bruk av erfaringstall. Analysen gjør bruk av de metoder som er foreskrevet i retningslinjene (ref. 5).

### 3.4 Nedbøravløps modellering

PQRUT som er tilgjengelig i HYDRA er benyttet til nedbør-avløpsmodelleringen. Som et første forslag til parametere for bruk i nedbør-avløpsmodellen er parametere fra feltene så som høydeforskjeller og arealer benyttet til å gi et forslag til modellparametere, se bilag 7. Disse er regnet ut i henhold til retningslinjene (ref. 5) og resulterende verdier er vist i tabell 3-4.

Det ble så utført en sensitivitet analyse for å se hvilke av parameterne som modellen er mest følsom ovenfor. Det ble gjort ved å halvere og fordoble de enkelte parameterne. Det ble funnet at modellen var meget følsom ovenfor forandringer i  $K_1$ , øvre tømmekonstant, mens den var langt mindre følsom ved variasjon i de andre andre parametere ( $K_2$ , T,  $V_f$ ). Modellen var også følsom ovenfor forandring i metningsgrad. Tidligere er det foreslått at metningsgrad for felter på Østlandet bør settes til 80 % da modellen overestimerer flomverdier på Østlandet. Da vi ser på høstflommer virker dette feil så vi har valgt å benytte en metning på 100 % og heller variert andre parametere for å få den ønskede tilløpsflom til Dam Sognsvann.

Areal korrigert ekstrem nedbør er innhentet fra DNMI for de aktuelle dammer. Tabeller med ekstrem nedbør er gitt i Bilag 10

| Parameter                                 | Enhet               | Beregnet    | Benyttet    |
|---|---------------------|-------------|-------------|
| A – Areal                                 | km <sup>2</sup>     | 9,98        | 9,98        |
| A <sub>se</sub> – Sjøprosent              | %                   | 0,01        | 0,01        |
| A <sub>m</sub> – Magasin areal            | km <sup>2</sup>     | 0,394       | 0,394       |
| Rotsone                                   | Mm                  | 200         | 150         |
| K <sub>1</sub> - Tømmekonstant øvre nivå  | 1/tid               | <b>0,19</b> | <b>0,09</b> |
| K <sub>2</sub> - Tømmekonstant nedre nivå | 1/tid               | 0,04        | 0,04        |
| T – skille øvre og nedre nivå             | Mm                  | 8,4         | 8,4         |
| V <sub>f</sub> - Konsentrasjonstid        | Tid                 | 1           | 1           |
| Metning                                   | Fraksjon            | 1           | 1           |
| Start vannføring                          | m <sup>3</sup> /s   | 2,2         | 2,2         |
| Døgn Q <sub>1000</sub>                    | l/s/km <sup>2</sup> | 1598        | 1286        |
| Kuliminasjon Q <sub>1000</sub>            | l/s/km <sup>2</sup> | 3548        | 2029        |
| Kuliminasjonsfaktor                       |                     | 2,2         | 1,7         |

**Tabell 3-4 PQRUT, Benyttede inngangsdata og resultater for Q<sub>1000</sub>, Dam Sognsvann**

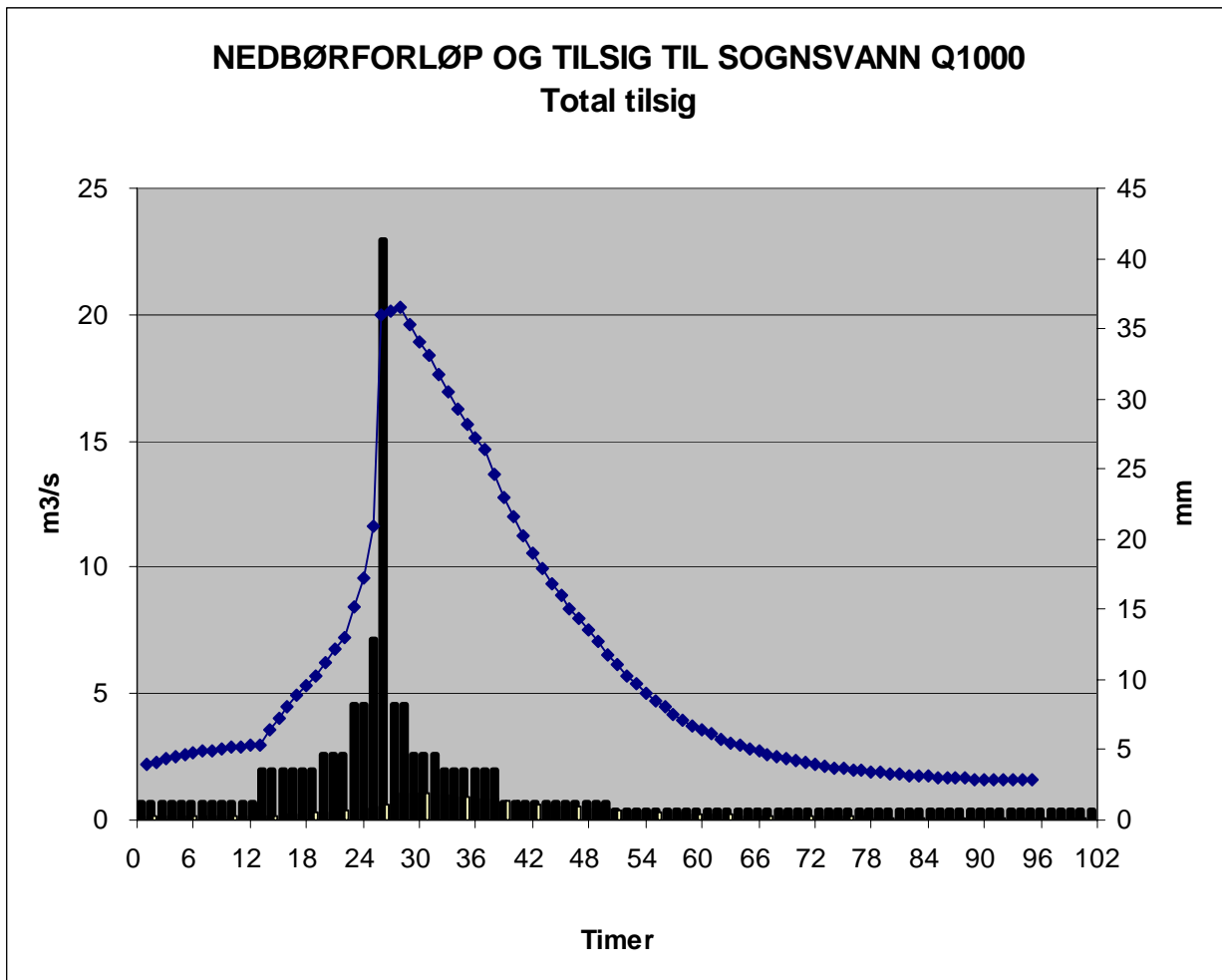
Vi har valgt en Kuliminasjonsflom som passer godt med det vi får ved analysen av findata ved Gumbel og Gamma, 2 parameter fordeling, men betydelig under kuliminasjonsflommen foreslått ved GEV, 3 parameter fordeling. Den valgte flom ser ut til å gi best samsvar mellom forventet verdi av døgn og kuliminasjonsflom og er derfor valgt.

At kuliminasjonsfaktoren blir 1,7 er noe lavere en forventet fra frekvensanalysen er akseptabelt. Denne kuliminasjonsfaktoren er et resultat fra nedbør-avløpsmodellen og ikke utregnet separat for å skalere døgnverdier. Døgnverdien fra Nedbøravløpsmodelleringen er høyere enn den som vi fikk fra frekvensanalysen noe som tilsier at kuliminasjonsfaktoren på 1,7 er riktig.

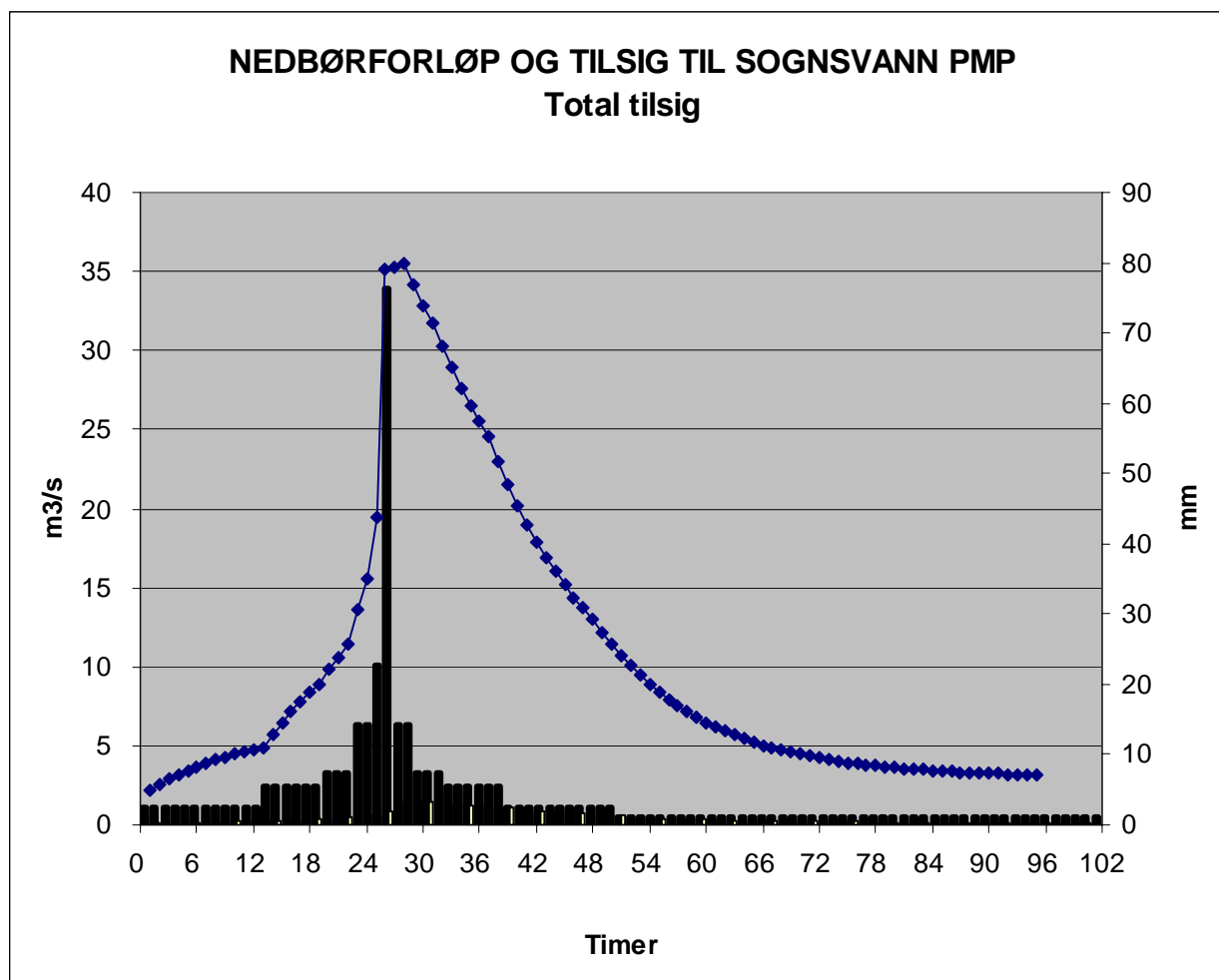
Snøsmelting er inkludert i modellen og beregnet i henhold til (ref 5a). For Sognsvann totalfelt er 34,6 mm/døgn snøsmelting tillagt, dette er lagt til ekstremnedbøren over et døgn. 34,6 mm snø tilsvarer en snødybde på 13,8 cm ved 25 % metning noe som er en sannsynlig snødybde i område i henhold til kart over snødybder (ref. 9). Ekstremverdier for sept, okt og nov. er benyttet og disse er noe lavere enn ekstrem verdien for jun, jul og aug., men når snøsmelting legges til er de noe høyere. For Lille Åklungen er 24 timers nedbøren, M1000 for jun, jul og aug 135 mm mens den 130 mm for sep, okt og nov. Siden vi har inkludert snøsmelting er den mest naturlig å benytte disse tre måneder for ekstrem nedbør. Kombinasjon av høst med snøsmelting gir høyeste verdi for nedbør i alle tilfeller. Forskjellen blir mindre når man betrakter PMP i stedet for M1000, se bilag 10. Vi benytter også høstflommer med snøsmelting for å beregne PMF da dette gir høyeste nedbør når vi legger til snøsmelting.

Bruken av snøsmelting kan bidra til at døgnmiddelverdiene blir noe høyere en forventet, da snøsmelting er delt jevnt utover maksimal døgnnet. Det kan også være en av grunnene til at vi får en høyere døgnmiddelverdi for enn ved frekvensanalysen. Kulimininasjonsflommen fra frekvensanalysen og nedbør-avløpsmodelleringen viser bedre samsvar.





Figur 3-7 Nedbørforløp og tilsigsflom til Dam Sogsvann, Q<sub>1000</sub> total tilsig



**Figur 3-8 Nedbørforløp og tilsigsflom til Dam Sognsvann, PMF total tilsig**

De kalibrerte verdier vist i tabell 3-4 ble benyttet til å gi en PMF kulminasjonsverdi på 3560 l/s/km<sup>2</sup> mens PMF døgnverdi er 2170 l/s/km<sup>2</sup>

Det resulterende totaltilsig til Sognsvann er så fordelt på de ovenforliggende magasiner i henhold areal og rutet gjennom disse for å gi tilsigsflommen til Sognsvann.

Det er ikke inkludert noen tidsforsinkelse men det er kun gjort en arealfordeling som etterfølgende er rutet gjennom magasinene. De resulterende avløpsflommer er deretter lagt sammen for å gi tilløpsflommen til Sognsvann.

For hvert magasin så er det mulig med overløp i flomløpet og over damkrona på begge sider av flomløpet. Magasinnivået er satt til HRV ved flommens start og volum-areal kurven for magasinet tar utgangspunkt i magasinets areal ved HRV og beregner volum ved å gange med høyden. Det tas altså ikke hensyn til å arealet øker med høyden. Det ble gjort en sjekk for Sognsvann hvor en mer nøyaktig magasinkurve ble benyttet, men forskjellen i avløpskurve og magasinnivå var så liten at dette forhold er neglisjert i disse beregningene.

#### **Nedbør-avløpsmodellering Q<sub>1000</sub>**

Areal korrigert nedbør for de aktuelle felter er innhentet fra DNMI og vist i bilag 10 Det er så gjort nedbør-avløpsmodellering med de areal korrigerede nedbør verdier som hører til Lille Åklungen, Store Åklungen og Svartkulp. De areal spesifikke verdiene som er utregnet til PQRUT (K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub> og T) ble holdt konstante da variasjoner av disse ble funnet å påvirke resultatet

i liten grad i følsomhetsanalysen, med unntak av  $K_1$  som ble justert slik at kuliminasjonsverdien fra nedbør-avløpsmodellen passer med analysen fra frekvensanalysen av FINDATA i HYDRA. Sensitivitets analyse inkluderer parametere som spenner bredere enn det som er man får ved å regne dem ut i henhold til retningslinjene (se bilag 7 for utregnede verdier).

Resultater fra nedbøravløps modellering er vist i tabell 3-5:

| Parameter                        | Enhet               | Sogsvann | Svartkulp | S.Åklungen | L. Åklungen |
|----------------------------------|---------------------|----------|-----------|------------|-------------|
| A - Areal                        | km <sup>2</sup>     | 9,98     | 0,95      | 1,15       | 2,47        |
| A <sub>se</sub> - Sjøprosent     | %                   | 0,01     | 0,46      | 0,001      | 0,001       |
| A <sub>m</sub> - Magasin areal   | km <sup>2</sup>     | 0,394    | 0,07      | 0,137      | 0,097       |
| Rotsone                          | Mm                  | 150      | 150       | 150        | 150         |
| $K_1$ - Tømmekonstant øvre nivå  | 1/tid               | 0,09     | 0,09      | 0,09       | 0,09        |
| $K_2$ - Tømmekonstant nedre nivå | 1/tid               | 0,04     | 0,04      | 0,04       | 0,04        |
| T - skille øvre og nedre nivå    | Mm                  | 8,4      | 8,4       | 8,4        | 8,4         |
| $V_r$ - Konsentrasjonstid        | Tid                 | 1        | 0,5       | 0,3        | 0,4         |
| Metning                          | Fraksjon            | 1        | 1         | 1          | 1           |
| Start vannføring                 | m <sup>3</sup> /s   | 2,2      | 0,21      | 0,25       | 0,54        |
| Døgn $Q_{1000}$                  | l/s/km <sup>2</sup> | 1286     | 1255      | 1252       | 1321        |
| Kuliminasjon $Q_{1000}$          | l/s/km <sup>2</sup> | 2029     | 1993      | 1972       | 2095        |
| Kuliminasjonsfaktor              |                     | 1,7      | 1,6       | 1,6        | 1,6         |

**Tabell 3-5 PQRUT, Benyttede inngangsdata og resultater for  $Q_{1000}$**

Som det fremgår av tabell 3-5 så vil man ved å benytte arealkorrigert nedbør ikke få døgnverdier eller kuliminasjonsverdier som er signifikant forskjellige for delfeltene. For Lille Åklungen er verdiene noe høyere som forventet for et mindre nedslagsfelt mens det for de andre felt fås verdier som er mindre. Det konkluderes at de modellerte resultater ved å benytte areal korrigert nedbør ikke gir signifikante og entydige resultater for feltene som er studert her. Feltstørrelse varierer mellom 0,95 og 9,98. I de følgende beregninger så benytter vi bare tilsigsflommen til Sogsvann og skalerer denne i henhold til areal det gir resultater som vil være vel innenfor de usikkerheter som det er i beregningen av flomstørrelsene.

Noe av grunnen til at den areal korrigerte nedbør ikke gir de forventede størrelsene på tilsigsflommen kan være at areal korreksjonen ikke i stor nok grad tar høyde for økt intensitet i som kan forekomme i små felter (Dan Lundquist, Norconsult Januar 2008).

### 3.5 Beregninger av tilløpsflommer

Dimensjonerende flom er beregnet ved hjelp av nedbør avløpsmodellering kontrollert mot vannmerker og frekvensanalyser og har gitt følgende resultater etter magasin ruting gjennom ovenforliggende magasiner:

| Magasin                      | Døgntilsg kulminasjon (m <sup>3</sup> /s) | Døgntilsg (m <sup>3</sup> /s) | Døgntilsg l/s/km <sup>2</sup> | Avløp (m <sup>3</sup> /s) | HRV (m.o.h.) | Dam-krone (m.o.h.) | Vann-stand (m.o.h.) |
|------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------|--------------------|---------------------|
| Svartkulp                    | 1,9                                       | 1,2                           | 1290                          | 1,8                       | 202          | 202,4              | 202,4               |
| Lille Åklungen               | 3,6                                       | 3,2                           | 1290                          | 3,4                       | 259          | 259,9              | 259,5               |
| Store Åklungen               | 2,3                                       | 1,4                           | 1290                          | 1,5                       | 293          | 293,6              | 293,5               |
| Sognsvann – Dagens Situasjon | 17,2                                      | 12,9                          | 1290                          | 16,3                      | 182,5        | 183,4              | 183,6               |
| Sognsvann – Nytt overløp     | 17,2                                      | 12,9                          | 1290                          | 15,8                      | 182,5        | 183,5              | 183,6               |
| Vigelandsbroen*              | 24,0                                      | -                             | -                             | 23,3                      | 31,2         | 35,5               | 33,1                |
| Nedre Frognerpark dammen*    | 23,3                                      | -                             | -                             | 23,3                      | 28,0         | 28,4               | 29,2                |

**Tabell 3-6 Q<sub>1000</sub> Flomverdier – dimensjonerende flom**

\*Vi

har beregnet dimensjonerende flom for Frognerpark dammene på følgende måte: Forløpet av tilløpsflommen er hentet fra modellert avløpsflom fra Dam Sognsvann ned til inntaket til kulverten under NVE. Dette forløpet er så skalert slik at kulminasjonsverdien er 80 % av maksimal kapasitet til kulverten under NVE.

| Magasin                      | Tilstopping | Døgntilsg kulminasjon (m <sup>3</sup> /s) | Døgntilsg l/s/km <sup>2</sup> | Avløp (m <sup>3</sup> /s) | HRV (m.o.h.) | Dam-krone (m.o.h.) | Vann-stand (m.o.h.) |
|------------------------------|-------------|---|-------------------------------|---------------------------|--------------|--------------------|---------------------|
| Svartkulp                    | 25 %        | 1,9                                       | 1290                          | 1,9                       | 202          | 202,4              | 202,5               |
| Lille Åklungen               | 0 %         | 3,6                                       | 1290                          | 3,4                       | 259          | 259,9              | 259,5               |
| Store Åklungen               | 25 %        | 2,3                                       | 1290                          | 1,4                       | 293          | 293,6              | 293,6               |
| Sognsvann – Dagens Situasjon | 75 %        | 17,2                                      | 1290                          | 16,5                      | 182,5        | 183,4              | 183,7               |
| Sognsvann – Nytt overløp     | 50 %        | 17,2                                      | 1290                          | 16,1                      | 182,5        | 183,5              | 183,8               |
| Vigelandsbroen*              | 0 %         | -   | -                             | 23,3                      | 31,2         | 35,5               | 33,1                |
| N. Frognerpark dammen*       | 0 %         | -   | -                             | 23,3                      | 28,0         | 28,4               | 29,2                |

**Tabell 3-7 Q<sub>1000</sub> Flomverdier tilstopping – dimensjonerende flom**

| Magasin                | Døgntilsg kulminasjon (m <sup>3</sup> /s) | Døgntilsg (m <sup>3</sup> /s) | Døgntilsg l/s/km <sup>2</sup> | Avløp (m <sup>3</sup> /s) | HRV (m.o.h.) | Dam-krone (m.o.h.) | Vann-stand (m.o.h.) |
|------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------|--------------------|---------------------|
| Svartkulp              | 2,9                                       | 2,9                           | 1935                          | 2,9                       | 202          | 202,4              | 202,5               |
| Store Åklungen         | 3,5                                       | 2,9                           | 1935                          | 2,7                       | 293          | 293,6              | 293,7               |
| Vigelandsbroen*        | 30,0                                      | -                             | -                             | 29,5                      | 31,2         | 35,5               | 33,6                |
| N. Frognerpark dammen* | 29,5                                      | -                             | -                             | 29,4                      | 28,0         | 28,4               | 29,4                |

**Tabell 3-8 Q<sub>1000</sub> \* 1,5 Flomverdier – ulykkegrensetilstand**

\*Vi har beregnet ulykkegrensetilstand Frognerpark dammene på følgende måte: Forløpet av tilløpsflommen er hentet fra modellert avløpsflom fra Dam Sognsvann ned til inntaket til kulverten under NVE. Dette forløpet er så skalert slik at kulminasjonsverdien er 100 % av maksimal kapasitet til kulverten under NVE. Denne verdien er under Q<sub>1000</sub>\*1,5 men vi har brukt kulvertenes maksimal kapasitet som en øvre grense.

| Magasin                     | Døgntilsg<br>kuliminasjon<br>(m <sup>3</sup> /s) | Døgntilsg<br>(m <sup>3</sup> /s) | Døgntilsg<br>l/s/km <sup>2</sup> | Avløp<br>(m <sup>3</sup> /s) | HRV<br>( m.o.h.) | Dam-<br>krone<br>( m.o.h.) | Vann-<br>stand<br>( m.o.h.) |
|-----------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Lille Åklungen              | 7,0  | 5,4                              | 2170                             | 6,7                          | 259              | 259,9                      | 259,8                       |
| Sognsvann –<br>Nytt overløp | 31,2   | 22,0                             | 2170                             | 30,1                         | 182,5            | 183,5                      | 183,9                       |

**Tabell 3-9 Q<sub>pmf</sub> Flomverdier - ulykkegrensetilstand**

For de 'naturlige' nedbørsfeltene, oppstrøms for Sognsvann, Risbekken og kulvert Ringveien vil en skaleringsfaktor til middelflommen settes til 3,3 og er hentet fra frekvens analysen.

### 3.5.1 Sognsvann dagens situasjon

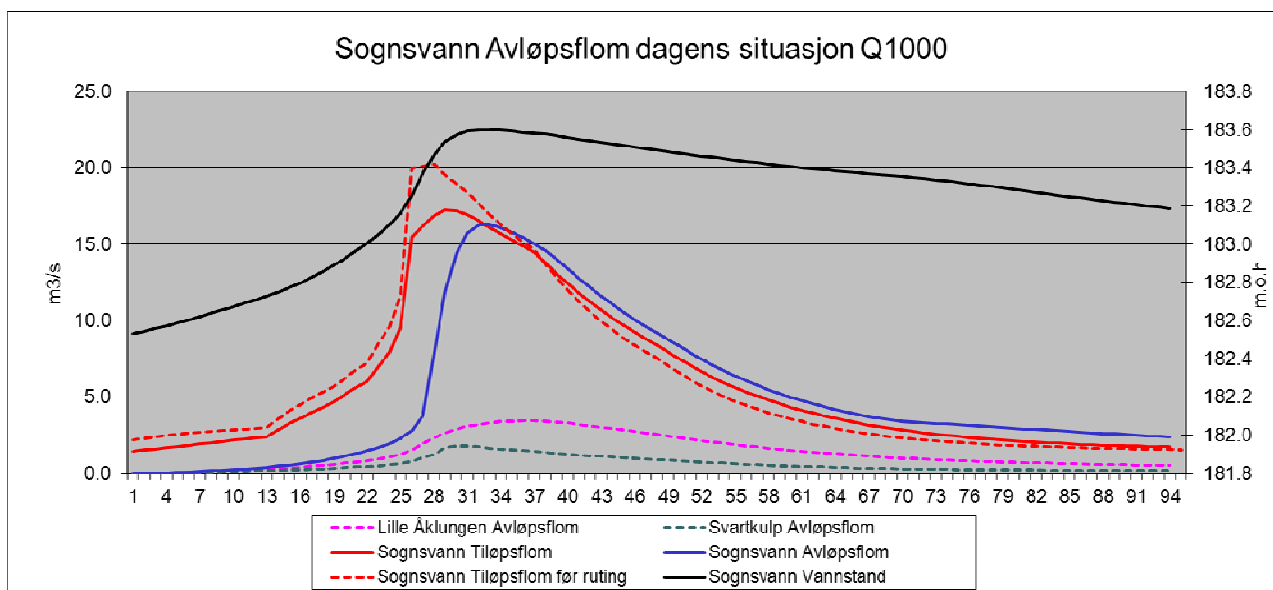
Før tilløpsflommen til Sognsvann bestemmes må nødvendige data for overløpene innhentes. Underlaget er av varierende kvalitet så det kan være mindre avvik i HRV sammenlignet med faktisk HRV da ikke alle dammene er innmål. Under befaring så er høydeforskjell på overløp og damkrone sjekket og alle høyder er sjekket mot 1:5000 kart. Bredder av overløp er også hentet fra tegninger og sjekket under befaringen. I bilag 9 er dam tegninger benyttet vist. Enkelte dammer så som Vigelandsbroen benytter høyder med et annet høyde origo, disse er justert ved å benytte DTM og høyde informasjon fra FKB-data.

| Magasin           | Magasinareal<br>(km <sup>2</sup> ) | HRV<br>m.o.h | Dam-<br>krone<br>m.o.h | Bredde<br>Overløp/<br>damkrone<br>m | Overløps<br>Koeffisient<br>m <sup>0,5</sup> /s |
|-------------------|------------------------------------|--------------|------------------------|-------------------------------------|--|
| Store Åklungen    | 0,14                               | 293          | 293,6                  | 2,5 - 4+11                          | 1,5 - 1,4                                      |
| Lille Åklungen    | 0,10                               | 259          | 259,9                  | 2 + 4,6 -30                         | 1,5 - 1,3                                      |
| Svartkulp         | 0,07                               | 202          | 202,4                  | 2,5 - 21+31                         | 1,5 - 1,3                                      |
| Sognsvann         | 0,39                               | 182,5        | 183,4                  | 3 – 70                              | 1,5 - 1,3                                      |
| Sognsvann NY      | 0,39                               | 182,5        | 183,5                  | 0,1 – 2,9 + 70<br>182,5-183,5       | 1,5 - 1,3                                      |
| Vigelandsbroen    | 0,01                               | 31,2         | 31,3+31,5 -<br>(35.5)  | 5 - 2+2 – 200<br>(gang/veibane)     | 1,5 - 1,5                                      |
| Frognerparkdammen | 0,01                               | 28           | 28,4                   | 9 - 3+4                             | 1,4 - 1,4                                      |

**Tabell 3-10 Nøkkeltall for alle dammene**

Som det fremgår av figuren så blir tilløpsflommen redusert fra 20,3 til 17,2 m<sup>3</sup>/s ved at vi ruter flommen gjennom Store og Lille Åklungen og Svartkulp. Når den resulterende tilløpsflom blir rutet gjennom Sognsvann så reduseres flommen fra 17,2 til 16,5 m<sup>3</sup>/s. Vannstanden er 183,6 m.o.h. på det høyeste og dette er en overtopping av damkrona med 20 cm. Da Sognsvann er en fyllingsdam betyr det at den skal gå til brudd ved et dominobrudd. Resultatene for dagens situasjon er tatt med for å kunne sammenligne med tidligere flomberegning (ref. 1) da denne beregning gir verdier som er omtrent 1,5 ganger så høye, det kan sees at denne flomberegning er tilsvarende tidligere flomberegning ved 1,5\*Q<sub>1000</sub>

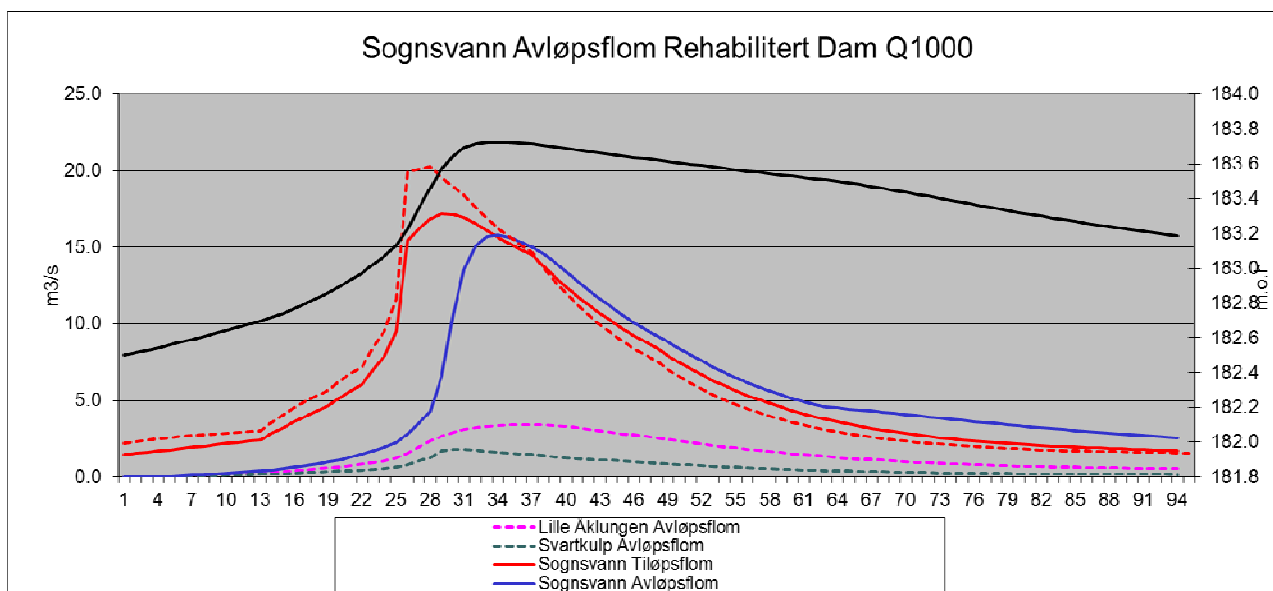




**Figur 3-9 Ruting av tilløpsflom, Dam Sognsvann**

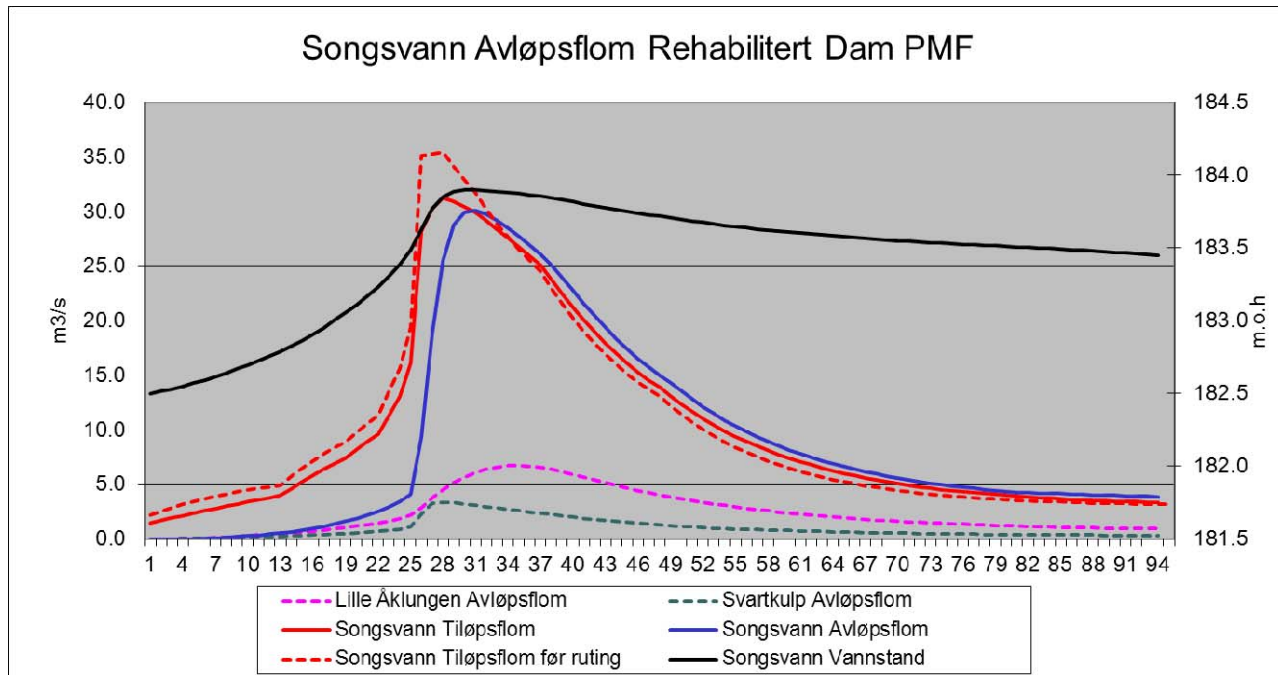
Overløpet for Sognsvann ble etter dambruddsbølgeberegningene justert slik at Dam Sognsvann ikke går til brudd som følge av dominobrudd på ovenforliggende dammer. Når passende dimensjoner på overløpet er fastlagt vil tilløpsflommen igjen rutes gjennom Sognsvann for å gi den endelige flomberegning. Dimensjonene av et passende overløp er vist i tabell 3-10 og den resulterende avløpsflom sees i figur 3-10. Etter at dambruddsbølge beregningene ble utført er det bestemt at dam Sognsvann skal utformes slik at dammen tåler overtopping. Det nye overløp som er foreslått har samme kapasitet som dagens overløp men tillater for passasje av fisk.

I bilag 12 er ruting gjennom magasinene vist.



**Figur 3-10 Ruting av  $Q_{1000}$  tilløpsflom, Dam Sognsvann med nytt overløp**

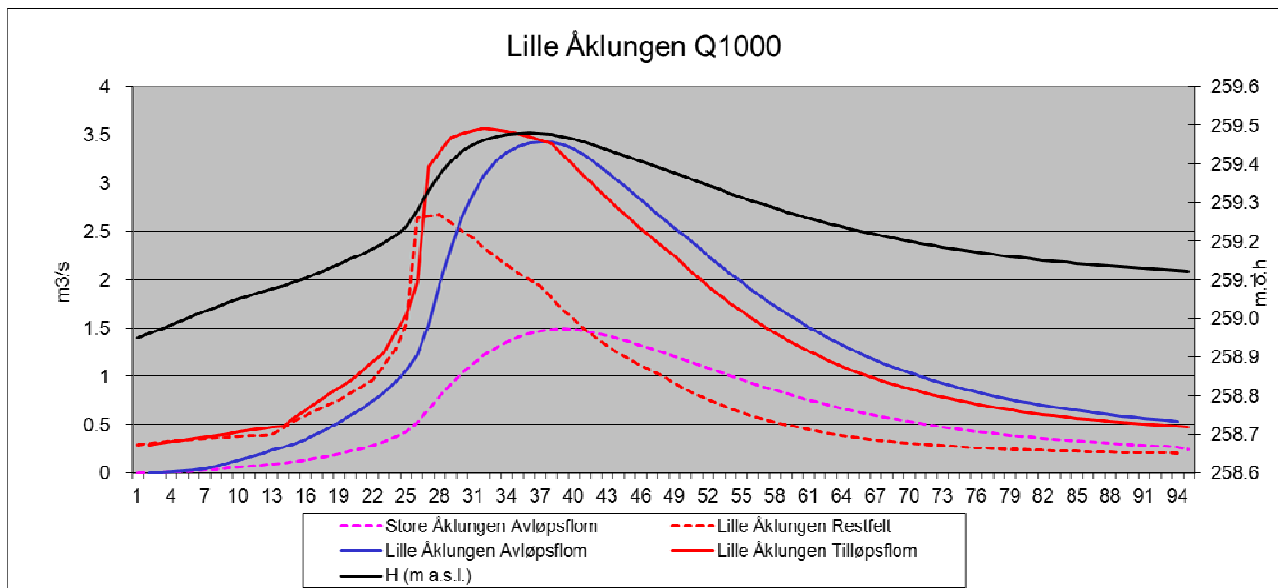
Tilsvarende ruting er gjort for en PMF flom for Dam Sognsvann med nytt overløp og vist i figur 3-11



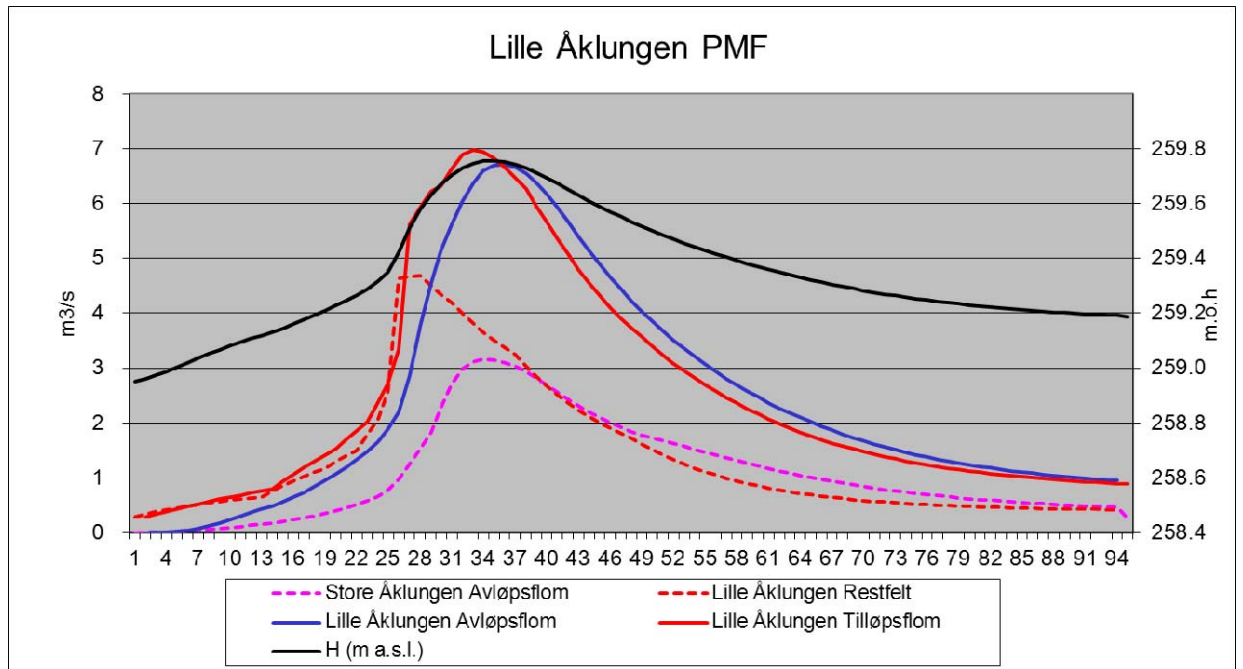
Figur 3-11 Rutning av  $Q_{pmf}$  tilløpsflom, Dam Sognsvann med nytt overløp

### 3.5.2 Lille Åklungen

Tilløpsflommen til Lille Åklungen er tilløpsflommen til Sognsvann skalert i henhold til areal og fordelt på Lille Åklungen restfelt og Stor Åklungen. Lille Åklungen restfelt er så lagt til avløpsflommen fra Store Åklungen for å gi tilløpsflommen til Lille Åklungen. Den rutede flom er vist i figur 3-12,  $Q_{pmf}$ -er vist i figur 3-13.



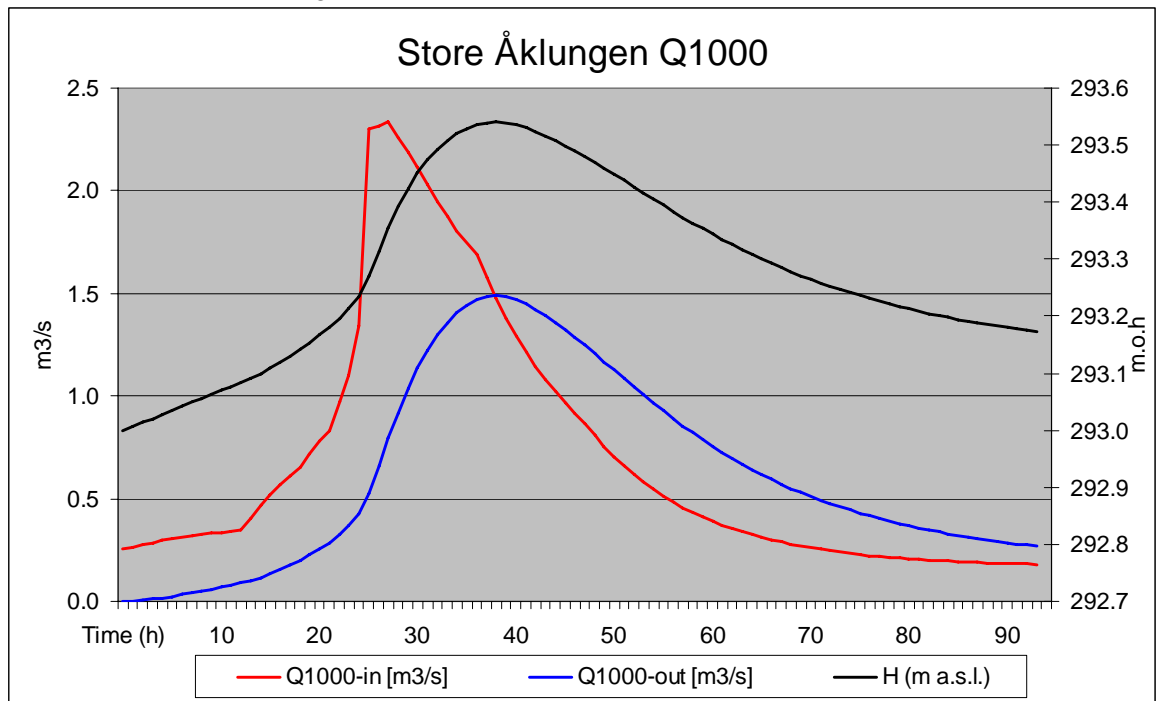
Figur 3-12 Rutning av  $Q_{1000}$  tilløpsflom, Lille Åklungen



**Figur 3-13 Rutning av  $Q_{pmf}$  tilløpsflom, Lille Åklungen**

### 3.5.3 Store Åklungen

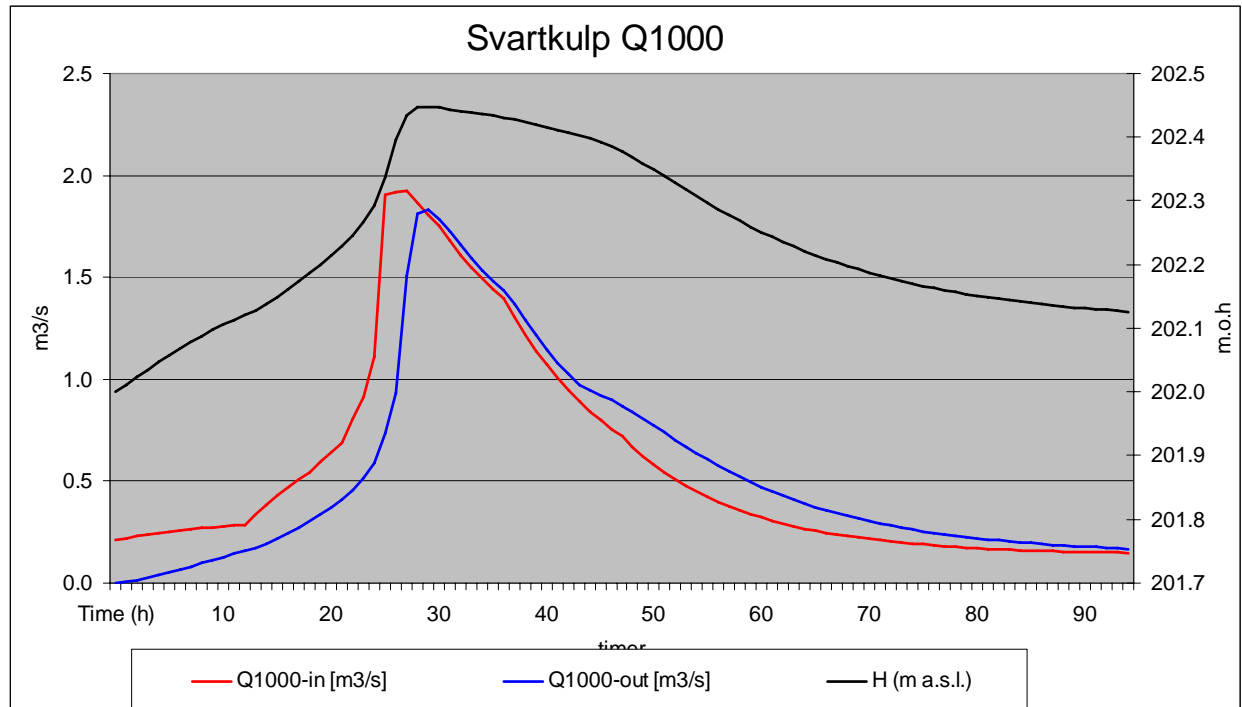
Tilløpsflommen til Store Åklungen er Tilløpsflommen til Sognsvann skalert i henhold til areal. Den rutede flom er vist i figur 3-14.



**Figur 3-14 Rutning av tilløpsflom, Store Åklungen**

### 3.5.4 Svartkulp

Tilløpsflommen til Svartkulp er Tilløpsflommen til Sognsvann skalert i henhold til areal. Den rutede flom er vist i figuren.



Figur 3-15 Ruting av tilløpsflom, Svartkulp

### 3.5.5 Flomberegninger for dammer oppstrøms for Sognsvann

Store og Lille Åklungen skal klassifiseres og klassifisering av Dam Svartkulp vil bli revurdert, Dam Svartkulp er i dag plassert i damklasse 2.

Denne rapport skal ikke klassifisere dammene, men gi grunnlag for at NVE kan bestemme klasse, det er allikevel nødvendig å gjøre en vurdering av klassen før beregningene utføres da klassen vil bestemmes ved å vurdere eventuelle skader som følge av en dambruddsbølge beregning. Som det fremgår er dette en iterativ prosess hvor en klasse foreslås og flomberegning ferdigstilles, så utføres en dambruddsbølge beregning hvor den foreslåtte klasse verifiseres. Hvis den foreslåtte klasse var riktig, vil man så ikke måtte gjøre en ny flomberegning. Hvis den var feil, vil en ny flomberegning måtte utføres. For mange dammer er klassifiseringen opplagt og man kan klare seg med en gjennomgang, mens det ved sammensatte felter, dammer i serie og uoversiktlige områder nedstrøms som det er nedstrøms for Sognsvann vil måtte påregnes å gjøre en iterasjon.

Før dambruddsbølgeberegningen er gjort er det ikke mulig å gi anbefalinger om klassifisering av dammene. Derfor må en dambruddsbølgeberegning utføres for å kunne gi anbefalinger om plassering av dammene i riktig dam klasse.

Før dambruddsbølgeberegningen utføres må det foreligge en flomberegning siden vi i denne oppgave har anledning til å gjøre oppgaven parallelt så er det utført flomberegninger som er rapportert i det følgende som er utgangspunkt for dambruddsbølge beregningene.

Da det er liten forskjell på 1000 års flom og 500 års flom så gjøres alle dambruddsbølgeberegningen for en 1000 års flom. Hvis det viser seg at dammen ikke skal være i klasse 2 eller 3 så vil det ikke utføres en ny flomberegning da det allerede er testet for et verre tilfelle.

Flomberegninger gjøres så for de nødvendige klasser både med henblikk på dimensjonering og kontroll. Hvis det er tvilstilfeller, vil det gjøres dambruddsbølge beregninger for både 500 og 1000 årsflommer. I det gitte tilfelle ble vi nødt til å gjøre ekstra flomberegninger da vi ikke hadde gjort beregninger av PMF flommer i først omgang. Vi antok at Lille Åklungen skulle plasseres i en klasse lavere en klasse 3. Ifølge dambruddsbølgeberegningen viste dette seg å være feil, det anbefales å plassere Dam Lille Åklungen i klasse 3 hvis HRV ikke kan senkes.

Overløpet for Sognsvann vil under dambruddsbølgeberegningene justeres slik at Dam Sognsvann ikke går til brudd som følge av dominobrudd på ovenforliggende dammer. Når passende dimensjoner på overløpet er fastlagt vil tilløpsflommen igjen rutes gjennom Sognsvann for å gi den endelige flomberegning.

Flomberegningene vurderes å tilhøre klasse 2: Brukbart hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i eller nært vassdraget.

### **3.5.6 Flomberegninger nedstrøms for Sognsvann**

Nedbør-avløpsmodellen kunne godt blitt benyttet nedstrøms for Sognsvann også da den beskriver et flomforløp. Men siden området er preget av urbanisering og manglende data, er det bedre å basere seg på andre metoder i dette område.

Fra Oslo Kommune VAV har vi fått en oversikt over alle overvannsutslipp (ref.10). Disse er vist i figur 3-15. Areal med avrenning til Risbekken og Kulvert Ringveien er i mindre grad enn de andre del feltene preget av urbanisering. For disse to felter vil vi skalere flomforløp fra flomberegningene for Sognsvann basert på nedbør-avløpsmodellen.

Selv om en del av nedslagsfeltet til Kulvert Ringveien rent faktisk drener til Gaustadbekken så vil vi ikke gjøre noen areal korreksjon for areal som drener til dette delfeltet. En detaljert analyse av areal med avrenning til Gaustadbekken utført i annet prosjekt (ref. 11) tilsier at et areal på 4 km<sup>2</sup> er riktig når ekstreme flomhendelser skal vurderes. Det vil ikke gjøres noen areal korreksjon av nedslagsfeltet til Gaustadbekken. For kulvert ved Slemmedalsveien og Frøn stasjon så slås disse to sammen slik at tilsig mellom Frøn stasjon og Slemmedalsveien legges til Slemmedalsveien. På samme måte benyttes samme tilsig ved Vigelandsbroen og Nedre Frognerpark dammen.

Areal som med avrenning til Fritjof Nansensvei økes med 0,9 km<sup>2</sup> da det er et overvannssystem utenfor det topografiske nedslagsfelt som drener til Frognerbekken her.

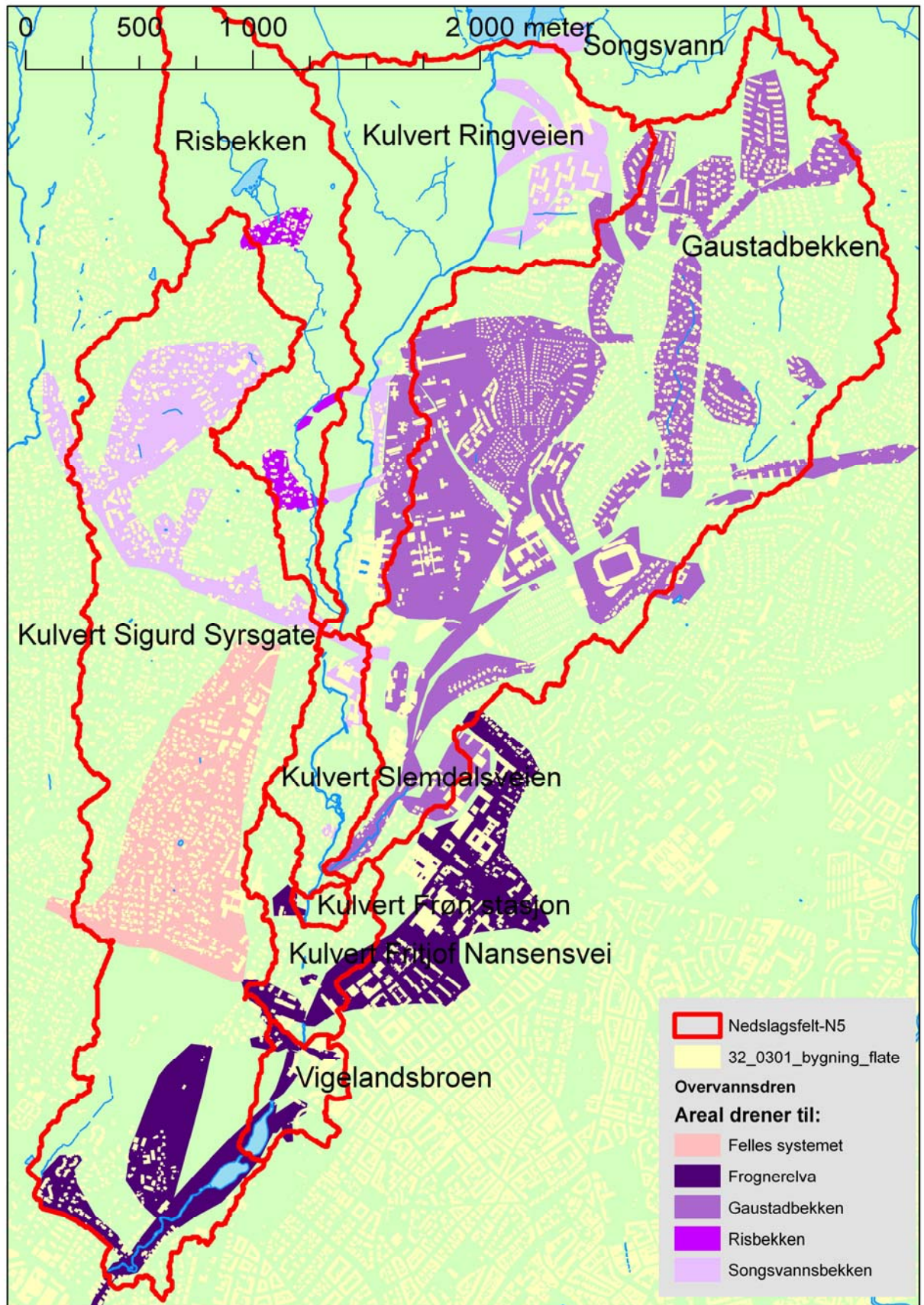
Ingen areal korreksjon utføres for delfeltet til Vigelandsbroen.

For delfeltet til Sigurd Syrs gate så er det en stor andel av feltet som drener direkte til fellessystemet og ut av nedslagfeltet. Det kan argumenteres at fellessystemet vil gå fullt ved en ekstrem hendelse slik at nedbør fra dette feltet også burde inkluderes i tilsiget. Vi har valgt å redusere arealet med 1,1 km<sup>2</sup> for å ta hensyn til at en del av vannet ledes vekk. De endelige areal som er benyttet for nedslagsfeltene nedstrøms for Sognsvann er vist i tabell 3-9.



| Nedbørfelt                 | Totalfelt (km <sup>2</sup> ) | Lokalfelt (km <sup>2</sup> ) | Totalfelt (km <sup>2</sup> ) | Lokalfelt (km <sup>2</sup> ) |
|----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|                            | Korrigert for OV dren        |                              | Fra høydekurver              |                              |
| Dam Store Åklungen         | 1,15                         | 1,15                         | 1,15                         | 1,15                         |
| Dam Lille Åklungen         | 2,47                         | 1,32                         | 2,47                         | 1,32                         |
| Dam Svartkulp              | 0,95                         | 0,95                         | 0,95                         | 0,95                         |
| Dam Sognsvann              | 9,98                         | 6,56                         | 9,98                         | 6,56                         |
| Risbekken                  | 1,18                         | 1,18                         | 1,18                         | 1,18                         |
| Kulvert Ringveien          | 12,87                        | 1,71                         | 12,87                        | 1,71                         |
| Gaustadbekken              | 4,00                         | 4,00                         | 4,00                         | 4,00                         |
| Kulvert Slemedalsveien     | 17,24                        | 0,37                         | 17,21                        | 0,34                         |
| Kulvert Frøn Stasjon       | 17,24                        | 0                            | 17,24                        | 0,03                         |
| Kulvert Fritjof Nansensvei | 18,47                        | 1,23                         | 17,57                        | 0,33                         |
| Vigelandsbroen             | 18,64                        | 0,17                         | 17,74                        | 0,17                         |
| Kulvert Sigurd Syrsgate    | 21,12                        | 2,48                         | 21,32                        | 3,58                         |

**Tabell 3-11 Topografisk nedslagsfelt og areal benyttet i flomberegningene for felt nedstrøms Sognsvann.**



**Figur 3-16 Overvannsutslipp i Oslo**

Flomberegningen nedstrøms for Sognsvann baserer seg i stor grad på en flomanalyse fra Gaustadbekken (ref. 12) hvor en kort måleserie i Gaustadbekken og nedbørsdata er benyttet til nedbør-avløpsmodellering. Denne analysen tilsier at kulminasjonsverdien for en 1000 års flom er 1900 l/s/km<sup>2</sup>. Dette har så blitt sammenlignet med den rasjonelle formel og erfaringstall fra NVE som gir en kulminasjonsverdi for 1000 årsflommen i overkant av 3000 l/s/km<sup>2</sup> og det anbefales å benytte den høyere verdi da kapasitet av fellessystemet er ukjent og måleserien ikke inkluderer ekstremhendelser.

For de urbane områder så vil en Q1000 kulminasjonsverdi på 3000 l/s/km<sup>2</sup> benyttes mens skaleringsfaktor til middelflommen settes til 3,9 og er hentet fra frekvens analyse med Gumbel fordeling av Sæterenbekken.

Flomforløpet som benyttes ved dambrudd på Viglandsbroen og Nedre Frogner parken dammen konstrueres fra dambruddsbølge beregningene for dammene oppstrøms for Sognsvann og dambruddsbølgeberegning av Sognsvannsdammen. Dette vil gi informasjon om kapasitetene på kulvertene i Frognerbekken. Det forventes tilløpsflommen i Frognerparken i stor grad vil være påvirket av begrensinger i kulverter og avløpssystemet. En konstruksjon av et slikt flomforløp er det ikke mulig å gjøre basert på erfaringstall eller målinger.

## 4. DAMBRUDDSBØLGEBEREGNINGER

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) har pålagt alle dameiere å utføre dambruddsbølgeberegninger for de dammer som ved et brudd vil gi konsekvenser for bebyggelsen langs vassdraget. Hovedmålsetningen med slike beregninger er at de skal inngå som et viktig element i dameiers beredskapsplaner og redningsmyndigheters evakueringsplaner.

Dambruddsbølgeberegningen gir vannstander nedover i vassdraget som følge av brudd. Beregningen antar størrelsen på bruddet og hvor raskt dette utvikler seg, for deretter å beregne hvordan dambruddsbølgen forplanter seg nedover i vassdraget. På grunnlag av dette får en informasjon om vannstanden på ethvert sted i vassdraget til enhver tid. Beregningene er utført ved hjelp av beregningsmodellen MIKE FLOOD.

I henhold til NVE's "Retningslinjer for dambruddsbølgeberegninger" skal det regnes med at dammen går til brudd for to ulike situasjoner;  $Q_{1000}$  og  $Q_m$ . Ved  $Q_{1000}$  antas at en har 1000-års flom i vassdraget når dambruddet skjer, mens  $Q_m$  representerer middelflommen som er en mer normal situasjon i vassdraget (gjentaksintervall ca. 2 år). Dambruddsbølgeberegningene er utført etter NVEs «retningslinjer for dambruddsbølgeberegninger, utgave 2 2005» (ref. 4).

For Dam Lille Åklungen er det ikke utarbeidet kart som viser konsekvensene av dambrudd ved middelflom da brudd ved middelflom vil ha tilsvarende utbredelse som  $Q_{1000}$  initial.

I kapittel 5 er en gjennomgang av inngangsdata benyttet i modellen gitt mens dambruddsbølge resultatene er presentert i kapittel 6.

### Sammendrag dambruddsbølgeberegning

#### Dam Lille Åklungen

Ved en dambruddsbølge på Dam Lille Åklungen vil 44 og 79 bygninger være berørt av dambruddsbølgen syd for Ringveien ved henholdsvis 1000 årsflom og middelflom som initial situasjon. Vannstandsstigninger er generelt mindre enn 1 meter med unntak av steder hvor det er oppstuvninger. Vannhastigheter er også lave. De største følger ved en dambruddsbølge er skader på infrastruktur. Ved et eventuelt brudd på Dam Lille Åklungen vil de følgende områder bli utsatt for betydelige vannmengder:

- Vannstanden vil bli større enn 1 meter oppstrøms, nedstrøms og over Ringveien.
- Oppstrøms kulvert under Slemdalsveien blir det oppstuvning av vann på mer enn 1 meter og flomvannet vil følge T-Bane trasen nordover mot Blindern stasjon, sørover mot Frøen og Majorstua stasjon.
- Majorstua stasjon: inne på stasjonsområdet vil det være oversvømmelse delvis på grunn av vann som følger T-Bane trasen på grunn av oppstuvning ved Slemdalsveien. Oversvømmelsen vil ikke bli slik at vann forventes å strømme ned i tunnel mot Nationalteateret eller i tunnel mot Sørkedalsveien. Vannstandsstigningen vil være mindre enn 1 meter inne på stasjonsområde.
- Middelthunsgate: her vil det være oppstuvning av vann på mer enn 1 meter og oversvømmelse av næringsbygg og parkeringskjeller.
- Skøyen: dambruddsbølgeberegningene er avsluttet her, men det kan sees at oppstrøms kulvert inntak til Sigurd Syrsgate vil være vannstandsstigning på mer enn 1 meter. Det forventes noe skader på Skøyen, både på bygg og infrastruktur.

#### Dam Sognsvann



Ved en dambruddsbølge på Dam Sognsvann vil 51 og 79 bygninger være berørt av dambruddsbølgen syd for Ringveien ved henholdsvis 1000 årsflom og middelflom som initial situasjon. Vannstandsstigninger er generelt mindre enn 1 meter med unntak av steder hvor det er oppstuvninger. Vannhastigheter er også lave. De største følger ved en dambruddsbølge er skader på infrastruktur. Ved et eventuelt brudd på Dam Sognsvann vil de følgende områder bli utsatt for betydelige vannmengder:

- Vannstanden vil bli større enn 1 meter oppstrøms, nedstrøms og over Ringveien.
- Oppstrøms kulvert under Slemdalsveien blir det oppstuvning av vann på mer enn 1 meter og flomvannet vil følge T-Bane trasen nordover mot Blindern stasjon, sørover mot Frøen og Majorstua stasjon.
- Majorstua stasjon: inne på stasjonsområdet vil det være oversvømmelse delvis på grunn av vann som følger T-Bane trasen på grunn av oppstuvning ved Slemdalsveien. Oversvømmelsen vil ikke bli slik at vann forventes å strømme ned i tunnel mot Nationalteateret eller i tunnel mot Sørkedalsveien. Vannstandsstigningen vil være mindre enn 1 meter inne på stasjonsområde.
- Middelthunsgate: her vil det være oppstuvning av vann på mer enn 1 meter og oversvømmelse av næringsbygg og parkeringskjeller.
- Skøyen: dambruddsbølgeberegningene er avsluttet her, men det kan sees at nedstrøms kulvert inntak til Sigurd Syrsgate vil være vannstandsstigning på mer enn 1 meter. Det forventes noe skader på Skøyen, både på bygg og infrastruktur.

### **Dam Lille Åklungen**

Vannstandsstigningene er små i Pinabekken mellom Dam Store og Lille Åklungen med en maksimal vannstandsstigning på 40 cm. I magasinet til Dam Lille Åklungen stiger vannstanden med 20 cm til 259,8 som er 30 cm over damkrona. Mellom Dam Lille Åklungen og Sognsvannet er vannstandstigningen mindre enn 20 cm. I Sognsvann og Sognsvannsbekken ned til Ringveien er vannstandstigningen mindre enn 10 cm utover  $Q_{1000}$  initialflom. Vannføringen dempes til  $4\text{m}^3/\text{s}$  i Dam Sognsvann og selv ved  $Q_{1000}$  hvor det er overtopping ved Ringveien vil den vannføringen ikke bidra til ytterligere skader. Ved  $Q_m$  som initial flom vil alle kulverter har nok kapasitet til å ta den ekstra vannføringen.

### **Dam Svartkulp**

Vannstandstigningene i Svartkulpbekken er på det høyeste 2,5 meter og vil gi skader på stier nedstrøms for dammen. I Sognsvann magasinet stiger vannstanden med 30 cm til 183,9. Etter rehabilitering vil Dam Sognsvann ikke gå til dominobrudd ved et brudd på Dam Svartkulp. Nedover i Sognsvannsbekken til Ringveien er ikke vannstandsstigningen mer enn 20 cm noen steder. Basert på skader ved et dambrudd på Dam Lille Åklungen hvor vannføring var dobbelt så stor forventes skaden å være moderat ved et dambrudd på Dam Svartkulp nedenfor Ringveien.

### **Vigelandsbroen og Dam Nedre Frognerparken**

Vannstandstigningen i Frognerbekken fra dammen og ned til kulvert inntaket til kulvert under Sigurd Syrsgate er stort sett under 1 meter og det er ingen skade på denne strekningen utover bortvasking av enkelte gangbroer. Oppstrøms for kulvert inntaket vil det være en oppstuvning som følge av nedsatt kapasitet av kulverten i en flomsituasjon. Vann vil så kunne strømme ned mot Skøyen og forårsake skader her, men varigheten og vannvolumene er beskjedene så et moderat skadeomfang vil være å forvente.



## 5. TILRETTELEGGING FOR DAMBRUDDSBØLGEBEREGNINGER

### 5.1 Modellverktøy

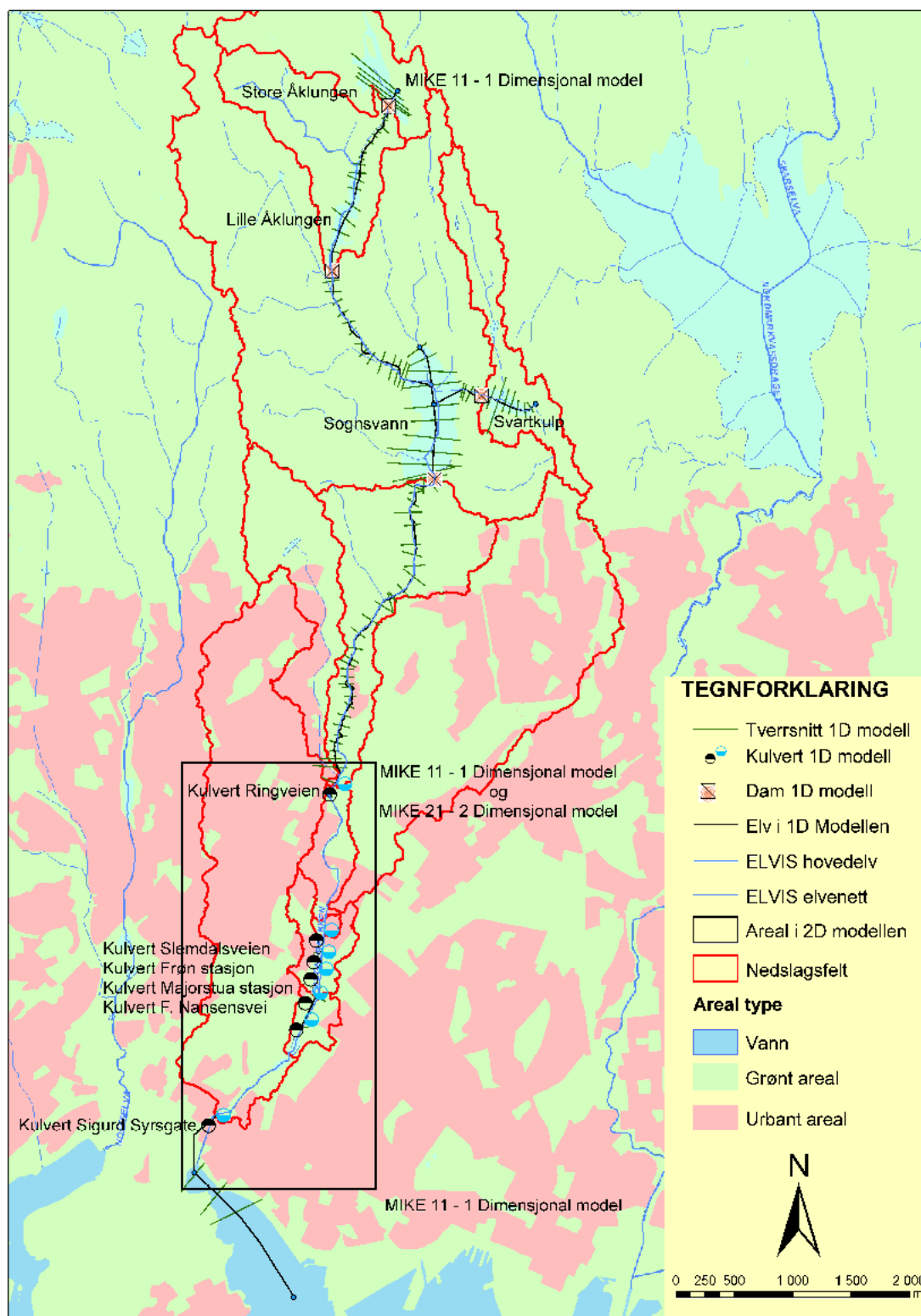
Vi har benyttet MIKE FLOOD (versjon 2008) fra DHI for å gjøre dambruddsbølgeberegningene. MIKE FLOOD er en modelleringspakke som kombinerer vannføring på flomsletter og i gater og elver. Modellen tillater at den metode som beskriver flomutbredelsen best mulig numerisk og praktisk kan velges. Pakken kombinerer den 1 dimensjonale modell Mike 11 og den 2 dimensjonal modell MIKE 21. Det gjør at den 1 dimensjonal modell kan benyttes der hvor det er tilstrekkelig, mens en 2 dimensjonal modell benyttes der hvor en 1 dimensjonal forenkling ikke vil kunne beskrive flomvannets strømningsveier på en tilfredsstillende måte. Fordeler ved å benytte MIKE FLOOD inkluderer en nøyaktig og fysisk beskrivelse av strømningsveier der hvor disse er vanskelig å definere på forhånd slik som det ofte er på en flomslette og i urbane områder.

### 5.2 Modelloppstilling

Modell oppstillingen er en iterativ prosess siden strømningsveier er vanskelig å forutsi i de urbane områder. Etter de første modell simuleringer, ble det funnet at en 1 dimensjonal modell var tilstrekkelig for områdene oppstrøms Ringveien, mens en 2 dimensjonal modell var best egnet fra Ringveien til Frognerkilen. Den 2 dimensjonal modellen ble valgt siden strømningsveier deler seg flere steder, og det var vanskelig å forutsi retningene på forhand. Et oversiktskart som viser modell oppstillingen er vist i figur 5.1.

Fra Store Åklungen og ned til 500 meter oppstrøms for kulvert under Ringveien benyttes kun 1D modell som kobler mot en 2D modell her. For å modellere kulverter innenfor arealet som modelleres i 2D er det laget koblinger mot 1D modellen og kulverter er inkludert i 1D modellen. Den siste strekningen fra innløpet til kulvert under Sigurd Syrsgate og ut Frognerkilen er modellert i 1D. Modellene er kjørt samtidig, det betyr at det utveksles vann mellom 1D og 2D modellen hvert tidssteg. Av praktiske årsaker kjøres den fullt koblede modell kun fra det tidspunkt flombølgen når utvekslingspunktet oppstrøms for kulvert Ringveien, men det har ikke innvirkning på resultatene. Dette er gjort for å redusere beregningstiden.

Del 1 av modellen fra Store Åklungen og ned til kobling med 2D modellen inkluderer 4 dammer, Store Åklungen, Lille Åklungen, Svartkulp og Sognsvann. Det er en rekke mindre broer, disse er ikke inkludert i modellen som broer, men er inkludert i tverrsnittene. Det forutsettes at brodekkene vil skylles vekk ved en dambruddsbølge. På denne strekningen er det tilstrekkelig å benytte brede tverrsnitt i den 1 dimensjonale modellen slik at vannvolumet beskrives riktig. Det beregnes vannstand ved hvert tverrprofil og vannføring mellom hvert tverrprofil som er vist i figur 5-1. Hvis avstanden mellom tverrprofilene overstiger 50 meter, vil det inkluderes interpolerte tverrsnitt slik at beregningspunktene aldri ligger mer en 50 meter fra hverandre. Grensebetingelsen er vannføringer som er hentet fra den hydrologisk analysen og er gitt i tabell 3-9.



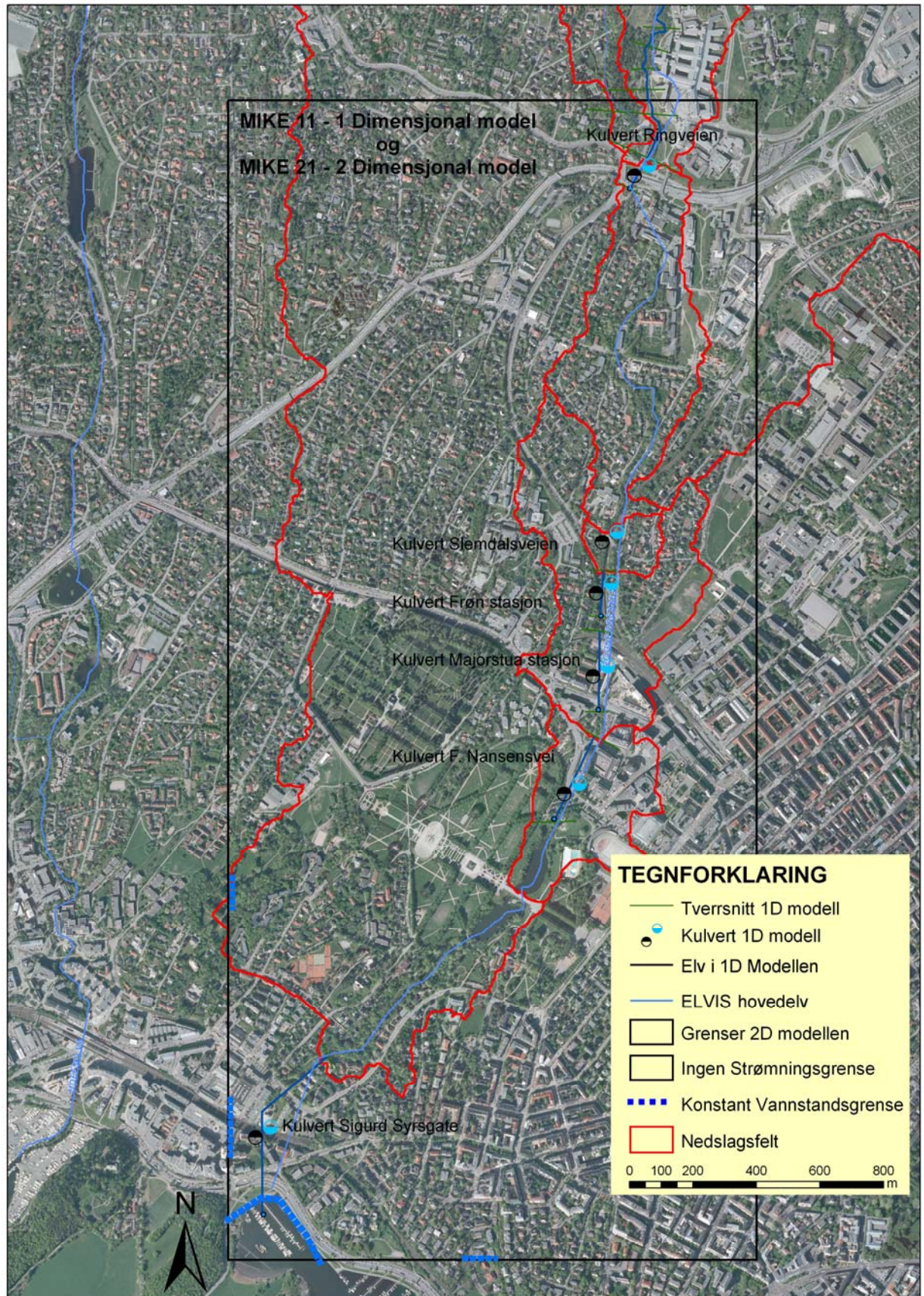
**Figur 5-1 Modell oppstilling oversikt over modellens hovedelementer**

Del 2 av modellen fra Ringveien og ned Frognerkilen er en kombinert 2D og 1D modell vist i figur 5-1 og 5-2. Utstrekningen av modellen ble bestemt i en iterativ prosess og utvidet gradvis til en god beskrivelse av flomutbredelsen ble oppnådd. Den 2 dimensjonale modell består av 1689 \* 3802 celler av 1\*1 meter. Dette tilsvarer ca. 6.5 millioner beregningsceller.

Det er to hovedtyper av grensebetingelser inkludert i den 2 dimensjonale modellen eksterne og interne grenser. Eksterne grenser ligger langs kanten av modellen, vist som svarte og blå linjer i figur 5-2. De svarte linjene er ikke strømningslinjer og det vil ikke være noen utveksling av vann over disse grensene. De blå linjene er konstant vannstand. Den konstante vannstandsgrense i Frognerkilen er 0 mo.h. i henhold til NVEs retningslinjer. Det kan være vannstrømninger både ut og inn av modellen avhengig av vannstandsforskjeller, men i denne modellen er vannstrømningene over disse grensene alltid ut av modellen.

På Frogner langs Drammensveien er det lagt inn en konstant vannstandsgrense for at det ikke skal bli oppstuvning av vann under simuleringen. Tilsvarende er det lagt inn konstante vannstandsgrenser langs den vestlige kant ved Skøyen og litt lengre nord ved Prinsesse Allen. Hovedformålet med disse grensebetingelsene er å drenere flomvann ut av modellen og flombølgens utbredelse vil være beheftet med usikkerhet i nærheten av disse grensene. I virkeligheten vil det være ytterligere oversvømmelse utenfor grensene av modellen ved disse grenser. Siden maksimum vannstand er lav, så har vi valgt å avslutte beregningene her. Ved Skøyen og Prinsesse Allen ville en utvidelse av modellen kreve at man gjorde en mer detaljert studie langs Hoffsbekken og det er ikke inkludert i omfanget av dette arbeidet.

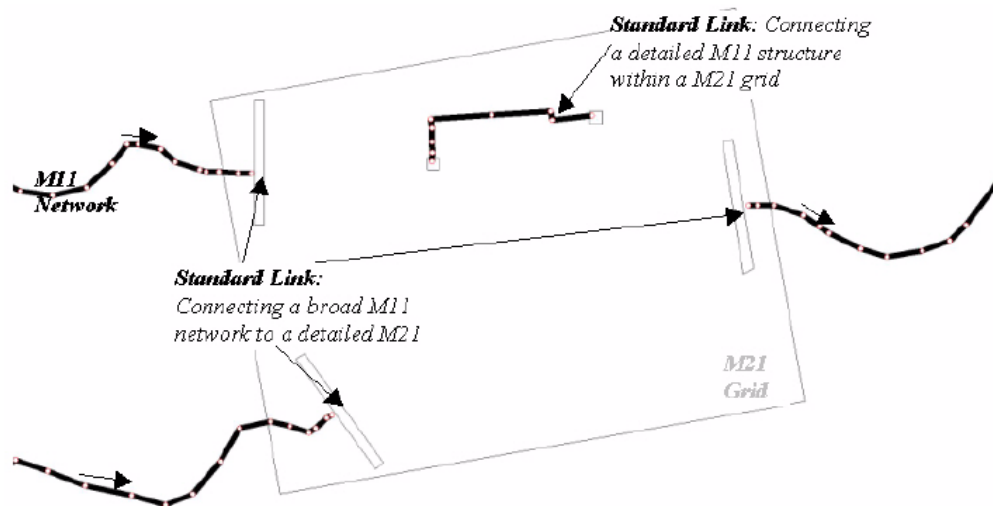




Figur 5-2 Område som er modellert i 2 dimensjoner med en oppløsning på 1\*1 meter

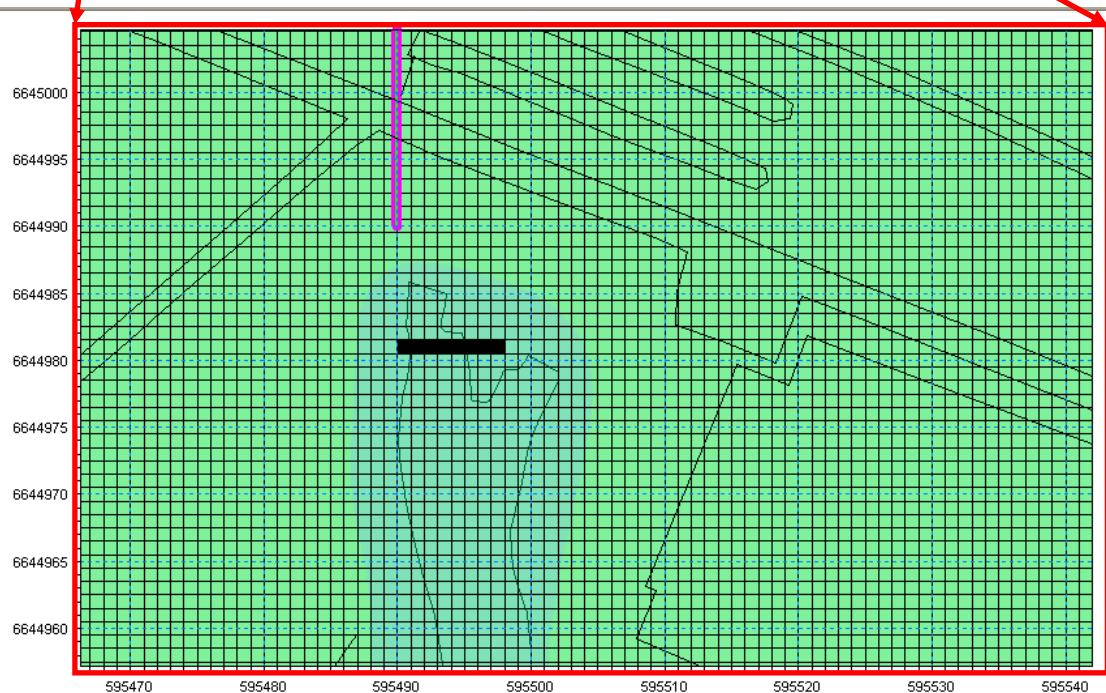
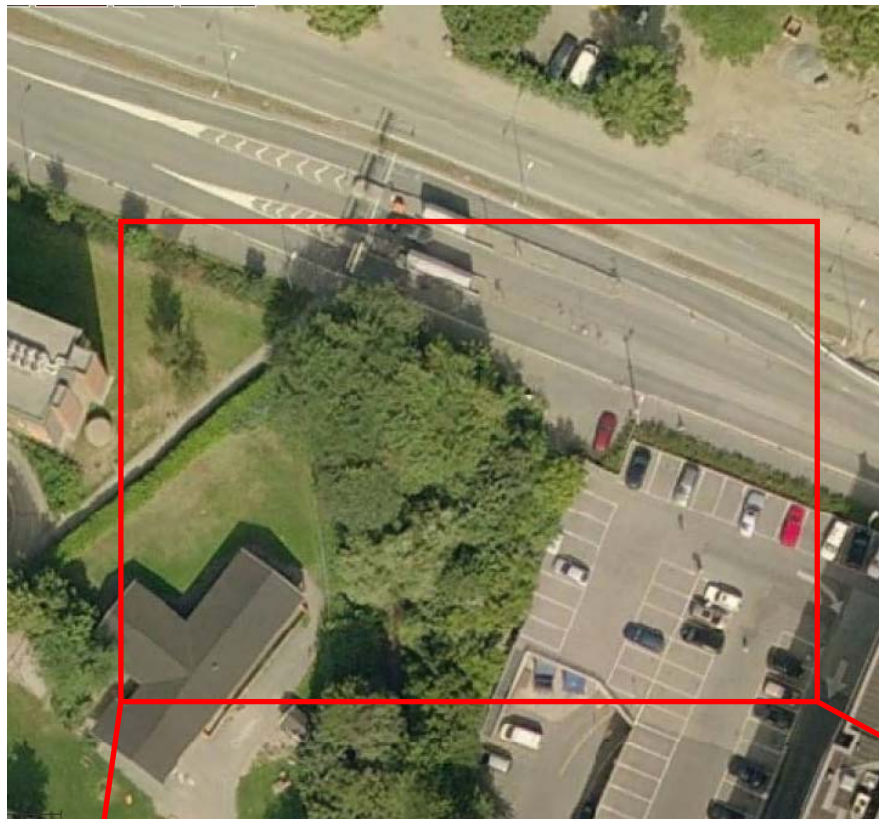


Interne grenser er steder vann utveksles innenfor den eksterne grense. Dette inkluderer koblingspunktet med M11 nord for Ringveien og punkter oppstrøms og nedstrøms for kulverter som er inkludert i modellen. Ved disse grenser utveksler 2D modellen vann med 1D modellen for hvert tidssteg. Typiske koblinger mellom 1D og 2D modellen er vist i Figur 5-3 og en typisk kobling fra modellen er vist sammen med beregningsnettet i Figur 5-4.



Figur 5-3 Typiske koblinger mellom 1 og 2D modellen i MIKE FLOOD, fra manualen.



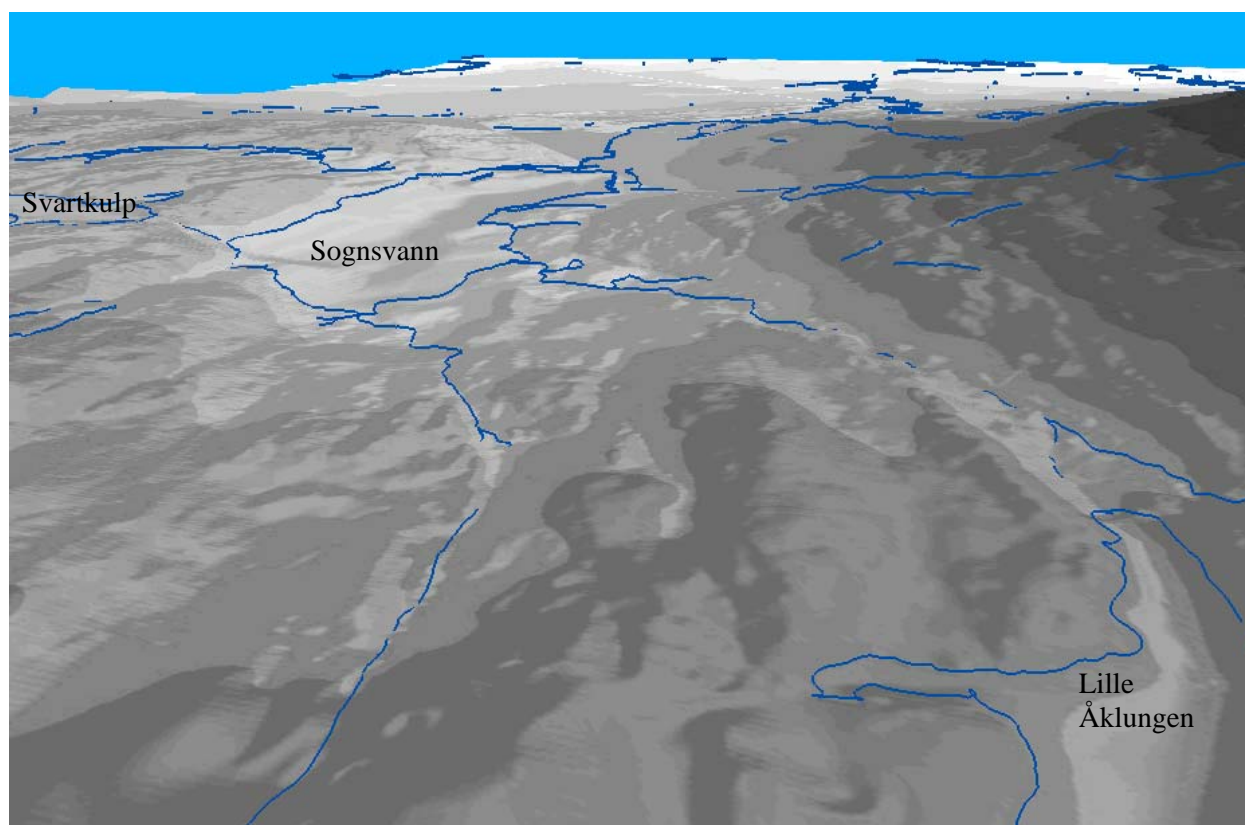


**Figur 5-4** Eksempel kobling fra modellen syd for Sørkedalsveien. Lilla strek er kulvert fra Majorstua stasjon og helsvarte celler (8 celler av 1\*1 meter) er koblingspunkter i den 2 dimensjonale modell. Rutene viser beregningsceller mens de sorte linjer er henholdsvis, bekkekant og veier. Bildet over viser hvor usnittet er hentet fra.

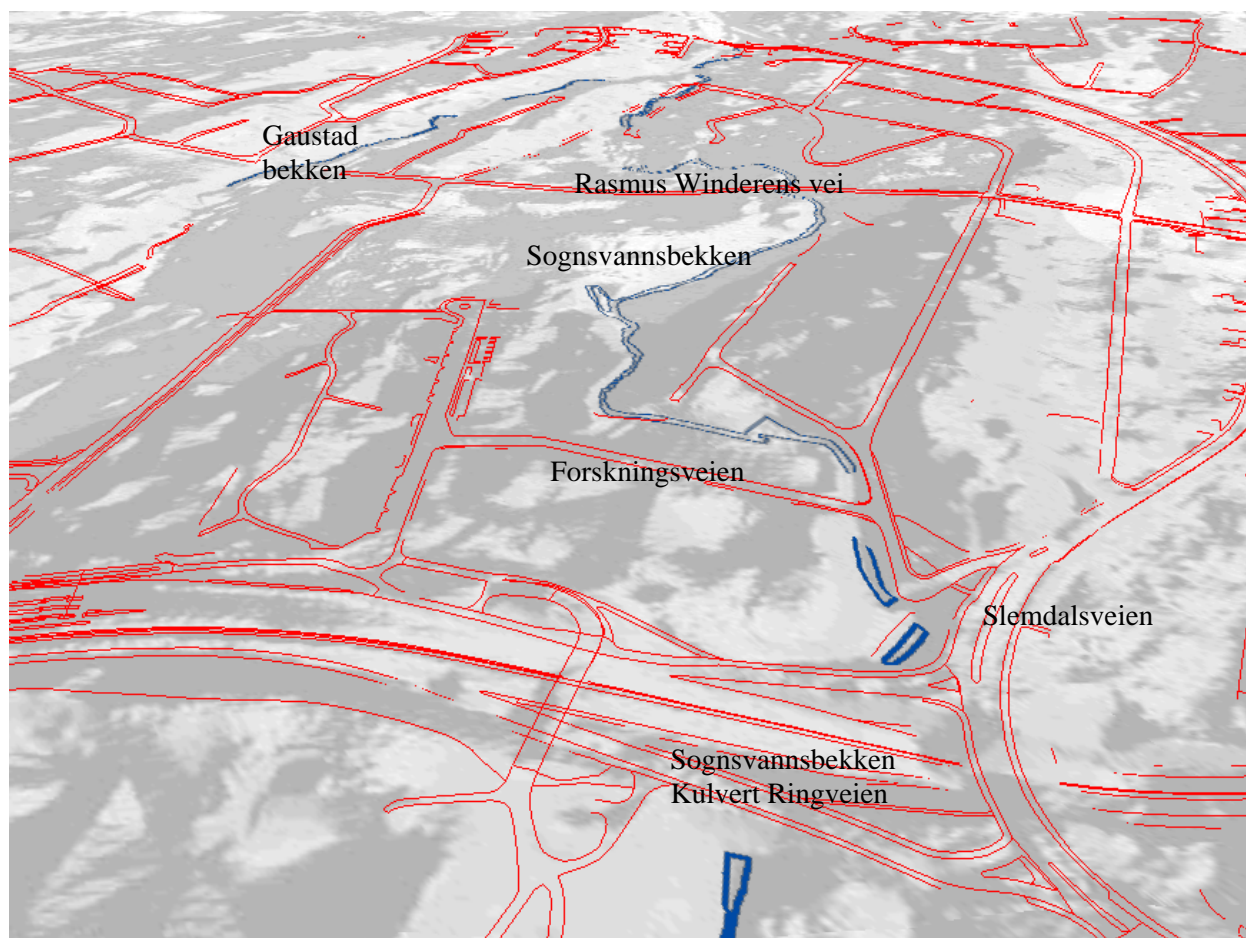
Den nederste del av modellen, del 3, i Frognerkilen ble først modellert 1 dimensjonalt som vist i figur 5-1, men i den endelige modell oppstilling så er den 1 dimensjonale modellen fjernet som vist i figur 5-2. Dette ble gjort som et resultat av den iterativ prosess. Til å begynne med så dekket den 2 dimensjonale modell et mye mindre område, men det viste seg nødvendig å utvide den helt ned til Frognerkilen.

### 5.3 Modellverrsnitt og terrengmodell

Fra Oslo kommune-Plan og Bygningsetaten har vi mottatt en digital terreng modell med 1 \* 1 meter horisontal oppløsning. Dataene er basert på en flylaser og vi har valgt å bruke høydene som representerer terrengoverflaten, det vil si at bygninger, trær og lignende ikke er inkludert, men veibaner og togtraser er inkludert. En gjennomgang av dataene hvor det ble sammenlignet med oppmålte bekker viste at bunn av bekker var inkludert når vannstanden er mindre enn 1 meter. Ved Byggeforskningsinstituttet på Blindern og ved Frøn stasjon hvor bekken renner i støpte konstruksjoner var det god overensstemmelse mellom terrengmodellen og høyder gitt på tegningene. Den digital terreng modell inkluderte ikke områder i marka nord for Sognsvann eller dybder av innsjøene i Nordmarka og Frognerparken. For områdene nord for Sognsvann brukte vi 1 meter høydekoter fra FKB-Geovekst dataene som underlag. For innsjøer brukte vi dybdekart (se bilag 13). Vi kombinerte de tre kilder av terrengdata for å konstruere en 1\*1 m terreng modell av overflaten for hele studieområde. Der hvor det ikke foreligger dybde data slik som i Svartkulp og Øvre Frognerdammen er bunn av innsjøene ekstrapolert fra høydedataene. Utsnitt av den resulterende terreng modell er vist i figur 5-5 og figur 5-6. I figur 5-5 som er et tre dimensjonalt perspektiv fra Lille Åklungen mot Sognsvann sees tydelig at bunn av vannene er inkludert i modellen.



**Figur 5-5 Terrengmodell - 3D fugleperspektiv fra Lille Åklungen mot Sognsvann**



**Figur 5-6** Terrengmodell (grått, lyse toner er lavereliggende områder), veier (rødt) og bekker (blå). 3D fugleperspektiv fra Rikshospitalet mot Vinderen

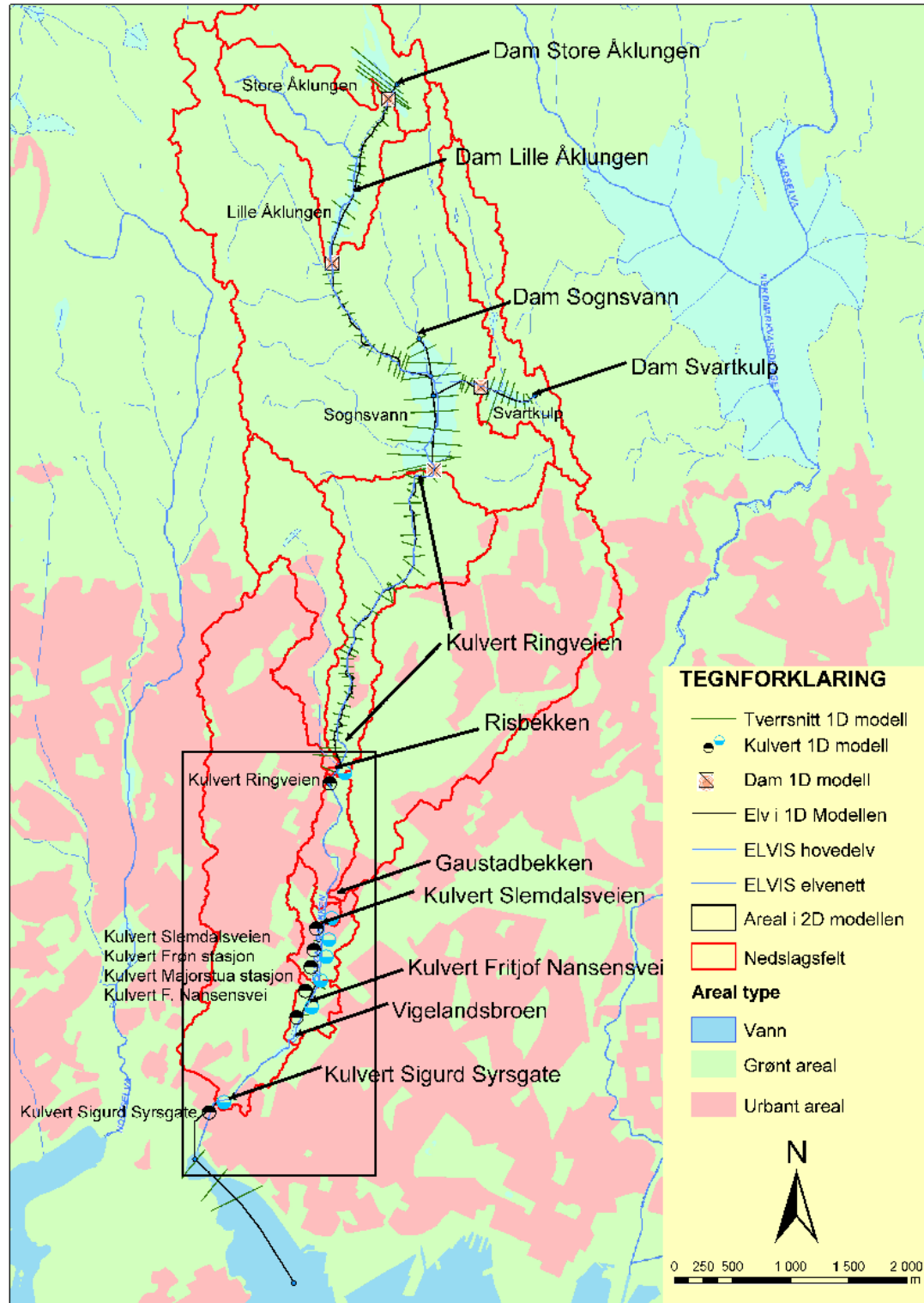
I figur 5-6 er terrengmodellen vist sammen med veier og bekkeløp, mørkere gråfarve angir høyereliggende områder. Høydedrag og veier sees tydelig i figuren. Vi har benyttet terrengmodellen og ikke overflate modellen som betyr at bygninger ikke er inkludert. Selv om dette gir et noe endret strømningsbilde så hadde det ikke vært beregningsmessig mulig å inkludere bygninger da dette ville økt beregningstiden. Beregningstiden ville øke da vi lokalt ville få høyere hastigheter rundt hushjørner og lignende og derved må redusere beregningstidskrittet. Flombølgens utbredelse og berørte bygninger er forventet å være tilnærmet riktig. Lokale vannhastigheter bør kun benyttes som veiledende og ikke absolutte. Lokale vannhastigheter vil i stor grad være påvirket av bygninger og andre obstruksjoner av strømningsveier som ikke er inkludert. Hvis det er enkelte områder hvor høye vannhastigheter er et problem, kan det oppstilles en lokal modell. Etter de innledende modell simuleringer ble det funnet at vannstander i de flomutsatte områder var lave og vannhastigheter ikke var slik at lokale modeller er påkrevd. En slik lokal modell vil være utover den detaljeringsgrad som det nærværende prosjekt krever.

#### 5.4 Grensebetingelser for dambruddsbølge beregningene

Før dambruddsbølgeberegningen kjøres, må det legges inn initial vannføringer. I tabell 5-1 er vannføring basert på areal vist. Vannføringene legges enten inn som punktkilde i modellen eller som en distribuert vannføring langs en strekning. I tabellen er plassering av vannføringen gitt. Plassering av dammene er også gitt i tabell 5-1. For eksempel; Dam Store Åklungen har en vannføring lagt til ved modellen begynnelse, 0 m og Dam Store Åklungen er plassert 150 m etter modellens begynnelse. For tilsig til strekningen Kulvert Ringveien er dette distribuert



mellom 1200 og 4300 meter fra Sognsvannsbekkens begynnelse. Det tilsvarer strekningen fra Sognsvann ned til Ringveien. For Risbekken og tilsig nedstrøms for Ringveien er disse inkludert i den 2 dimensjonale modellen ved utløpet av bekk eller kulvert som relevant. Se figur 5-7 for en grafisk fremstilling av plassering av tilsigsseriene.



**Figur 5-7** Oversiktskart som viser plassering av tilsigsserier.

| Nedbørfelt (restfelt)       | $Q_{1000}/VS$<br>(m <sup>3</sup> /s)/(mo.h.) | $Q_m/VS$<br>(m <sup>3</sup> /s)/(mo.h.) | Modell navn<br>Elv | Modell<br>strekning<br>Tilsig/Dam<br>1D modell |
|-----------------------------|--|---|--------------------|--|
| Dam Store Åklungen          | 2.3/293.5                                    | 0.7/293.3                               | Pinabekken         | 0/150  |
| Dam Lille Åklungen          | 2.6/259.8                                    | 0.8/259.4                               | Pinabekken         | 705/1700                                       |
| Dam Svartkulp               | 1.9/202.5                                    | 0.6/202.3                               | Svartkulpbekken    | 0/510  |
| Dam Sognsvann               | 13.3/184.1                                   | 4.0/183.5                               | Sognsvannsbekken   | 0/1160   |
| Risbekken                   | 2.4  | 0.7                                     | Sognsvannsbekken   | 2D modell                                      |
| Kulvert Ringveien           | 5.1  | 1.3                                     | Sognsvannsbekken   | 1200-4300                                      |
| Gaustadbekken               | 12.0   | 3.1                                     |                    | 2D modell                                      |
| Kulvert Slemdalsveien       | 1.1  | 0.3                                     |                    | 2D modell                                      |
| Kulvert Frøn Stasjon        | Inkludert i Kulvert Slemdalsveien            |   |                    |  |
| Kulvert Fridtjof Nansensvei | 3.7  | 0.9                                     |                    | 2D modell                                      |
| Vigelandsbroen              | 0.5/34                                       | 0.1/32,2                                |                    | 2D modell                                      |
| Frognerpark dammen          | ” /29,5                                      | ” /28,8                                 |                    | 2D modell                                      |
| Kulvert Sigurd Syrsgate     | 7.4  | 1.9                                     |                    | 2D modell                                      |

**Tabell 5-1 Initial vannføringer, vannføringer og vannstander vist i tabellen er kun etter areal, de faktiske verdier benyttet i simuleringen er justert i henhold til avløpsflommer.**

Vannstand og vannføringer for Dam Sognsvann og Dam Lille Åklungen vist i tabellen er før de er rutet gjennom de respektive magasin og noe høyere enn de som er benyttet i modellen. Dam Svartkulp og Dam Store Åklungen er direkte sammenlignbare med resultater hvor tilløpsflommene ble rutet. Dammer nedstrøms får et noe høyere tilsig og en noe høyere vannstand. For Lille Åklungen er tilsiget  $2,3+2,6\text{m}^3/\text{s} = 4,9\text{m}^3/\text{s}$  i henhold til tabell 5-1. I dambruddsbølgeberegninger for Dam Lille Åklungen er det benyttet en intial flom på  $3,6\text{m}^3/\text{s}$  (tabell 3-6 og figur 3-12) som tilsvarer avløpsflomsflom fra Store Åklungen + tilløpsflom restfelt Lille Åklungen. For de enkelte dambruddsbølgeberegningene er verdiene justert slik at de korrekte verdier for den analyserte situasjon blir benyttet.

Grensebetingelse oppstrøms Sognsvann og Risbekken er basert på en kulminasjonsverdi på  $2030\text{ l/s/km}^2$ , en skaleringsfaktor  $Q_{1000}/Q_m$  på 3,3 og en kulminasjonsfaktor på 1,7. Verdiene er hentet fra den hydrologiske analysen utført i det nærværende prosjekt.

Grensebetingelsene nedstrøms for Sognsvann med unntak av Risbekken er basert på en kulminasjonsverdi på  $3000\text{ l/s/km}^2$ , en skaleringsfaktor  $Q_{1000}/Q_m$  på 3,9 og en kulminasjonsfaktor på 1,7. Verdiene er hentet fra ref. 11 og skaleringsfaktor til  $Q_m$  fra frekvensanalyse av Sæternbekken utført i det nærværende prosjekt. Areal korreksjon som tar hensyn til andel av område som drener til overvannssystem eller fellessystemet er inkludert.

## 5.5 Kulverter og broer nedstrøms for Sognsvann

For Kulvert Ringveien, Fridtjof Nansensvei og Sigurd Syrsgate er overslagene basert på tegninger mottatt fra Oslo kommune-Vann og avløpsetaten. For de resterende kulverter er høyder og lengder hentet fra GIS og tverrsnitt oppmålt under befaring. I noen tilfeller er typiske tverrsnitt benyttet. Se bilag 11 for kulvert tegninger og bilag 1 for kulverter oppmålt under befaringen. Dimensjoner og kapasiteter av kulverter er gitt i tabell 5-2.



| Navn                      | Høyde kulvert<br>Opp-/ Nedstrøms |        | Lengde<br>/Gradient | h*b<br><br>(m*m) | Overslag<br>Maksimum<br>Kapasitet/<br>Vannstandsstigning<br>m <sup>3</sup> /s / m (m.o.h) |
|---------------------------|----------------------------------|--------|---------------------|------------------|---|
|                           | mo.h                             | - mo.h |                     |                  |   |
| Kulvert Ringveien         | 99,47                            | 98,56  | 103 / 0,9           | 5,2*2,7          | 30 / 3,0 (102)  |
| Kulvert Slemdalsveien     | 60,50                            | 58,50  | 90 / 2,2            | 2,0*2,0          | 20 / 2,6 (63,1)   |
| Kulvert Frøn stasjon.     | 53,60                            | 48,50  | 137 / 3,7           | 2,2*2,3          | 20 / 3,2 (56,8)   |
| Kulvert Majorstua stasjon | 47,60                            | 41,50  | 261 / 2,2           | 2,2*2,3          | 30 / 3,6 (51,2)   |
| Kulvert F. Nansensvei     | 36,41                            | 34,60  | 215 / 0,8           | 2,5*2,7          | 30 / 6,7 (43,1)   |
| Kulvert Sigurd Syrs gate  | 3,5                              | -0,5   | 450 / 0,9           | 4,25*2           | 40 / 3,6 (7,2)  |

**Tabell 5-2 Kulvert dimensjoner og kapasiteter**

Kapasitetene er regnet ved å anta innløpskontroll og maksimum kapasitet er bestemt ut i fra den vannstandsstigning oppstrøms som ikke vil gi oversvømmelse. Ved kulvert Ringveien er maksimal kapasitet fremkommet ved å se hva som er høyeste vannstand som ikke vil gi oversvømmelse over Ringveien. Det er en rekke mindre broer som ikke er inkludert i overslagene da det er antatt at disse vil bli ødelagt ved en eventuell dambruddsbølge i vassdraget. En full oversikt over alle mindre broer er gitt i befaringsrapporten hvor dimensjoner, lokalisering og bilde er vist (bilag 1). Tegningsunderlag som var tilgjengelig for utregning av kapasitetene er gitt i bilag 11.

Et usikkerhetsmoment er graden av tilstopping av kulvertene. I en flom situasjon vil søppel og trær skylles med flombølgen og legge seg foran rister og medføre en redusert kapasitet. Hvor stor grad av tilstopping som benyttes vil på virke resultatene, derfor ble det diskutert med NVE hvilke faktorer som skulle benyttes. Det ble bestemt at for kulverter med stor fare for tilstopping skulle kapasitet settes til 50 % av maksimal kapasitet mens kulverter med mindre fare for tilstopping skulle kapasiteten settes til 80 % av maksimal kapasiteten. I modellen ble dette gjort ved å redusere kulvertenes tverrsnitt. Ved et dambrudd på Lille Åklungen varierer kulvertenes kapasiteter mellom 60 og 80 % av maksimal vannføringen (Tabell 6-1). Den lavere grense er 10 % høyere enn det som ble bestemt, men det påvirker ikke det endelige resultat nevneverdig.

## 5.6 Tilstopping av overløp

Følgende vurdering er gjort vedrørende reduksjon av flomavledningskapasiteten som følge av tilstopping. Det er gjort egne flomberegninger som tar hensyn til tilstopping, men alle dambruddsbølge beregninger er gjort med utgangspunktet i at flomløpene ikke er tilstoppet. Dam Store Åklungen og Dam Svartkulp er det ikke store vannføringer, men trange overløp. Selv om dameier utfører rensk og vedlikehold er flomavledningskapasiteten her redusert med 25 %. Dam Lille Åklungen har et bredt overløp, og det er lagt ut lense oppstrøms for flomløpet, her har vi ikke redusert flomavledningskapasiteten da det er liten fare for tilstopping. Dam Sognsvann har stor vannføring og et trangt flomløp, dagens situasjon har vi redusert kapasiteten med 75 % mens det er redusert med 50 % for den rehabiliterte dam. Det forventes at den rehabiliterte dam vil være ganske likt dagens situasjon med unntak av at terskelen flyttes oppstrøms veien. Videre vil det anlegges en fiskepassasje som del av flomløpet. For begge dammene i Frognerparken har vi valgt å se bort i fra tilstopping da flomløpene er brede og lokal tilslaget er lite. Videre er skråninger mot dammene parkmessige og det er liten fare for medrivning av materiale fra utløpet av kulvert til flomløpene.

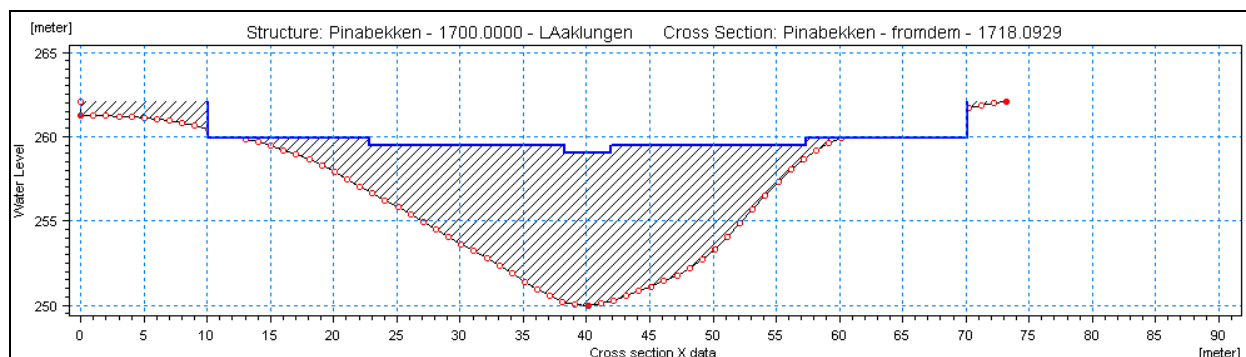
## 5.7 Dominobrudd

Slik situasjonen er i dag så er Dam Sognsvann allerede overtoppet ved en 1000 års flom. Det betyr at den vil gå til dominobrudd ved brudd på dammene oppstrøms. Dammer oppstrøms vil

så få samme klasse som Dam Sognsvann. Siden Dam Sognsvann skal rehabiliteres i nær fremtid har vi gjort dambruddsbølge beregninger som om Dam Sognsvann er rehabilitert. Det nye overløp er dimensjonert med hensyn til at flom i normal situasjon vedlikeholdes omtrent som i dag, HRV holdes på dagens nivå og damkronene heves ikke med mer enn 1.5 meter. Det ble funnet en utforming slik at Dam Sognsvann ikke går til dominobrudd ved brudd på Dam Lille Åklungen. Siden Dam Sognsvann ikke går til dominobrudd ved brudd på Dam Lille Åklungen, vil den heller ikke gå til brudd ved brudd på Dam Store Åklungen og Dam Svartkulp. Med disse begrensingene var det ikke mulig å finne en utforming av Dam Sognsvann slik at dambruddsbølgen fra Dam Lille Åklungen ble dempet tilstrekkelig til at Dam Lille Åklungen plasseres i en klasse lavere en klasse 3.

## 5.8 Dam Lille Åklungen

Dam Lille Åklungen er en murdam med rosentorv og en steinsattskråning oppstrøms. Dagens dam er i dårlig forfatning og en ny dam er under prosjektering. HRV er 259 mo.h. og nåværende damkrone ligger på 259,5. Dammen har en lengde på 32,6 m, høyden er 10 m på det høyeste og overløpet er 3,6 meter bredt. Det antas at den nye dammen vil ha tilsvarende dimensjoner som den eksisterende dam og vi har benyttet de ovenforgitte dimensjoner i dambruddsbølgeberegningene. Dammens geometri er vist sammen med et tverrsnitt som ligger 18 m nedstrøms for dammen i figur 5-8. Det kan sees i figuren at nedstrøms tverrsnitt er noe bredere enn tverrsnitt på damstedet. Dette har ikke innflytelse på beregningene da det er inkludert et beregningspunkt på damstedet i modellen med dimensjoner som tilsvarer dammen som vist i figur 5-8. Damtegning for Lille Åklungen er vist i bilag 9 og fotografier av dammen kan sees i bilag 1.



Figur 5-8 Dam Lille Åklungen

### Magasin Lille Åklungen

Magasinet oppstrøms for Dam Lille Åklungen har ett overflate areal på 0,1 km<sup>2</sup> ved HRV. En magasinkurve har blitt trukket ut fra terrengmodellen og ga følgende forhold mellom høyde og volum for Dam Lille Åklungen vist i tabell 5-3.

| Dam Lille Åklungen |                        |                        |
|--------------------|------------------------|------------------------|
| Høyde - moh.       | Volum - m <sup>3</sup> | Areal - m <sup>2</sup> |
| 252                | 800                    | 1050                   |
| 254                | 4800                   | 4900                   |

|     |        |       |
|-----|--------|-------|
| 255 | 15300  | 18000 |
| 256 | 46000  | 43450 |
| 257 | 100600 | 67800 |
| 258 | 181250 | 95100 |
| 259 | 277150 | 95912 |

**Tabell 5-3 Dam Lille Åklungen, magasinkurve****Dambrudd Dam Lille Åklungen**

Dambruddsforløpet for Lille Åklungen er vist i tabell 5-4. I henhold til retningslinjene skal hele dammen gå til brudd. Det valgte dambrudd utvikler seg trapesformet til 251 mo.h. med en bunnbredde på 8,5 m og en toppbredde på 34,4 m. Bruddet utvikler seg til et fullt brudd etter 8 min. og maksimal vannføringen utav bruddet er 521 m<sup>3</sup>/s. Bruddets geometri gir store utslag på vannføringen. Det ble gjort en sensitivitets analyse hvor bruddbredden i toppen ble halvert. I denne situasjonen var bruddvannføringen redusert til 300 m<sup>3</sup>/s, men vannføring ut fra Dam Sognsvann ble ikke forandret nevneverdig. I henhold til retningslinjene skal bruddet skje momentant og vi har benyttet 8 minutter. Derfor ble det også gjort en sensitivitet analyse på bruddtiden hvor bruddet fikk utviklet seg over 3 min, da økte maksimal bruddvannføringen til 550 m<sup>3</sup>/s, igjen var vannføringen ut av Sognsvann ikke forandret nevneverdig. Den største konsekvensen av en kortere brudd tid var at bølgen som skapes i Sognsvann ble større. Det er ikke gjort en ruting av bruddbølgen ved middelflom.

| Dam Lille Åklungen<br>Dambruddsforløp |       |            |               |           |       |          |         |         |
|---------------------------------------|-------|------------|---------------|-----------|-------|----------|---------|---------|
| Tid                                   | Tid   | Q          | V             | H         | Nivå  | Vannndyp | Bredde  | Bredde  |
|                                       |       | Vannføring | Vannhastighet | Vannstand | av    | i        | bunn av | topp av |
| min                                   | hr    | m3/s       | m/s           | Magasin   | brudd | Brudd    | brudd   | brudd   |
|                                       |       |            |               | m         | m     | m        | m       | m       |
| 0                                     | 0     | 0.1        | 1.643         | 259.6     | 259   | 0.3      | 0.1     | 0.2     |
| 1.98                                  | 0.033 | 10.2       | 2.677         | 259.5     | 257.9 | 1        | 2.1     | 6.6     |
| 2.52                                  | 0.042 | 19.3       | 3.048         | 259.5     | 257.4 | 1.4      | 2.6     | 8.6     |
| 2.88                                  | 0.048 | 29.1       | 3.315         | 259.5     | 257   | 1.6      | 3       | 10.2    |
| 3.48                                  | 0.058 | 48.5       | 3.673         | 259.5     | 256.4 | 2        | 3.6     | 12.6    |
| 3.78                                  | 0.063 | 60.5       | 3.843         | 259.4     | 256.1 | 2.2      | 3.9     | 13.8    |
| 4.08                                  | 0.068 | 74.1       | 4.002         | 259.4     | 255.8 | 2.4      | 4.2     | 15      |
| 4.32                                  | 0.072 | 83.9       | 4.105         | 259.4     | 255.6 | 2.5      | 4.4     | 15.8    |
| 4.5                                   | 0.075 | 94.5       | 4.204         | 259.4     | 255.4 | 2.6      | 4.6     | 16.6    |
| 4.98                                  | 0.083 | 123.9      | 4.439         | 259.3     | 254.9 | 2.9      | 5.1     | 18.6    |
| 5.4                                   | 0.09  | 150.9      | 4.618         | 259.2     | 254.5 | 3.2      | 5.5     | 20.2    |
| 5.7                                   | 0.095 | 173        | 4.747         | 259.2     | 254.2 | 3.4      | 5.8     | 21.4    |
| 6                                     | 0.1   | 201.7      | 4.897         | 259.1     | 253.9 | 3.6      | 6.1     | 22.8    |
| 6.18                                  | 0.103 | 232.3      | 5.043         | 259       | 253.5 | 3.8      | 6.3     | 24.2    |
| 6.3                                   | 0.105 | 248.7      | 5.116         | 259       | 253.3 | 4        | 6.4     | 24.9    |
| 6.48                                  | 0.108 | 283.1      | 5.255         | 258.9     | 252.9 | 4.2      | 6.6     | 26.3    |
| 6.72                                  | 0.112 | 320        | 5.39          | 258.7     | 252.5 | 4.4      | 6.8     | 27.7    |
| 6.9                                   | 0.115 | 359.9      | 5.523         | 258.6     | 252.1 | 4.7      | 7       | 29.1    |
| 7.08                                  | 0.118 | 388.9      | 5.604         | 258.4     | 251.8 | 4.8      | 7.3     | 30.2    |
| 7.32                                  | 0.122 | 418.5      | 5.681         | 258.3     | 251.6 | 4.9      | 7.7     | 31.2    |
| 7.38                                  | 0.123 | 433.6      | 5.719         | 258.2     | 251.5 | 4.9      | 7.9     | 31.7    |
| 7.62                                  | 0.127 | 469.1      | 5.805         | 258       | 251.3 | 5.1      | 8.3     | 32.7    |
| 7.8                                   | 0.13  | 508.2      | 5.895         | 257.8     | 251.1 | 5.2      | 8.7     | 33.7    |
| 7.92                                  | 0.132 | 521.3      | 5.92          | 257.7     | 251   | 5.2      | 8.5     | 34.2    |
| 7.98                                  | 0.133 | 519.1      | 5.91          | 257.6     | 251   | 5.2      | 8.5     | 34.4    |
| 8.1                                   | 0.135 | 520.4      | 5.913         | 257.6     | 251   | 5.2      | 8.5     | 34.4    |
| 8.22                                  | 0.137 | 521.4      | 5.916         | 257.6     | 251   | 5.2      | 8.5     | 34.4    |
| 8.28                                  | 0.138 | 519.7      | 5.912         | 257.6     | 251   | 5.2      | 8.5     | 34.4    |
| 8.4                                   | 0.14  | 519.8      | 5.912         | 257.6     | 251   | 5.2      | 8.5     | 34.4    |
| 8.52                                  | 0.142 | 520.6      | 5.914         | 257.6     | 251   | 5.2      | 8.5     | 34.4    |
| 8.58                                  | 0.143 | 519.4      | 5.911         | 257.6     | 251   | 5.2      | 8.5     | 34.4    |
| 8.7                                   | 0.145 | 517.2      | 5.905         | 257.6     | 251   | 5.2      | 8.5     | 34.4    |
| 8.82                                  | 0.147 | 516.5      | 5.903         | 257.6     | 251   | 5.2      | 8.5     | 34.4    |
| 8.88                                  | 0.148 | 515.9      | 5.902         | 257.6     | 251   | 5.2      | 8.5     | 34.4    |
| 9.6                                   | 0.16  | 498.8      | 5.858         | 257.5     | 251   | 5.1      | 8.5     | 34.4    |
| 14.1                                  | 0.235 | 306.7      | 5.25          | 256.3     | 251   | 3.9      | 8.5     | 34.4    |
| 17.1                                  | 0.285 | 202.5      | 4.765         | 255.4     | 251   | 3.1      | 8.5     | 34.4    |
| 20.1                                  | 0.335 | 102.6      | 4.035         | 254.1     | 251   | 2.1      | 8.5     | 34.4    |
| 25.68                                 | 0.428 | 10.7       | 2.162         | 251.9     | 251   | 0.5      | 8.5     | 34.4    |
| 28.62                                 | 0.477 | 6.7        | 1.878         | 251.6     | 251   | 0.4      | 8.5     | 34.4    |
| 49.02                                 | 0.817 | 4.5        | 1.666         | 251.5     | 251   | 0.3      | 8.5     | 34.4    |

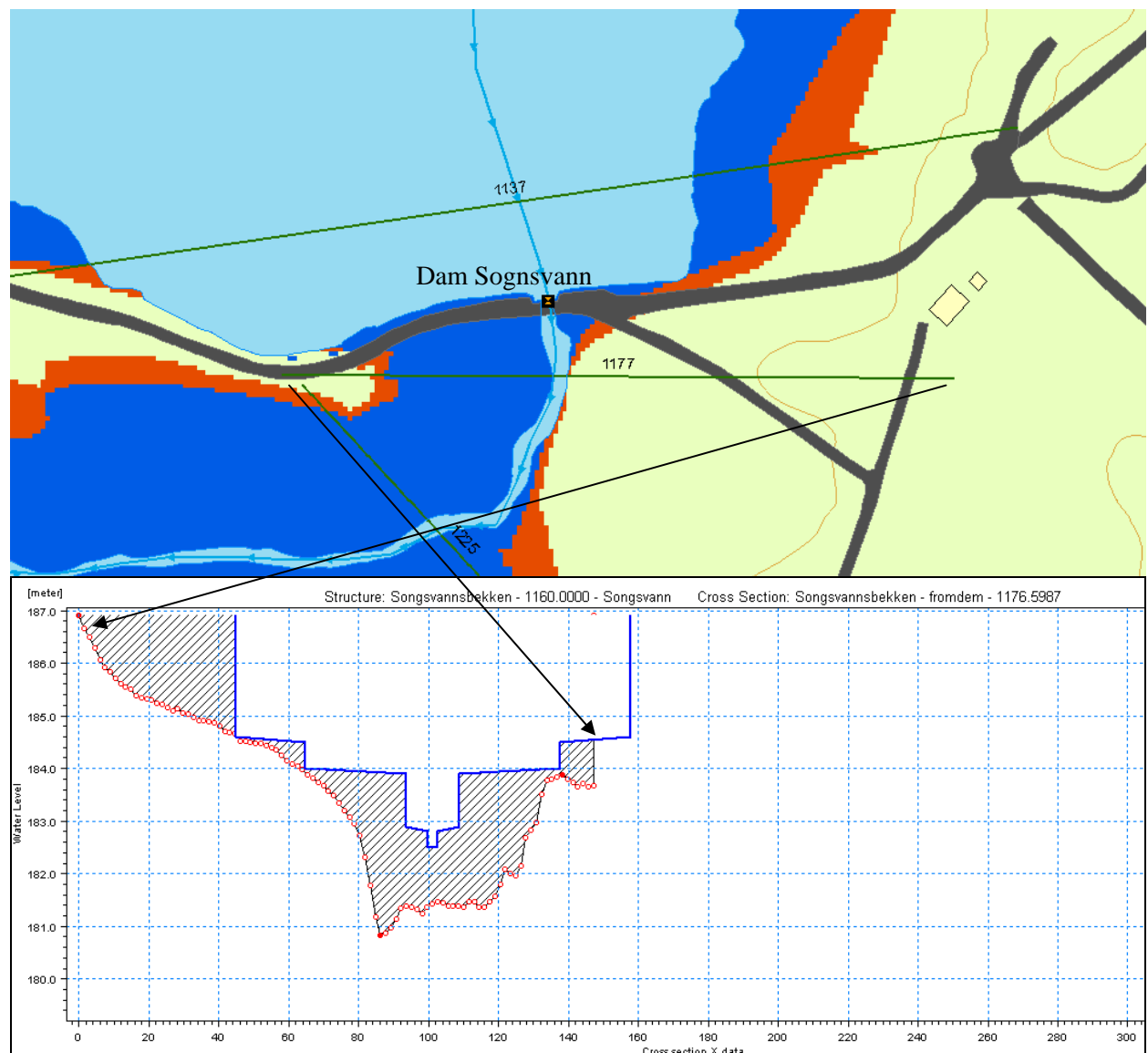
**Tabell 5-4 Bruddforløp Dam Lille Åklungen**

## 5.9 Dam Sognsvann

Dam Sognsvann er en fyllingsdam med steinsatte skråninger. Dammen er 70 meter lang med damkrone på 183,4 mo.h. og er nesten 3 m høy på det høyeste. Hvis damkronen heves til 184,6 mo.h., vil dammen bli noe lengre. Det er en tappestruktur vest for dammen. Dagens HRV ligger på 182,5 m o.h. og det er et lukket overløp som er ca. 3 meter bredt. Dagens dam tilfredsstillende ikke NVE sine krav til fyllingsdammer og skal rehabiliteres i nær fremtid. Siden dammen skal rehabiliteres, er det lagt inn et nytt overløp (se tabell 3-8 for det gamle overløp) og damkronen er hevet med 120 cm fra 183,4 til 184,6 mo.h.. Dette vil gi et fribord på 60 cm ved ruting av en PMF flom gjennom Sognsvann og et fribord på 40 cm ved en dambruddsbølge fra Dam Lille Åklungen. Det betyr at damkrona nok kan legges noe lavere enn 184,6 mo.h. som foreslått her.

Endelig høyde av damkrona avhenger av damtype som velges for den nye Dam Sogsvann. Foreslått overløp har to nivåer: et 3 m bredt overløp på 182,5 mo.h. og et 12 meter bredt overløp på 182,9 mo.h. Utformingen er valgt slik at dagens normal flommer ikke vil forandres nevneverdig nedover i vassdraget, mens dempning av dambruddsbølger fra oppstrøms dammer er tilfredsstillende. Dimensjonene ble bestemt i en iterativ prosess hvor forskjellige utforminger ble testet.

Det foreligger ikke oppmålte data for Dam Sogsvann så geometri av dammen er hentet fra tidligere rapporter, oppmåling under befaringen og fra GIS data. I figur 5-9 er plassering av oppstrøms og nedstrøms profiler vist sammen med nedstrøms profil og de foreslåtte dimensjoner av den nye Dam Sogsvann. Som det fremgår av figuren, vil det være behov for å forlenge damkrona hvis nivået skal heves til 184,6 mo.h. Det eksakte nivå av damkrona og hvordan overløpet skal utformes er ikke vurdert i denne rapport, men vil bli gjort når Dam Sogsvann rehabiliteres. Fotografier av dammen er vist i bilag 1.



**Figur 5-9 Plassering av tverrprofiler oppstrøms og nedstrøms Dam Sogsvann og tverrprofil som viser nytt overløp.**



### Magasin Sognsvann

Magasinet tilhørende Dam Sognsvann har et overflateareal på 0,39 km<sup>2</sup> ved HRV. En magasinkurve har blitt trukket ut fra terrengmodellen og gitt følgende data for Dam Sognsvann:

| Dam Sognsvann |                        |                        |
|---------------|------------------------|------------------------|
| Høyde - moh.  | Volum - m <sup>3</sup> | Areal - m <sup>2</sup> |
| 177           | 740000                 | 169000                 |
| 178           | 917000                 | 187000                 |
| 179           | 1115000                | 210000                 |
| 180           | 1350000                | 258000                 |
| 181           | 1630000                | 310000                 |
| 182           | 1965000                | 359000                 |
| 183           | 2345000                | 391000                 |

**Tabell 5-5 Dam Sognsvann, magasinkurve**

### Dambrudd Dam Sognsvann

Dambruddsforløpet for Sognsvann er vist i tabell 5-7. I henhold til retningslinjene kan en bruddbredde på 5 ganger maksimum høyde brukes for lange lave dammer hvor det er usannsynlig at dammen vil bryte i sin fulle lengde. Vi vet ikke hva slags dam som vil erstatte Dam Sognsvann, men har anvendt dette kriteriet. Det valgte dambrudd utvikler seg trapesformet til 181.25 mo.h. med en bunnbredde på maksimalt 10 m og en toppbredde på 30,4 m. Bruddets form er begrenset av tvernnittet som ligger nedenfor bruddstedet som vist i figur 5-9. Det betyr at under ca. 181.5 mo.h. vil den faktiske bunnbredde være ca. 6 meter. Bruddet utvikler seg til et fullt brudd etter 3 min. og maksimal vannføring ut av bruddet er 67 m<sup>3</sup>/s. Bruddets geometri gir noe større utslag på bruddvannføringen enn forandringer av tiden som bruddet utvikler seg over. Det ble gjort en sensitivitets analyse vist i tabell 5-6.

| Bruddtid<br>(min) | Bruddbredde<br>bunn<br>(m) | Bruddbredde<br>topp<br>(m) | Vannføring<br>(m <sup>3</sup> /s) |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| 6,5               | 3                          | 16                         | 30                                |
| 6,5               | 3                          | 30                         | 45                                |
| 6,5               | 10                         | 23                         | 60                                |
| 6,5               | 10                         | 30                         | 66                                |
| 6,5               | 10                         | 37                         | 75                                |
| <b>3</b>          | <b>10</b>                  | <b>30</b>                  | <b>67</b>                         |
| 1                 | 10                         | 30                         | 67                                |

**Tabell 5-6 Vannføring ut av Dam Sognsvann ved forskjellige bruddgeometri og bruddtid**

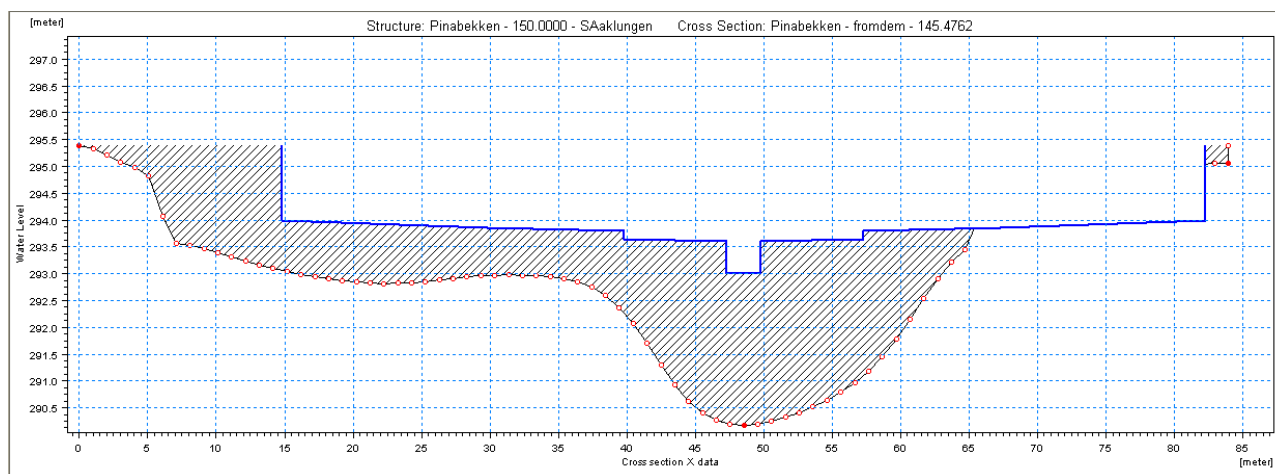
Som det fremgår av tabellen er ikke maksimum bruddvannføring spesielt følsom for variasjoner i bruddgeometri og tid som bruddet utvikler seg over. Det skyldes at vandypene rett ovenfor Dam Sognsvann er små, noe som tydelig fremgår av dybdekart vist i bilag 13. Følgelig vil det grunne partiet i Sognsvann begrense omfanget av et brudd på Dam Sognsvann. Vi har valgt at bruddet utvikler seg over 3 min med 10 meter maksimal bunnbredde og 30 meters bredde i topp av bruddet. Det gir en gjennomsnittlig bredde på 20 meter som er litt høyere enn  $5 * 3,5$  m (Dammens maksimale høyde) = 17,5 m som er en bruddbredde angitt i retningslinjene (ref. 4). Bruddforløpet og bruddbølgen er vist i tabell 5-7. På grunn av det grunne parti oppstrøms for dammen betyr det at volumet over ca. 181 mo.h. kan renne ut ved en dambruddsbølge. Magasinkurven gir et volum på 713000 m<sup>3</sup> over 181 mo.h., ca 2,5 ganger volumet i Lille Åklungen. Sognsvann har et større overflate areal og dammen er lavere enn Dam Lille Åklungen. Bruddvannføringen er vist i figur 6-12 hvor maksimums vannføring er mindre og bruddbølgen har en lengre varighet enn bruddvannføring fra Dam Lille Åklungen.

| Dam Sognsvann<br>Dambruddsforløp |       |                   |               |           |       |         |         |         |
|----------------------------------|-------|-------------------|---------------|-----------|-------|---------|---------|---------|
| Tid                              | Tid   | Q                 | V             | H         | Nivå  | Vanndyp | Bredde  | Bredde  |
|                                  |       | Vannføring        | Vannhastighet | Vannstand | av    | av      | bunn av | topp av |
|                                  |       |                   |               | Magasin   | brudd | Brudd   | brudd   | brudd   |
| min                              | hr    | m <sup>3</sup> /s | m/s           | m         | m     | m       | m       | m       |
| 0                                | 0     | 15.3              | 2.000         | 183.6     | 182.5 | 0.7     | 10      | 22.0    |
| 1.98                             | 0.033 | 34.5              | 2.778         | 183.5     | 182.0 | 1.0     | 10*     | 25.6    |
| 4.02                             | 0.067 | 67.2              | 3.245         | 183.5     | 181.3 | 1.5     | 10*     | 30.4    |
| 6                                | 0.1   | 66.4              | 3.235         | 183.5     | 181.3 | 1.5     | 10*     | 30.4    |
| 7.98                             | 0.133 | 65.6              | 3.225         | 183.5     | 181.3 | 1.5     | 10*     | 30.4    |
| 10.02                            | 0.167 | 64.9              | 3.217         | 183.5     | 181.3 | 1.5     | 10*     | 30.4    |
| 12                               | 0.2   | 63.8              | 3.203         | 183.5     | 181.3 | 1.5     | 10*     | 30.4    |
| 13.98                            | 0.233 | 63.1              | 3.195         | 183.5     | 181.3 | 1.4     | 10*     | 30.4    |
| 16.02                            | 0.267 | 62.2              | 3.183         | 183.4     | 181.3 | 1.4     | 10*     | 30.4    |
| 18                               | 0.3   | 61.6              | 3.175         | 183.4     | 181.3 | 1.4     | 10*     | 30.4    |
| 19.98                            | 0.333 | 60.6              | 3.162         | 183.4     | 181.3 | 1.4     | 10*     | 30.4    |
| 22.02                            | 0.367 | 60.2              | 3.156         | 183.4     | 181.3 | 1.4     | 10*     | 30.4    |
| 24                               | 0.4   | 59.4              | 3.145         | 183.4     | 181.3 | 1.4     | 10*     | 30.4    |
| 25.98                            | 0.433 | 58.8              | 3.137         | 183.4     | 181.3 | 1.4     | 10*     | 30.4    |
| 28.02                            | 0.467 | 57.9              | 3.126         | 183.4     | 181.3 | 1.4     | 10*     | 30.4    |
| 30                               | 0.5   | 57.5              | 3.120         | 183.4     | 181.3 | 1.4     | 10*     | 30.4    |
| 31.98                            | 0.533 | 56.8              | 3.110         | 183.3     | 181.3 | 1.4     | 10*     | 30.4    |
| 34.02                            | 0.567 | 56.3              | 3.103         | 183.3     | 181.3 | 1.4     | 10*     | 30.4    |
| 36                               | 0.6   | 55.5              | 3.092         | 183.3     | 181.3 | 1.3     | 10*     | 30.4    |
| 37.98                            | 0.633 | 55.0              | 3.086         | 183.3     | 181.3 | 1.3     | 10*     | 30.4    |
| 40.02                            | 0.667 | 54.2              | 3.074         | 183.3     | 181.3 | 1.3     | 10*     | 30.4    |
| 42                               | 0.7   | 53.9              | 3.069         | 183.3     | 181.3 | 1.3     | 10*     | 30.4    |
| 43.98                            | 0.733 | 53.1              | 3.057         | 183.3     | 181.3 | 1.3     | 10*     | 30.4    |
| 46.02                            | 0.767 | 52.6              | 3.050         | 183.3     | 181.3 | 1.3     | 10*     | 30.4    |
| 48                               | 0.8   | 51.9              | 3.039         | 183.2     | 181.3 | 1.3     | 10*     | 30.4    |
| 49.98                            | 0.833 | 51.5              | 3.034         | 183.2     | 181.3 | 1.3     | 10*     | 30.4    |
| 52.02                            | 0.867 | 50.8              | 3.023         | 183.2     | 181.3 | 1.3     | 10*     | 30.4    |
| 54                               | 0.9   | 50.4              | 3.017         | 183.2     | 181.3 | 1.3     | 10*     | 30.4    |
| 55.98                            | 0.933 | 49.7              | 3.007         | 183.2     | 181.3 | 1.3     | 10*     | 30.4    |
| 58.02                            | 0.967 | 49.5              | 3.002         | 183.2     | 181.3 | 1.3     | 10*     | 30.4    |
| 60                               | 1     | 48.8              | 2.992         | 183.2     | 181.3 | 1.3     | 10*     | 30.4    |
| 61.98                            | 1.033 | 48.5              | 2.987         | 183.2     | 181.3 | 1.3     | 10*     | 30.4    |
| 64.02                            | 1.067 | 47.8              | 2.977         | 183.2     | 181.3 | 1.2     | 10*     | 30.4    |
| 66                               | 1.1   | 47.6              | 2.972         | 183.2     | 181.3 | 1.2     | 10*     | 30.4    |
| 67.98                            | 1.133 | 47.0              | 2.962         | 183.1     | 181.3 | 1.2     | 10*     | 30.4    |
| 70.02                            | 1.167 | 46.7              | 2.958         | 183.1     | 181.3 | 1.2     | 10*     | 30.4    |
| 72                               | 1.2   | 46.0              | 2.947         | 183.1     | 181.3 | 1.2     | 10*     | 30.4    |
| 73.98                            | 1.233 | 45.8              | 2.943         | 183.1     | 181.3 | 1.2     | 10*     | 30.4    |
| 76.02                            | 1.267 | 45.2              | 2.933         | 183.1     | 181.3 | 1.2     | 10*     | 30.4    |
| 78                               | 1.3   | 44.9              | 2.928         | 183.1     | 181.3 | 1.2     | 10*     | 30.4    |
| 79.98                            | 1.333 | 44.3              | 2.918         | 183.1     | 181.3 | 1.2     | 10*     | 30.4    |

**Tabell 5-7 Bruddforløp og Dambruddsbølge ut av Dam Sognsvann (\* faktisk bunnbredde er noe lavere da den er begrenset av topografien)**

## 5.10 Dam Store Åklungen

Dam Store Åklungen er en liten murdam. HRV er 293 mo.h. og damkrona ligger på 293,6 mo.h.. Dammen har en lengde på 17,2 m, høyden er 2,7 m på det høyeste og overløpet er 2,5 meter bredt. Dimensjoner gitt ovenfor er benyttet i dambruddsbølgeberegningene. Dammens geometri er vist sammen med et tverrsnitt som ligger 5 m oppstrøms for dammen i figur 5-10. Det kan sees i figuren at tverrsnittet er noe bredere enn tverrsnitt på damstedet. Dette har ikke innflytelse på beregningene da det er inkludert et beregningspunkt på damstedet i modellen med dimensjoner som tilsvarer dammen som vist i figur 5-10. Damtegning for Store Åklungen er vist i bilag 9 og fotografier av dammen kan sees i bilag 1.



**Figur 5-10 Dam Store Åklungen vist i tverrsnitt oppstrøms dammen.**

### Magasin Dam Store Åklungen

Magasinet tilhørende Dam Store Åklungen har et overflateareal på 0,14 km<sup>2</sup>. En magasinkurve har blitt trukket ut fra terrengmodellen og gitt følgende data for Dam Store Åklungen:

| Dam Store Åklungen |                        |                        |
|--------------------|------------------------|------------------------|
| Høyde - moh.       | Volum - m <sup>3</sup> | Areal - m <sup>2</sup> |
| 294                | 488500                 | 139600                 |
| 293                | 360100                 | 115100                 |
| 292                | 258400                 | 83800                  |
| 291                | 199000                 | 45500                  |
| 290                | 158300                 | 37200                  |
| 289                | 123800                 | 32100                  |
| 288                | 94000                  | 27800                  |

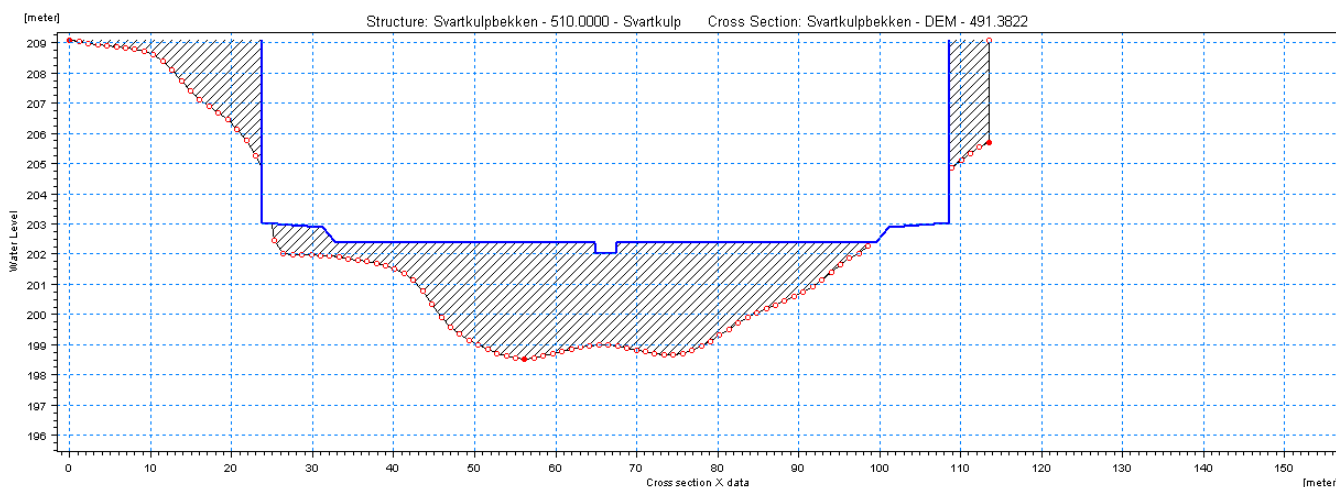
**Tabell 5-8 Dam Store Åklungen, magasinkurve**

### Dambrudd Dam Store Åklungen

Dambruddet i Dam Store Åklungen utvikler seg til et fullt brudd i løpet av 2 minutter og maksimal bunnbredde er 4 meter. Bredden i toppen av bruddet er 11,5 meter. Bruddet utvikler seg trapesformet, men er begrenset av de faktiske tverrsnitt. Maksimumsvannføringen ut av bruddstedet er 26 m<sup>3</sup>/s.

## 5.11 Dam Svartkulp

Dam Svartkulp er en murt bruddsteinsdam som ble rehabilitert i 2003, på vannsiden er det støpt plater som er 6 m brede. HRV er 202 mo.h. og damkrona ligger på 202,4mo.h.. Dammen har en lengde på 67 m, høyden er 5 m på det høyeste og overløpet er 2,5 meter bredt. Dimensjoner gitt ovenfor er benyttet i dambruddsbølgeberegningene. Dammens geometri er vist sammen med et tverrsnitt som ligger 20 m oppstrøms for dammen i figur 5-11. Det kan sees i figuren at tverrsnittet er noe bredere enn tverrsnitt på damstedet. Dette har ikke innflytelse på beregningene da det er inkludert et beregningspunkt på damstedet i modellen med dimensjoner som tilsvarer dammen som vist i figur 5-11. Damtegning for Svartkulp er vist i bilag 9 og fotografier av dammen kan sees i bilag 1.



**Figur 5-11 Dam Svartkulp vist i tverrsnitt oppstrøms dammen.**

### Magasin Dam Svartkulp

Magasinet tilhørende Dam Svartkulp har et overflateareal på 0,07 km<sup>2</sup>. En magasinkurve har blitt trukket ut fra terrengmodellen og gitt følgende data for Dam Svartkulp:

| Dam Svartkulp |                        |                        |
|---------------|------------------------|------------------------|
| Høyde - moh.  | Volum - m <sup>3</sup> | Areal - m <sup>2</sup> |
| 202           | 119300                 | 65100                  |
| 201           | 63300                  | 48800                  |
| 200           | 22300                  | 33100                  |

**Tabell 5-9 Dam Svartkulp magasinkurve**

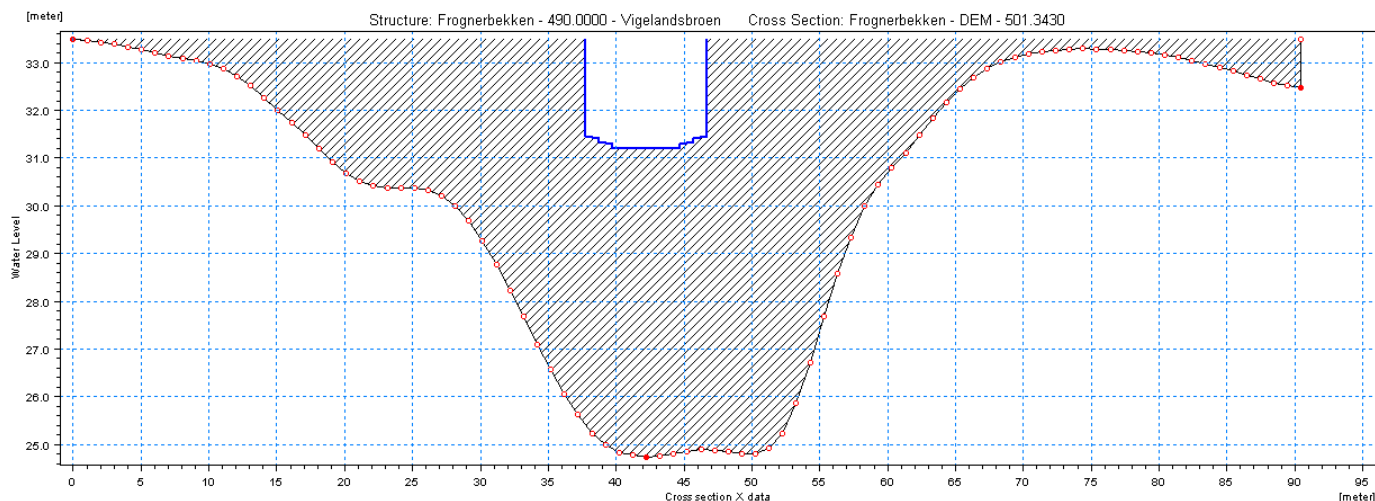
### Dambrudd Dam Svartkulp

Dambruddet i Dam Svartkulp utvikler seg til et fullt brudd i løpet av 3 minutter og maksimal bunnbredde er 18 meter, bredden i toppen av bruddet er 18 meter noe som tilsvarer at 3 støpeseksjoner kollapser fullstendig. Bruddet er begrenset av de faktiske tverrsnitt men er ca 5 meter på det høyeste. Maksimumsvannføringen ut av bruddstedet er 177 m<sup>3</sup>/s.

## 5.12 Dam Vigelandsbroen

Dam Vigelandsbroen er en murt dam. HRV er 31,2 mo.h. og damkrona ligger på 35,5 mo.h.. Dammen har en lengde på 100 m, høyden er 9,5 m til gangveien, høyden til overløpet er 5,2 meter. Overløpet er lukket og 9 meter bredt. Det er god klaring og liten fare for tilstopping. Dimensjoner gitt ovenfor er benyttet i dambruddsbølgeberegningene. Dammens geometri er vist

sammen med et tverrsnitt som ligger 10 m nedstrøms for dammen i figur 5-12. Det kan sees i figuren at tverrsnittet nedstrøms er noe bredere enn tverrsnitt på damstedet. Dette har ikke innflytelse på beregningene da det er inkludert et beregningspunkt på damstedet i modellen med dimensjoner som tilsvarer dammen som vist i figur 5-12. Damtegning for Vigelandsbroen er vist i bilag 9 (høyder på denne tegningen avviker fra høyder benyttet da en annen referanse høyde er benyttet på tegningen). Fotografier av dammen kan sees i bilag 1.



**Figur 5-12 Dam Vigelandsbroen vist i tverrsnitt oppstrøms dammen.**

#### Magasin Dam Vigelandsbroen

Magasinet tilhørende Dam Vigelandsbroen har et overflateareal ved HRV på 0,01 km<sup>2</sup>. En magasinkurve har blitt trukket ut fra terrengmodellen og gitt følgende data for Dam Vigelandsbroen:

| Dam Vigekandsbroen |                        |                        |
|--------------------|------------------------|------------------------|
| Høyde - moh.       | Volum - m <sup>3</sup> | Areal - m <sup>2</sup> |
| 35                 | 80400                  | 17000                  |
| 34                 | 65300                  | 13700                  |
| 33                 | 52300                  | 12600                  |
| 32                 | 40000                  | 12100                  |
| 31                 | 28500                  | 10800                  |
| 30                 | 18300                  | 9600                   |
| 29                 | 9400                   | 8000                   |

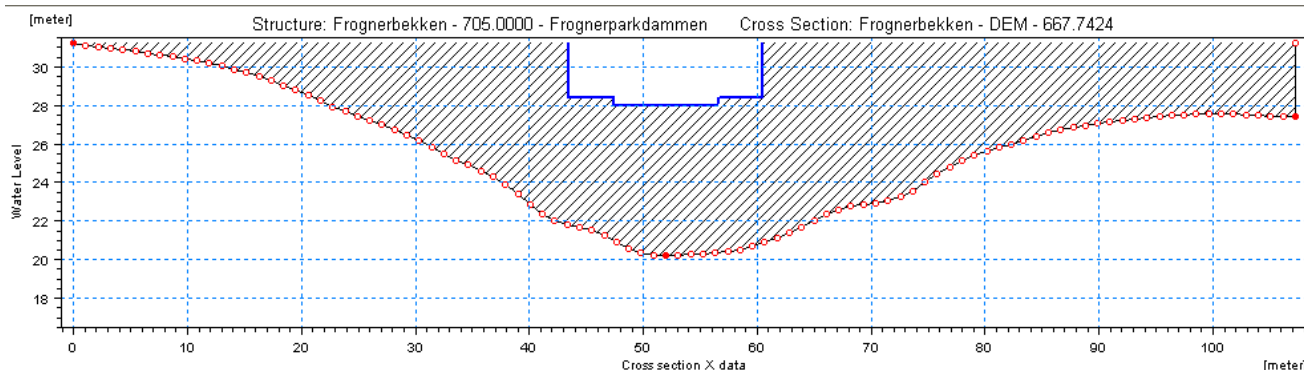
**Tabell 5-10 Dam Vigelandsbroen, magasinkurve**

#### 5.13 Dam Nedre Frognerpark

Dam Nedre Frognerpark er en murt dam med støpt overløp og betong plate på vannsiden. HRV er 28 mo.h. og damkrona ligger på 28,4 mo.h.. Dammen har en lengde på 17 m og høyden er 4 m. Overløpet er 9 meter bredt det er god klaring og liten fare for tilstopping. Dimensjoner gitt ovenfor er benyttet i dambruddsbølgeberegningene. Dammens geometri er vist sammen med et tverrsnitt som ligger 40 m oppstrøms for dammen i figur 5-13. Det kan sees i figuren at tverrsnittet er noe bredere enn tverrsnitt på damstedet. Dette har ikke innflytelse på beregningene da det er inkludert et beregningspunkt på damstedet i modellen med dimensjoner



som tilsvare dammen som vist i figur 5-13. Damtegnning for Dam Nedre Frognerpark er vist i bilag 9 og fotografier av dammen kan sees i bilag 1.



**Figur 5-13 Dam Nedre Frognerpark vist i tverrprofil oppstrøms dammen.**

### Magasin Dam Nedre Frognerpark

Magasinet tilhørende Dam Nedre Frognerpark har et overflateareal ved HRV på 0,01 km<sup>2</sup>. En magasinkurve har blitt trukket ut fra terrengmodellen og gitt følgende data for Dam Nedre Frognerpark dammen:

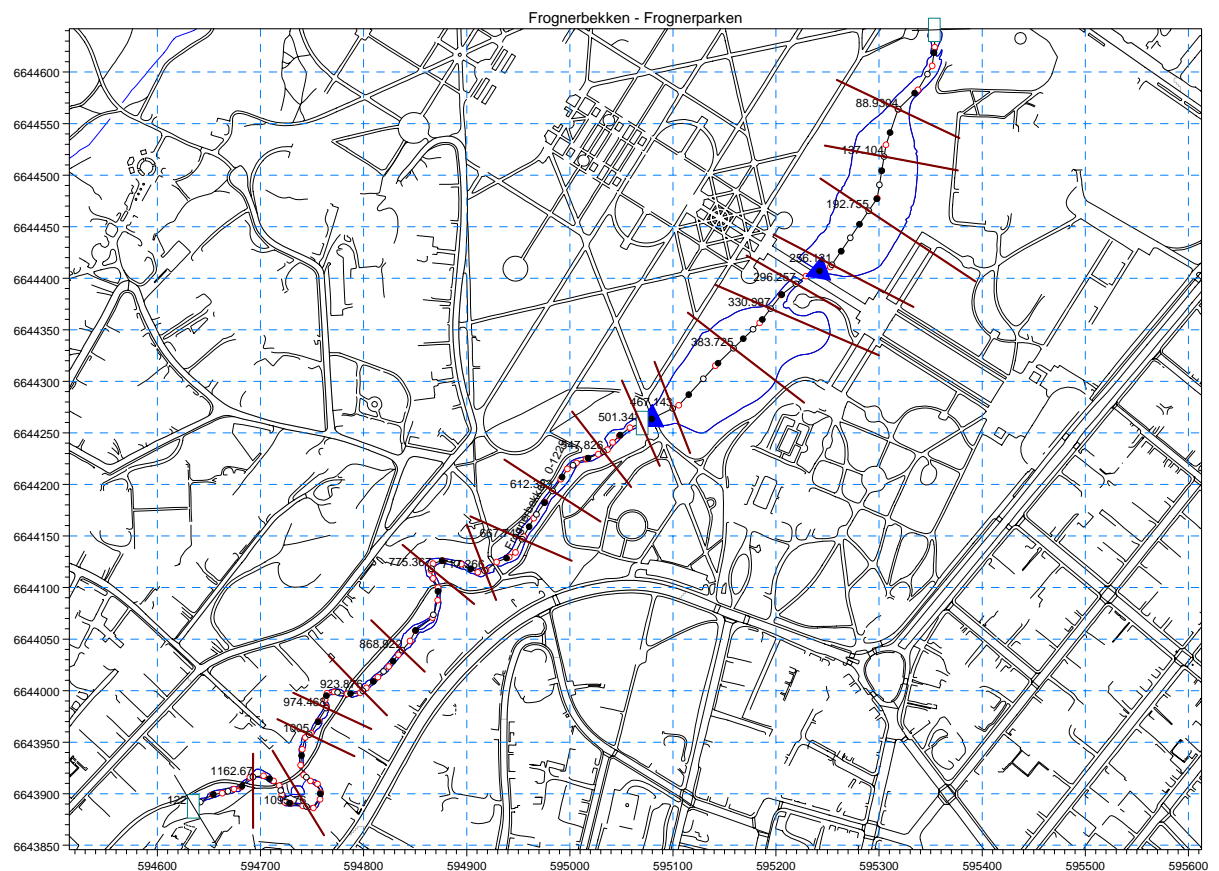
| Dam Nedre Frognerpark dammen |                        |                        |
|------------------------------|------------------------|------------------------|
| Høyde - moh.                 | Volum - m <sup>3</sup> | Areal - m <sup>2</sup> |
| 30                           | 45700                  | 14100                  |
| 29                           | 32200                  | 12900                  |
| 28                           | 19500                  | 12500                  |
| 27                           | 8500                   | 8800                   |
| 26                           | 1900                   | 4500                   |

**Tabell 5-11 Dam Nedre Frognerpark, magasinkurve**

### Dambrudd Vigelandsbroen og Nedre Frognerpark dammen

Det er gjort dambruddsbølgeberegninger med Q<sub>1000</sub> som initial situasjon. Det er kun den nederste delen av den 1 dimensjonal modell som er benyttet (figur 5-14). Som oppstrømsgrense betingelse er maksimum kapasitet av kulvert under NVE benyttet. Det gir en innløpsflom med en maksimal vannføring på 24 m<sup>3</sup>/s. Ved Q<sub>1000</sub> er vannstanden er 33,1 mo.h. ved Vigelandsbroen så det er god klaring under broen. Over Nedre Frognerparkdammen er vannstanden 29,2 mo.h. så den er overtoppet, men det er god klaring opptil undersiden av brodekket. Dammen er en steindam med betongplate på vannsiden så den tåler en overtopping på 0,4 \* damhøyden (30 mo.h.).

Fra Nedre Frognerpark dammen til Sigurd Syrsgate er det lagt til en vannføring på 7,4 m<sup>3</sup>/s. Nedre randbetingelse er en Q/H kurve som er trukket ut fra den kombinerte modell som gir en maksimum kapasitet av kulvert under Sigurd Syrs gate på 28 m<sup>3</sup>/s. Det betyr at det allerede ved initial betingelsen for 1000 års flommen er 3,4 m<sup>3</sup>/s som kan renne forbi inntaket til kulverten under Sigurd Syrs gate og ned til Skøyen.



Figur 5-14 Tverrprofiler og model strekning DBBB Frognerpark dammene.

Dambruddet for Vigelandsbroen utvikler seg trapesformet til 27 mo.h. med en bunnbredde på 5 meter og en toppbredde på 22 meter over 6 minutter. Dambruddsbølgen fra Vigelandsbroen ved 1000 års flommen er  $135 \text{ m}^3/\text{s}$  og den dempes til  $73 \text{ m}^3/\text{s}$  i Dam Nedre Frognerparken. Vannstanden i Nedre Frognerpark dammen er 30,4 mo.h. Det betyr at denne dammen skal gå til dominobrudd i henhold til retningslinjene. Det er ikke regnet dominobrudd for Dam Nedre Frognerparken ved et brudd på Vigelandsbroen.

Dambruddet for Nedre Frognerparkdammen utvikler seg trapesformet til 25 mo.h. med en bunnbredde på 4 meter og toppbredde på 14 meter. Dambruddsbølgen fra Nedre Frognerpark dammen er  $87 \text{ m}^3/\text{s}$  med  $Q_{1000}$  som initial situasjon.

## 6. DAMBRUDDSBØLGEBEREGNINGER OG RESULTATER

### 6.1 Beregninger

Beregningene er som tidligere nevnt utført ved hjelp av beregningsmodellen MIKE FLOOD. Modell oppstillingen og inngangsdata er diskutert i kapittel 5.

Strekningen oppstrøms for Ringveien i Pinabekken og Sognsvannsbekken er simulert med MIKE 11 modell (figur 6-1). Denne strekningen er ikke kritisk og det er ikke noen berørte hus på denne strekningen. Dambruddsbølge resultatene er presentert på kart i målestokk 1:15 000 på denne strekningen. For strekning Dam Lille Åklungen til Ringveien er den "tradisjonelle" fremstilling av resultatene benyttet. I figur 6-2 og vedlagte tegning 50009319-001 er valgte profiler og dambruddsbølge kart vist. Tabellen tilhørende kartet viser resultatene for hvert utvalgte tverrprofiler fra 1D modellen. Kolonnen "Kotehøyde bølgetopp" viser den største vannstanden (m o.h.) som er beregnet (dambruddsbølge +  $Q_{1000}$ ). Kolonnen "Maksimal

vannstandsstigning ” viser hvor mye vannstanden i elva maksimalt vil stige som følge av selve dambruddet. Kolonnene ”Ankomsttid bølgefront” og ”Ankomsttid bølgetopp” viser hvor lang tid man kan forvente at ”bølgen” bruker fra dammen til den når det aktuelle området. I enkelte tilfeller er vannstandstigningen mindre enn 1 meter og i disse tilfeller er det ikke angitt tid for ”ankomsttid bølgefront”. Tabellene gir ellers informasjon om vannhastigheten til bølgetopp, samt maksimal vannføring.

For å finne ut om en aktuell vei eller hus er oversvømt, kan man se på kartet, finne nærmeste tverrsnitt og lese aktuell vannstand fra tabellen.

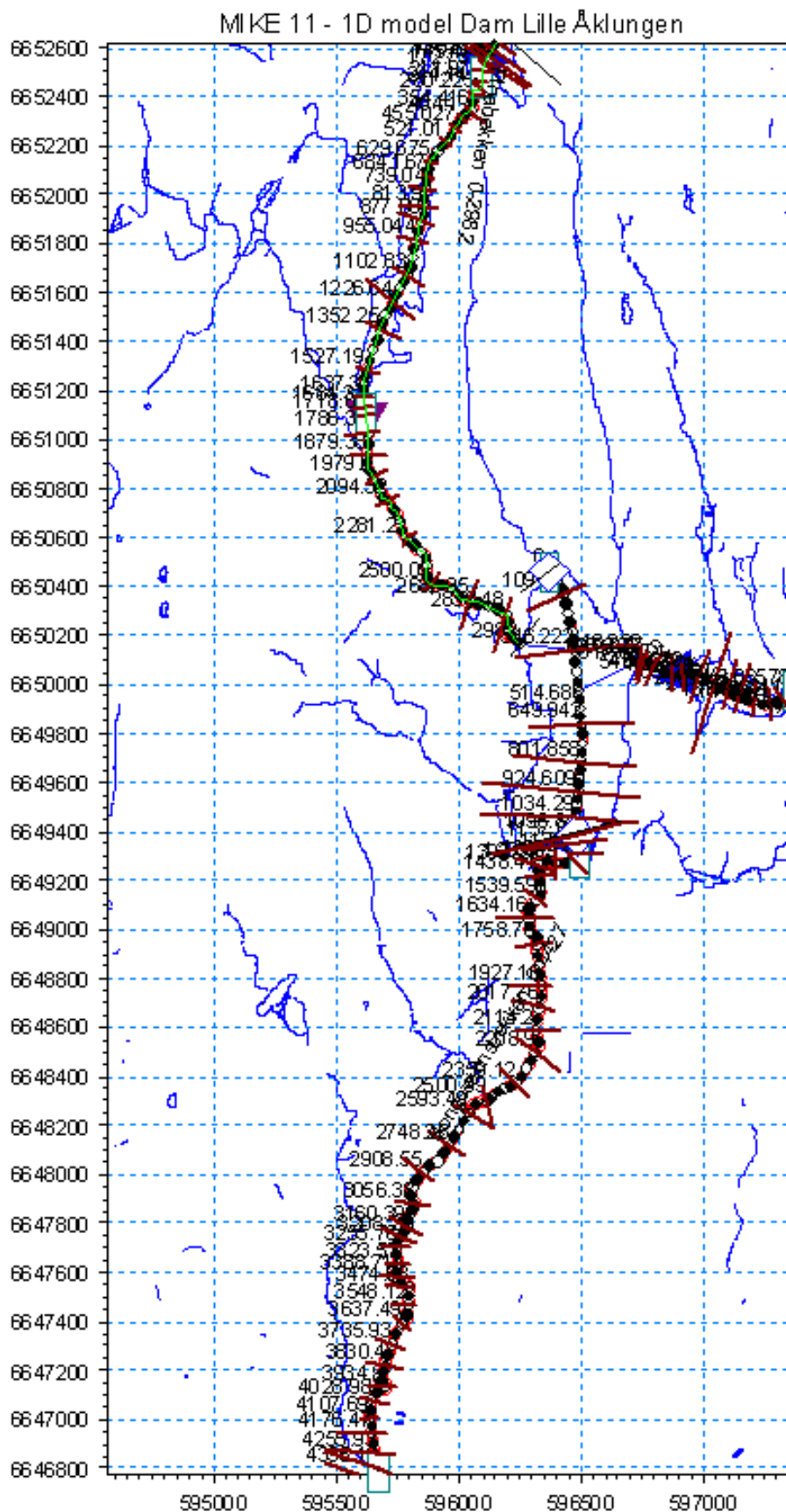
Nedstrøms for Ringveien er konsekvensene større og her er kart i 1:5000 målestokk eller bedre brukt til å presentere resultatene. Nedstrøms for Ringveien er en 2D modell benyttet i stedet for den tradisjonelle 1 dimensjonale modell og presentasjon av resultatene er noe modifisert i forhold til den vanlige tabell som legges ved dambruddsbølgekart. Dette er gjort da det beregnes vannstander, hastighets og vannføringsvektorer for alle de 6.5 millioner beregningsceller i 2D modellen. Disse dataene er mest oversiktlig å presentere som kart da det ikke er praktisk å presentere dem i tabeller. Det er hentet ut informasjon fra enkelte punkter for å gi ankomsttid av dambruddsbølgen som er også vist på kart sammen med vannstand for det gitte punkt, se vedlagt tegning 50009319-004.

## 6.2 Resultater DBBB Dam Lille Åklungen

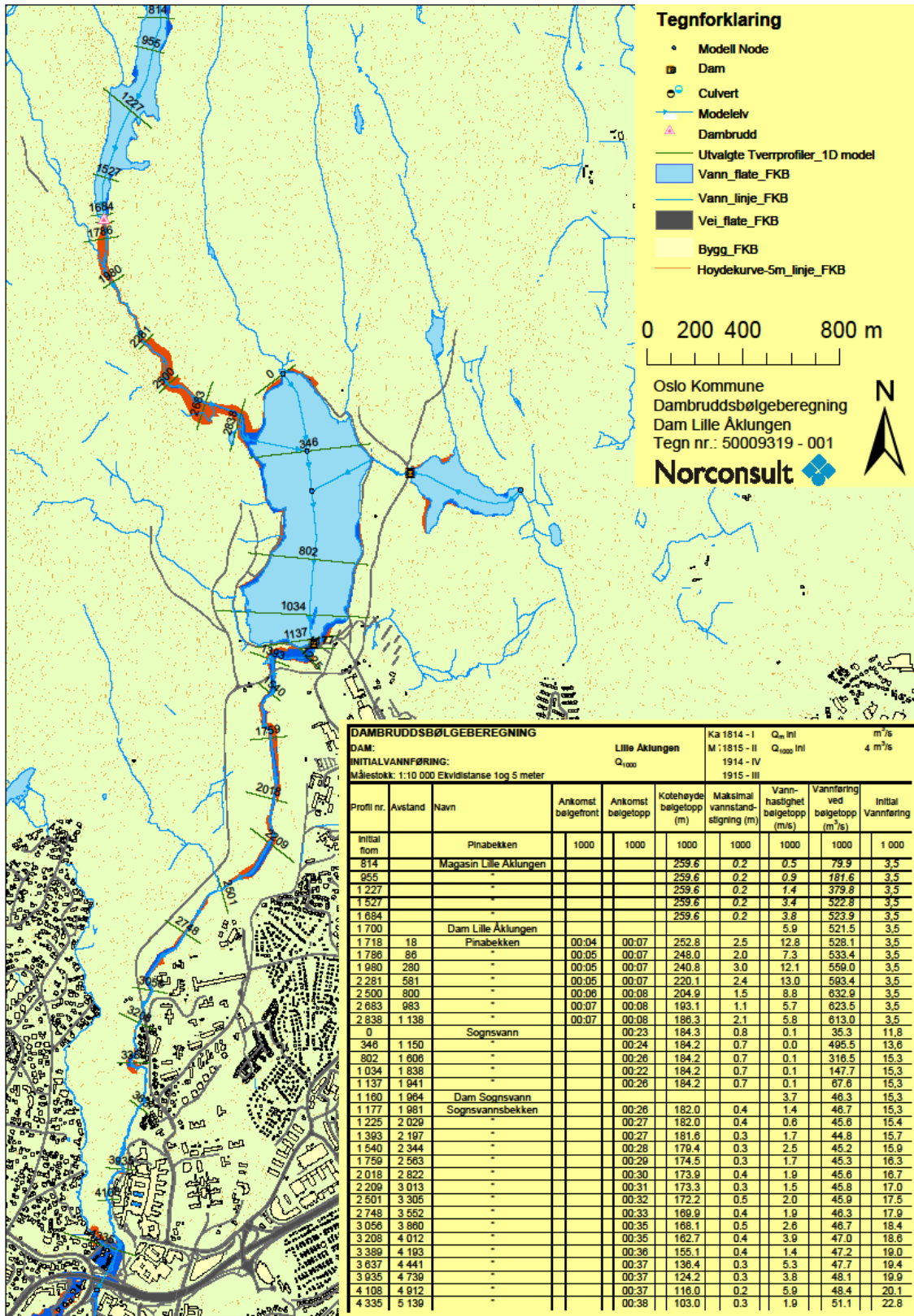
Resultatene presenteres i to deler, først diskuteres strekningen ned til Ringveien også diskuteres strekningen fra Ringveien til Frognerkilen. Det er på den siste strekningen hvor det er skader på bygninger og infrastruktur inntreffer.

### **Dam Lille Åklungen til Ringveien.**

Modelloppstillingen og alle tverrsnitt benyttet er vist i figur 6-1. Det er regnet vannstand og vannføring for alle tverrsnitt vist på figuren. Hvis tverrsnittene ligger mer enn 50 meter fra hverandre, er det interpolert tverrsnitt hvor det er utført beregninger. Modellen inkluderer 300 beregningspunkter og 90 tverrsnitt som er hentet fra den konstruerte terrengmodell. For å gjøre resultat presentasjonen tydeligere, er det valgt 35 tverrprofiler som det er presentert resultater for i tabellform. De valgte profiler er vist i figur 6-2 og på tegning 50009319-001. Kartene som gir dambruddsbølgen og 1000 års flommensutbredelse er basert på alle beregningspunkter som er vist i figur 6-1.



**Figur 6-1 – Alle tverrprofiler og beregningspunkter i den 1 dimensjonale modell fra Dam Store Åklungen og ned til Ringveien.**

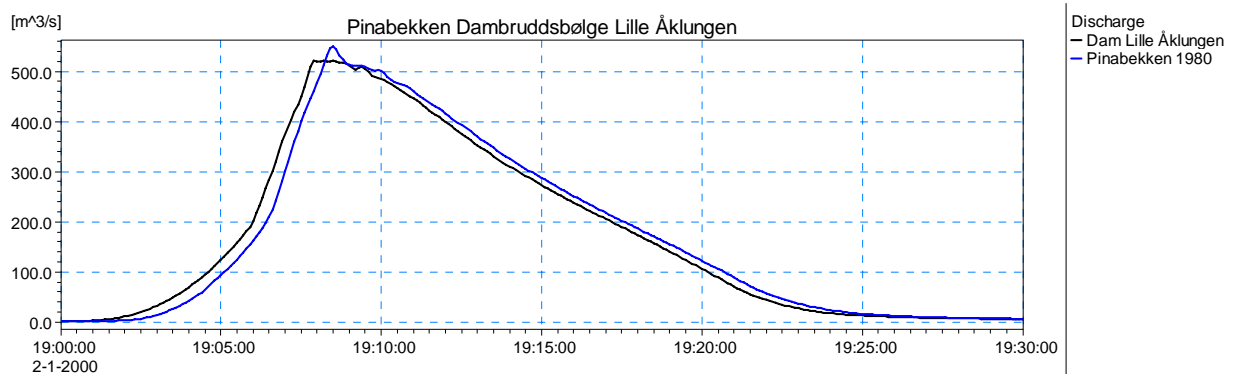


Figur 6-2 Utvalgte tverrprofiler og beregningspunkter i den 1 dimensjonale modell fra Lille Åklungen og ned til Ringveien (se tegning 50009319-001 for bedre lesbarhet).



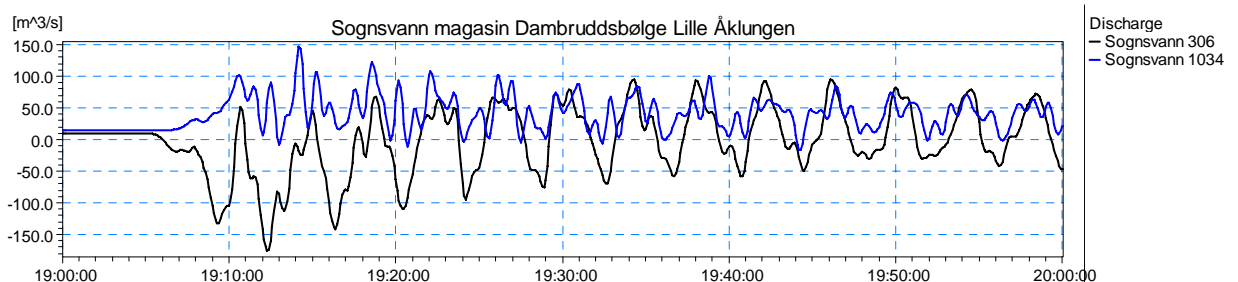
Forløp av dambruddsbølgen nedover i vassdrager er vist i figur 6-3, 6-4 og 6-5 mens plassering av profilene kan sees i figur 6-2.

I figur 6-3 er dambruddsbølgen ut av dammen vist sammen med dambruddsbølgen 280 meter nedstrøms for damstedet. Det kan sees at bølgen nedstrøms er høyere enn bølgen ut av damstedet. Ved et dambrudd vil det gå en bølge oppover i magasinet og den vil snu og ta den første bølgen igjen. Den første bølge nedover vassdraget vil bevege seg noe langsommere på grunn av friksjon. Den andre bølgen vil så ta igjen den første bølgen og vannføringen blir høyere nedstrøms for dammen enn hva den er ut av bruddet. Denne effekten forsterkes ved kortere bruddtid.



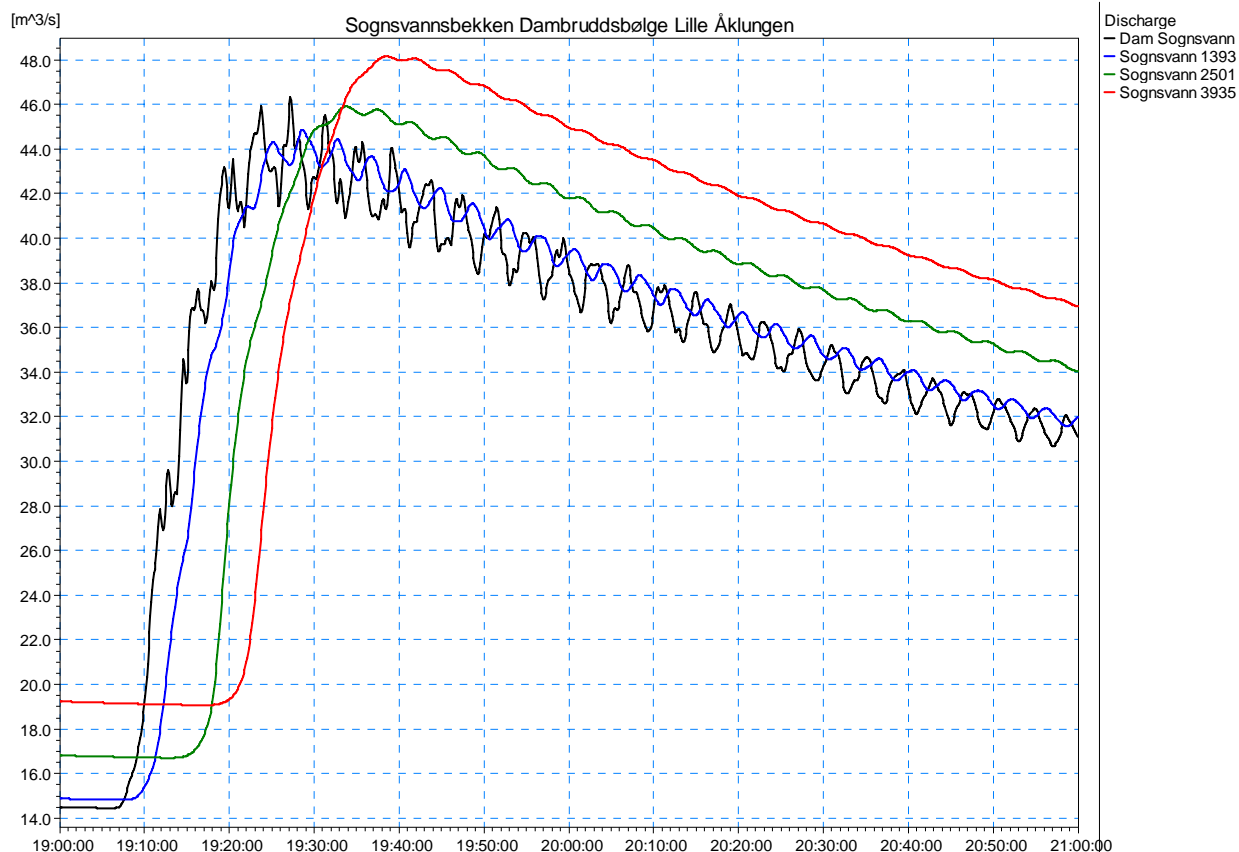
**Figur 6-3 Forløp av dambruddsbølge fra Dam Lille Åklungen i Pinabekken ned til Sogsvann**

I figur 6-4 sees tidsserier av vannføring i to tverrprofiler i Sogsvann. En tidsserie oppstrøms for samløpet med Pinabekken, profil 306 (ikke vist i figur 6-2) og en nedstrøms for samløpet med Pinabekken, profil 1034. Fra figuren sees det at når bølgen fra Pinabekken kommer til Sogsvann vil det dannes to bølger en som beveger seg oppover i magasinet (negativ vannføring) og en som beveger seg nedover (positiv vannføring) i magasinet. De to bølgene vil så snu og møtes. De vil da forsterke hverandre. Denne effekten forsetter i hele simuleringsperioden. Effekten beskrives forenklet med den 1 dimensjonale modell siden det egentlig er en to dimensjonal effekt. Det forventes at resultatene som beskrevet er tilnærmet like de faktiske og bruk av en to dimensjonal modell ville ikke gitt markant forskjellige resultater.



**Figur 6-4 Forløp av dambruddsbølge fra Lille Åklungen i Sogsvann magasin**

I figur 6-5 er bølgen ut fra Dam Sogsvann og nedover Sogsvannsbekken til Ringveien vist. I figuren kan det sees at effekten av den oscillerende bølge i Dam Sogsvann dempes nedover i bekken. Vannføring øker gradvis nedover på grunn av tilsig fra det lokale nedbørsfelt.



**Figur 6-5 Forløp av dambruddsbølge fra Lille Åklungen i Sognsvannsbekken ned til Ringveien**

I Figur 6-2 kan det sees at det i Pinabekken er høye hastigheter på 13 m/s i enkelte profiler. Det er klart at en slik bølge vil ha en voldsom kraft. Heldigvis er det ikke utsatte bygninger på denne strekningen. Etter at bølgen dempes i Sognsvann vil det ikke være en vannstandstigning på mer enn 0,6 meter på strekningen Dam Sognsvann til Ringveien og vannhastigheter er mindre enn 6 m/s.

#### Ringveien til Frognerkilen

Fra Ringveien og ned til Frognerkilen benyttes kart i større utstrekning for å beskrive følgene av dambruddsbølgen. Kart er den mest hensiktsmessig måte å presentere resultater fra 6,5 millioner beregnings celler hvert minutt av simuleringsperioden. Det betyr at vi har hentet ut høyeste vannstand over en tidsperiode og hastighetsvektorer ved gitte tidspunkt som tilsvarer tiden hvor bølgetoppen passerer det presenterte område. På grunn av detaljeringsgraden, 1 \* 1 meter horisontal oppløsning, må vi bruke detaljkart for å vise resultatene. Plasseringen av detaljkartene er gitt i oversiktsfigurene.

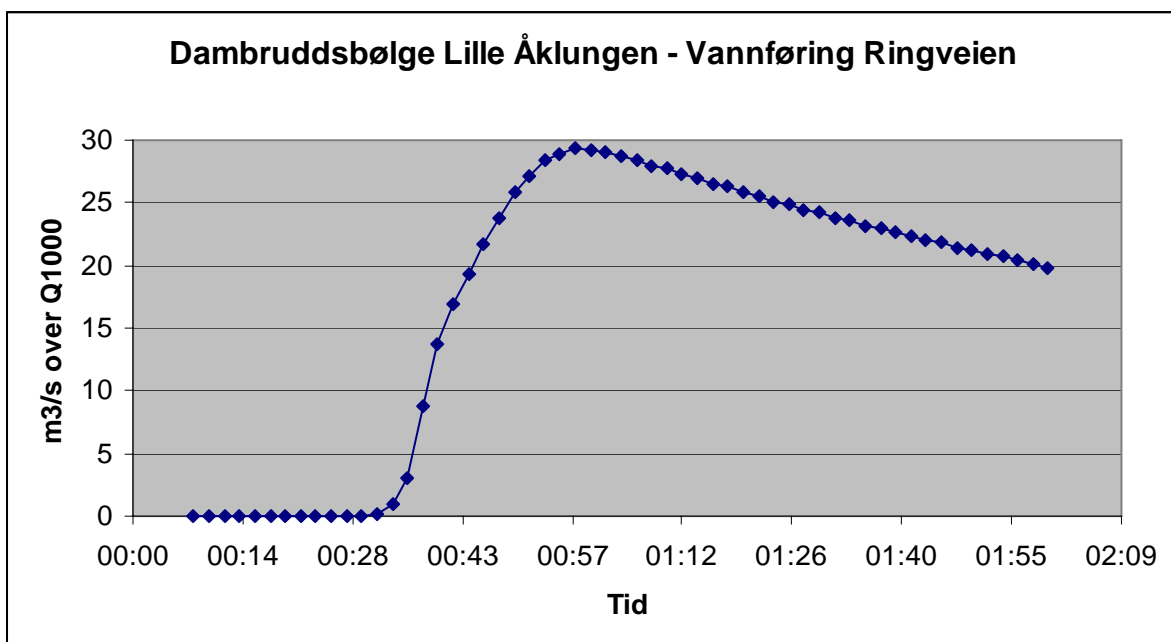
Tilløpsflom utover initial vannføringen,  $Q_{1000}$ , ved Ringveien er vist i figur 6-6.

Initial vannføring ved  $Q_{1000}$  er  $22,7 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $15,3 \text{ m}^3/\text{s}$  fra Sognsvann,  $2,3 \text{ m}^3/\text{s}$  fra Risbekken og  $5,1 \text{ m}^3/\text{s}$  tilsig på strekningen Sognsvannsdammen – Ringveien). Total vannføring ved bølgetopp er på  $51 \text{ m}^3/\text{s}$ . (Tilsig fra Risbekken er ikke med i figur 6-5 derfor er denne på  $48 \text{ m}^3/\text{s}$ .) Fra 1 D modellen har vi at bølgetoppen bruker 38 minutter fra brudd på Dam Lille Åklungen til Kulvert Ringveien. I figur 6-6 så ser av at dette inntreffer 00:58. Dette er fordi vi delte modellsimuleringen når bølgen kom til Ringveien. Det har ikke innflytelse på resultatene og i tabeller har vi trukket fra 20 minutter for å gi riktig ankomst tid for bølgen nedstrøms for

Ringveien. I figur T1 til T4 må man trekke fra 20 minutter for å få riktig tidspunkt etter dambrudd som hastighetsvektorene er vist.

Ved middelflom vil ikke kulverten gå full og simuleringer viste at det var ubetydelig oversvømmelse nedover Sognsvannsbekken ved middelflom (ikke vist).

Ved et brudd på Dam Lille Åklungen vil en bruddbølge ha tilsvarende størrelse ut av Dam Sognsvann ved begge initial situasjonene. Vi benyttet dette til å si at maksimalt vanddyb for brudd ved  $Q_m$  er tilnærmet  $Q_{1000}$  initial i Sognsvanns- og Frogner-bekken. En bruddbølge vil forplante seg nedover Slemdalsveien som er noe mindre ved  $Q_m$  enn ved  $Q_{1000}$ , men som vil oversvømme et område som ikke var oversvømt ved initial betingelsen. Langs Slemdalsveien vil vi underestimere vanddybene og utstrekningen noe når vi bruker  $Q_{1000}$  initial i stedet for bruddbølge ved  $Q_m$ .



**Figur 6-6 Tilløpsflom oppstrøms kulvert Ringveien ved DBBB på Dam Lille Åklungen utover  $Q_{1000}$  initial flom**

Kapasitet på kulverter er gitt i tabell 6-1 som også viser modellert vannføring i kulvert og vannføring som prosent av maksimal kapasitet.

| Navn                      | Overslag<br>Maksimum<br>kapasitet/<br>vannstandsstigning<br>$m^3/s / m$ (mo.h) | Q1000/ $Q_m$<br>Total tilsig<br>Initial situasjon |         | Q1000/ $Q_m$<br>Modellert kapasitet<br>ved DBBB Lille<br>Åklungen<br>$m^3/s$ (%) / $m^3/s$ (%) |         |
|---------------------------|--|---|---------|--|---------|
|                           |  | $m^3/s$   | $m^3/s$ | $m^3/s$  | $m^3/s$ |
| Kulvert Ringveien         | 30 / 3,0 (102)   | 21,3  | 8,3     | 18 (60%)   | -       |
| Kulvert Slemdalsveien     | 20 / 2,6 (63,1)  | 30,1  | 11,5    | 16 (80%)   | -       |
| Kulvert Frøn stasjon.     | 20 / 3,2 (56,8)  | 30,1  | 11,5    | 16 (80%)   | -       |
| Kulvert Majorstua stasjon | 30 / 3,6 (51,2)  | 30,1  | 11,5    | 21 (70%)   | -       |
| Kulvert F. Nansensvei     | 30 / 6,7 (43,1)  | 33,8  | 12,4    | 24 (80%)   | -       |
| Kulvert Sigurd Syrs gate  | 40 / 3,6 (7,2)   | 40,8  | 14,3    | 28 (70%)   | -       |

**Tabell 6-1 Kapasitet av kulverter,**

Som det fremgår av tabell 6-1 vil alle kulvertene ha noe ekstra kapasitet ved en middelflom, mens de går fulle ved en 1000 årsflom.

### **Beskrivelse av tegninger og figurer vedlagt**

Utover figurer vist i rapporten er tegninger og figurer vedlagt og en kort beskrivelse av hva de vedlagte tegninger viser og hva de er benyttet til er gitt i det følgende.

### **Dam Lille Åklungen**

Kart som viser maksimum vannstand ved dambruddsbølge ved  $Q_{1000}$ . På kartene er det vist vannstander høyere enn 1 cm. Tegning 50009319-002 inneholder et oversiktskart som gir plassering av detaljkartene som er vist på 50009319-002 og 50009319-003

50009319-002 : Dambruddsbølgekart – Ringveien til Frognerkilen Del 1

50009319-003 : Dambruddsbølgekart – Ringveien til Frognerkilen Del 2

Disse kartene er brukt til å bestemme antall berørte bygg gitt i tabell 6-2

Kart som viser maksimum vannstand ved en dambruddsbølge (samme som over, men med flyfoto som bakgrunn) og uten oversvømte områder ved initial flom.

50009319-004 : Dambruddsbølgekart – Ringveien til Frognerkilen m/tabell

Figurer – Del områder vist på tegning 50009319-002 og 50009319-004

T1 : Detalj Dambruddsbølgekart hastighetsvektorer, Del 1

T2 : Detalj Dambruddsbølgekart hastighetsvektorer, Del 5 og Del 2

T3 : Detalj Dambruddsbølgekart hastighetsvektorer, Del 6 og Del 3

T4 : Detalj Dambruddsbølgekart hastighetsvektorer, Del 4

Disse kartene er benyttet til å finne områder hvor det er høye hastigheter og visuelt fremstille oversvømt område.

Kart som viser en vannstand på mer enn 1 meter ved  $Q_{1000}$  initial flom er vist på tegning 50009319-005

50009319-005 : Vannstand  $Q_{1000}$  - Ringveien til Frognerkilen

Dette kartet er brukt til å gi en tilnærming av arealer hvor det vil være en vannstandstigning på mer enn 1 meter ved et dambrudd på Lille Åklungen ved middelflom som initial situasjon

Kart som viser vannstandsstigning på mer enn 1 meter av DBBB ved  $Q_{1000}$  er vist på tegning 50009319-006 : Vannstandsstigning ved DBBB på Dam Lille Åklungen,  $Q_{1000}$  Ringveien til Frognerkilen

Dette kartet er brukt til å gi vise arealer hvor det vil være en vannstandstigning på mer en 1 meter ved et dambrudd på Lille Åklungen ved 1000 årsflom som initial situasjon.

### **Resultater**

Når bølgen kommer til Ringveien, vil kulvert under Ringveien allerede gå full som følge av 1000 års initial flommen og ikke ha ytterligere kapasitet. Det betyr at dambruddsbølgen fra Dam Lille Åklungen ikke vil skape ytterligere skader nedover Sognsvanns- og Frogner-bekken gjennom Vigelandsparken og ut i sjøen ved en 1000 årsflom som initial situasjon. Det er allerede oversvømmelse av Ringveien og vann strømmer langs Slemdalsveien og over Vestre Gravlund. Dambruddsbølgen vil følge denne veien mot Skøyen og forårsake ytterligere skader langs Slemdalsveien. Som det fremgår av figur 6-7 er det kun et enkelt parti hvor vannstandsstigningen er større enn 1 meter som markert i figuren med rød sirkel. Den samme figur er vedlagt som tegning 50009319-006 for bedre lesbarhet.

En figur som viser oversvømt område ved maksimum vannstand ved en dambruddsbølge syd for Ringveien er vist i figur 6-8 og på tegning 50009319-004. Tegning 50009319-004 inkluderer en tabell som angir ankomst tider av bølgetopp samt maksimum vanddyb. Vi har kun valgt punkter langs Slemdalsveien. Dette er gjort da bølgen ikke forplanter seg nevneverdig

langs Songsvannsbekken ved 1000 årsflom som initial situasjon. I figur 6-7 kan det sees at det er enkelte steder hvor det er en liten vannstandstigning langs Sognsvannsbekken, spesielt i Frognerdammen, men vannstandstigningen er så liten av vi har neglisjert den.





**Figur 6-7 Vannstandstigning ved DBBB Dam Lille Åklungen med 1000 årsflom som initial situasjon**





**Figur 6-8 Oversvømt område i rødt ved DBBB Dam Lille Åklungen med 1000 årsflom som initial situasjon**

Hastighetsvektorer er vist i figur T1 til T4 og plassering er angitt på tegning 50009319-004 som også gir vanndyp. Steder hvor det er høye hastigheter inkluderer område syd for Rasmus Windernsvei hvor det er en foss og område som er markert med rød sirkel i figur 6-7. Utover disse to stedene er det også høye hastighet over Vigelandsbroen, men ingen av disse stedene er kritiske. Vannhastigheter er generelt mindre enn 5 m/s så problemer med høye hastigheter er forventet å være av lokal karakter.

Bølgentoppen bruker 26 minutter fra Ringveien og ned til Skøyen. Det gir en total tid på 1 time og 6 minutter fra Dam Åklungen gikk til brudd til bølgen når Skøyen. Den korte tiden gir ikke store mulighet for varsling.

I figur 6-9 kan vi se oversvømt område ved  $Q_{1000}$  initial som vi har tilnærmet dambruddsbølge ved  $Q_m$  som initial situasjon. Her er det enkelte områder som utpeker seg som problem områder og disse kan gjenfinnes i de andre tegninger og figurer.

Vannstandsstigningen er større enn 1 meter oppstrøms, nedstrøms og over Ringveien. Skader på infrastruktur i dette område må forventes ved en dambruddsbølge fra Dam Lille Åklungen.

Oppstrøms kulvert under Slemdalveien er det oppstuvning av vann på mer enn 1 meter og flomvannet vil følge T-Bane trasen nordover mot Blinder stasjon, sørover mot Frøen og Majorstua stasjon. Skader på infrastruktur i dette område må forventes ved en dambruddsbølge fra Dam Lille Åklungen.

Majorstua stasjon; Inne på stasjon området så vil det være oversvømmelse delvis på grunn av vann som følger T-Bane trasen på grunn av oppstuvning ved Slemdalsveien. Oversvømmelsen er ikke slik at vann forventes å strømme ned i tunnel mot National Teateret eller i tunnel mot Sørkedalsveien. Vannstandsstigningen er mindre enn 1 meter inne på stasjonsområde. Skader på infrastruktur i dette område må forventes ved en dambruddsbølge fra Dam Lille Åklungen.

Middelthunsgate; Her er det oppstuvning av vann på mer en 1 meter og oversvømmelse av næringsbygg og parkeringskjeller. Skader på næringsbygg og infrastruktur i dette område må forventes ved en dambruddsbølge fra Dam Lille Åklungen.

Skøyen; Dambruddsbølge beregningene er avsluttet her, men det kan sees at nedstrøms for kulvert inntak til Sigurd Syrsgate er vannstandsstigning på mer enn 1 meter. Det forventes noe skader på Skøyen både på bygg og infrastruktur. Siden området er nært modellens grense er bestemmelse av omfanget usikkert.





**Figur 6-9 Vannstand ved  $Q_{1000}$  Tilnærmet DBBB Dam Lille Åklungen med middelflom som initial situasjon**

Resultatene er presentert i tegninger 50009319-002 og 50009319-003 som viser utbredelse av  $Q_{1000}$  initialsituasjonen og maksimums utbredelse av dambruddsbølge. Disse tegningene er benyttet for å gi antall berørte bygninger som er gitt i tabell 6-2.

Tabell 6-2 oppsummerer bygninger som oversvømmes ved en Dambruddsbølge fra Dam Lille Åklungen. Vi har antatt at oversvømte bygninger ved brudd med  $Q_m$  som initial situasjon er lik oversvømte bygninger ved  $Q_{1000}$ . Vi har ikke talt med arbeidsplasser, bebyggelse som ligger utenfor modellens grenser, eller regnet ekvivalente boligheter.

| <b>Berørte bygg ved en Dambruddsbølge på Dam Lille Åklungen</b> |  |  |  |
|---|--|--|--|
| <i>Detalj kart</i>  | <i><math>Q_{1000}</math> initial situasjon<br/>Lille Åklungen DBBB</i> | <i><math>\sim Q_m</math> Initial Situasjon<br/>Lille Åklungen DBBB</i> | <i>Kommentar<br/>Problem områder</i>   |
| Del 1 – Pinabekken - Sognsvannsbekken                           | 0  | 0  |  |
| Del 1 – Ringveien   | 12   | 33   | Ringveien<br>Byggforskningsinstituttet<br>Næringsbygg Vinderen                 |
| Del 2 – Slemdal   | -  | 9  | T-Bane etter samløp med<br>Gaustadbekken<br>Slemdalsveien<br>Majorstua stasjon |
| Del 3 – Majorstua   | -  | 5  | NVE – garasje<br>Næringsbygg Majorstua   |
| Del 4 – Frogner   | 2  | 10   | Nedre deler er usikre  |
| Del 5 – Vinderen  | 24   | 18   | Sørkedalsveien<br>T-Bane   |
| Del 6 – Skøyen  | 6  | 4  | Vestre Gravlund<br>Kapell<br>Skøyen  |
| <b>Totalt</b>   | <b>44</b>  | <b>79</b>  |  |

**Tabell 6-2 Berørte hus DBBB Dam Lille Åklungen**

Det er NVE som bestemmer klasse, men basert på det presenterte material så foreslås det at Dam Lille Åklungen plasseres i damklasse 3.

### **Sammendrag dambruddsbølgeberegning, Dam Lille Åklungen**

Ved en dambruddsbølge på Dam Lille Åklungen vil 44 og 79 bygninger være berørt av dambruddsbølgen syd for Ringveien ved henholdsvis 1000 årsflom og middelflom som initial situasjon. Vannstandsstigninger er generelt mindre enn 1 meter med unntak av steder hvor det er oppstuvninger. Vannhastigheter er også lave. De største følger ved en dambruddsbølge er skader på infrastruktur. Ved et eventuelt brudd på Dam Lille Åklungen vil de følgende områder bli utsatt for betydelige vannmengder:

- Vannstanden vil bli større enn 1 meter oppstrøms, nedstrøms og over Ringveien.
- Oppstrøms kulvert under Slemdalsveien blir det oppstuvning av vann på mer enn 1 meter og flomvannet vil følge T-Bane trasen nordover mot Blindern stasjon, sørover mot Frøen og Majorstua stasjon.
- Majorstua stasjon: inne på stasjonsområdet vil det være oversvømmelse delvis på grunn av vann som følger T-Bane trasen på grunn av oppstuvning ved Slemdalsveien. Oversvømmelsen vil ikke bli slik at vann forventes å strømme ned i tunnel mot Nationalteateret eller i tunnel mot Sørkedalsveien. Vannstandsstigningen vil være mindre enn 1 meter inne på stasjonsområde.



- Middelthunsgate: her vil det være oppstuvning av vann på mer enn 1 meter og oversvømmelse av næringsbygg og parkeringskjeller.
- Skøyen: dambruddsbølgeberegningene er avsluttet her, men det kan sees at nedstrøms kulvert inntak til Sigurd Syrsgate vil være vannstandsstigning på mer enn 1 meter. Det forventes noe skader på Skøyen, både på bygg og infrastruktur.

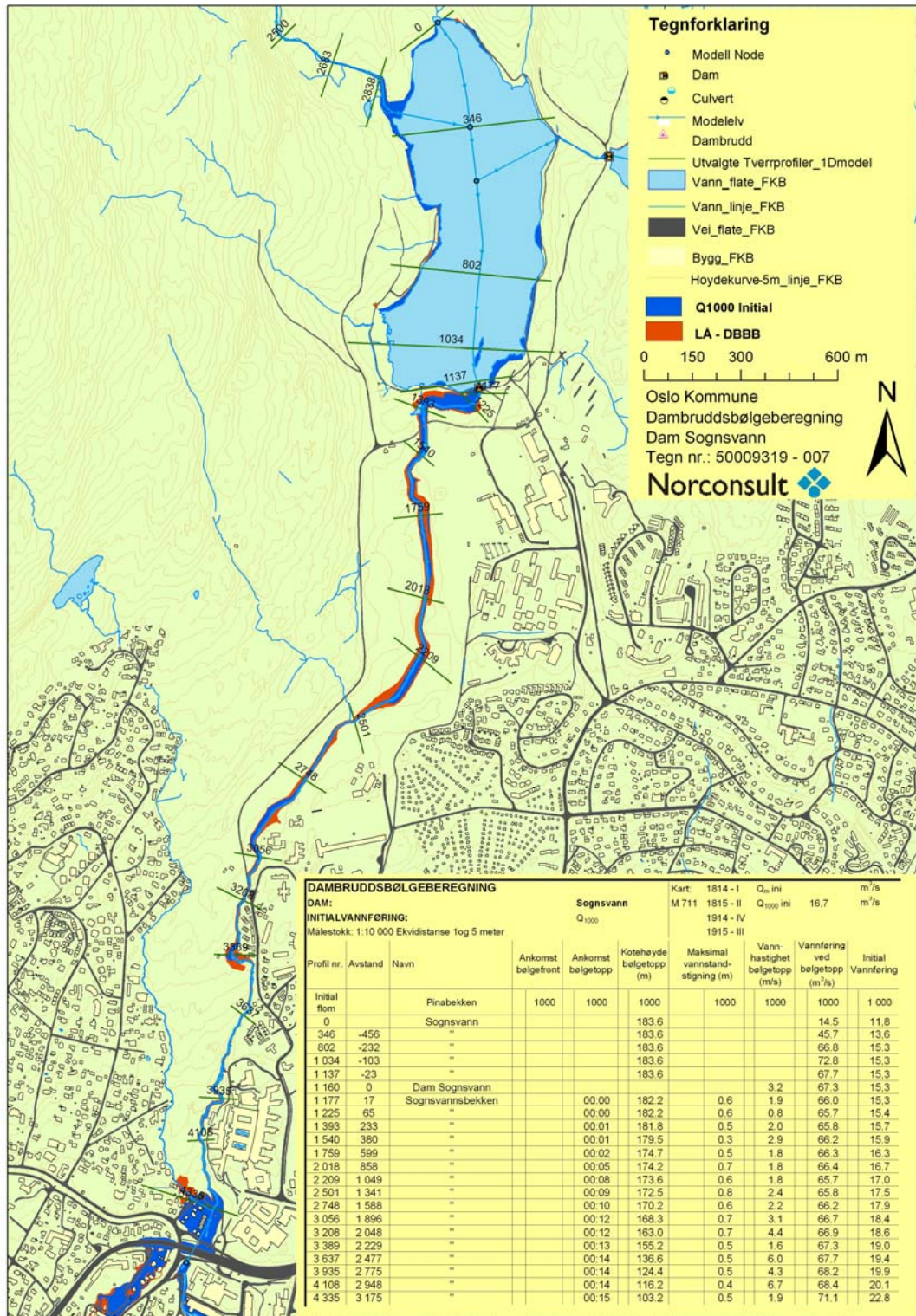
### **6.3 Resultater DBBB Dam Sognsvann**

Resultatene presenteres i to deler, først diskuteres strekningen ned til Ringveien og så diskuteres strekningen fra Ringveien til Frognerkilen. Det er på den siste strekningen hvor det er skader på bygninger og infrastruktur.

#### **Dam Sognsvann til Ringveien.**

Modelloppstillingen og alle tverrsnitt benyttet er vist i figur 6-1 mens figur 6-10 viser utvalgte profiler. Det er regnet vannstand og vannføring for alle tverrsnitt vist på figuren. Hvis tverrsnittene ligger mer enn 50 meter fra hverandre, er det interpolert tverrsnitt hvor det er utført beregninger. Modellen inkluderer 300 beregningspunkter og 90 tverrsnitt som er hentet fra den konstruerte terrengmodell. For å gjøre resultat presentasjonen tydeligere, er det valgt 22 tverrprofiler som det er presentert resultater for i tabellform.

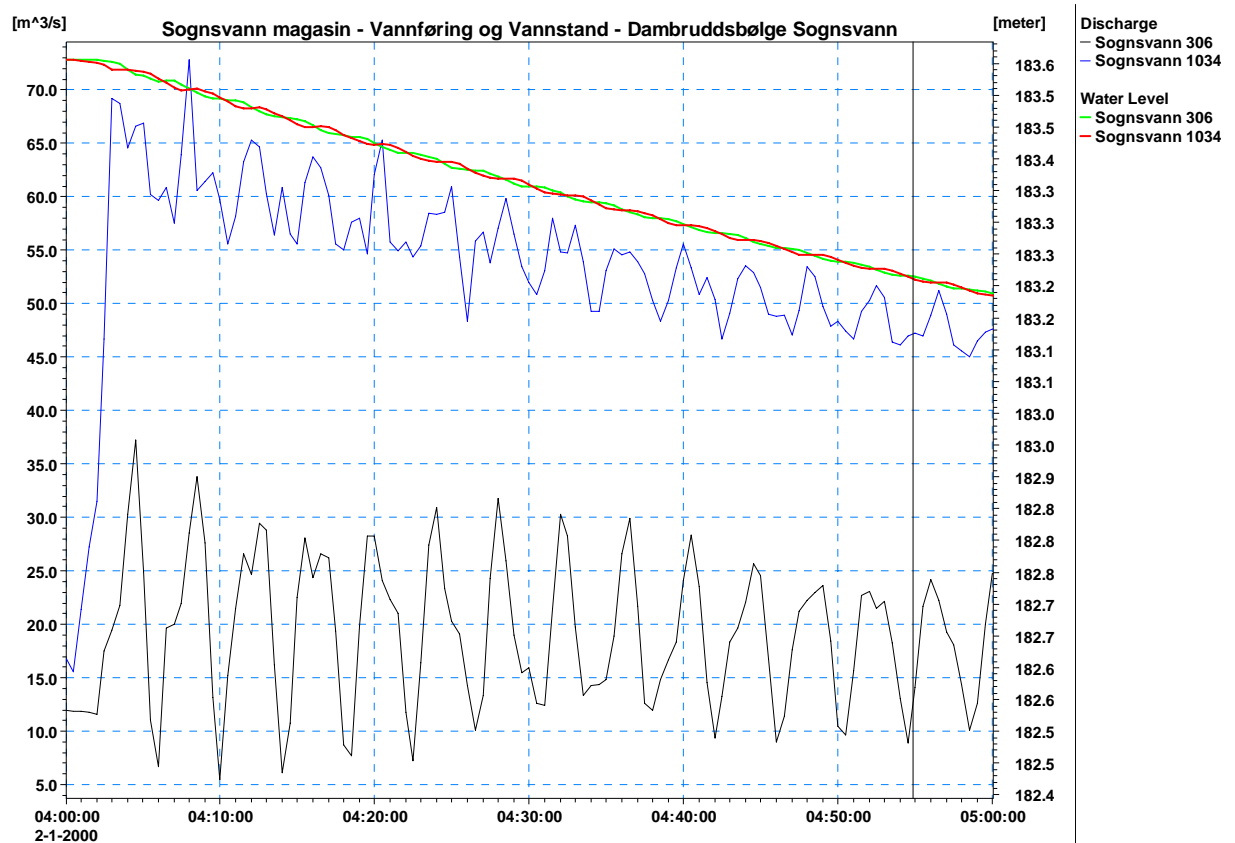
De valgte profiler er vist i figur 6-10 og på tegning 50009319-007. Kartene som gir dambruddsbølgens og 1000 års flommens utbredelse er basert på alle beregningspunkter som er vist i figur 6-1.



**Figur 6-10 Utvalgte tverrprofiler og beregningspunkter i den 1 dimensjonale modell fra Sognsvann og ned til Ringveien (se tegning 5009319-007 for bedre lesbarhet).**

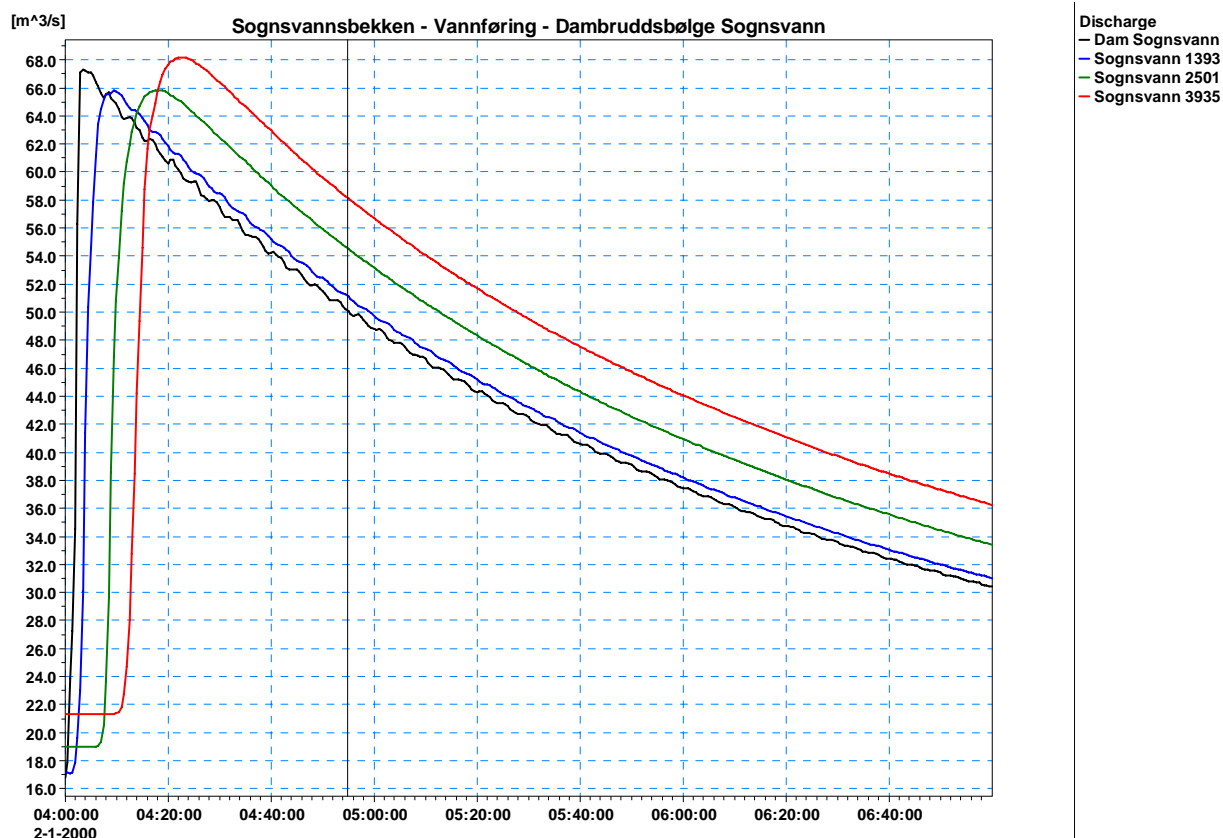
Forløp av dambruddsbølgen i Sognsvann og Sognsvannsbekken er vist i figur 6-11 og 6-12 mens plassering av profilene kan sees i figur 6-10.

I figur 6-11 sees tidsserier av vannstand og vannføring i to tverrprofiler i Sogsvann. En tidsserie oppstrøms for samløpet med Pinabekken, profil 306 (ikke vist i figur 6-10) og en nedstrøms for samløpet med Pinabekken, profil 1034. Fra figuren sees det at bølger dannes i Sogsvann ved et brudd på dammen. Dette vil resultere i bølger som beveger seg oppover i magasinet som så vil snu og møte andre bølger på vei opp. Bølgene vil da forsterke hverandre. Denne effekten forsetter i hele simuleringsperioden. I figur 6-11 er vannstandsprofilene gitt for å vise bølgehøyde og høydeforskjeller. Det kan sees fra høydeforskjellen at gradienten skifter og gir det skiftende strømningsmønster.



**Figur 6-11 Bølge i Sogsvann forårsaket av dambrudd på Dam Sogsvann**

I figur 6-12 er bølgen ut fra Dam Sogsvann og nedover Sogsvannsbekken til Ringveien vist. I figuren kan det sees at effekten av den oscillerende bølge i Dam Sogsvann dempes nedover i bekken. Vannføring øker gradvis nedover på grunn av tilsig fra det lokale nedbørsfelt.



**Figur 6-12 Forløp av dambruddsbølge fra Dam Sognsvann i Sognsvannsbekken ned til Ringveien**

I Figur 6-10 kan det sees at det i Sognsvannsbekken er hastigheter på 7 m/s i enkelte profiler. Fra Sognsvann og ned til Ringveien vil det ikke være en vannstandstigning på mer enn 0,8 meter. Bølgen gir verken store vannstandstigninger eller høye hastigheter og det er først og fremst vannvolumet som gir det største problem på denne strekningen. Det tar ca. 3 timer før bølgen er halvert og ca. 12 timer før vannføringen er lik initial vannføringen.

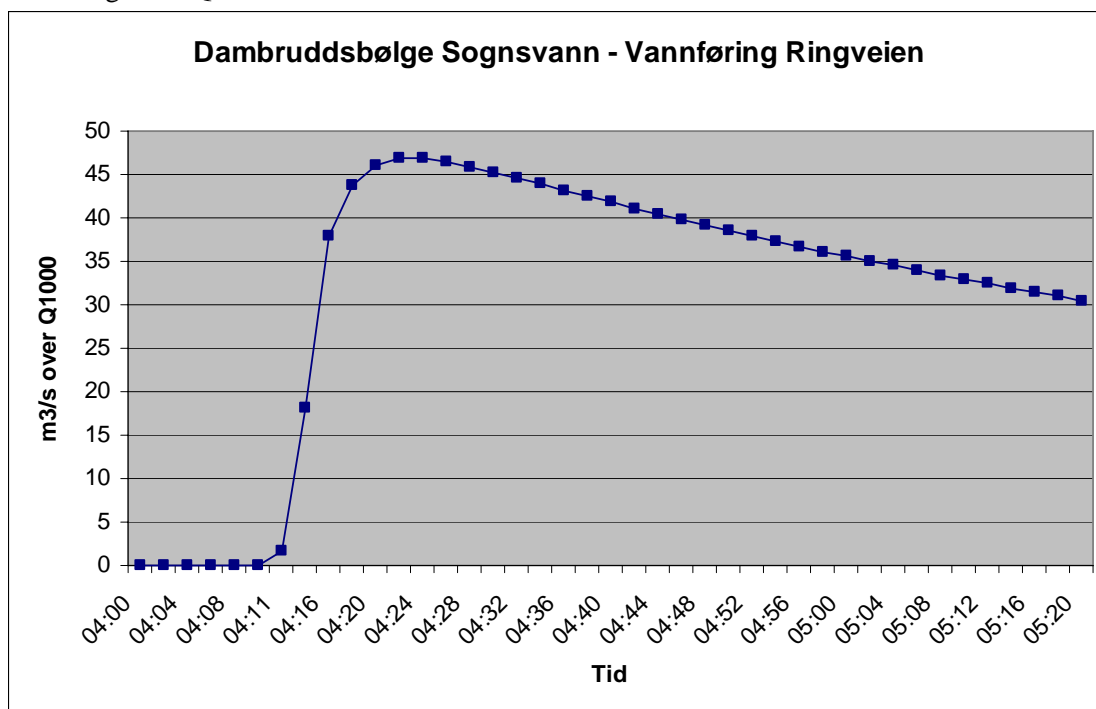
### Ringveien til Frognerkilen

Fra Ringveien og ned til Frognerkilen benyttes kart i større utstrekning for å beskrive følgene av dambruddsbølgen. Kart er den mest hensiktsmessig måte å presentere resultater fra 6,5 millioner beregnings celler hvert minutt av simuleringsperioden. Det betyr av vi har hentet ut høyeste vannstand over en tidsperiode og hastighetsvektorer ved gitte tidspunkt som tilsvarer tiden hvor bølgetoppen passerer det presenterte område. På grunn av detaljeringsgraden, 1 \*1 meter horisontal oppløsning, må vi bruke detaljkart for å vise resultatene. Plasseringen av detaljkartene er gitt i oversiktsfigurene.

Tilløpsflom utover initial vannføringen,  $Q_{1000}$ , ved Ringveien er vist i figur 6-13. Initial vannføring ved  $Q_{1000}$  er  $22,7 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $15,3 \text{ m}^3/\text{s}$  fra Sognsvann,  $2,3 \text{ m}^3/\text{s}$  fra Risbekken og  $5,1 \text{ m}^3/\text{s}$  tilsig på strekningen Sognsvannsdammen – Ringveien). Total vannføring ved bølgetopp er på  $71 \text{ m}^3/\text{s}$ . (Tilsig fra Risbekken er ikke med i figur 6-5 derfor er denne på  $68 \text{ m}^3/\text{s}$ .) Fra 1 D modellen har vi at bølgetoppen bruker 15 minutter fra brudd på Dam Sognsvann til Kulvert Ringveien. I figur T5 til T8 må man trekke fra 13 minutter for å få riktig tidspunkt etter dambrudd som hastighetsvektorene er vist.



Ved middelflom vil ikke kulverten gå full og simuleringer viste at det var ubetydelig oversvømmelse nedover Sognsvannsbekken ved middelflom (ikke vist).  
Ved et brudd på Dam Sognsvann vil en bruddbølge ha tilsvarende størrelse ut av Dam Sognsvann ved begge initial situasjonene. Vi benyttet dette til å si at maksimalt vanddyb for brudd ved  $Q_m$  er tilnærmet  $Q_{1000}$  initial i Sognsvanns- og Frogner-bekken. En bruddbølge vil forplante seg nedover Slemdalsveien som er noe mindre ved  $Q_m$  enn ved  $Q_{1000}$ , men som vil oversvømme et område som ikke var oversvømt ved initial betingelsen. Langs Slemdalsveien vil vi underestimere vanddybene og utstrekningen noe når vi bruker  $Q_{1000}$  initial i stedet for bruddbølge ved  $Q_m$ .



**Figur 6-13 Tilløpsflom oppstrøms kulvert Ringveien ved DBBB på Dam Sognsvann utover  $Q_{1000}$  initial flom**

Kapasitet på kulverter er gitt i tabell 6-1 som også viser modellert vannføring i kulvert og vannføring som prosent av maksimal kapasitet.

#### Beskrivelse av tegninger og figurer vedlagt

Utover figurer vist i rapporten er tegninger og figurer vedlagt og en kort beskrivelse av hva de vedlagte tegninger viser og hva de er benyttet til er gitt i det følgende.

#### Dam Sognsvann

Kart som viser maksimum vannstand ved dambruddsbølge ved  $Q_{1000}$ . På kartene er det vist vannstander høyere enn 1 cm. Tegning 50009319-008 inneholder et oversiktskart som gir plassering av detaljkartene som er vist på 50009319-008 og 50009319-009  
50009319-008 : Dambruddsbølgekart – Ringveien til Frognerkilen Del 1  
50009319-009 : Dambruddsbølgekart – Ringveien til Frognerkilen Del 2  
Disse kartene er brukt til å bestemme antall berørte bygg gitt i tabell 6-2.

Kart som viser maksimum vannstand ved en dambruddsbølge (samme som over, men med flyfoto som bakgrunn) og uten oversvømte områder ved initial flom.



50009319-010 : Dambruddsbølgekart – Ringveien til Frognerkilen m/tabell  
Figurer – Del områder vist på tegning 50009319-008 og 50009319-0010  
T5 : Detalj Dambruddsbølgekart hastighetsvektorer, Del 1  
T6 : Detalj Dambruddsbølgekart hastighetsvektorer, Del 5 og Del 2  
T7 : Detalj Dambruddsbølgekart hastighetsvektorer, Del 6 og Del 3  
T8 : Detalj Dambruddsbølgekart hastighetsvektorer, Del 4

Disse kartene er benyttet til å finne områder hvor det er høye hastigheter og visuelt fremstille oversvømt område.

Kart som viser vannstandsstigning på mer enn 1 meter av DBBB ved  $Q_{1000}$  er vist på tegning  
50009319-011 : Vannstandsstigning ved DBBB på Dam Sognsvann,  $Q_{1000}$

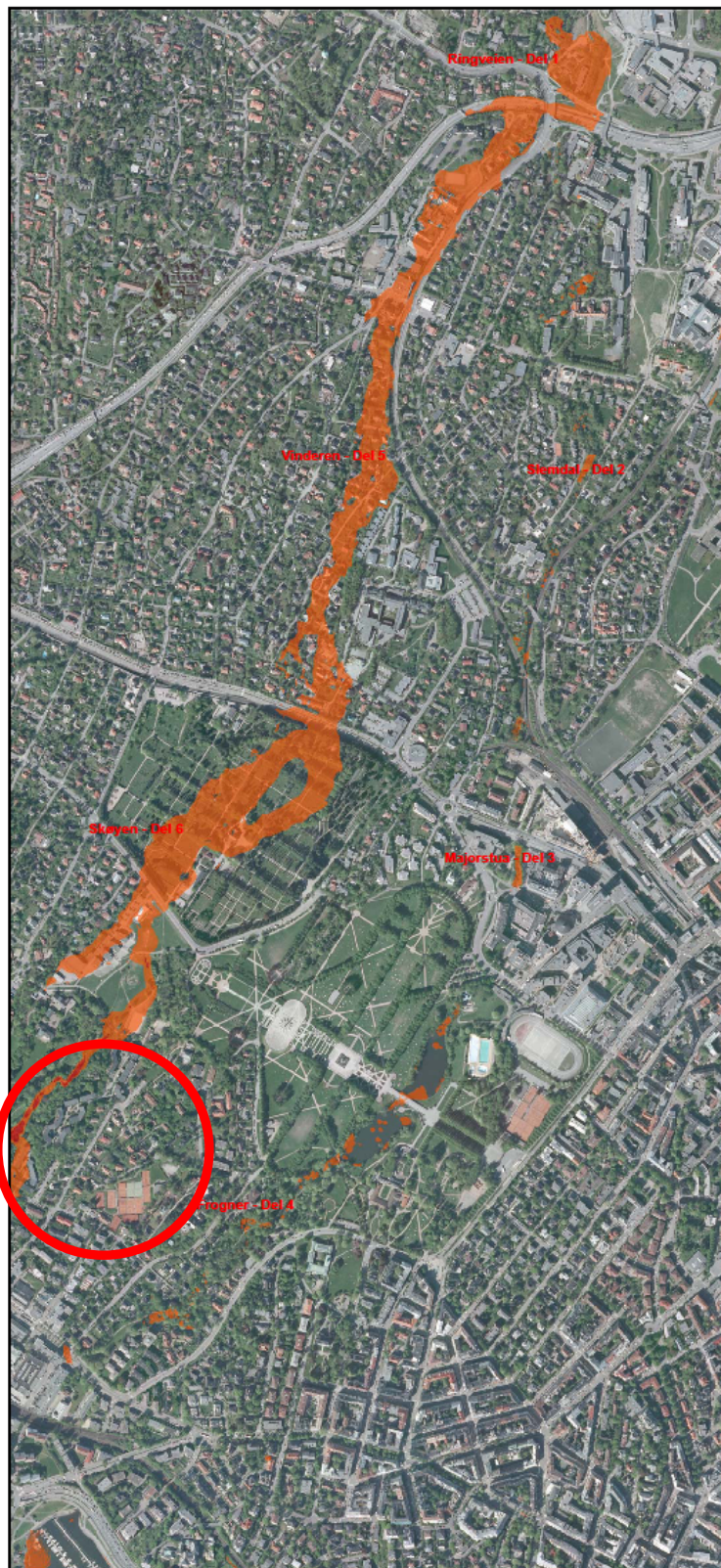
Ringveien til Frognerkilen

Dette kartet er brukt til å gi vise arealer hvor det vil være en vannstandstigning på mer en 1 meter ved et dambrudd på dam Sognsvann ved 1000 årsflom som initial situasjon.

### Resultater

Når bølgen kommer til Ringveien, vil kulvert under Ringveien allerede gå full som følge av 1000 års initial flommen og ikke ha ytterligere kapasitet. Det betyr at dambruddsbølgen fra Dam Sognsvann ikke vil skape ytterligere skader nedover Sognsvanns- og Frogner-bekken gjennom Vigelandsparken og ut i sjøen ved en 1000 årsflom som initial situasjon. Det er allerede oversvømmelse av Ringveien og vann strømmer langs Slemdalsveien og over Vestre Gravlund. Dambruddsbølgen vil følge denne veien mot Skøyen og forårsake ytterligere skader langs Slemdalsveien. Som det fremgår av figur 6-14 er det kun enkelte partier hvor vannstandsstigningen er større enn 1 meter som markert i figuren med rød sirkel. Den samme figur er vedlagt som tegning 50009319-011 for bedre lesbarhet.

En figur som viser oversvømt område ved maksimum vannstand ved en dambruddsbølge syd for Ringveien er vist i figur 6-15 og på tegning 50009319-010. Tegning 50009319-010 inkluderer en tabell som angir ankomst tider av bølgetopp samt maksimum vanddyp. Vi har kun valgt punkter langs Slemdalsveien. Dette er gjort da bølgen ikke forplanter seg nevneverdig langs Sognsvannsbekken ved 1000 årsflom som initial situasjon. I figur 6-13 kan det sees at det er enkelte steder hvor det er en liten vannstandstigning langs Sognsvannsbekken, spesielt i Frognerdammen, men vannstandstigningen er så liten av vi har neglisjert den.



**Tegnforklaring**

Vannstandstigning  
Sognsvann  
DBBB, Q1000 initial  
**Vannstandsstigning**  
meter

|   |         |
|---|---------|
|  | 0 - 0.1 |
|  | 0.1 - 1 |
|  | 1 - 5   |



Oslo Kommune  
Dambruddsbølgeberegning  
Dam Sognsvann  
Tegn nr.: 50009319- 011

**Norconsult** 

0 175 350 700 m



**Figur 6-14 Vannstandstigning ved DBBB Dam Sognsvann med 1000 årsflom som initial situasjon**





**Figur 6-15 Oversvømt område i rødt ved DBBB Dam Sognsvann med 1000 årsflom som initial situasjon**

Hastighetsvektorer er vist i figur T5 til T8 og plassering er angitt på tegning 50009319-010 som også gir vanddyb. Steder hvor det er høye hastigheter inkluderer område syd for Rasmus Windernsvei hvor det er en foss og område som er markert med rød sirkel i figur 6-15. Utover disse to stedene er det også høye hastighet over Vigelandsbroen, men ingen av disse stedene er kritiske. Vannhastigheter er generelt mindre enn 5 m/s så problemer med høye hastigheter er forventet å være av lokal karakter.

Bølgentoppen bruker 27 minutter fra Ringveien og ned til Skøyen. Det gir en total tid på 42 minutter fra Dam Sognsvann gikk til brudd til bølgen når Skøyen. Den korte tiden gir ikke store mulighet for varsling.

I figur 6-9 kan vi se oversvømt område ved  $Q_{1000}$  initial som vi har tilnærmet dambruddsbølge ved  $Q_m$  som initial situasjon. Her er det enkelte områder som utpeker seg som problem områder og disse kan gjenfinnes i de andre tegninger og figurer. Dette gir den samme situasjon for både Dam Sognsvann og Dam Lille Åklungen noe som er en tilnærming. Den størst eforskjellen ved et brudd på Dam Lille Åklungen og Dam Sognsvann er at dambruddsbølgen fra Dam Sognsvann varer lengre.

Vannstandsstigningen er større enn 1 meter oppstrøms, nedstrøms og over Ringveien. Skader på infrastruktur i dette område må forventes ved en dambruddsbølge fra Dam Sognsvann.

Oppstrøms kulvert under Slemdalveien er det oppstuvning av vann på mer enn 1 meter og flomvannet vil følge T-Bane trasen nordover mot Blindern stasjon, sørover mot Frøen og Majorstua stasjon. Skader på infrastruktur i dette område må forventes ved en dambruddsbølge fra Dam Sognsvann.

Majorstua stasjon: Inne på stasjon området vil det være oversvømmelse delvis på grunn av vann som følger T-Bane trasen på grunn av oppstuvning ved Slemdalsveien. Oversvømmelsen er ikke slik at vann forventes å strømme ned i tunnel mot Nationalteateret eller i tunnel mot Sørkedalsveien. Vannstandsstigningen er mindre enn 1 meter inne på stasjonsområde. Skader på infrastruktur i dette område må forventes ved en dambruddsbølge fra Dam Sognsvann.

Middelthunsgate: Her er det oppstuvning av vann på mer en 1 meter og oversvømmelse av næringsbygg og parkeringskjeller. Skader på næringsbygg og infrastruktur i dette område må forventes ved en dambruddsbølge fra Dam Sognsvann. På grunn av bygninger og infrastruktur er det noe usikkerhet beheftet med eksakt utbredelse av oversvømt areal i dette område.

Skøyen: Dambruddsbølge beregningene er avsluttet her, men det kan sees at nedstrøms for kulvert inntak til Sigurd Syrsgate er vannstandsstigning på mer enn 1 meter. Det forventes noe skader på Skøyen både på bygg og infrastruktur. Siden området er nært modellens grense er bestemmelse av omfanget usikkert.

Resultatene er presentert i tegninger 50009319-008 og 50009319-009 som viser utbredelse av  $Q_{1000}$  initialsituasjonen og maksimums utbredelse av dambruddsbølge. Disse tegningene er benyttet for å gi antall berørte bygninger som er gitt i tabell 6-3.

Tabell 6-3 oppsummerer bygninger som oversvømmes ved en Dambruddsbølge fra Dam Sognsvann. Vi har antatt at oversvømte bygninger ved brudd med  $Q_m$  som initial situasjon er lik oversvømte bygninger ved  $Q_{1000}$ . Vi har ikke talt med arbeidsplasser, bebyggelse som ligger utenfor modellensgrenser, eller regnet ekvivalente boligenheter.

### Berørte bygg ved en Dambruddsbølge på Dam Sognsvann



| <i>Detalj kart</i>                      | <i>Q<sub>1000</sub> initial situasjon<br/>Sogsvann</i> | <i>~ Q<sub>m</sub> Initial Situasjon<br/>Sogsvann DBBB</i> | <i>Kommentar<br/>Problem områder</i>   |
|---|--|--|--|
| Del 1 – Pinabekken -<br>Sogsvannsbekken | 0  | 0  |  |
| Del 1 – Ringveien                       | 16   | 33   | Ringveien<br>Byggforskningsinstituttet<br>Næringsbygg Vinderen                 |
| Del 2 – Slemdal                         | -  | 9  | T-Bane etter samløp med<br>Gaustadbekken<br>Slemdalsveien<br>Majorstua stasjon |
| Del 3 – Majorstua                       | -  | 5  | NVE – garasje<br>Næringsbygg Majorstua   |
| Del 4 – Frogner                         | 2  | 10   | Nedre deler er usikre  |
| Del 5 – Vinderen                        | 26   | 18   | Sørkedalsveien<br>T-Bane   |
| Del 6 – Skøyen                          | 7  | 4  | Vestre Gravlund<br>Kapell<br>Skøyen  |
| <b>Totalt</b>                           | <b>51</b>  | <b>79</b>  |  |

**Tabell 6-3 Berørte hus DBBB Dam Sogsvann**

Det er NVE som bestemmer klasse, men basert på det presenterte material så foreslås det at Dam Sogsvann plasseres i damklasse 3.

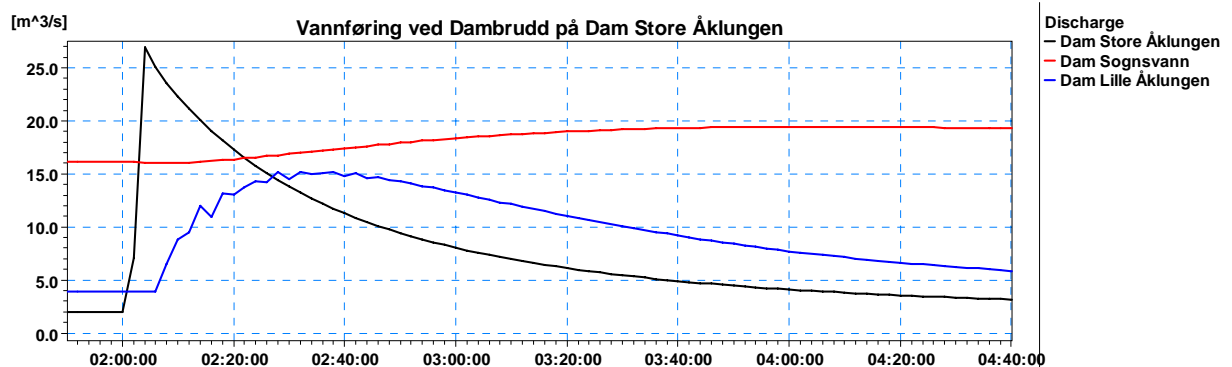
## Sammendrag dambruddsbølgeberegning, Dam Sognsvann

Ved en dambruddsbølge på Dam Sognsvann vil 51 og 79 bygninger være berørt av dambruddsbølgen syd for Ringveien ved henholdsvis 1000 årsflom og middelflom som initial situasjon. Vannstandsstigninger er generelt mindre enn 1 meter med unntak av steder hvor det er oppstuvninger. Vannhastigheter er også lave. De største følger ved en dambruddsbølge er skader på infrastruktur. Ved et eventuelt brudd på Dam Sognsvann vil de følgende områder bli utsatt ved betydlige vannmengder:

- Vannstanden vil bli større enn 1 meter oppstrøms, nedstrøms og over Ringveien.
- Oppstrøms kulvert under Slemdalsveien blir det oppstuvning av vann på mer enn 1 meter og flomvannet vil følge T-Bane trasen nordover mot Blindern stasjon, sørover mot Frøen og Majorstua stasjon.
- Majorstua stasjon: inne på stasjonsområdet vil det være oversvømmelse delvis på grunn av vann som følger T-Bane trasen på grunn av oppstuvning ved Slemdalsveien. Oversvømmelsen vil ikke bli slik at vann forventes å strømme ned i tunnel mot Nationalteateret eller i tunnel mot Sørkedalsveien. Vannstandsstigningen vil være mindre enn 1 meter inne på stasjonsområde.
- Middelthunsgate: her vil det være oppstuvning av vann på mer enn 1 meter og oversvømmelse av næringsbygg og parkeringskjeller.
- Skøyen: dambruddsbølgeberegningene er avsluttet her, men det kan sees at nedstrøms kulvert inntak til Sigurd Syrsgate vil være vannstandsstigning på mer enn 1 meter. Det forventes noe skader på Skøyen, både på bygg og infrastruktur.

## 6.4 Resultater DBBB Dam Store Åklungen

Et Dambrudd på Store Åklungen har små konsekvenser. Maksimums vannføring ut av bruddstedet er  $25 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $27 \text{ m}^3/\text{s}$ ) ved  $Q_{1000}$  som initial situasjon. Dambruddsbølgen dempes først i Dam Lille Åklungen til  $11 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $15 \text{ m}^3/\text{s}$ ) og videre i Dam Sognsvann til  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $19,6 \text{ m}^3/\text{s}$ ). De foregående tall er vannføring utover initial vannføringen. Total vannføringen ved  $Q_{1000}$  er gitt i parentes. Vannføringer er vist grafisk i figur 6-16.



**Figur 6-16 Vannføringer ved Dambrudd på Dam Store Åklungen**

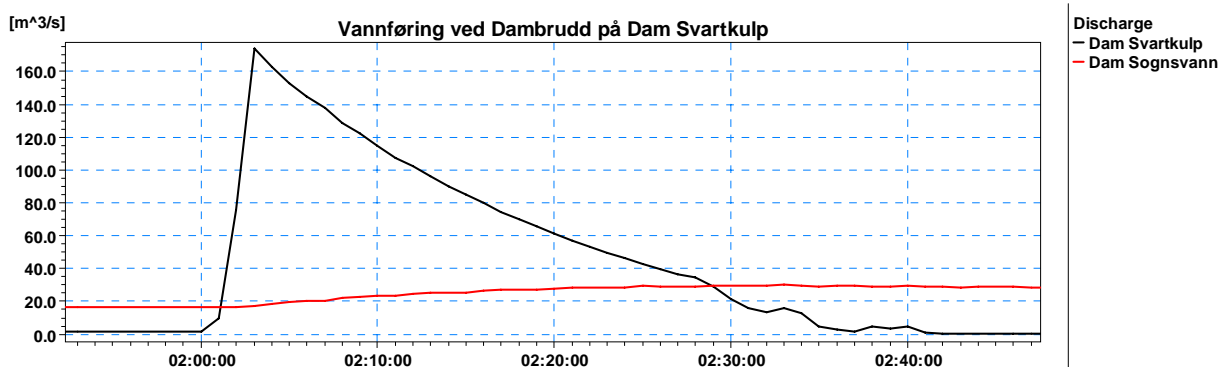
Vannstandsstigningene er små i Pinabekken mellom Dam Store og Lille Åklungen med en maksimal vannstandsstigning på 40 cm. I magasinet til Dam Lille Åklungen stiger vannstanden med 20 cm til 259,8 mo.h. som er 30 cm over damkrona. Etter rehabilitering vil Dam Lille Åklungen tåle en overtopping som er  $0,4 \cdot \text{damhøyde}$  ( $\sim 4$  meter). Dam lille Åklungen vil ikke gå til Dominobrudd ved et brudd på Dam Store Åklungen. Mellom Dam Lille Åklungen og Sognsvannet er vannstandstigningen mindre enn 20 cm. I Sognsvann og Sognsvannsbekken ned til Ringveien er vannstandstigningen mindre enn 10 cm utover  $Q_{1000}$  initialflom. Vannføringen

dempes til  $4\text{ m}^3/\text{s}$  i Dam Sognsvann og selv ved  $Q_{1000}$  hvor det er overtopping ved Ringveien vil den vannføringen ikke bidra til ytterligere skader. Ved  $Q_m$  som initial flom vil alle kulverter har nok kapasitet til å ta den ekstra vannføringen så det vil heller ikke lede til noen ekstra skader.

Det er NVE som bestemmer klasse, men basert på det presenterte material så foreslås det at Dam Store Åklungen plasseres i damklasse 1.

## 6.5 Resultater DBBB Dam Svartkulp

Ved et dambrudd på Dam Svartkulp er maksimums vannføring ut av bruddstedet  $175\text{ m}^3/\text{s}$  ( $177\text{ m}^3/\text{s}$ ) ved  $Q_{1000}$  som initial situasjon. Dambruddsbølgen dempes i Dam Sognsvann til  $15\text{ m}^3/\text{s}$  ( $30\text{ m}^3/\text{s}$ ). De foregående tall er vannføring utover initial vannføringen og total vannføringen ved  $Q_{1000}$  er gitt i parentes. Vannføringer er vist grafisk i figur 6-17.



Figur 6-17 Vannføringer ved Dambrudd på Dam Svartkulp

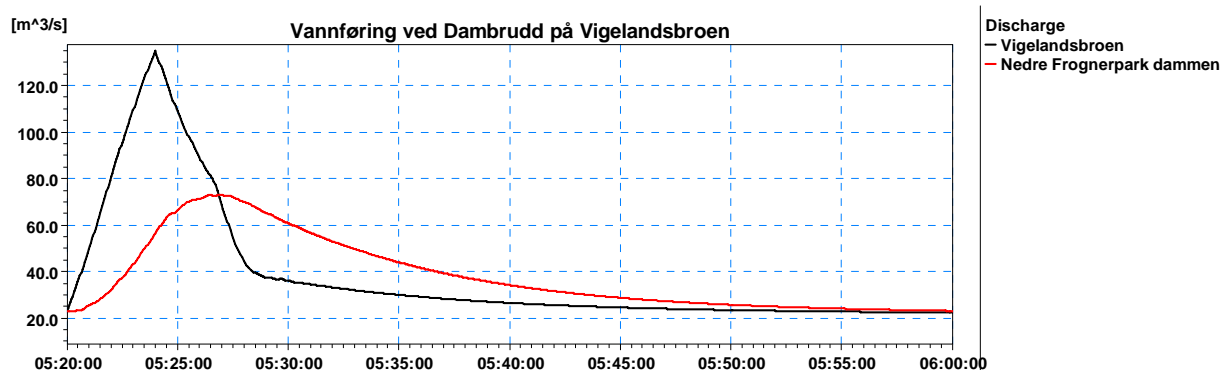
Vannstandstigningene i Svartkulpbekken er på det høyeste 2,5 meter og vil gi skader på stier nedstrøms for dammen. I Sognsvann magasinet stiger vannstanden med 30 cm til 183,9 mo.h.. Etter rehabilitering vil Dam Sognsvann ikke gå til dominobrudd ved et brudd på Dam Svartkulp. Nedover i Sognsvansbekken til Ringveien er ikke vannstandstigningen mer enn 20 cm noen steder. Basert på skader ved et dambrudd på Dam Lille Åklungen hvor vannføring var dobbelt så stor forventes skaden å være moderate ved et dambrudd på Dam Svartkulp nedenfor Ringveien.

NVE har nylig klassifisert Dam Svartkulp i forbindelse med rehabilitering av dammen. Det presenterte materiale bekrefter at Dam Svartkulp kan plasseres i damklasse 2.

## 6.6 Resultater Dammene i Frognerparken

Det er gjort vurdering av Vigelandsbroen og Dam Nedre Frognerpark. En dambruddsbølge ut av Vigelandsbroen vil ha en maksimumsvannføring på  $135\text{ m}^3/\text{s}$ . Bølgen dempes i Dam Nedre Frognerpark  $73\text{ m}^3/\text{s}$  (figur 6-18). Vannstanden stiger i Dam Nedre Frognerpark til 30,4 mo.h. Ved 30 mo.h. skal dam Nedre Frognerparken gå til dominobrudd ifølge retningslinjene. Vi har

ikke sett på dominobrudd da bruddet på Vigelandsbroen ansees for å være konservative, den spesielle broen vil nok kollapse litt forskjellig fra det som er vanlig ved dambrudd så bruddbølgen ut av Vigelandsbroen er nok overestimert. Derfor har vi sett bort fra dominobrudd på nedenforliggende dam.



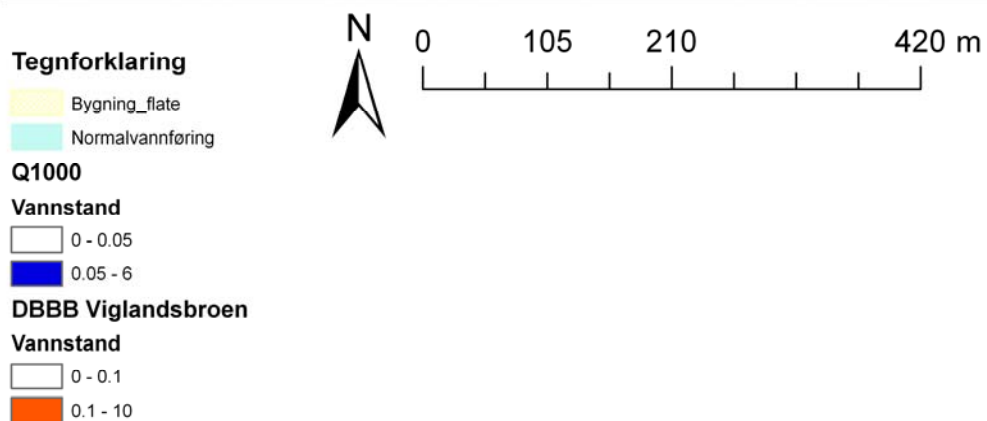
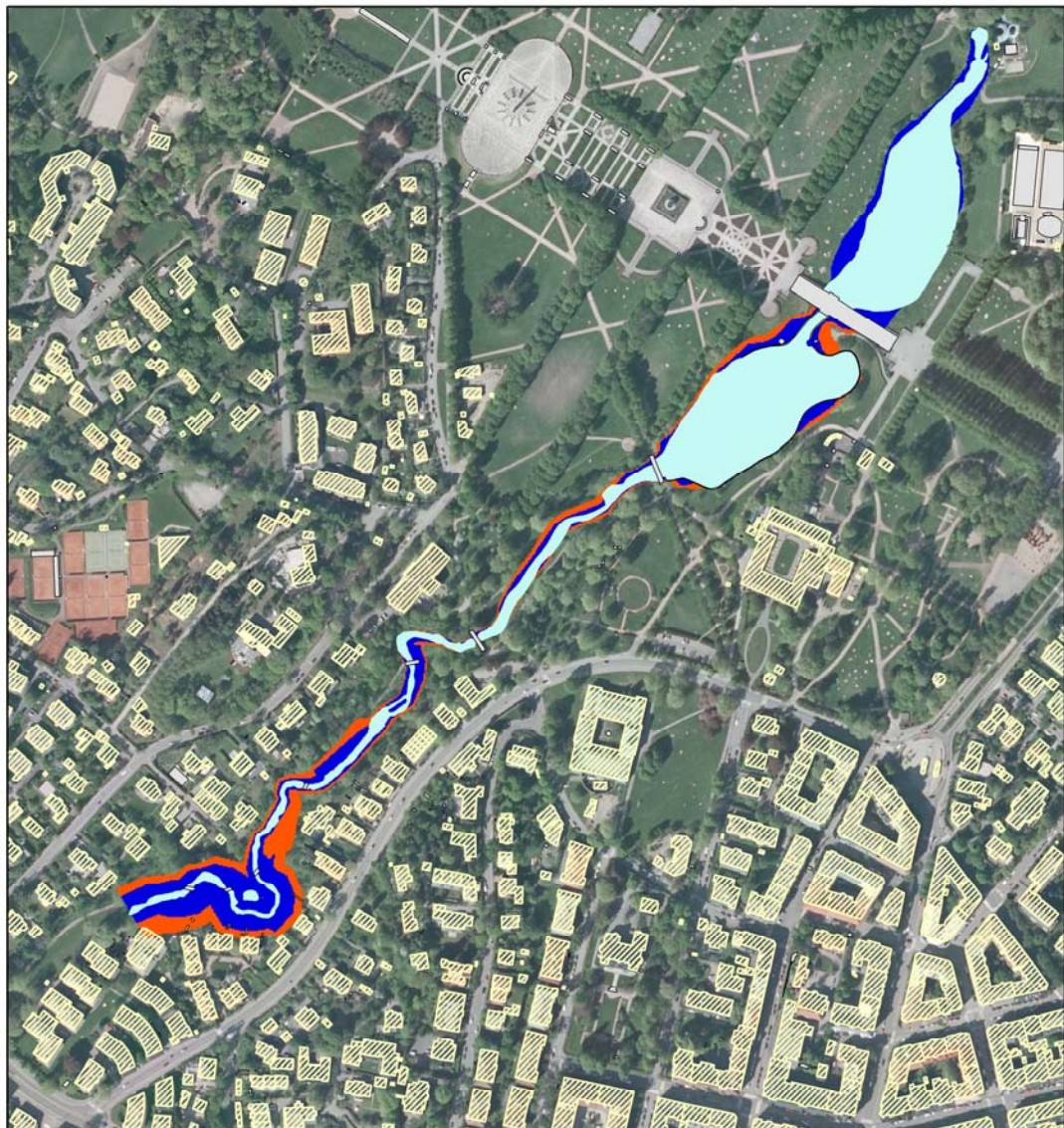
**Figur 6-18 Vannføring ved Dambrudd på Vigelandsbroen**

Maksimum utbredelse av en dambruddsbølge fra Vigelandsbroen er vist sammen med initial flom ( $Q_{1000}$ ) og normal vannføring i figur 6-19. Det kan sees at 5 bygg ved nedstrømsgrense er berørt av dambruddsbølgen. Disse bygg vil nok ikke bli berørt da vi overestimerer oppstuvningen oppstrøms for kulvert inntaket til Sigurd Syrs Vei. Vannstandstigningen er større enn 1 meter opptil 1,2 meter de første 200 meter nedstrøms for Dam Nedre Frognerparken. Så blir igjen vannstandstigningen større enn 1 meter oppstrøms for kulvert inntaket hvor vannstanden stiger opp mot 4 meter. I virkeligheten vil det være en oppstuvning, men denne vil være mindre da en del av dambruddsbølgen vil fortsette mot Skøyen.

Vi har ikke inkludert flom utbredelse på Skøyen da det ville kreve en analyse av Hoffsbekken som ikke var inkludert i omfanget av dette arbeidet. Det er heller ikke hentet inn informasjon om kulverter på Skøyen. Det kan sees fra figur 6-18 at tiden bølgen overskrider kulvertens kapasitet på  $28 \text{ m}^3/\text{s}$  er omtrent 15 minutter. Den del som ikke vil gå i kulverten kan strømme ned til Skøyen, men omfanget av skaden er forventet å være moderate.

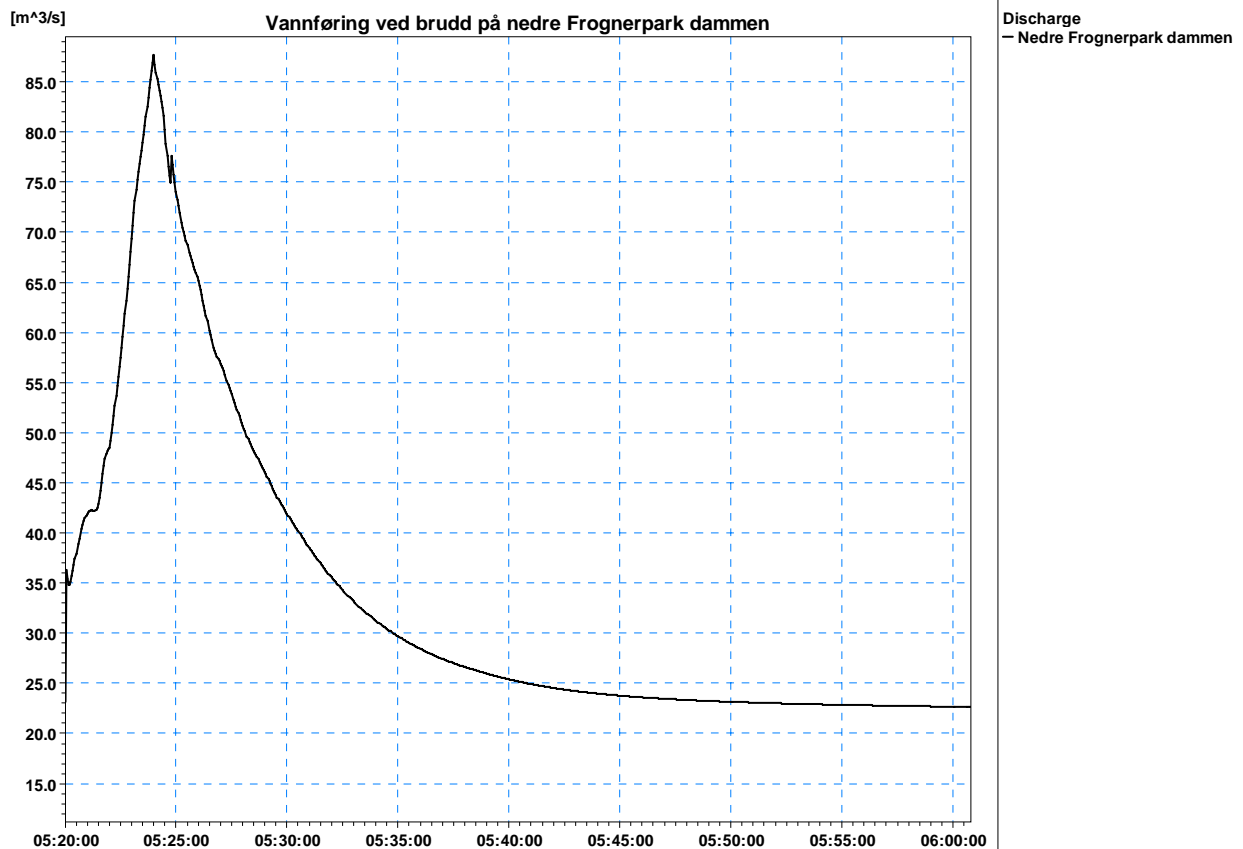
Det er NVE som bestemmer klasse, men basert på det presenterte materiale så foreslås det at Vigelandsbroen plasseres i damklasse 2 på bakgrunn av forventede skader på Skøyen.





**Figur 6-19** Utbredelse av dambruddsbølge fra Viglandsbroen og initialflom

En dambruddsbølge ut fra Dam Nedre Frognerpark vil ha en maksimumsvannføring på 87 m<sup>3</sup>/s (figur 6-20). Vannstandsstigningen nedstrøms for Nedre Frognerpark dammen er ikke over 1 meter bortsett fra strekningen oppstrøms for kulvert inntaket til kulvert under Sigurd Syrsgate på grunn av oppstuvning. Rett oppstrøms for inntaket er vannstandsstigningen opp mot 3 meter, men dette er noe overestimert da en del av vannet vil renne ned mot Skøyen.



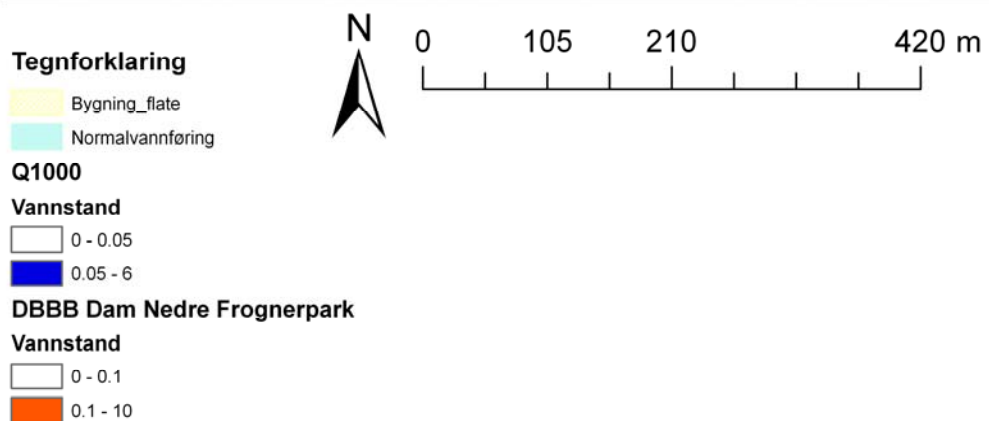
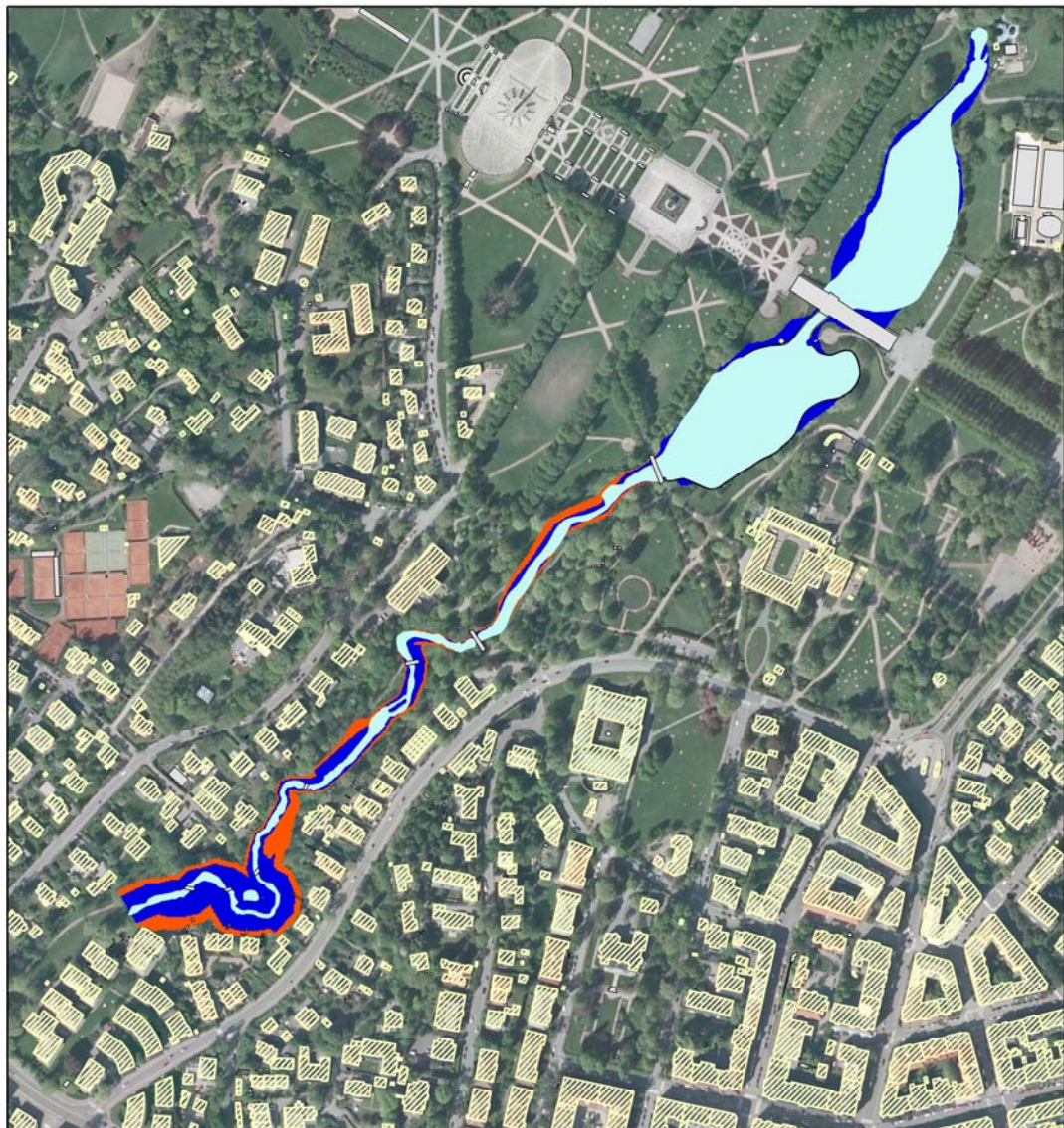
**Figur 6-20 Vannføring ved Dambrudd på Dam Nedre Frognerpark**

Maksimum utbredelse av en dambruddsbølge fra Dam Nedre Frognerpark er vist sammen med initial flom ( $Q_{1000}$ ) og normal vannføring i figur 6-21. Ingen bygg er berørt av dambruddsbølgen på strekningen mellom Dam Nedre Frognerparken og kulvert inntaket til kulvert under Sigurd Syrsgate.

Vi har ikke inkludert flom utbredelse på Skøyen da det ville krev en analyse av Hoffsbekken som ikke var inkludert i omfanget av dette arbeidet. Det er heller ikke innhentet informasjon om kulverter på Skøyen. Det kan sees fra figur 6-20 at tiden bølgen overskrider kulverten kapasitet på 28 m<sup>3</sup>/s er omtrent 15 minutter. Den del som så ikke vil gå i kulverten kan strømme ned til Skøyen men omfanget av skaden er forventet å være moderate.

Det er NVE som bestemmer klasse, men basert på det presenterte material så foreslås det at Dam Nedre Frognerpark plasseres i damklasse 2 på bakgrunn av forventede skader på Skøyen.





**Figur 6-21 Utbredelse av dambruddsbølge fra Dam Nedre Frognerpark og initialflom**

## 7. REFERANSER

- [1] Flombergning Sognsvann, Oslo Kommune, Friluftsetaten, CM Consulting 2005.
- [2] Svartkulp flomberegning, Oslo Kommune, Friluftsetaten, Norconsult 2003.
- [3] Lysakervassdraget, Grinidammen, søndre Heggeli, Triungvann og Abbortjern, Revidert flomberegning, Bærum Kommune, Norconsult desember 2006.
- [4] Retningslinjer for dambruddsbølgeberegninger utgave 2  
Norges vassdrags- og energidirektoratet 2005
- [5] Retningslinje for flomberegning  
Norges vassdrags- og energidirektoratet 2002
- [5a] Notat – NVE 200705477-1 hv/eri Arkiv 210/560.1- Retningslinjer for  
flomberegninger, Norges vassdrags- og energidirektoratet 2007
- [6] Forskrifter om klassifisering av vassdragsanlegg  
Norges vassdrags- og energidirektoratet 2001
- [7] Retningslinje for flomløp  
Norges vassdrags- og energidirektoratet 2003
- [8] Notat Dam Sognsvann, Oslo Kommune, Friluftsetaten, CM Consulting 2005.
- [9] DNMI, Klima temperatur og snødata for flomberegninger, Rapport Nr. 28/97  
Klima 08.12.97, ISBN 0805-9918
- [10] Kartmappe som viser overvannsutslipp, Oslo Kommune VAV, 2003.
- [11] Skisseprosjekt gjenåpning av Gaustadbekken forbi Miljøforskningssenteret,  
Norconsult, Januar 2009.
- [12] Notat rapport, Gaustadbekken Flomanalyse, Aqua GIS AS og Aqua Rosim AS  
for Oslo kommune, VAV, 27.03.07



## 8. BILAGS- OG TEGNINGSOVERSIKT

### Tegninger

#### Dambrudd Dam Lille Åklungen

|              |   |  |
|--------------|---|--|
| 50009319-001 | : | Dambruddsbølgekart – Dam Lille Åklungen til Ringveien    |
| 50009319-002 | : | Dambruddsbølgekart – Ringveien til Frognerkilen Del 1    |
| 50009319-003 | : | Dambruddsbølgekart – Ringveien til Frognerkilen Del 2    |
| 50009319-004 | : | Dambruddsbølgekart – Ringveien til Frognerkilen m/tabell |
| 50009319-005 | : | Vannstand Q1000 – Ringveien til Frognerkilen             |
| 50009319-006 | : | Vannstandsstigning ved DBBB på Dam Lille Åklungen, Q1000 |

#### Figurer – Del områder vist på tegning 50009319-002 og 50009319-004

|    |   |  |
|----|---|--|
| T1 | : | Detalj Dambruddsbølgekart hastighetsvektorer, Del 1          |
| T2 | : | Detalj Dambruddsbølgekart hastighetsvektorer, Del 5 og Del 2 |
| T3 | : | Detalj Dambruddsbølgekart hastighetsvektorer, Del 6 og Del 3 |
| T4 | : | Detalj Dambruddsbølgekart hastighetsvektorer, Del 4          |

#### Dambrudd Dam Sogsvann

|              |   |  |
|--------------|---|--|
| 50009319-007 | : | Dambruddsbølgekart – Sogsvann til Ringveien              |
| 50009319-008 | : | Dambruddsbølgekart – Ringveien til Frognerkilen Del 1    |
| 50009319-009 | : | Dambruddsbølgekart – Ringveien til Frognerkilen Del 2    |
| 50009319-010 | : | Dambruddsbølgekart – Ringveien til Frognerkilen m/tabell |
| 50009319-011 | : | Vannstandsstigning ved DBBB på Dam Sogsvann, Q1000       |

#### Figurer – Del områder vist på tegning 50009319-008 og 50009319-010

|    |   |  |
|----|---|--|
| T5 | : | Detalj Dambruddsbølgekart hastighetsvektorer, Del 1          |
| T6 | : | Detalj Dambruddsbølgekart hastighetsvektorer, Del 5 og Del 2 |
| T7 | : | Detalj Dambruddsbølgekart hastighetsvektorer, Del 6 og Del 3 |
| T8 | : | Detalj Dambruddsbølgekart hastighetsvektore                  |

### Bilag

|          |   |  |
|----------|---|--|
| Bilag 1  | : | Befaringsrapport                               |
| Bilag 2  | : | Notat 1 møte med NVE                           |
| Bilag 3  | : | Notat 2 møte med NVE                           |
| Bilag 4  | : | Brev Frilufttetaten, NVE og møtereferat.       |
| Bilag 5  | : | Flomfrekvensanalyse Vm Nr. 8.8 Blomsterkroken. |
| Bilag 6  | : | Flomfrekvensanalyse Vm Nr. 8.6 Sæternbekken.   |
| Bilag 7  | : | Beregning av parametere til PQRUT.             |
| Bilag 8  | : | Sensitivitetsanalyse PQRUT.                    |
| Bilag 9  | : | Dam tegninger                                  |
| Bilag 10 | : | Ekstrem nedbør og nedbørforløp                 |
| Bilag 11 | : | Kulvert tegninger                              |
| Bilag 12 | : | Magasin ruting                                 |
| Bilag 13 | : | Dybdekart innsjøer                             |

## **BILAG 1 BEFARINGSRAPPORT**

## **BILAG 2 NOTAT 1 MØTE MED NVE**

## **BILAG 3 NOTAT 2 MØTE MED NVE**



**BILAG 4 BREV FRILUFTSETATEN/NVE****Forespørsel fra Friluftsetaten**

-----Original Message-----

From: Trond Enkerud [<mailto:trond.enkerud@fri.oslo.kommune.no>]  
Sent: 1. juli 2008 13:10  
To: ros@nve.no  
Cc: roald.wartiainen@vav.oslo.kommune.no; Rebne, Kjell Olav  
Subject:

Til NVE v/Sivertgård  
Jeg viser til tlf. samtale 30.06 vedr. Lille Åklungen / Sognsvann.

Vannstanden i Lille Åklungen er av sikkerhetsmessige årsaker senket, og Friluftsetaten har startet arbeidene med flomberegninger/DBBB/forprosjektering for å kunne gjennomføre en rehabilitering av anlegget.

Friluftsetaten er kjent med at dammen ved Sognsvann (dam nedstøms) ikke tilfredstiller dagens krav til sikkerhet og dimensjoner. Blant annet vil en dimensjonerende flom i vassdraget kunne medføre en generell overtopping av kronen på fyllingsdammen. Etaten har gjennomført flomberegninger for Sognsvann med tanke om en rehabilitering. Tiltak ved Sognsvann er ikke finansiert.

Friluftsetaten ønsker i den oppståtte situasjonen å prioritere rehabiliteringen av Lille Åklungen.

I forbindelse med arbeidene med Lille Åklungen står vi ovenfor følgende problemstillinger:

1.

Det at dam Sognsvann utsettes for overtopping ved en dimensjonerende flom i vassdraget innebærer at ethvert brudd på ovenforliggende dammer i følge forskriften vil medføre et dominobrudd på dam Sognsvann. Dette innebærer at klassen for samtlige dammer oppstrøms Sognsvann vil måtte klassifiseres i henhold til skadepotensialet ved et brudd på dam Sognsvann uavhengig av størrelsen på dammene og magasinvolumentene. I dagens situasjon er dam Sognsvann plassert i bruddkonsekvensklasse 2 eller høyere.

Dersom dam Sognsvann var utført på en måte som ikke medførte dominobrudd ville ovenforliggende dammer kunne plasseres i en lavere bruddkonsekvensklasse kun vurdert etter skadepotensialet langsmed vassdragene mellom de enkelte dammene og ned til Sognsvann.

Investeringsbehovet for å sikre dammene oppstrøms Sognsvann vil være betydelig større for en situasjon med dominobrudd i dam Sognsvann enn en situasjon uten et slikt dominobrudd.

2.

Friluftsetaten ønsker å gjennomføre DBBB for hele vassdraget for en framtidig situasjon der dam Sognsvann er rehabilitert på en slik måte at brudd på ovenforliggende dammer ikke vil medføre dominobrudd ved dammen og at bruddbølgen dempes i Sognsvann på en måte som gjør at oppstuvning nedenfor Sognsvann ikke medfører skader av betydning.

DBBB vil ha følgende omfang:

- o Separate DBBB/vurderinger for hver av dammene Lille Åklungen, Store Åklungen og Svartkulp oppstrøms Sognsvann. Beregningene vil kun omfatte vassdragene fra de enkelte dammene og ned til Sognsvann
- o Ny full DBBB for dam Sognsvann for hele vassdraget ned til utløpet i sjøen.

Beregningene for dammene oppstrøms Sognsvann vil definere framtidige designparametre for dam Sognsvann slik at dominobrudd ikke inntreffer. Identifisering av disse designparametrene vil inngå som en del av beregningen.

Beregningen for dam Sognsvann vil forutsette at denne dammen er oppgradert på en måte som gjør at den tilfredsstiller gjeldende sikkerhetskrav og i tillegg ikke utsettes for dominobrudd ved brudd på ovenforliggende dammer.

Friluftsetaten ønsker å diskutere med NVE muligheten for:

1.

Klassifisering og rehabilitering av dam Lille Åklungen som om dam Sognsvann er rehabilitert på en slik måte at brudd på ovenforliggende dammer ikke vil medføre dominobrudd ved dammen.

2.

Gjennomføre en DBBB som beskrevet over.

Med vennlig hilsen

Trond Enkerud

skog- og friluftsforsvalter

Friluftsetaten, Oslo kommune

Tlf. 976 29 148

**Svar fra NVE**

----Opprinnelig melding----

Fra: ros@nve.no

Dato: 03/09/2008 10:39

Til: "Trond Enkerud" <trond.enkerud@fri.oslo.kommune.no>

Emne: Dam Lille Åklungen og dam Sognsvann

Til Friluftsetaten v/Trond Enkerud

Jeg viser til samtale i dag 3.9.2008, samt din e-post av 1.7.2008 vedrørende dam Lille Åklungen og dam Sognsvann.

NVE kan akseptere at dam Lille Åklungen blir klassifisert og rehabilitert som om dam Sognsvann er rehabilitert på en slik måte at brudd på ovenforliggende dammer ikke vil medføre dominobrudd ved dammen. Forutsetningen for vår aksept er at rehabiliteringen av dam Sognsvann vil skje innen rimelig tid etter at dam Lille Åklungen er ferdig istandsatt.

Videre kan NVE akseptere gjennomføring av dambruddsbølgeberegninger (DBBB) som beskrevet i din e-post.

Med hilsen

Roar Sivertsgård  
Senioringeniør, NVE - seksjon for damsikkerhet  
E-post: ros@nve.no  
Dir.tlf.: 22 95 94 73  
Mobil: 977 44 398

## Møtereferat



## MØTEREFERAT

Side: 1 av 1

### LILLE ÅKLUNGEN DAMBRUDDSBØLGE BEREGNING

Mote: NVE - Oslo Kommune Friluftsetaten - Norconsult

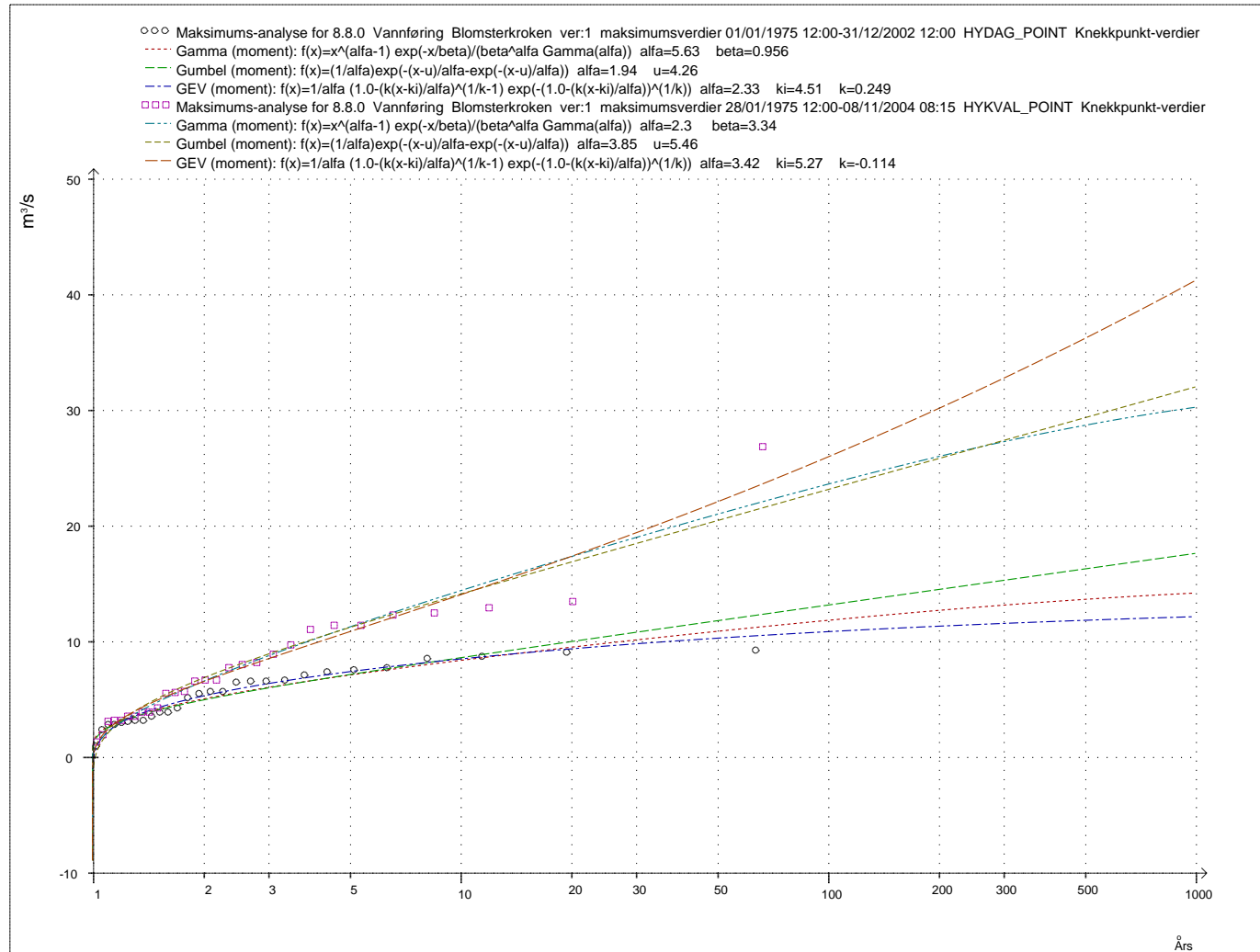
Motetid, -sted: 05.02-2009, 10:00 - 11:30, Middelhavnsgate 29

Tilstede: Trond Enkerud Oslo Kommune, Roar Sivertsgård NVE, Øystein Grundt NVE, Leif Basberg Norconsult

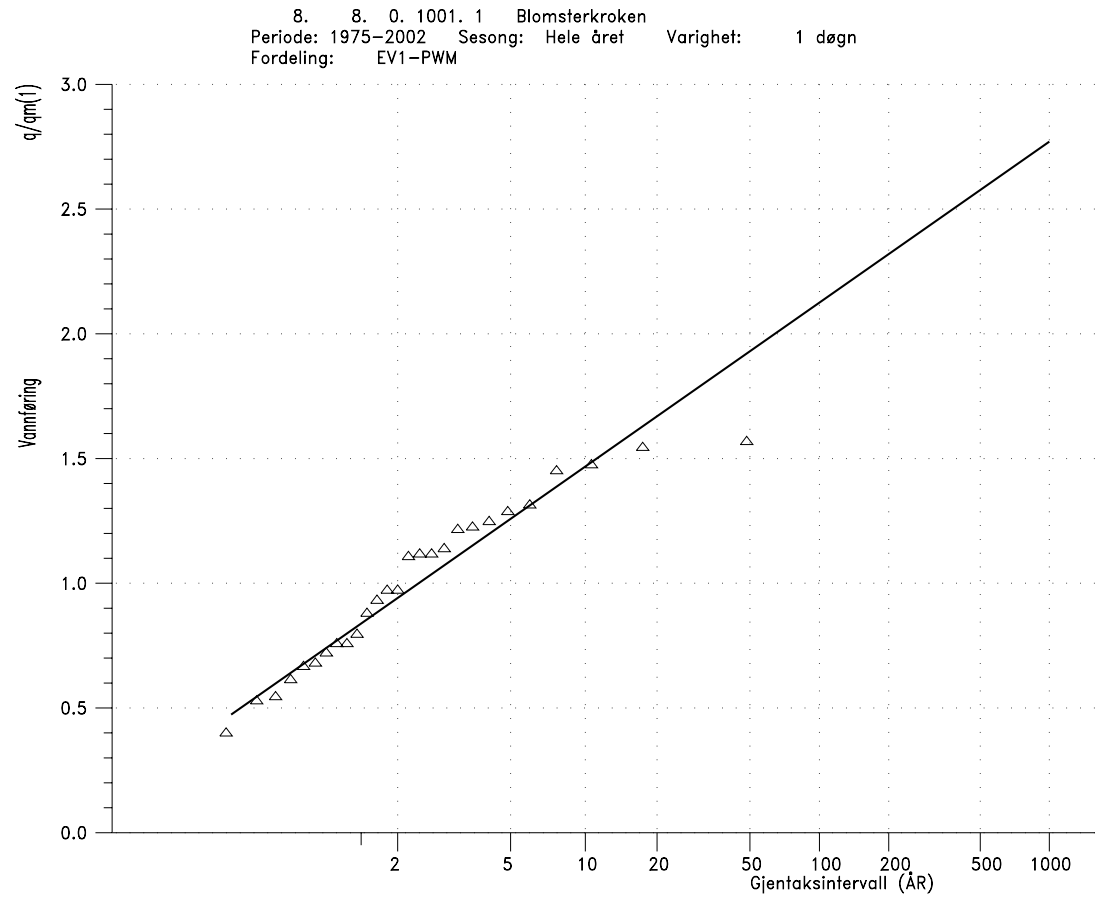
| Sak nr.  | Sak:  | Ansvar/frist: |
|----------|---|---------------|
| 1.       | Det ble informert om at det var store forskjeller i tidligere flomberegninger fra Sognsvann og Svartkulp. $Q_{1000}$ kulminasjon døgnvis varierte fra 1350 til 2950 l/s/km <sup>2</sup> . Flomberegningene er gjort om igjen ved å benytte nedbor avlopsmodellen PQRUT og flomfrekvens analyse av FINDATA. Det resulterende kulminasjon døgnvis ble bestemt til 2030 l/s/km <sup>2</sup> .  |               |
| 2.       | En bestemmende faktor for hvilke områder som vil oversvømmes i sentrale deler av Oslo som følge av en dambruddsølge vil være kapasitet av kulverter.<br>Det ble bestemt at kulvertkapasiteter skulle varieres mellom 50 og 80 % av teoretisk maksimums kapasitet.<br>Der hvor det er stor sannsynlighet for tilstopping av inntaket skal kapasitetene settes til 50 % av maksimal kapasitet mens det i områder med mindre fare for tilstopping av inntaket skal benyttes en reduksjon av maksimal kapasiteten på 20 %.<br>Kulvertkapasitetene varierer mellom 10 og 30 m <sup>3</sup> /s  |               |
| 3.       | Friluftsetaten arbeider med finansiering til rehabilitering av Dam Sognsvann. På grunn av krav til fribord av fyllingsdammer er det forventet at den nye Dam Sognsvann vil være en betong konstruksjon.<br>Dambruddsølge beregningen vil så bli gjort som om Dam Sognsvann er en betong konstruksjon.<br>Det er viktig at overlopet utformes slik at normal flom i Sognsvannsbekken ikke forverres og at det er tilstrekkelig demping av en Dambruddsølge fra Lille Åklungen.<br>Det vil nok også medføre en heving av dagens damkrope for å kunne oppnå tilstrekkelig demping  |               |
| 4.       | Det ble vist preliminare dambruddsølge beregninger fra Lille Åklungen som gir en bølge på ca 370 m <sup>3</sup> /s ned Pinabekken og ca. 170 m <sup>3</sup> /s ned Sognsvannsbekken ved dagens situasjon.<br>Det ble også vist foreløpige utforming av et nytt overløp som ville dempe bølgetoppen fra 170 m <sup>3</sup> /s til 50 m <sup>3</sup> /s ut fra Sognsvann.<br>En senkning av HRV i Dam Lille Åklungen ville være en avgjørende faktor med tanke på reduksjon av skader nedover i Sognsvannsbekken. En slik senkning av HRV må det søkes NVE om og Oslo Kommune vil sjekke om det er mulig å søke NVE om en slik senkning av HRV. | Trond Enkerud |
|          | Sandvika, 12. februar 2009  |               |
|          | Leif Basberg  |               |
| Vedlegg: | Notat for diskusjon sendt til deltagerene for motet: Lille Åklungen Dambruddsølge beregning   |               |



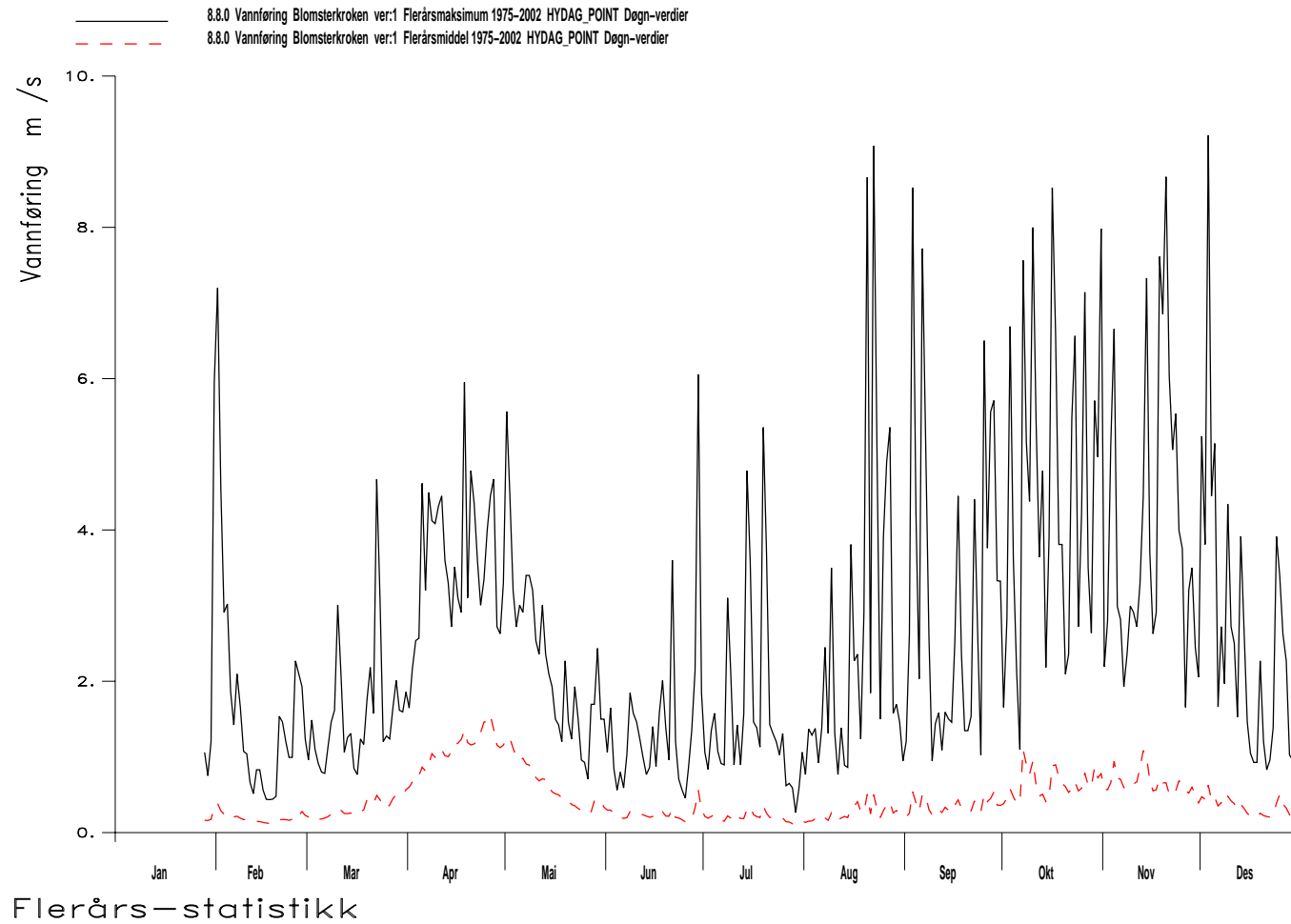
## **BILAG 5 FLOMFREKVENSANALYSE BLOMSTERKROKEN**



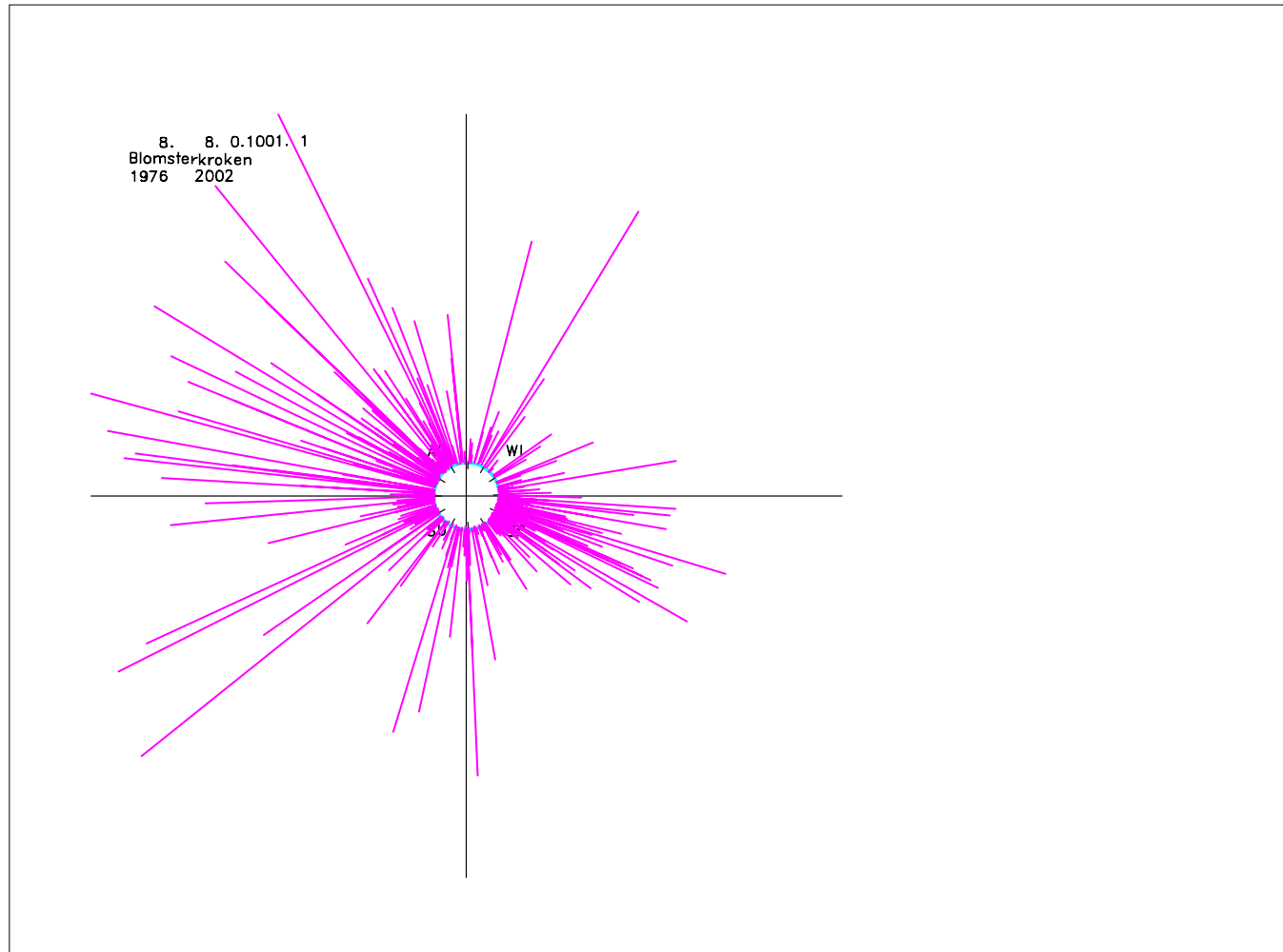
Figur B5-1 Frekvensanalyse findat og døgndata forskjellige metoder, 1 døgns varighet, 8.8 Blomsterkroken



Figur B5-2 Flomfrekvens analyse for flommer av 1 døgn varighet, 8.8 Blomsterkroken



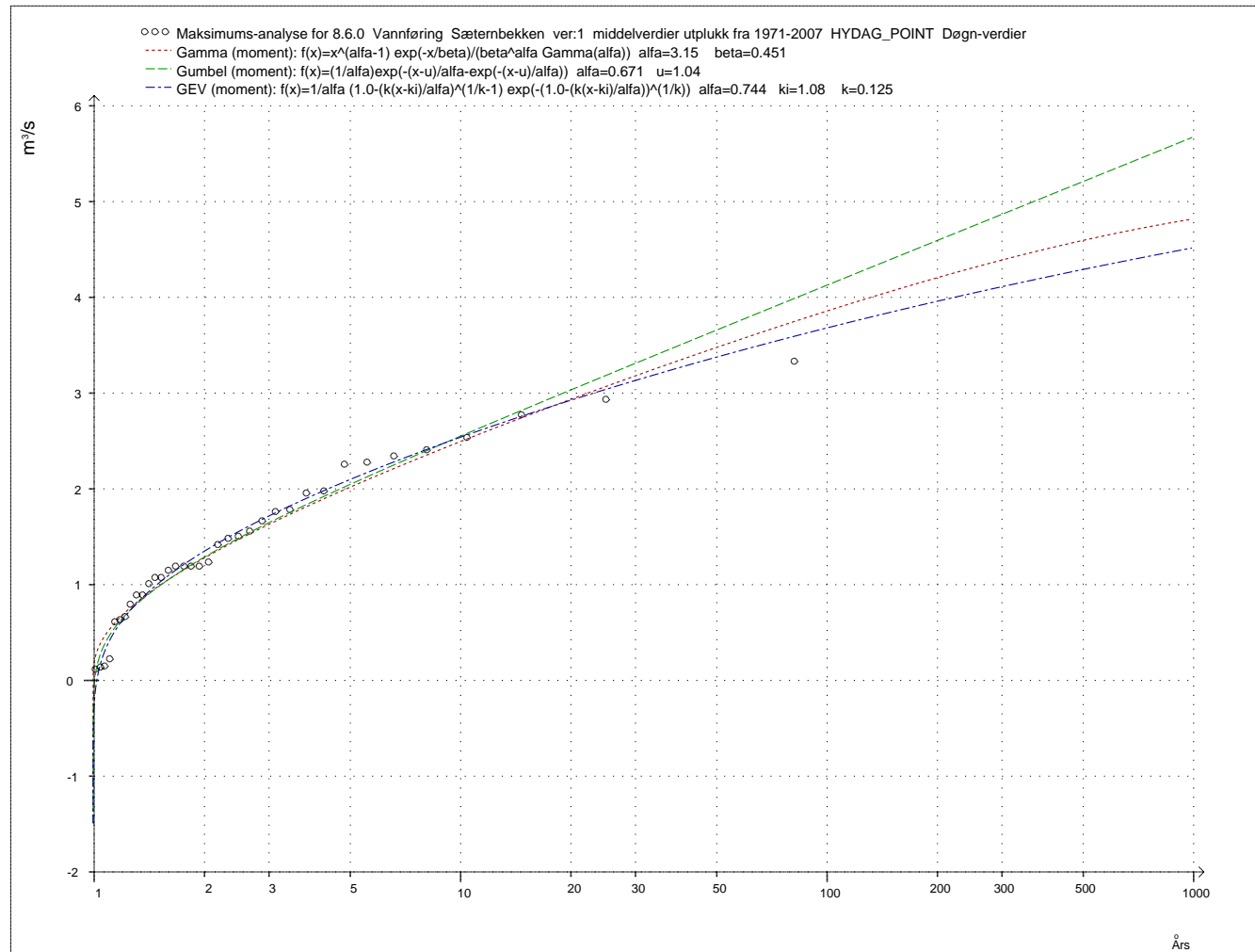
**Figur B5-3 Flerårsmaksium mot flerårsmiddel verdi for Vm 8.8 blomsterkroken**



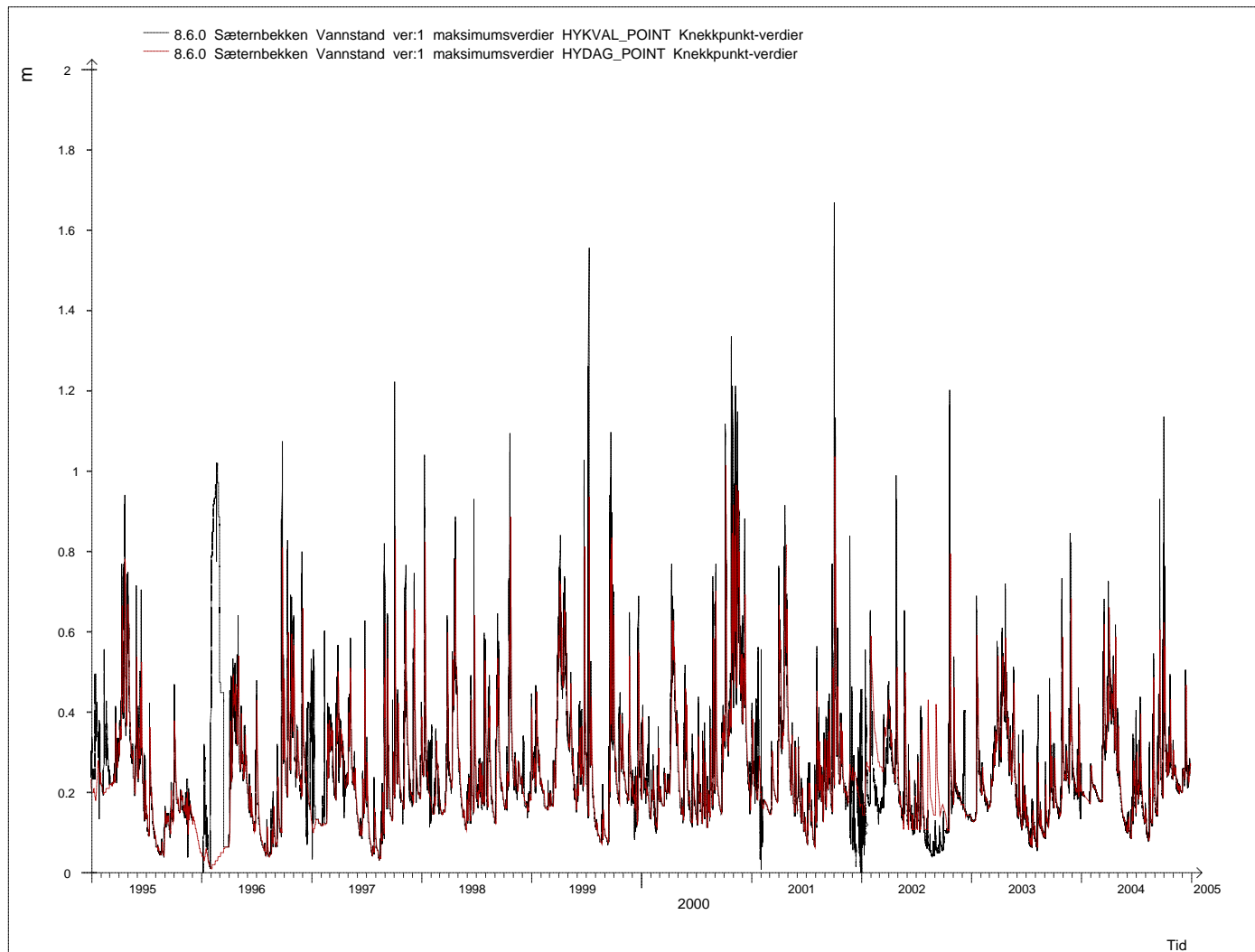
Figur B5-4 Flomrose for Vm 8.8 blomsterkroken



## **BILAG 6 FLOMFREKVENSANALYSE SÆTERNBEKKEN**

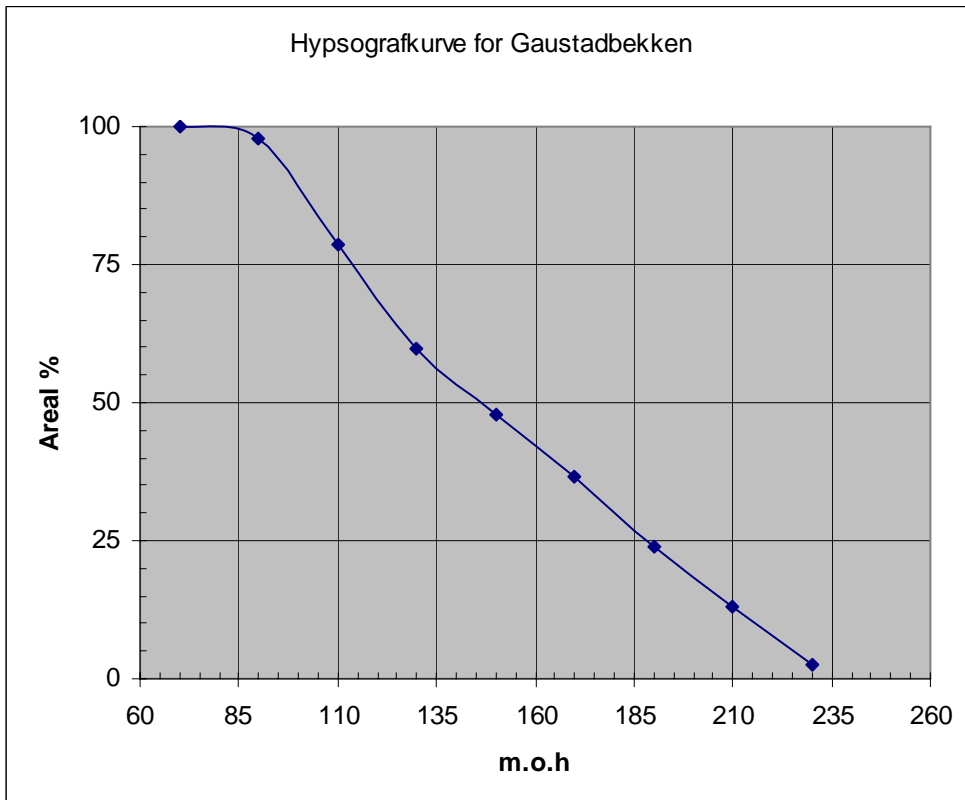
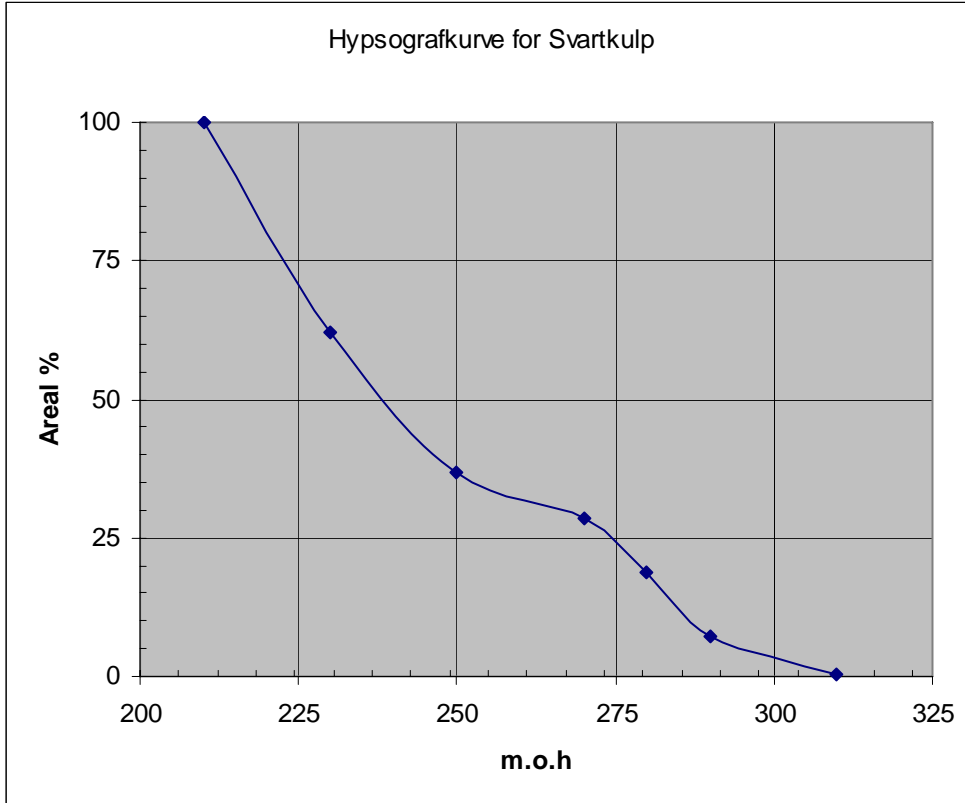


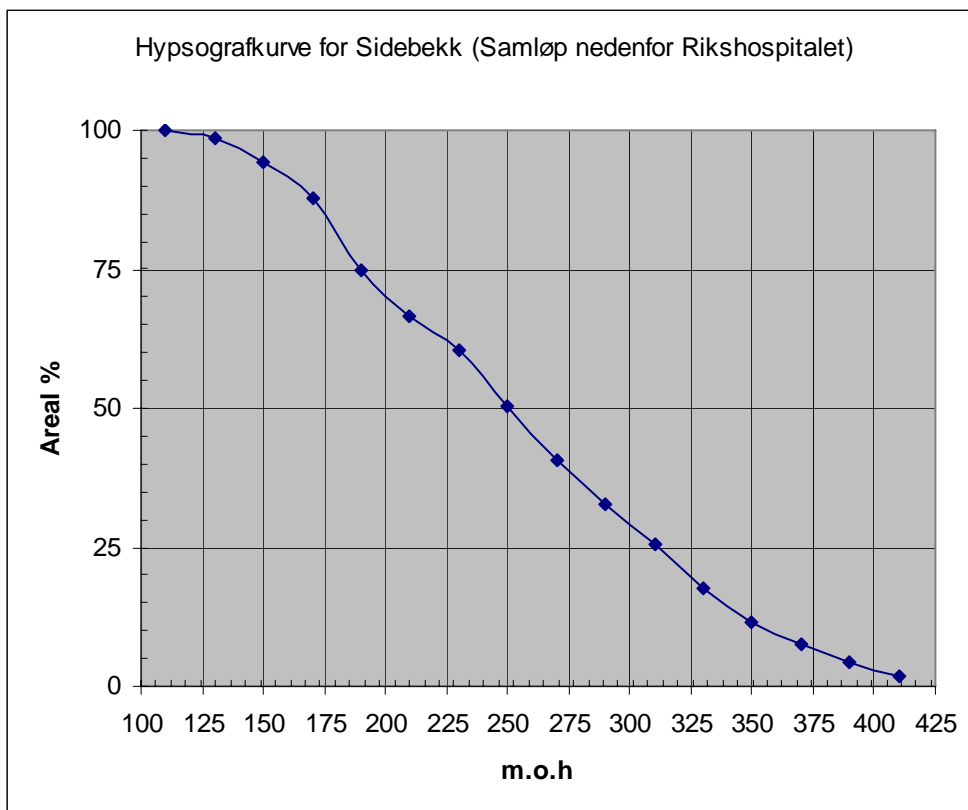
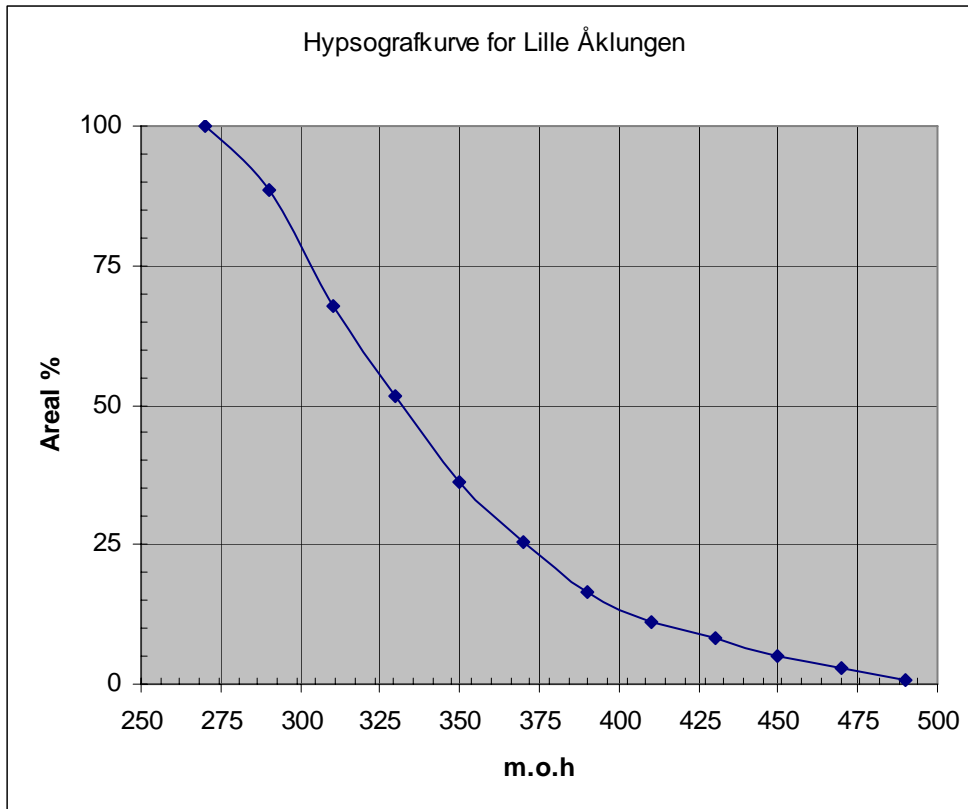
Figur B6-1 flomfrekvensanalyse 1971-2007 Vm 8.6 Sæternbekken



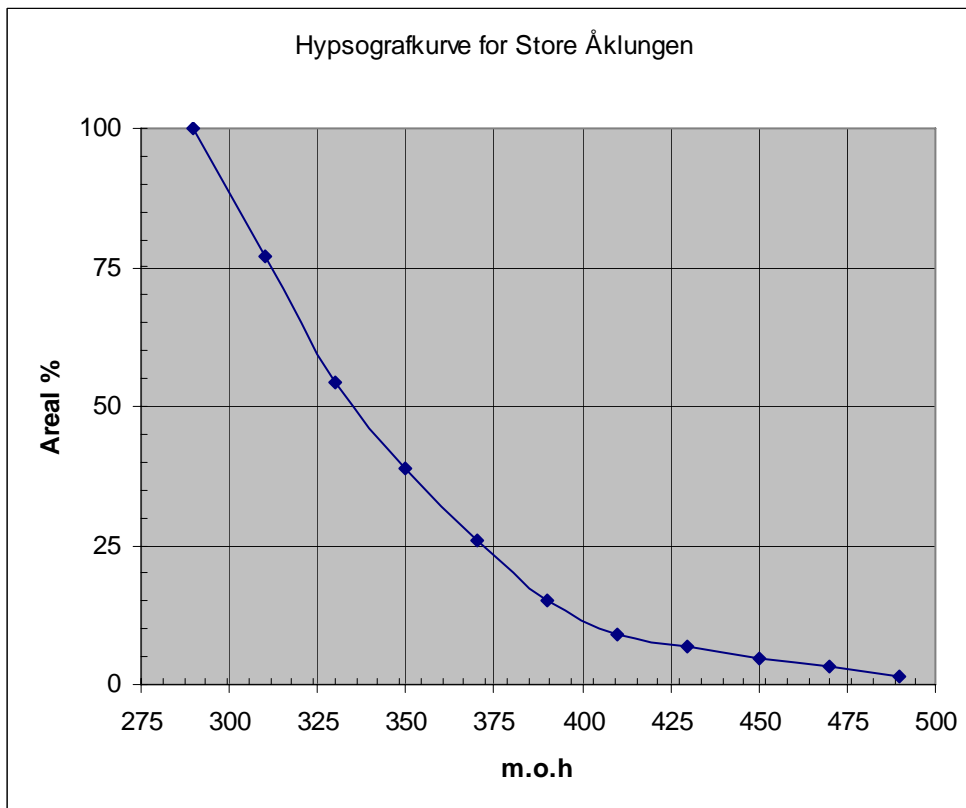
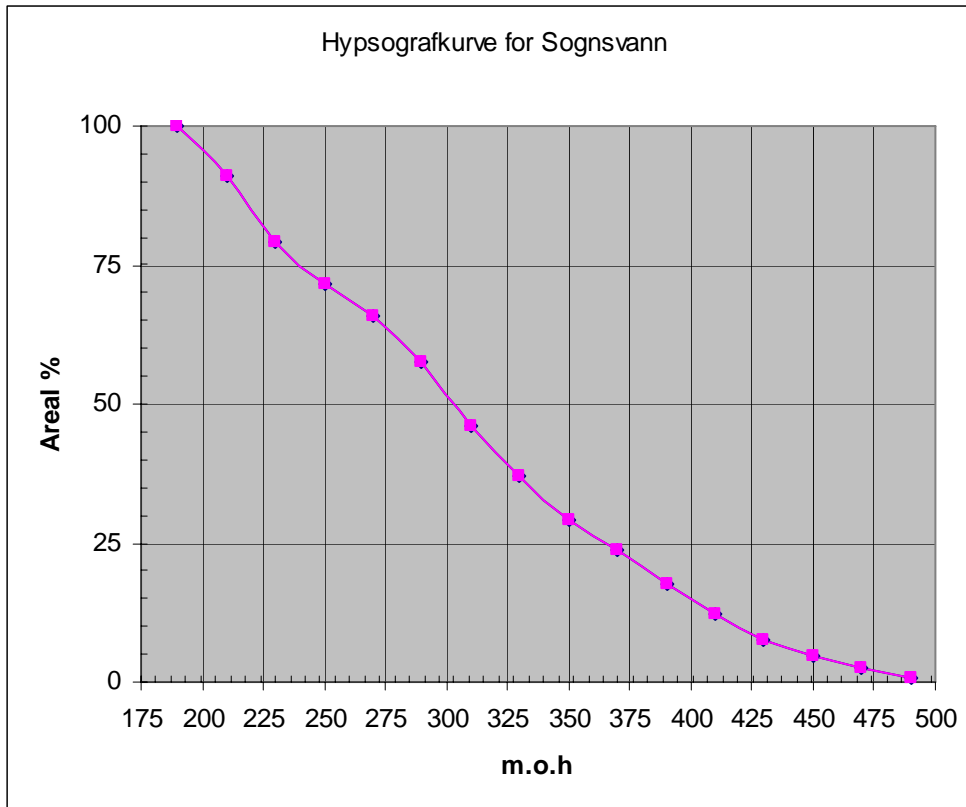
Figur B6-1 Vannstand 1995-2005 Vm 8.6 Sæternbekken

BILAG 7 BEREGNING AV PARAMETERER BENYTTET I PQRUT







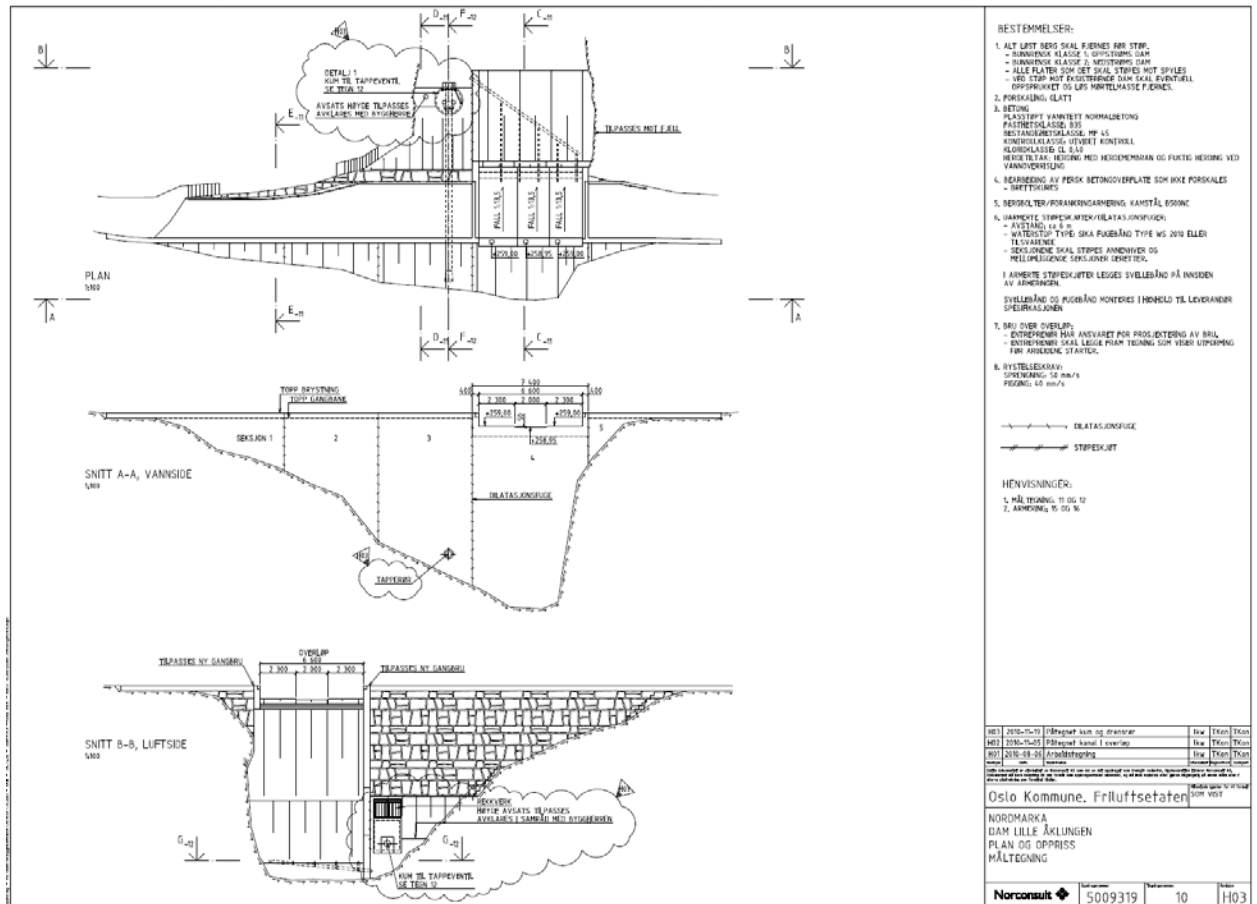


|                            | A   | qN*                   | PN    | AM              | ASF   | ASE   | Hmin                        | Hmax | H75% | H25%   | H50 | LF     | HL   | Le  | ST   | K1    | K2     | T      | VF (1/K1) | VF (v=1.5 m/s) | VF (v=1.5 m/s) | Cs         | TL   | TL_korr | S       | Q1                | 4*Q1              | Vm    | C | B |  |  |  |  |  |  |
|----------------------------|---|-----------------------|-------|-----------------|---|-------|-----------------------------|------|------|--------|-----|--------|------|-----|------|-------|--------|--------|-----------|----------------|----------------|------------|------|---------|---------|-------------------|-------------------|-------|---|---|--|--|--|--|--|--|
|                            | km <sup>2</sup>   | l/skm <sup>2</sup>    | mm/år | km <sup>2</sup> | %   | %     | moh.                        | moh. | %    | %      | m   | km     | m/km | km  | m/km | 1/tid | 1/tid  | mm     | min       | min            | timer          | mm/°C*døgn | °C   | °C      | mm/døgn | m <sup>3</sup> /s | m <sup>3</sup> /s |       |   | m |  |  |  |  |  |  |
| Songsvann (total)          | 9.98  | 19.5                  | 950   | 0.394           | n.a.  | 0.010 | 190                         | 1504 | 235  | 370    | 135 | 3.6    | 38   | 5.5 | 239  | 0.191 | 0.0412 | 8.351  | 24        | 61             | 1.0            | 3          | 13.5 | 11.5    | 34.6    | 2.2               | 8.8               | 36.38 | 2 | 2 |  |  |  |  |  |  |
| Lille Åklungen             | 2.47  | 21.5                  | 1000  | 0.097           | n.a.  | 0.001 | 264                         | 1504 | 305  | 370    | 65  | 1.5    | 43   | 2.0 | 620  | 0.245 | 0.0513 | 7.261  | 20        | 22             | 0.4            | 3          | 13.5 | 11.3    | 33.9    | 0.54              | 2.2               | 14.30 | 2 | 2 |  |  |  |  |  |  |
| Store Åklungen             | 1.15  | 22.0                  | 1050  | 0.137           | n.a.  | 0.001 | 303                         | 1504 | 310  | 370    | 60  | 1.3    | 46   | 1.7 | 706  | 0.252 | 0.0523 | 7.215  | 19        | 19             | 0.3            | 3          | 13.5 | 11.3    | 33.9    | 0.25              | 1.0               | 26.10 | 2 | 2 |  |  |  |  |  |  |
| Svartkulp                  | 0.95  | 17.4                  | 950   | 0.066           | n.a.  | 0.46  | 211                         | 1333 | 220  | 275    | 55  | 2.2    | 25   | 2.5 | 449  | 0.093 | 0.0234 | 14.114 | 43        | 28             | 0.5            | 3          | 13.5 | 11.9    | 35.7    | 0.21              | 0.8               | 13.32 | 2 | 2 |  |  |  |  |  |  |
| Risbekken                  | 1.18  | 16.1                  |       | n.a.            | n.a.  | 0.001 | 112                         | 1431 | 190  | 310    | 120 | 2.9    | 41   | 3.0 | 440  | 0.239 | 0.0506 | 5.882  | 20        | 33             | 0.6            | 3          | 13.5 | 11.9    | 35.6    |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | A <sub>total</sub>  | A <sub>del felt</sub> |       |                 |   |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | km <sup>2</sup>   | km <sup>2</sup>       |       |                 |   |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Kulvert Ringveien          | 12.87   | 1.71                  |       |                 |   |       | 112                         | 1504 |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Gaustadbekken              | 4.00  | 4.00                  |       |                 |   |       | 73                          | 1247 |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Kulvert Slømdalsveien      | 17.21   | 0.34                  |       |                 |   |       | 69                          | 1504 |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Kulvert Frøn Stasjon       | 17.24   | 0.03                  |       |                 |   |       | 63                          | 1504 |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Kulvert Fritjof Nansensvei | 17.57   | 0.33                  |       |                 |   |       | 52                          | 1504 |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Vigelandbroen              | 17.74   | 0.17                  |       |                 |   |       | 42                          | 1504 |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Kulvert Sigurd Syrsgate    | 21.32   | 3.58                  |       |                 |   |       | 15                          | 1504 |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | AM1   | A1                    |       |                 |   |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Songsvann                  | 9.98  | 0.004388              | 1.3   | 0.0090          | 0.5   | 0.01  | Lorttjern og Nedre Blanksjø |      |      |        |     | 0.0134 |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Lille Åklungen             | 2.47  |                       |       |                 |   |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Store Åklungen             | 1.15  |                       |       |                 |   |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Svartkulp                  | 0.95  | 0.008769              | 0.47  | 0.4590          | Nedre Blanksjø  |       |                             |      |      | 0.0088 |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Sidebekk                   | 1.18  |                       |       |                 |   |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | Parameter   | Enhet                 | Kilde | Side ref i 5    | Forklaring  |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | A   | km <sup>2</sup>       | 1     |                 | 8 Nedbørfeltets areal   |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | qN  | l/skm <sup>2</sup>    | 3     |                 | 9 Midlere spesifikk avrenning   |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | PN  | mm/år                 | 4     |                 | 9 Midlere årsnedbør   |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | AM  | km <sup>2</sup>       | 1     |                 | 9 Magasinets areal ved HRV  |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | ASF   | km <sup>2</sup>       | 1     |                 | 9 Snaujellprosent   |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | ASE   | km <sup>2</sup>       | 1     |                 | 9 Effektiv sjøprosent   |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | Hmin  | moh.                  | 1     |                 | Minste høyde i nedbørfeltet   |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | Hmax  | moh.                  | 1     |                 | Høyeste høyde i nedbørfeltet  |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | H75%  | %                     | 2     |                 |   |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | H25%  | %                     | 2     |                 |   |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | H50   | m                     | 2     |                 | 10 Høydeforskjell mellom 25 og 75% passasjen på feltets hypsografiske kurve |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | LF  | km                    | 1     |                 | 9 Feltaksens lengde   |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | HL  | m/km                  | 5     |                 | 10 Relieff-forhold (H50/LF)   |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | Le  | km                    | 1     |                 | 9 Hovedelvas lengde   |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | ST  | m/km                  | 5     |                 | 9 Delta H (Hmax-Hmin)/Le  |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | K1  | 1/tid                 | 5     |                 | Tømmekonstant øvre nivå   |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | K2  | 1/tid                 | 5     |                 | Tømmekonstant nedre nivå  |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | T   | mm                    | 5     |                 | Skille mellom øvre og nedre nivå  |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | VF  | tid                   | 5     |                 | 19 Konsentrasjonstid  |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | VF  | tid                   | 5     |                 | 19 Konsentrasjonstid  |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | Cs  | mm/Cdøgn              | 5     |                 | 32  |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | TL  | C                     | 6     |                 | 32  |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | TLkorr  | C                     | 5     |                 | 32 0.65C pr 100 m   |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | S   | mm/døgn               | 5     |                 | 32  |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | 1 - Fra ArcGIS ved bruk av ARC HYDRO underlag er FKB-DATA N5 SOSI versjon 3   |                       |       |                 |   |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | 2 - Fra ArcGIS ved bruk av ARC HYDRO underlag er FKB-DATA N5 SOSI versjon 3 - N50 høydekortur med 20m interval benyttet for å lage hypsografisk kurve |                       |       |                 |   |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | 3 - Fra ArcGIS ved bruk av ARC HYDRO FKB-DATA og Avrenningskart fra NVE's hjemmeside  |                       |       |                 |   |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | 4 - Fra DNMI  |                       |       |                 |   |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | 5 - Avledet i henhold til formeler i retningslinje for flomberegninger.   |                       |       |                 |   |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |
|                            | 6 - DNMI Klima og snødata for flomberegninger Rapport NR. 26/97 08.12.97, ISBN 0850-9918  |                       |       |                 |   |       |                             |      |      |        |     |        |      |     |      |       |        |        |           |                |                |            |      |         |         |                   |                   |       |   |   |  |  |  |  |  |  |

## **BILAG 8 SENSITIVITETS ANALYSE PQRUT**

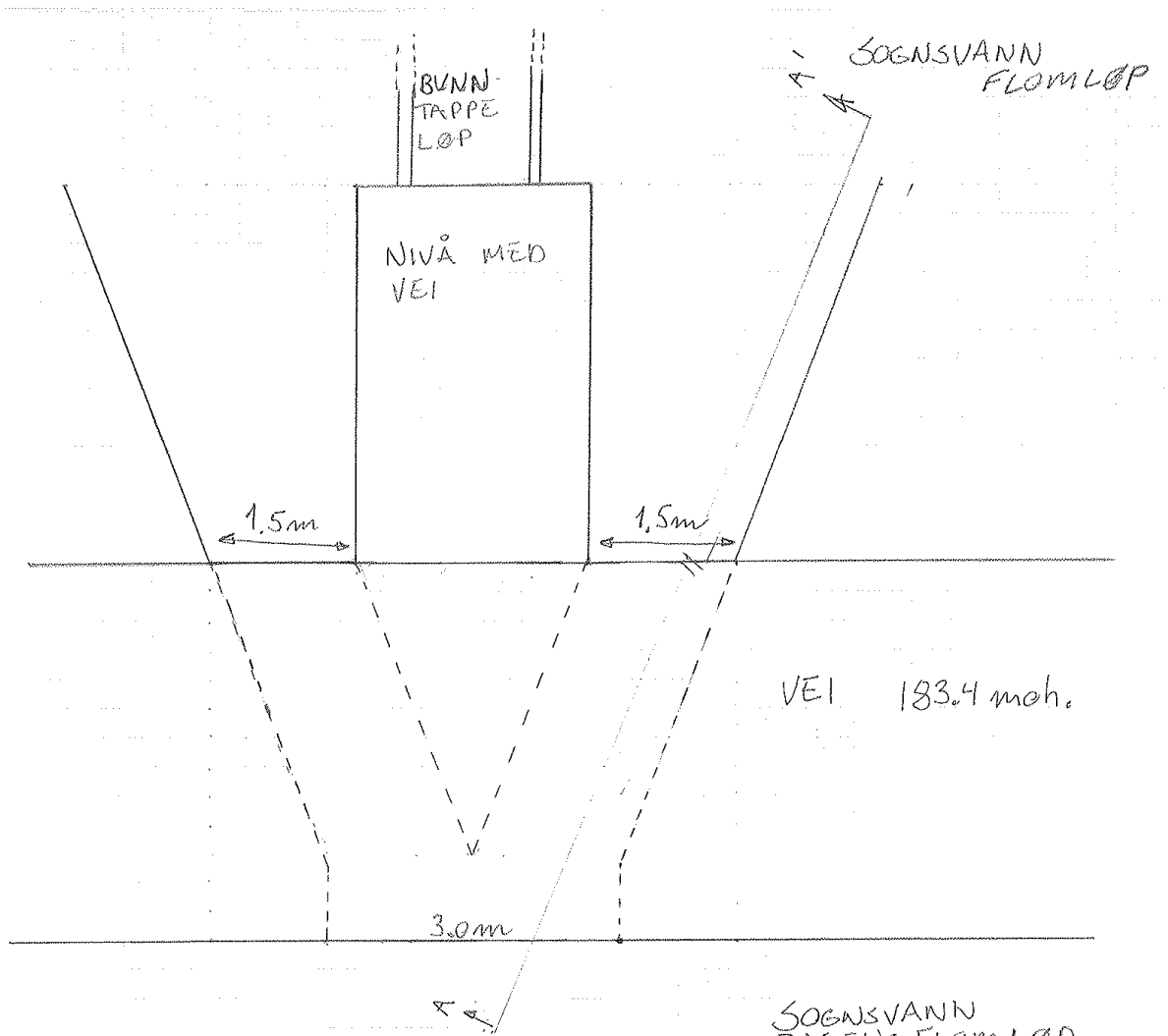
|              |          | Beregnete verdier |      |      |      |      |      | Sensitivitets Analyse |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------|----------|-------------------|------|------|------|------|------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|              | A        | 9.98              |      |      |      |      |      |                       |      |      |      |      |      |      |      |
|              | ASE      | 0.01              |      |      |      |      |      |                       |      |      |      |      |      |      |      |
|              | AM       | 0.394             |      |      |      |      |      |                       |      |      |      |      |      |      |      |
|              | Rotsone  | 200               |      |      |      |      |      |                       |      |      | 150  | 150  | 150  | 150  | 200  |
|              | K1       | 0.19              | 0.1  | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.19 |                       |      | 0.38 | 0.19 | 0.19 | 0.09 | 0.09 | 0.09 |
|              | K2       | 0.04              |      | 0.08 | 0.04 | 0.04 | 0.04 |                       | 0.02 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 |
|              | T        | 8.4               |      |      | 4.2  | 8.4  | 8.4  | 16.8                  | 8.4  | 8.4  | 8.4  | 8.4  | 8.4  | 8.4  | 8.4  |
|              | Vf       | 1                 |      |      |      | 0.5  | 2    | 1                     | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    |
|              | Mettning | 1                 |      |      |      |      |      |                       |      |      |      | 0.8  | 0.8  | 1    | 1    |
| Døgn         | Q1000    | 1589              | 1340 | 1582 | 1596 | 1591 | 1574 | 1582                  | 1596 | 1707 | 1598 | 1379 | 1106 | 1286 | 1288 |
| Kuliminasjon | Q1000    | 3548              | 2335 | 3545 | 3560 | 3555 | 2691 | 3545                  | 3560 | 5386 | 3548 | 3070 | 1852 | 2029 | 2026 |
|              |          | 2.2               | 1.7  | 2.2  | 2.2  | 2.2  | 1.7  | 2.2                   | 2.2  | 3.2  | 2.2  | 2.2  | 1.7  | 1.6  | 1.6  |

**BILAG 9 DAM TEGNINGER**

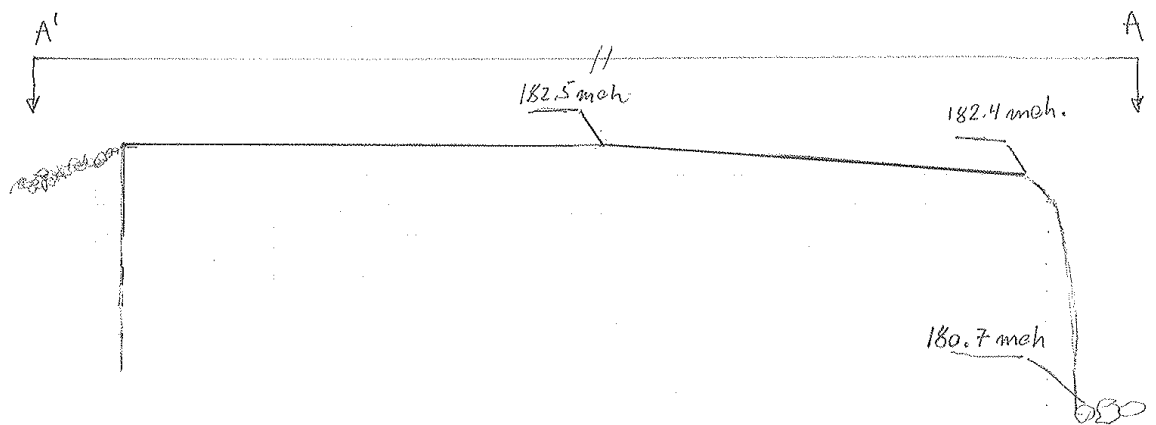


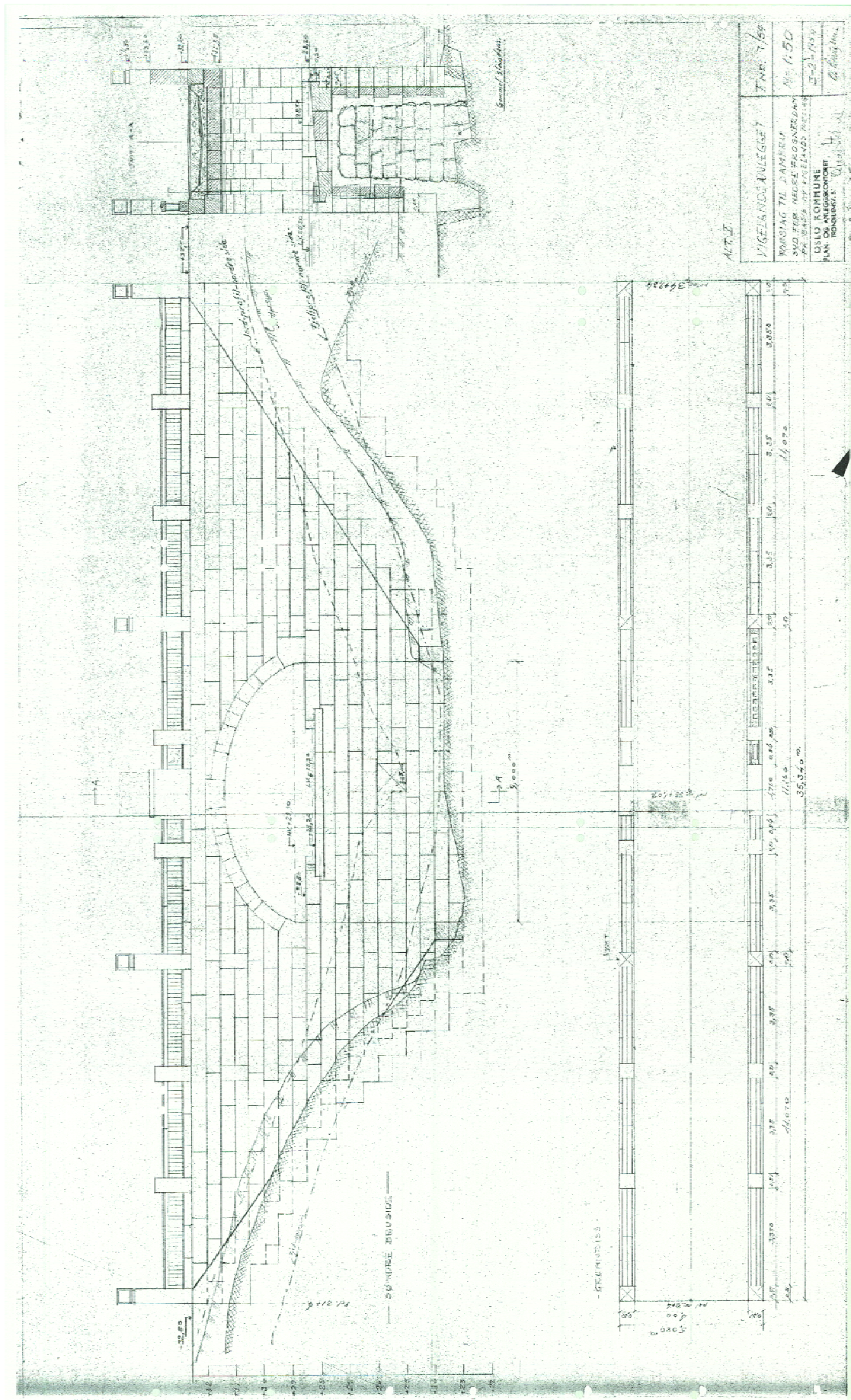
Sogn



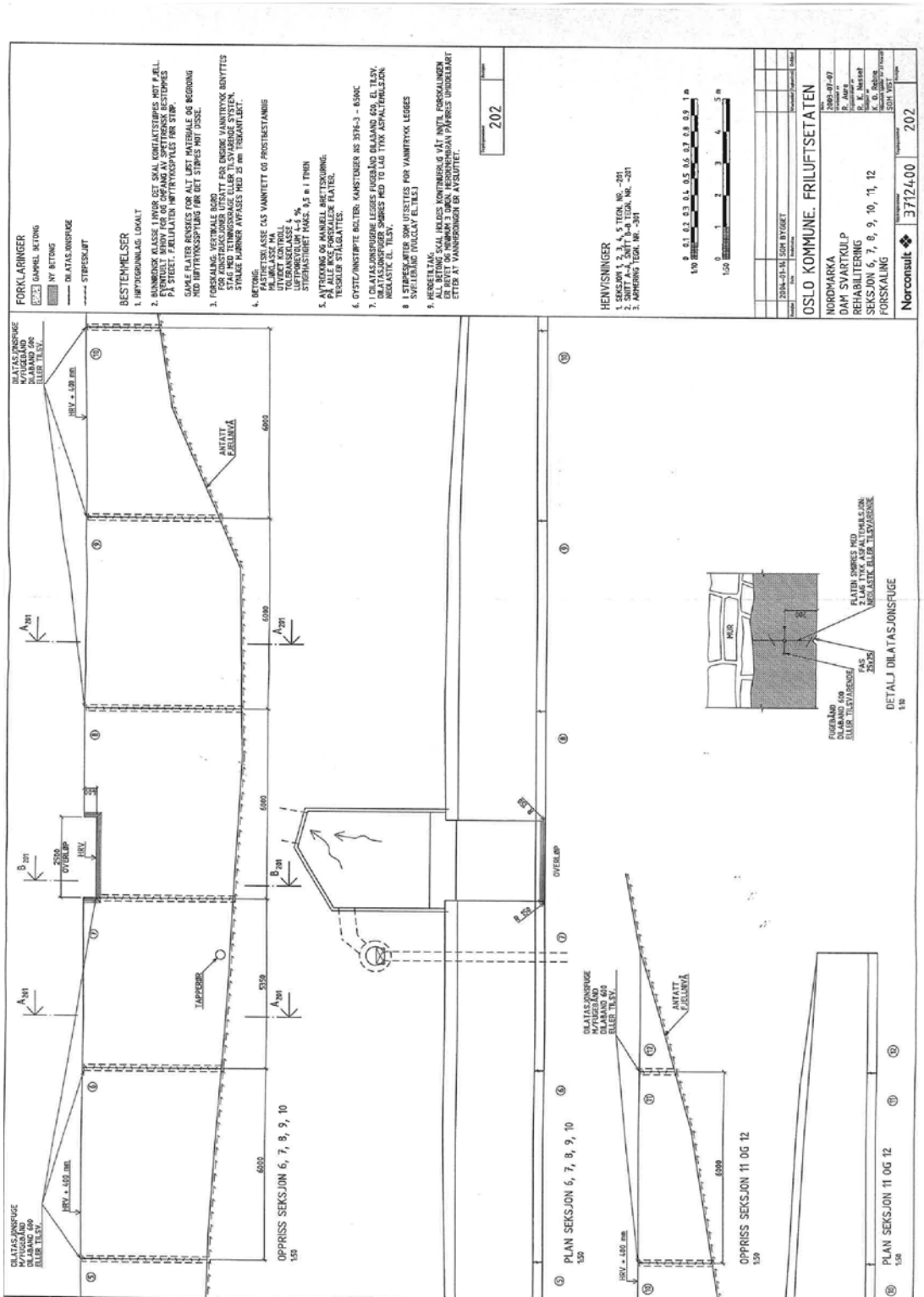


SOGNSVANN  
DAGENS FLOMLØP  
DIMENSJONER OG  
HØYDER ER TATT  
FRA FKB-GEOVEKST  
N5 DATA OG FLYLASER  
1X1M DTM  
2011-05-15







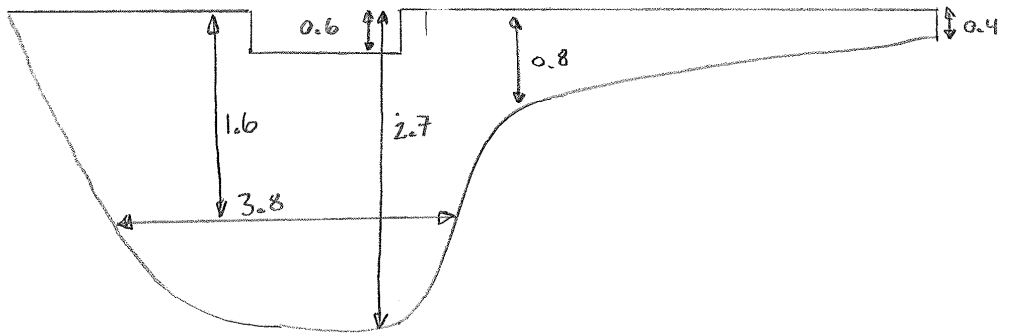
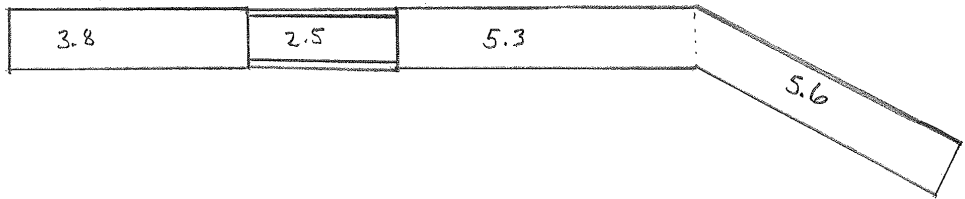




|            |            |                   |                    |
|------------|------------|-------------------|--------------------|
| Norconsult |            | Side/ Page        |                    |
| Sign.      | Dato/ Date | Prosjekt/ Project | Prosj.nr./ Proj.no |
| Ktr./ Chkd | Dato/ Date | Lille Åhlungen    | 5009319            |

Ref.

store Åhlungen



Magasinet 0,131 km<sup>2</sup>  
MAGASIN VOLUM

131113 ~ 131000 overflate  
Areal

Mindre 10000 m<sup>3</sup> volume ⇒ Klasse 0

| overflate<br>Areal    | dyb   | volume                  | Høyde fra bunn |
|-----------------------|-------|-------------------------|----------------|
| 36000 m <sup>2</sup>  | 0.6 m | - 21600 m <sup>3</sup>  | 0.6 m          |
| 75000 m <sup>2</sup>  | 1.0 m | - 55500 m <sup>3</sup>  | 1.6 m          |
| 131000 m <sup>2</sup> | 1.0   | - 113300 m <sup>3</sup> | 2.7 m          |



**BILAG 10 EKSTREM NEDBØR OG NEDBØRFORLØP****Påregnelig Ekstremnedbør (felt)**

Det må presiseres at de gitte verdier for MT og PMP er basert på et relativt sparsomt datagrunnlag. Verdiene må derfor bare betraktes som et grovestimat.

Data er gyldig per 31.10.2008  
kdvh@met.no © met.no

| Nedbørfelt: Dam Sognsvann   |          |               |               |               |               |      |
|---|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|------|
| <b>1) Normal årsnedbør (basert på verdier fra normalkart): PN ~ 950 mm</b>  |          |               |               |               |               |      |
| <b>2) M5(24t) / PN ~ 6,3 % ==&gt; M5(24t) ~ 60 mm</b>   |          |               |               |               |               |      |
| 3) Påregnlige 24 timers nedbørverdier   |          |               |               |               |               |      |
|   | Årsverdi | jan, feb, des | mar, apr, mai | jun, jul, aug | sep, okt, nov |      |
| M5(Årstid) / M5(År)   | 1        | 0.48          | 0.54          | 0.89          | 0.84          |      |
| M5 (mm)   | 60       | 29            | 32            | 53            | 50            |      |
| M10 (mm)  | 65       | 35            | 35            | 60            | 55            |      |
| M25 (mm)  | 80       | 40            | 45            | 70            | 65            |      |
| M50 (mm)  | 90       | 45            | 50            | 80            | 75            |      |
| M100 (mm)   | 100      | 55            | 60            | 90            | 85            |      |
| M200 (mm)   | 110      | 60            | 65            | 100           | 95            |      |
| M500 (mm)   | 130      | 75            | 80            | 120           | 115           |      |
| M1000 (mm)  | 145      | 85            | 90            | 135           | 125           |      |
| PMP (mm)  | 260      | 175           | 185           | 245 ->260     | 235           |      |
| 4) Påregnlige n-timers nedbørverdier  |          |               |               |               |               |      |
| 4. 1) Årsverdi:   |          |               |               |               |               |      |
| Antall timer (n)  | 1        | 2             | 6             | 12            | 24            | 48   |
| n timer / 24 timer  | 0.35     | 0.44          | 0.65          | 0.8           | 1             | 1.25 |
| M10 (mm)  | 25       | 30            | 40            | 50            | 65            | 80   |
| M25 (mm)  | 30       | 35            | 50            | 65            | 80            | 100  |
| M50 (mm)  | 30       | 40            | 60            | 70            | 90            | 115  |
| M100 (mm)   | 35       | 45            | 65            | 80            | 100           | 125  |
| M200 (mm)   | 40       | 50            | 70            | 90            | 110           | 140  |
| M500 (mm)   | 45       | 55            | 85            | 105           | 130           | 165  |
| M1000 (mm)  | 50       | 65            | 95            | 115           | 145           | 180  |
| PMP (mm)  | 90       | 115           | 170           | 210           | 260           | 325  |
| 4. 5) sep, okt, nov:  |          |               |               |               |               |      |
| Antall timer (n)  | 1        | 2             | 6             | 12            | 24            | 48   |
| n timer / 24 timer  | 0.35     | 0.44          | 0.65          | 0.8           | 1             | 1.25 |
| M10 (mm)  | 20       | 25            | 35            | 45            | 55            | 70   |
| M25 (mm)  | 25       | 30            | 40            | 50            | 65            | 80   |
| M50 (mm)  | 25       | 35            | 50            | 60            | 75            | 95   |
| M100 (mm)   | 30       | 35            | 55            | 70            | 85            | 105  |
| M200 (mm)   | 35       | 40            | 60            | 75            | 95            | 120  |
| M500 (mm)   | 40       | 50            | 75            | 90            | 115           | 145  |
| M1000 (mm)  | 45       | 55            | 80            | 100           | 125           | 155  |
| PMP (mm)  | 80       | 105           | 155           | 190           | 235           | 295  |
| 5) Justering fra punkt til areal-verdi.   |          |               |               |               |               |      |
| De gitte verdier gir punktnedbør for et "representativt" fiktivt punkt i feltet.<br>For felt på ca. 9 kv.km fåes et grovestimat av arealnedbør ved å multiplisere punktverdiene med en "arealreduksjonsfaktor" ARF: |          |               |               |               |               |      |
| ANTALL TIMER:   | 1        | 2             | 6             | 12            | 24            | 48   |
| ARF (2 kv.km.)  | 0.91     | 0.93          | 0.96          | 0.97          | 0.98          | 0.98 |
| 6) Nærmeste målestasjon: 18750 SOGNSVANNET (PN = 925 mm/år)   |          |               |               |               |               |      |
| 7) Maksimal observert nedbør i området (valgte stasjoner i perioden 1858-2007) : 87,3 mm  |          |               |               |               |               |      |
| Målt ved: 18960 TRYVASSHØGDA II den 28.09.1996  |          |               |               |               |               |      |
| 8) Kommentarer:   |          |               |               |               |               |      |

| <b>Nedbørfelt: Dam Svartkulp</b>  |          |               |               |               |               |      |
|---|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|------|
| <b>1) Normal årsnedbør (basert på verdier fra normalkart): PN ~ 950 mm</b>  |          |               |               |               |               |      |
| <b>2) M5(24t) / PN ~ 6,3 % ==&gt; M5(24t) ~ 60 mm</b>   |          |               |               |               |               |      |
| 3) Påregnlige 24 timers nedbørverdier   |          |               |               |               |               |      |
|   | Årsverdi | jan, feb, des | mar, apr, mai | jun, jul, aug | sep, okt, nov |      |
| M5(Årstid) / M5(År)   | 1        | 0.48          | 0.54          | 0.89          | 0.84          |      |
| M5 (mm)   | 60       | 29            | 32            | 53            | 50            |      |
| M10 (mm)  | 65       | 35            | 35            | 60            | 55            |      |
| M25 (mm)  | 80       | 40            | 45            | 70            | 65            |      |
| M50 (mm)  | 90       | 45            | 50            | 80            | 75            |      |
| M100 (mm)   | 100      | 55            | 60            | 90            | 85            |      |
| M200 (mm)   | 110      | 60            | 65            | 100           | 95            |      |
| M500 (mm)   | 130      | 75            | 80            | 120           | 115           |      |
| M1000 (mm)  | 145      | 85            | 90            | 135           | 125           |      |
| PMP (mm)  | 260      | 175           | 185           | 245 ->260     | 235           |      |
| 4) Påregnlige n-timers nedbørverdier  |          |               |               |               |               |      |
| 4. 1) Årsverdi:   |          |               |               |               |               |      |
| Antall timer (n)  | 1        | 2             | 6             | 12            | 24            | 48   |
| n timer / 24 timer  | 0.35     | 0.44          | 0.65          | 0.8           | 1             | 1.25 |
| M10 (mm)  | 25       | 30            | 40            | 50            | 65            | 80   |
| M25 (mm)  | 30       | 35            | 50            | 65            | 80            | 100  |
| M50 (mm)  | 30       | 40            | 60            | 70            | 90            | 115  |
| M100 (mm)   | 35       | 45            | 65            | 80            | 100           | 125  |
| M200 (mm)   | 40       | 50            | 70            | 90            | 110           | 140  |
| M500 (mm)   | 45       | 55            | 85            | 105           | 130           | 165  |
| M1000 (mm)  | 50       | 65            | 95            | 115           | 145           | 180  |
| PMP (mm)  | 90       | 115           | 170           | 210           | 260           | 325  |
| 4. 5) sep, okt, nov:  |          |               |               |               |               |      |
| Antall timer (n)  | 1        | 2             | 6             | 12            | 24            | 48   |
| n timer / 24 timer  | 0.35     | 0.44          | 0.65          | 0.8           | 1             | 1.25 |
| M10 (mm)  | 20       | 25            | 35            | 45            | 55            | 70   |
| M25 (mm)  | 25       | 30            | 40            | 50            | 65            | 80   |
| M50 (mm)  | 25       | 35            | 50            | 60            | 75            | 95   |
| M100 (mm)   | 30       | 35            | 55            | 70            | 85            | 105  |
| M200 (mm)   | 35       | 40            | 60            | 75            | 95            | 120  |
| M500 (mm)   | 40       | 50            | 75            | 90            | 115           | 145  |
| M1000 (mm)  | 45       | 55            | 80            | 100           | 125           | 155  |
| PMP (mm)  | 80       | 105           | 155           | 190           | 235           | 295  |
| 5) Justering fra punkt til areal-verdi.   |          |               |               |               |               |      |
| De gitte verdier gir punktnedbør for et "representativt" fiktivt punkt i feltet.<br>For felt på ca. 1 kv.km fåes et grovestimat av arealnedbør ved å multiplisere punktverdiene med en "arealreduksjonsfaktor" ARF: |          |               |               |               |               |      |
| ANTALL TIMER:   | 1        | 2             | 6             | 12            | 24            | 48   |
| ARF (1 kv.km.)  | 0.96     | 0.97          | 0.98          | 0.99          | 0.99          | 0.99 |
| 6) Nærmeste målestasjon: 18750 SOGNSVANNET (PN = 925 mm/år)   |          |               |               |               |               |      |
| 7) Maksimal observert nedbør i området (valgte stasjoner i perioden 1858-2007) : 87,3 mm  |          |               |               |               |               |      |
| Målt ved: 18960 TRYVASSHØGDA II den 28.09.1996  |          |               |               |               |               |      |

| <b>Nedbørfelt: Dam Store Åklungen</b>   |                 |                      |                      |                      |                      |           |
|---|-----------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------|
| <b>1) Normal årsnedbør (basert på verdier fra normalkart): PN ~ 1050 mm</b>   |                 |                      |                      |                      |                      |           |
| <b>2) M5(24t) / PN ~ 6,2 % ==&gt; M5(24t) ~ 65 mm</b>   |                 |                      |                      |                      |                      |           |
| 3) Påregnlige 24 timers nedbørverdier   |                 |                      |                      |                      |                      |           |
|   | <b>Årsverdi</b> | <b>jan, feb, des</b> | <b>mar, apr, mai</b> | <b>jun, jul, aug</b> | <b>sep, okt, nov</b> |           |
| M5(Årstid) / M5(År)   | 1               | 0.48                 | 0.54                 | 0.89                 | 0.84                 |           |
| M5 (mm)   | 65              | 31                   | 35                   | 58                   | 55                   |           |
| M10 (mm)  | 75              | 35                   | 40                   | 65                   | 60                   |           |
| M25 (mm)  | 85              | 45                   | 50                   | 75                   | 75                   |           |
| M50 (mm)  | 95              | 50                   | 55                   | 85                   | 80                   |           |
| M100 (mm)   | 105             | 55                   | 65                   | 95                   | 90                   |           |
| M200 (mm)   | 120             | 65                   | 70                   | 110                  | 105                  |           |
| M500 (mm)   | 140             | 80                   | 85                   | 125                  | 120                  |           |
| M1000 (mm)  | 155             | 90                   | 95                   | 140                  | 135                  |           |
| PMP (mm)  | 270             | 180                  | 195                  | 255 ->270            | 250                  |           |
| <b>4) Påregnlige n-timers nedbørverdier</b>   |                 |                      |                      |                      |                      |           |
| 4. 1) Årsverdi:   |                 |                      |                      |                      |                      |           |
| <b>Antall timer (n)</b>   | <b>1</b>        | <b>2</b>             | <b>6</b>             | <b>12</b>            | <b>24</b>            | <b>48</b> |
| n timer / 24 timer  | 0.34            | 0.42                 | 0.63                 | 0.79                 | 1                    | 1.26      |
| M10 (mm)  | 25              | 30                   | 45                   | 60                   | 75                   | 95        |
| M25 (mm)  | 30              | 35                   | 55                   | 65                   | 85                   | 105       |
| M50 (mm)  | 30              | 40                   | 60                   | 75                   | 95                   | 120       |
| M100 (mm)   | 35              | 45                   | 65                   | 85                   | 105                  | 130       |
| M200 (mm)   | 40              | 50                   | 75                   | 95                   | 120                  | 150       |
| M500 (mm)   | 50              | 60                   | 90                   | 110                  | 140                  | 175       |
| M1000 (mm)  | 55              | 65                   | 100                  | 120                  | 155                  | 195       |
| PMP (mm)  | 90              | 115                  | 170                  | 215                  | 270                  | 340       |
| 4. 5) sep, okt, nov:  |                 |                      |                      |                      |                      |           |
| <b>Antall timer (n)</b>   | <b>1</b>        | <b>2</b>             | <b>6</b>             | <b>12</b>            | <b>24</b>            | <b>48</b> |
| n timer / 24 timer  | 0.34            | 0.42                 | 0.63                 | 0.79                 | 1                    | 1.26      |
| M10 (mm)  | 20              | 25                   | 40                   | 45                   | 60                   | 75        |
| M25 (mm)  | 25              | 30                   | 45                   | 60                   | 75                   | 95        |
| M50 (mm)  | 25              | 35                   | 50                   | 65                   | 80                   | 100       |
| M100 (mm)   | 30              | 40                   | 55                   | 70                   | 90                   | 115       |
| M200 (mm)   | 35              | 45                   | 65                   | 85                   | 105                  | 130       |
| M500 (mm)   | 40              | 50                   | 75                   | 95                   | 120                  | 150       |
| M1000 (mm)  | 45              | 55                   | 85                   | 105                  | 135                  | 170       |
| PMP (mm)  | 85              | 105                  | 160                  | 200                  | 250                  | 315       |
| <b>5) Justering fra punkt til areal-verdi.</b>  |                 |                      |                      |                      |                      |           |
| De gitte verdier gir punktnedbør for et "representativt" fiktivt punkt i feltet.<br>For felt på ca. 1 kv.km fåes et grovestimat av arealnedbør ved å multiplisere punkterverdiene med en "arealreduksjonsfaktor" ARF: |                 |                      |                      |                      |                      |           |
| <b>ANTALL TIMER:</b>  | <b>1</b>        | <b>2</b>             | <b>6</b>             | <b>12</b>            | <b>24</b>            | <b>48</b> |
| ARF (1 kv.km.)  | 0.96            | 0.97                 | 0.98                 | 0.99                 | 0.99                 | 0.99      |
| <b>6) Nærmeste målestasjon: 18750 SOGNSVANNET (PN = 925 mm/år)</b>  |                 |                      |                      |                      |                      |           |
| <b>7) Maksimal observert nedbør i området (valgte stasjoner i perioden 1858-2007) : 87,3 mm</b>   |                 |                      |                      |                      |                      |           |
| Målt ved: 18960 TRYVASSHØGDA II den 28.09.1996  |                 |                      |                      |                      |                      |           |

| <b>Nedbørfelt: Dam Lille Åklungen</b>   |          |               |               |               |               |      |
|---|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|------|
| <b>1) Normal årsnedbør (basert på verdier fra normalkart): PN ~ 1000 mm</b>   |          |               |               |               |               |      |
| <b>2) M5(24t) / PN ~ 6,2 % ==&gt; M5(24t) ~ 62 mm</b>   |          |               |               |               |               |      |
| 3) Påregnlige 24 timers nedbørverdier   |          |               |               |               |               |      |
|   | Årsverdi | jan, feb, des | mar, apr, mai | jun, jul, aug | sep, okt, nov |      |
| M5(Årstid) / M5(År)   | 1        | 0.48          | 0.54          | 0.89          | 0.84          |      |
| M5 (mm)   | 62       | 30            | 33            | 55            | 52            |      |
| M10 (mm)  | 70       | 35            | 40            | 60            | 60            |      |
| M25 (mm)  | 80       | 40            | 45            | 75            | 70            |      |
| M50 (mm)  | 90       | 50            | 50            | 80            | 80            |      |
| M100 (mm)   | 100      | 55            | 60            | 90            | 90            |      |
| M200 (mm)   | 115      | 65            | 70            | 105           | 100           |      |
| M500 (mm)   | 135      | 75            | 80            | 120           | 115           |      |
| M1000 (mm)  | 150      | 85            | 95            | 135           | 130           |      |
| PMP (mm)  | 265      | 175           | 185           | 250 ->265     | 240           |      |
| <b>4) Påregnlige n-timers nedbørverdier</b>   |          |               |               |               |               |      |
| 4. 1) Årsverdi:   |          |               |               |               |               |      |
| Antall timer (n)  | 1        | 2             | 6             | 12            | 24            | 48   |
| n timer / 24 timer  | 0.34     | 0.43          | 0.64          | 0.79          | 1             | 1.25 |
| M10 (mm)  | 25       | 30            | 45            | 55            | 70            | 90   |
| M25 (mm)  | 25       | 35            | 50            | 65            | 80            | 100  |
| M50 (mm)  | 30       | 40            | 60            | 70            | 90            | 115  |
| M100 (mm)   | 35       | 45            | 65            | 80            | 100           | 125  |
| M200 (mm)   | 40       | 50            | 75            | 90            | 115           | 145  |
| M500 (mm)   | 45       | 60            | 85            | 105           | 135           | 170  |
| M1000 (mm)  | 50       | 65            | 95            | 120           | 150           | 190  |
| PMP (mm)  | 90       | 115           | 170           | 210           | 265           | 330  |
| 4. 5) sep, okt, nov:  |          |               |               |               |               |      |
| Antall timer (n)  | 1        | 2             | 6             | 12            | 24            | 48   |
| n timer / 24 timer  | 0.34     | 0.43          | 0.64          | 0.79          | 1             | 1.25 |
| M10 (mm)  | 20       | 25            | 40            | 45            | 60            | 75   |
| M25 (mm)  | 25       | 30            | 45            | 55            | 70            | 90   |
| M50 (mm)  | 25       | 35            | 50            | 65            | 80            | 100  |
| M100 (mm)   | 30       | 40            | 60            | 70            | 90            | 115  |
| M200 (mm)   | 35       | 45            | 65            | 80            | 100           | 125  |
| M500 (mm)   | 40       | 50            | 75            | 90            | 115           | 145  |
| M1000 (mm)  | 45       | 55            | 85            | 105           | 130           | 165  |
| PMP (mm)  | 80       | 105           | 155           | 190           | 240           | 300  |
| <b>5) Justering fra punkt til areal-verdi.</b>  |          |               |               |               |               |      |
| De gitte verdier gir punktnedbør for et "representativt" fiktivt punkt i feltet.<br>For felt på ca. 2 kv.km fåes et grovestimat av arealnedbør ved å multiplisere punktverdiene med en "arealreduksjonsfaktor" ARF: |          |               |               |               |               |      |
| ANTALL TIMER:   | 1        | 2             | 6             | 12            | 24            | 48   |
| ARF (2 kv.km.)  | 0.96     | 0.97          | 0.97          | 0.98          | 0.99          | 0.99 |
| <b>6) Nærmeste målestasjon: 18750 SOGNSVANNET (PN = 925 mm/år)</b>  |          |               |               |               |               |      |
| <b>7) Maksimal observert nedbør i området (valgte stasjoner i perioden 1858-2007) : 87,3 mm</b>   |          |               |               |               |               |      |
| Målt ved: 18960 TRYVASSHØGDA II den 28.09.1996  |          |               |               |               |               |      |



**OPPDRAG 5009319 - Lille Åkungen - FLOMBEREGNING**

BEREGNING AV FORLØP AV M1000 Sognsvann

ÅRSTIDSVERDIER (24 t)

|           | ÅR  | SOMMER | HØST | VINTER | VÅR |
|-----------|-----|--------|------|--------|-----|
| M1000(mm) | 145 | 135    | 125  | 85     | 90  |

ÅRSTIDSVERDIER

|  |      |      |      |      |      |      |
|--|------|------|------|------|------|------|
| Antall timer (n)                       | 1    | 2    | 6    | 12   | 24   | 48   |
| Arealkorreksjon                        | 0.91 | 0.93 | 0.96 | 0.97 | 0.98 | 0.98 |
| Nedbørforholdstall<br>n timer/24 timer | 0.35 | 0.44 | 0.65 | 0.80 | 1.00 | 1.25 |
| M1000M                                 | 40   | 51   | 78   | 97   | 123  | 153  |

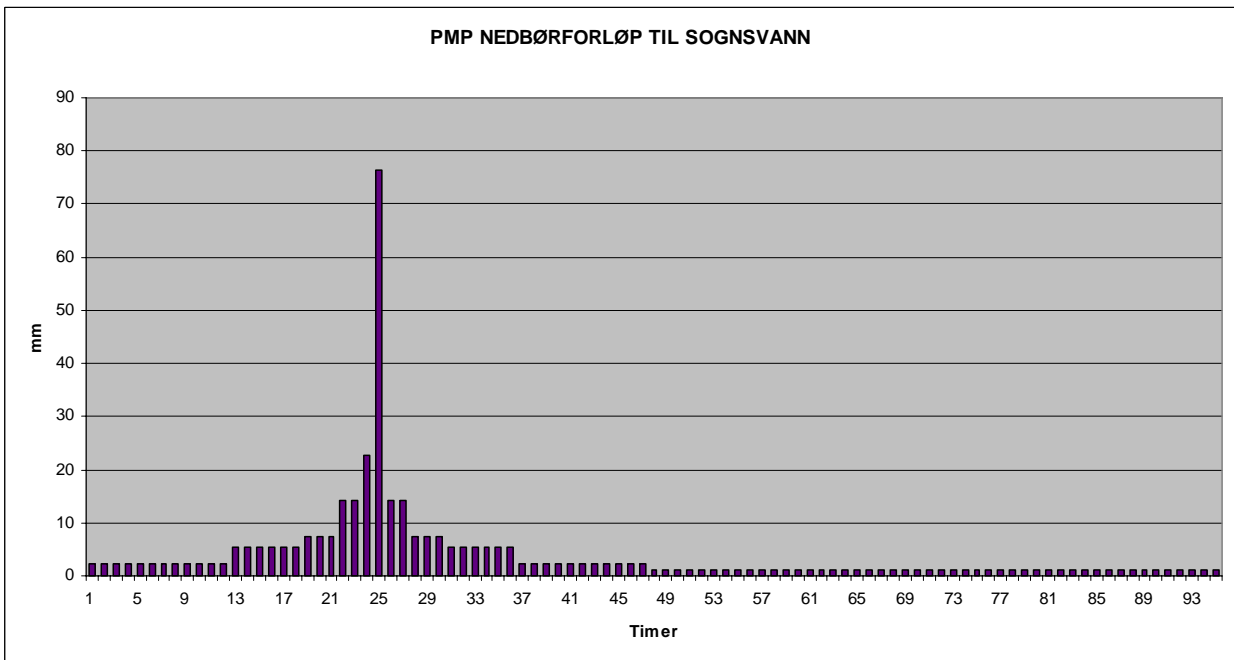
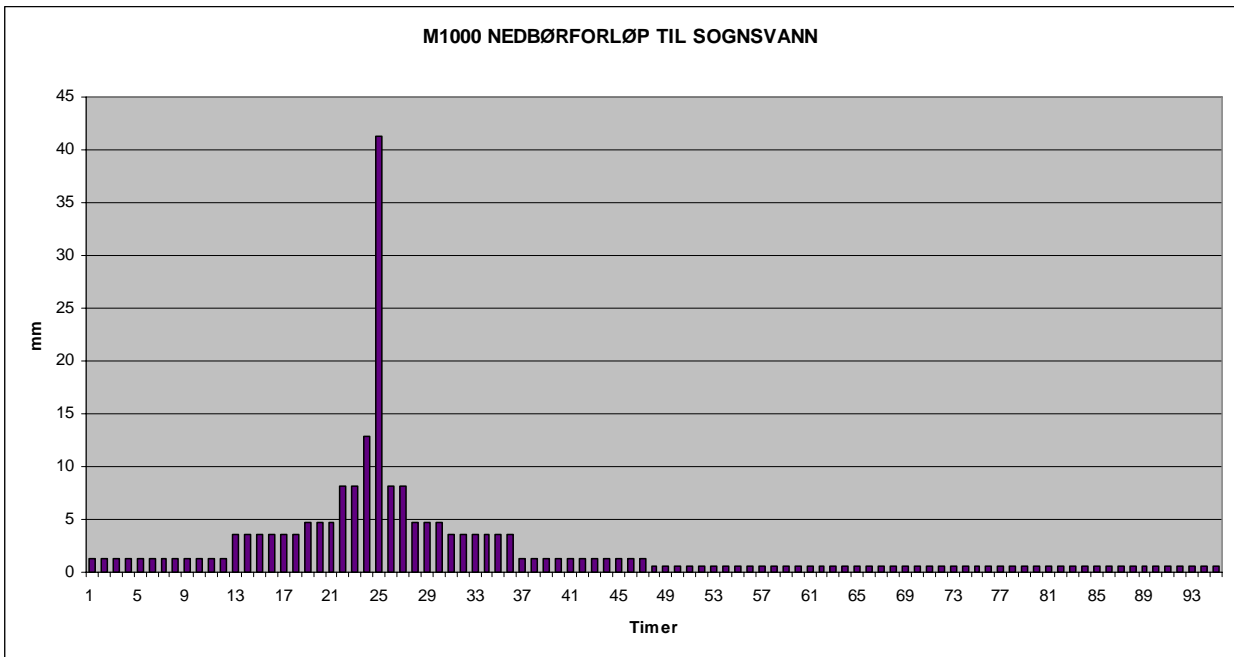
SNØSMELTING

|             | Graddagsfaktor<br>C <sub>s</sub> | Lufttemp<br>TL | Snøsmelting<br>S (mm/døgn) | Snøsmelting<br>S (mm/time) |
|-------------|----------------------------------|----------------|----------------------------|----------------------------|
| VÅR (regn)  | 0.0                              | 0.0            | 0.0                        | 0.0                        |
| VÅR         | 0.0                              | 0.0            | 0.0                        | 0.0                        |
| HØST (regn) | 3.0                              | 11.9           | 35.7                       | 1.5                        |

NEDBØRFORLØP

HØST MED SNØSMELTING

| time | snøsmelting<br>mm | nedbør<br>mm | snøsmelt + nedbør<br>mm | time          |
|------|-------------------|--------------|-------------------------|---------------|
| 1    | 0.0               | 1.3          | 1.3                     | 0             |
| 2    | 0.0               | 1.3          | 1.3                     |               |
| 3    | 0.0               | 1.3          | 1.3                     |               |
| 4    | 0.0               | 1.3          | 1.3                     |               |
| 5    | 0.0               | 1.3          | 1.3                     |               |
| 6    | 0.0               | 1.3          | 1.3                     |               |
| 7    | 0.0               | 1.3          | 1.3                     |               |
| 8    | 0.0               | 1.3          | 1.3                     |               |
| 9    | 0.0               | 1.3          | 1.3                     |               |
| 10   | 0.0               | 1.3          | 1.3                     | 10            |
| 11   | 0.0               | 1.3          | 1.3                     |               |
| 12   | 0.0               | 1.3          | 1.3                     |               |
| 13   | 1.5               | 2.1          | 3.6                     |               |
| 14   | 1.5               | 2.1          | 3.6                     |               |
| 15   | 1.5               | 2.1          | 3.6                     |               |
| 16   | 1.5               | 2.1          | 3.6                     |               |
| 17   | 1.5               | 2.1          | 3.6                     |               |
| 18   | 1.5               | 2.1          | 3.6                     |               |
| 19   | 1.5               | 3.2          | 4.7                     |               |
| 20   | 1.5               | 3.2          | 4.7                     | 20            |
| 21   | 1.5               | 3.2          | 4.7                     |               |
| 22   | 1.5               | 6.7          | 8.2                     |               |
| 23   | 1.5               | 6.7          | 8.2                     |               |
| 24   | 1.5               | 11.3         | 12.8                    | 123 24t       |
| 25   | 1.5               | 39.8         | 41.3                    | 158 24t + snø |
| 26   | 1.5               | 6.7          | 8.2                     |               |
| 27   | 1.5               | 6.7          | 8.2                     |               |
| 28   | 1.5               | 3.2          | 4.7                     |               |
| 29   | 1.5               | 3.2          | 4.7                     |               |
| 30   | 1.5               | 3.2          | 4.7                     | 30            |
| 31   | 1.5               | 2.1          | 3.6                     |               |
| 32   | 1.5               | 2.1          | 3.6                     |               |
| 33   | 1.5               | 2.1          | 3.6                     |               |
| 34   | 1.5               | 2.1          | 3.6                     |               |
| 35   | 1.5               | 2.1          | 3.6                     |               |
| 36   | 1.5               | 2.1          | 3.6                     |               |
| 37   | 0.0               | 1.3          | 1.3                     |               |
| 38   | 0.0               | 1.3          | 1.3                     |               |
| 39   | 0.0               | 1.3          | 1.3                     |               |
| 40   | 0.0               | 1.3          | 1.3                     | 40            |
| 41   | 0.0               | 1.3          | 1.3                     |               |
| 42   | 0.0               | 1.3          | 1.3                     |               |
| 43   | 0.0               | 1.3          | 1.3                     |               |
| 44   | 0.0               | 1.3          | 1.3                     |               |
| 45   | 0.0               | 1.3          | 1.3                     |               |
| 46   | 0.0               | 1.3          | 1.3                     |               |
| 47   | 0.0               | 1.3          | 1.3                     | 152 48t       |
| 48   | 0.0               | 0.6          | 0.6                     | Hale Herfra   |
| 49   | 0.0               | 0.6          | 0.6                     |               |
| 50   | 0.0               | 0.6          | 0.6                     | 50            |



OPPDRAG 5009319 - Lille Åkungen - FLOMBEREGNING

BEREGNING AV FORLØP AV PMP Sognsvann

ÅRSTIDSVERDIER (24 t)

|         | ÅR  | SOMMER | HØST | VINTER | VÅR |
|---------|-----|--------|------|--------|-----|
| PMP(mm) | 260 | 260    | 235  | 175    | 185 |

ÅRSTIDSVERDIER

|  | 1    | 2    | 6    | 12   | 24   | 48   |
|--|------|------|------|------|------|------|
| Antall timer (n)                       |      |      |      |      |      |      |
| Arealkorreksjon                        | 0.91 | 0.93 | 0.96 | 0.97 | 0.98 | 0.98 |
| Nedbørforholdstall<br>n timer/24 timer | 0.35 | 0.44 | 0.65 | 0.80 | 1.00 | 1.25 |
| PMP                                    | 75   | 96   | 147  | 182  | 230  | 288  |

SNØSMELTING

|             | Graddagsfaktor<br>C <sub>s</sub> | Lufttemp<br>TL | Snøsmelting<br>S (mm/døgn) | Snøsmelting<br>S (mm/time) |
|-------------|----------------------------------|----------------|----------------------------|----------------------------|
| VÅR (regn)  | 0.0                              |                | 0.0                        | 0.0                        |
| VÅR         | 0.0                              |                | 0.0                        | 0.0                        |
| HØST (regn) | 3.0                              |                | 11.9                       | 1.5                        |

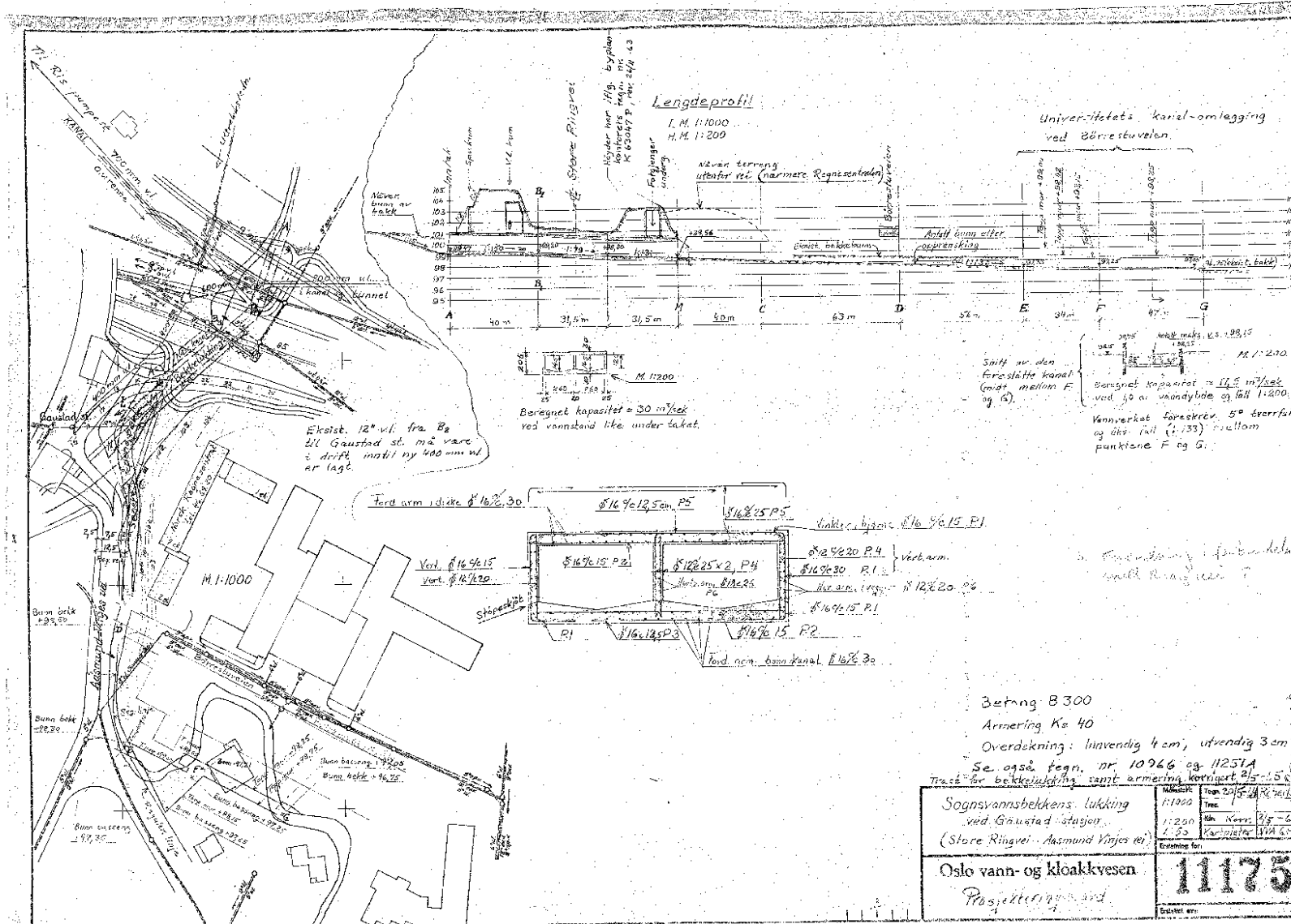
NEDBØRFORLØP

HØST MED SNØSMELTING

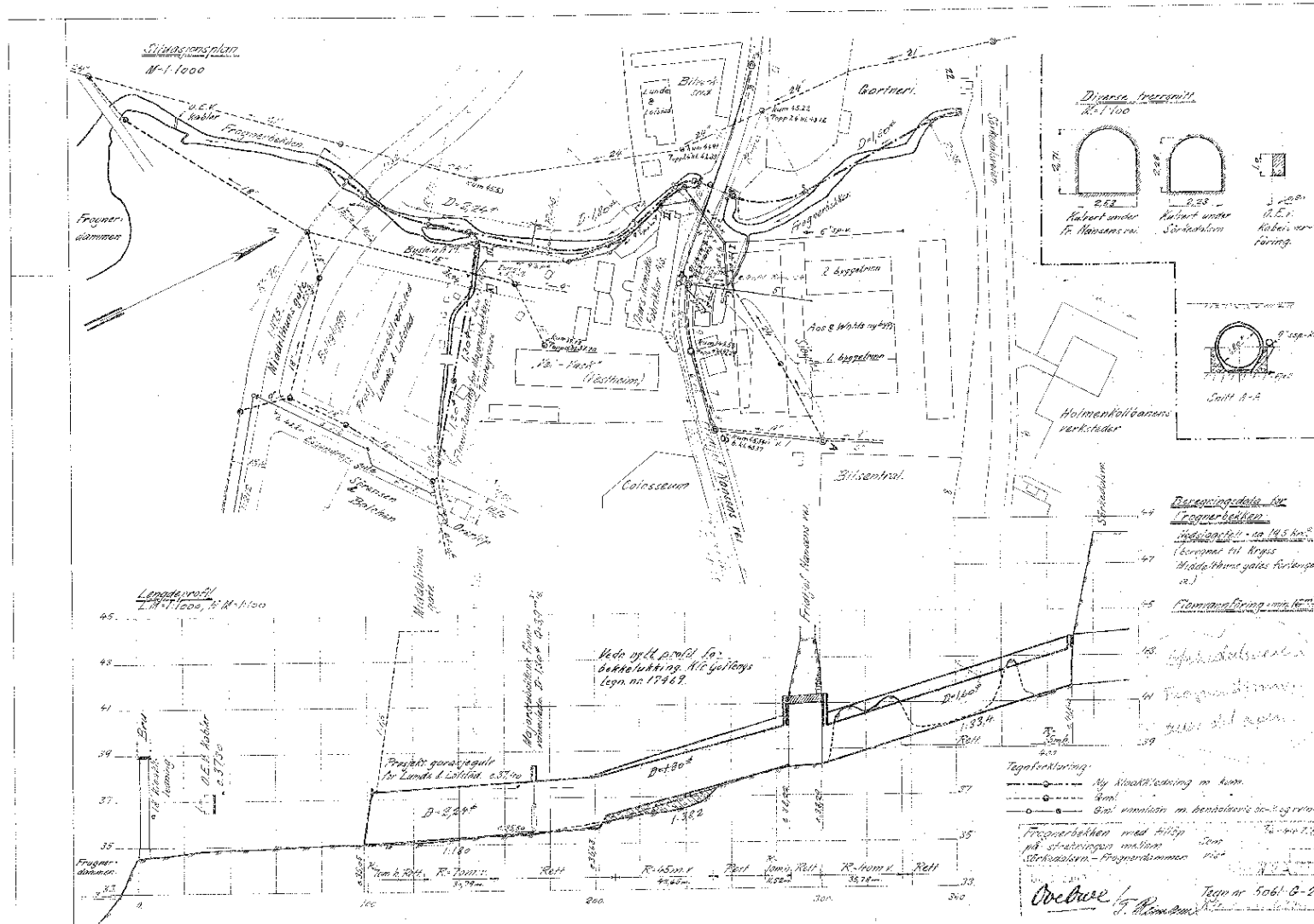
| time | snøsmelting<br>mm | nedbør<br>mm | snøsmelt + nedbør<br>mm | time          |
|------|-------------------|--------------|-------------------------|---------------|
| 1    | 0.0               | 2.4          | 2.4                     | 0             |
| 2    | 0.0               | 2.4          | 2.4                     |               |
| 3    | 0.0               | 2.4          | 2.4                     |               |
| 4    | 0.0               | 2.4          | 2.4                     |               |
| 5    | 0.0               | 2.4          | 2.4                     |               |
| 6    | 0.0               | 2.4          | 2.4                     |               |
| 7    | 0.0               | 2.4          | 2.4                     |               |
| 8    | 0.0               | 2.4          | 2.4                     |               |
| 9    | 0.0               | 2.4          | 2.4                     |               |
| 10   | 0.0               | 2.4          | 2.4                     | 10            |
| 11   | 0.0               | 2.4          | 2.4                     |               |
| 12   | 0.0               | 2.4          | 2.4                     |               |
| 13   | 1.5               | 4.0          | 5.5                     |               |
| 14   | 1.5               | 4.0          | 5.5                     |               |
| 15   | 1.5               | 4.0          | 5.5                     |               |
| 16   | 1.5               | 4.0          | 5.5                     |               |
| 17   | 1.5               | 4.0          | 5.5                     |               |
| 18   | 1.5               | 4.0          | 5.5                     |               |
| 19   | 1.5               | 6.0          | 7.4                     |               |
| 20   | 1.5               | 6.0          | 7.4                     | 20            |
| 21   | 1.5               | 6.0          | 7.4                     |               |
| 22   | 1.5               | 12.6         | 14.1                    |               |
| 23   | 1.5               | 12.6         | 14.1                    |               |
| 24   | 1.5               | 21.3         | 22.8                    | 230 24t       |
| 25   | 1.5               | 74.8         | 76.3                    | 266 24t + snø |
| 26   | 1.5               | 12.6         | 14.1                    |               |
| 27   | 1.5               | 12.6         | 14.1                    |               |
| 28   | 1.5               | 6.0          | 7.4                     |               |
| 29   | 1.5               | 6.0          | 7.4                     |               |
| 30   | 1.5               | 6.0          | 7.4                     | 30            |
| 31   | 1.5               | 4.0          | 5.5                     |               |
| 32   | 1.5               | 4.0          | 5.5                     |               |
| 33   | 1.5               | 4.0          | 5.5                     |               |
| 34   | 1.5               | 4.0          | 5.5                     |               |
| 35   | 1.5               | 4.0          | 5.5                     |               |
| 36   | 1.5               | 4.0          | 5.5                     |               |
| 37   | 0.0               | 2.4          | 2.4                     |               |
| 38   | 0.0               | 2.4          | 2.4                     |               |
| 39   | 0.0               | 2.4          | 2.4                     |               |
| 40   | 0.0               | 2.4          | 2.4                     | 40            |
| 41   | 0.0               | 2.4          | 2.4                     |               |
| 42   | 0.0               | 2.4          | 2.4                     |               |
| 43   | 0.0               | 2.4          | 2.4                     |               |
| 44   | 0.0               | 2.4          | 2.4                     |               |
| 45   | 0.0               | 2.4          | 2.4                     |               |
| 46   | 0.0               | 2.4          | 2.4                     |               |
| 47   | 0.0               | 2.4          | 2.4                     | 285 48t       |
| 48   | 0.0               | 1.2          | 1.2                     | Hale Herfra   |
| 49   | 0.0               | 1.2          | 1.2                     |               |
| 50   | 0.0               | 1.2          | 1.2                     | 50            |

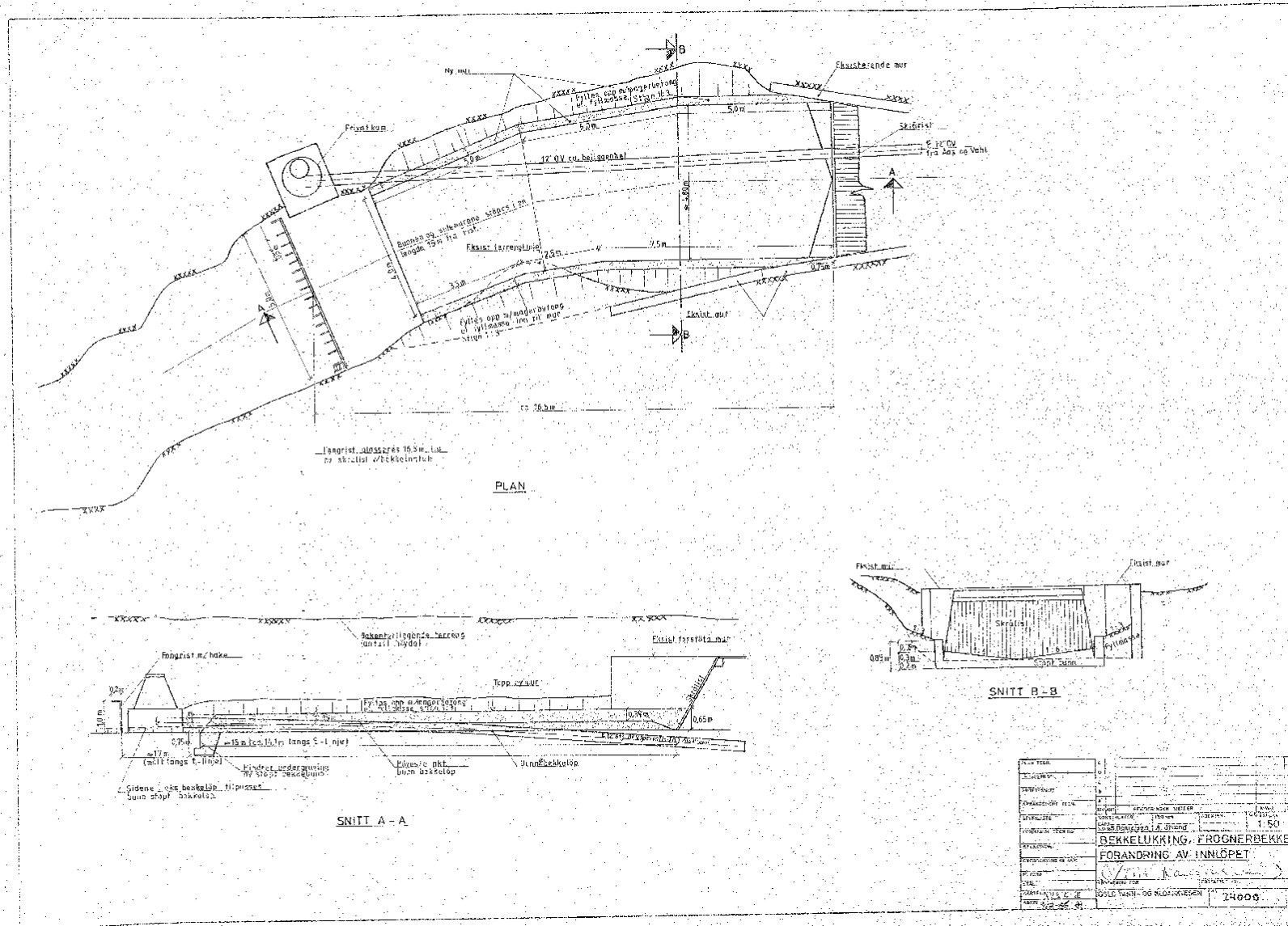
## **BILAG 11 KULVERT TEGNINGER**

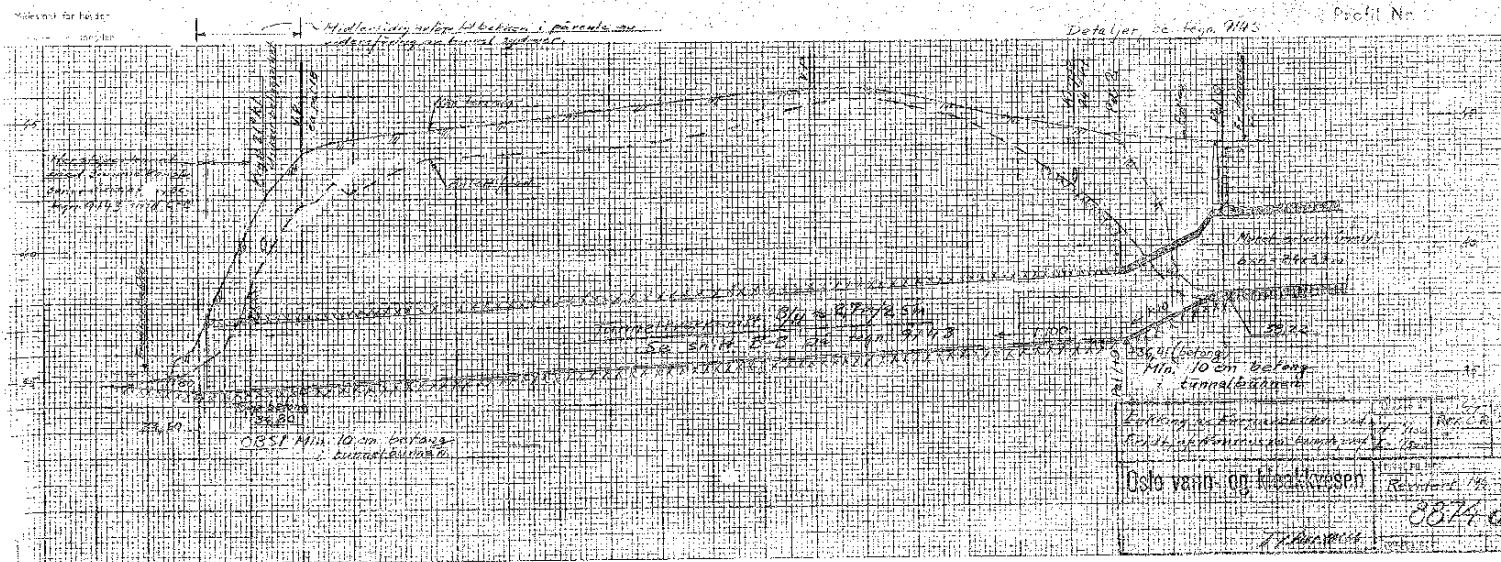
- Kulvert Ringveien (1 tegning)
- Kulvert Fridtjof Nansens vei (4 tegninger)
- Kulvert Sigurd Syrs vei (4 tegninger)

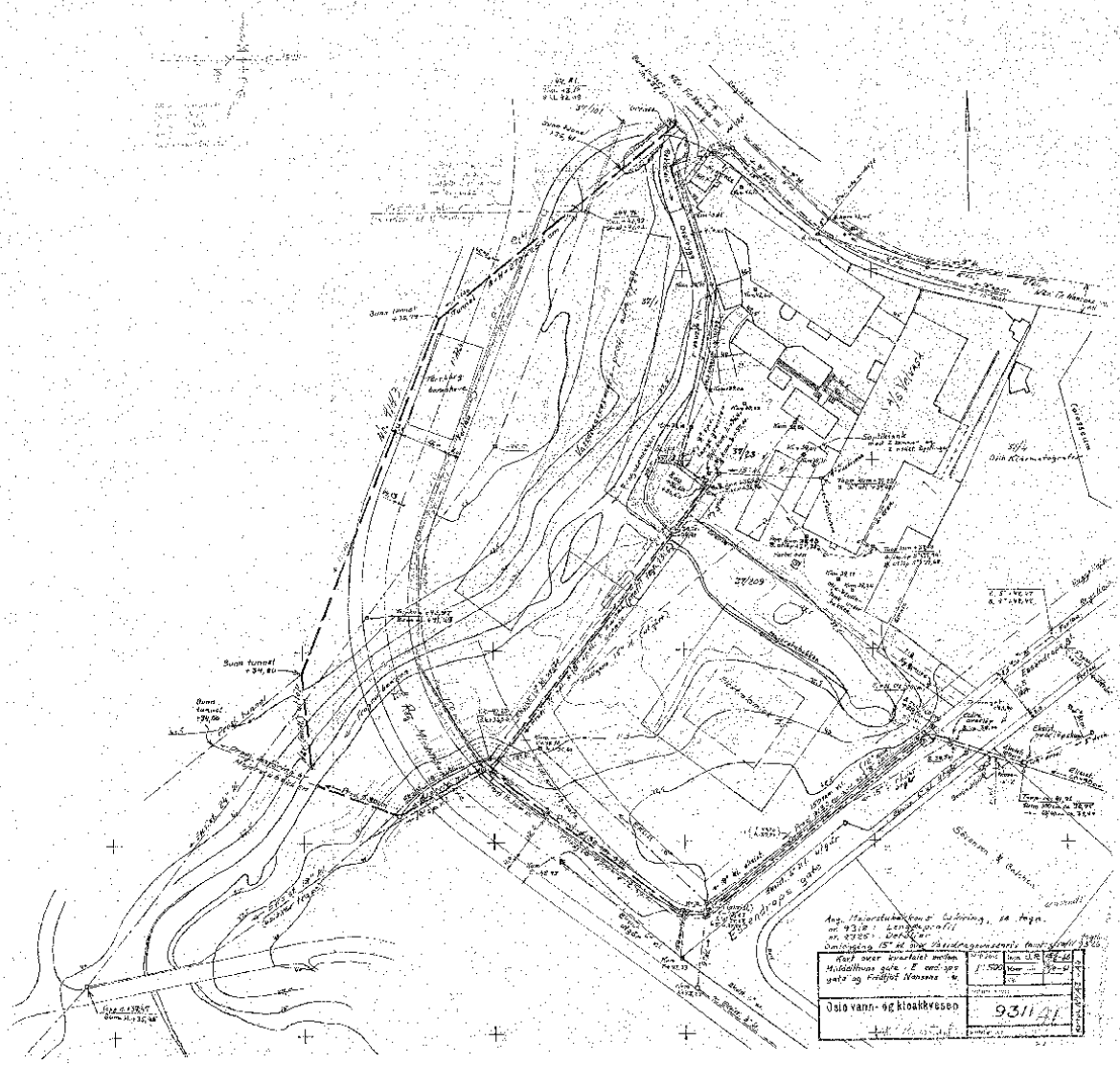






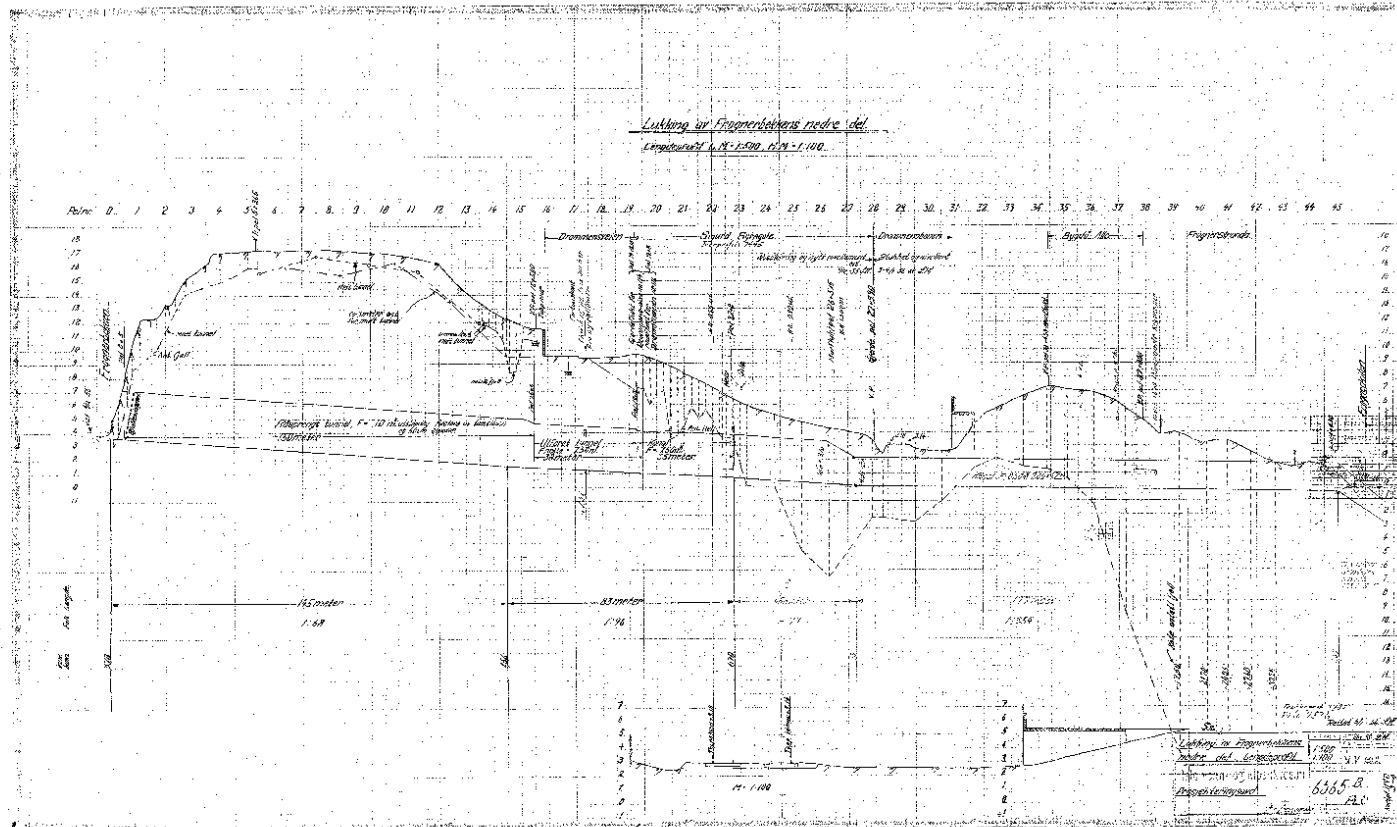




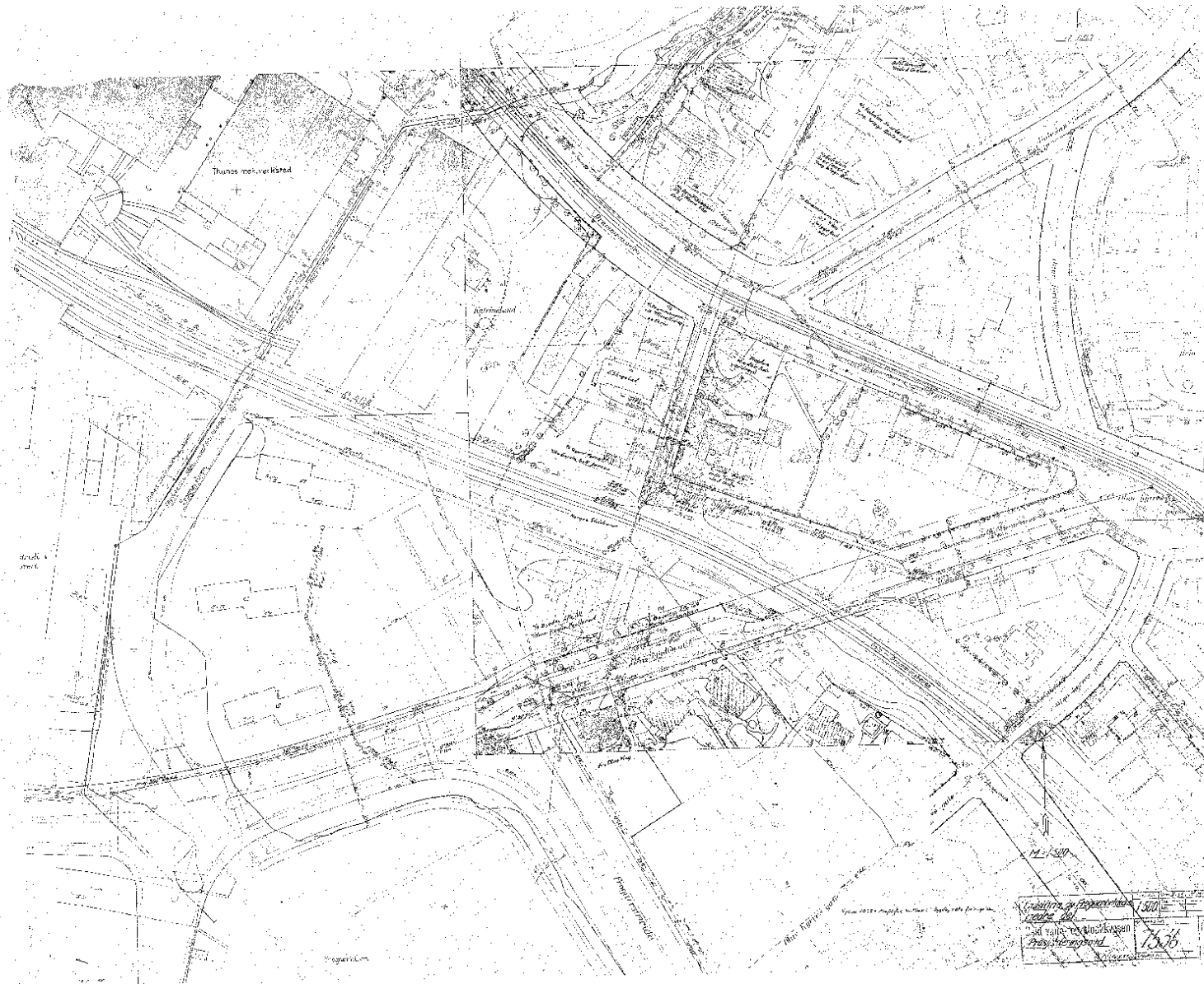


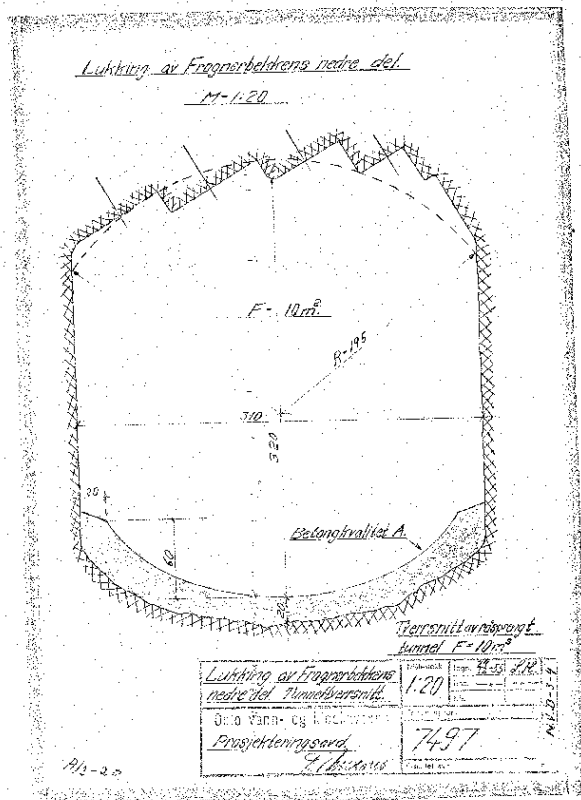
Ang. Høydeundersøkt i forbindelse med bygging av veggen  
i 1928 i forbindelse med  
oppbygging av dammen i 1928  
Oppmåling av den flodregningsmessige beregning  
Midtthous gate E med opp  
unto og Fredrik Nansens v

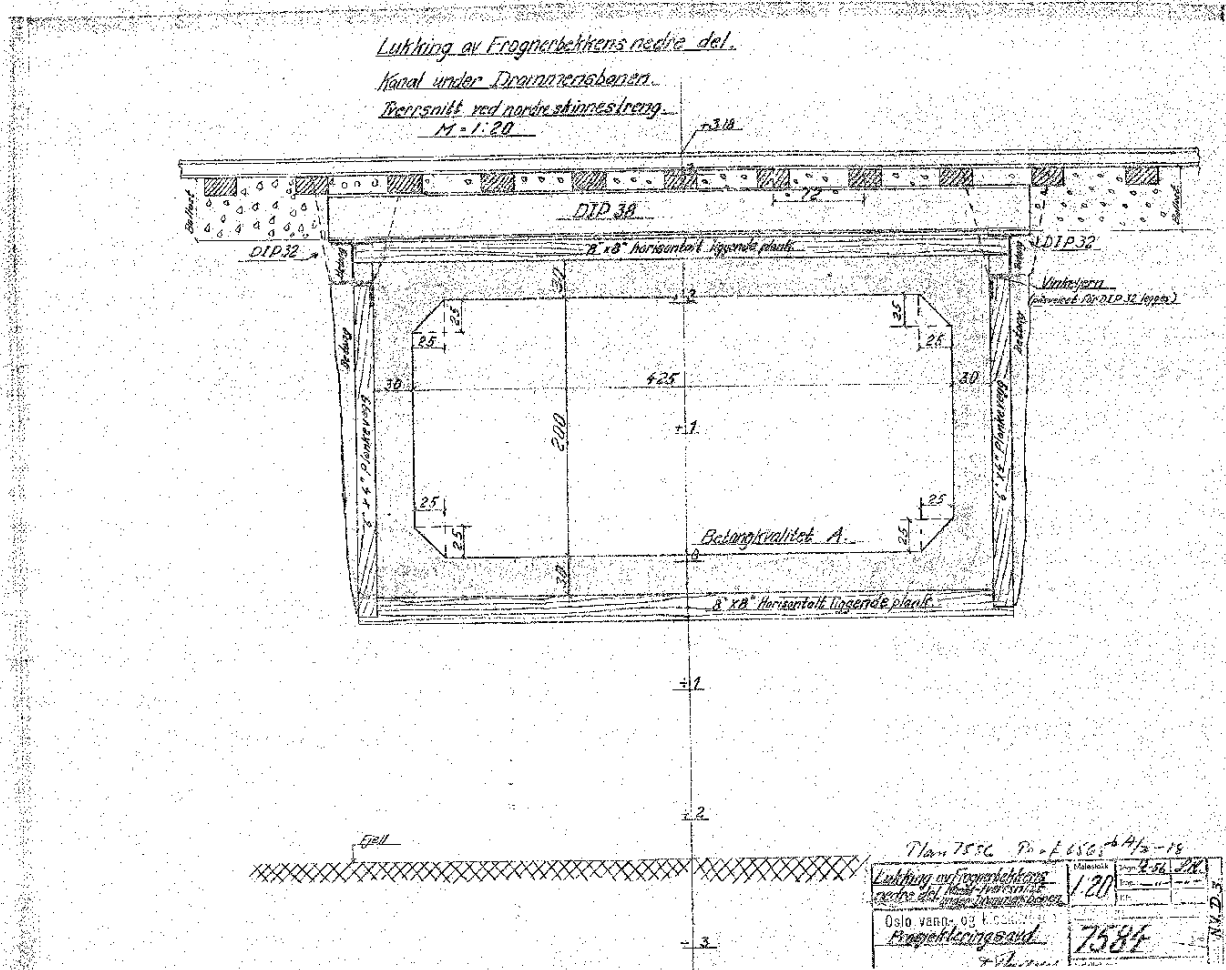
|                             |         |
|-----------------------------|---------|
| Oslo vann- og kloakkesesjon | 9311 21 |
|-----------------------------|---------|











**BILAG 12 MAGASIN RUTING**

Q<sub>1000</sub> Dam Svartkulp  
Q<sub>1000</sub> Dam Svartkulp 25 % tilstopping  
Q<sub>1000</sub> Dam Store Åklungen  
Q<sub>1000</sub> Dam Store Åklungen 25% tilstopping  
Q<sub>1000</sub> Dam Lille Åklungen  
Q<sub>1000</sub> Dam Sognsvann  
Q<sub>1000</sub> Dam Sognsvann 75% tilstopping  
Q<sub>1000</sub> Dam Sognsvann Ny  
Q<sub>1000</sub> Dam Sognsvann Ny 50% tilstopping  
Q<sub>1000\*1.5</sub> Dam Svartkulp  
Q<sub>1000\*1.5</sub> Dam Store Åklungen  
Q<sub>pmf</sub> Dam Store Åklungen  
Q<sub>pmf</sub> Dam Lille Åklungen  
Q<sub>pmf</sub> Dam Sognsvann Ny  
Q<sub>1000</sub> Vigelandsbroen (ruting)  
Q<sub>1000 Nedre</sub> Nedre Frognerpark dammen(ruting)

| Reservoir:  |                                   | Svartkulp              |              | Data for spillways:           |                                  |                                  |                    |          |
|---|-----------------------------------|------------------------|--------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------|----------|
| Spillway:   |                                   | Overflow cre           |              | Tunnel                        | Side ch. 1.                      |                                  | Side ch. 2.        |          |
| Initial reservoir level [m a.s.l.]:   |                                   | 202.00                 |              | 0                             |                                  |                                  |                    |          |
| Crest elevation [m a.s.l.]:   |                                   | 202.00                 |              | 202.4                         |                                  | 202.4                            |                    |          |
| Reservoir area ( $A_M$ ) at this level [m <sup>2</sup> ]:                       |                                   | 66000                  |              |                               |                                  |                                  |                    |          |
| Reservoir area increment ( $\Delta A_M$ ) above this level [m <sup>2</sup> /m]: |                                   | 0                      |              |                               |                                  |                                  |                    |          |
| Spillway crest length [m]:  |                                   | 2.5                    |              | 21                            |                                  | 31                               |                    |          |
| Tunnel area, $A_T$ [m <sup>2</sup> ]  |                                   | 900.0                  |              |                               |                                  |                                  |                    |          |
| Discharge coefficient, C:   |                                   | 1.5                    |              | 0.104                         |                                  | 1.3 1.3                          |                    |          |
| Exponent, n:  |                                   | 1.5                    |              |                               |                                  | 1.5 1.5                          |                    |          |
| $Q_{MAX}$ (m <sup>3</sup> /s)   |                                   | 39664                  |              | 39664                         |                                  |                                  |                    |          |
| Reservoir:  |                                   | Svartkulp              |              |                               |                                  |                                  |                    |          |
| Flood:  |                                   | $Q_{1000}$             |              | 60                            |                                  |                                  |                    |          |
| Culmination:  |                                   | Time (h) H (m a.s.l.)  |              | $Q_{out}$ [m <sup>3</sup> /s] |                                  |                                  |                    |          |
|   |                                   | 1.93 29.00 202.45      |              | 1.83                          |                                  |                                  |                    |          |
| Time (h)  | $Q_{1000-in}$ [m <sup>3</sup> /s] | Mag. (m <sup>3</sup> ) | H (m a.s.l.) | $Q_{overflow}$ (n)            | $Q_{side-1}$ (m <sup>3</sup> /s) | $Q_{side-2}$ (m <sup>3</sup> /s) | $Q_{1000-out}$ (n) | Time (h) |
| 1   | 0.209419                          | 0                      | 202.00       | 0.00                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.0                | 1        |
| 2   | 0.219414                          | 763.5003               | 202.01       | 0.00                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.0                | 2        |
| 3   | 0.228552                          | 1537.442               | 202.02       | 0.01                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.0                | 3        |
| 4   | 0.236834                          | 2307.025               | 202.03       | 0.02                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.0                | 4        |
| 5   | 0.244354                          | 3061.61                | 202.05       | 0.04                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.0                | 5        |
| 6   | 0.251207                          | 3793.178               | 202.06       | 0.05                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.1                | 6        |
| 7   | 0.25749                           | 4495.826               | 202.07       | 0.07                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.1                | 7        |
| 8   | 0.263106                          | 5165.116               | 202.08       | 0.08                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.1                | 8        |
| 9   | 0.268342                          | 5798.182               | 202.09       | 0.10                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.1                | 9        |
| 10  | 0.273006                          | 6393.339               | 202.10       | 0.11                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.1                | 10       |
| 11  | 0.277194                          | 6949.558               | 202.11       | 0.13                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.1                | 11       |
| 12  | 0.281097                          | 7466.984               | 202.11       | 0.14                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.1                | 12       |
| 13  | 0.284619                          | 7946.411               | 202.12       | 0.16                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.2                | 13       |
| 14  | 0.337355                          | 8473.455               | 202.13       | 0.17                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.2                | 14       |
| 15  | 0.385521                          | 9117.538               | 202.14       | 0.19                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.2                | 15       |
| 16  | 0.429499                          | 9848.887               | 202.15       | 0.22                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.2                | 16       |
| 17  | 0.469669                          | 10641.29               | 202.16       | 0.24                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.2                | 17       |
| 18  | 0.506318                          | 11471.92               | 202.17       | 0.27                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.3                | 18       |
| 19  | 0.539729                          | 12321.19               | 202.19       | 0.30                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.3                | 19       |
| 20  | 0.593988                          | 13212.8                | 202.20       | 0.34                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.3                | 20       |
| 21  | 0.643487                          | 14164.53               | 202.21       | 0.37                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.4                | 21       |
| 22  | 0.688702                          | 15149.09               | 202.23       | 0.41                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.4                | 22       |
| 23  | 0.805215                          | 16269.71               | 202.25       | 0.46                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.5                | 23       |
| 24  | 0.911733                          | 17604.22               | 202.27       | 0.52                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.5                | 24       |
| 25  | 1.108206                          | 19247.25               | 202.29       | 0.59                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.6                | 25       |
| 26  | 1.901809                          | 22278.47               | 202.34       | 0.74                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.7                | 26       |
| 27  | 1.915421                          | 26142.96               | 202.40       | 0.93                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.9                | 27       |
| 28  | 1.927796                          | 28669.57               | 202.43       | 1.07                          | 0.17                             | 0.26                             | 1.5                | 28       |
| 29  | 1.863161                          | 29517.12               | 202.45       | 1.12                          | 0.28                             | 0.41                             | 1.8                | 29       |
| 30  | 1.804143                          | 29555.62               | 202.45       | 1.12                          | 0.29                             | 0.42                             | 1.8                | 30       |
| 31  | 1.750075                          | 29442.67               | 202.45       | 1.12                          | 0.27                             | 0.40                             | 1.8                | 31       |
| 32  | 1.676779                          | 29286.95               | 202.44       | 1.11                          | 0.25                             | 0.37                             | 1.7                | 32       |
| 33  | 1.60986                           | 29106.9                | 202.44       | 1.10                          | 0.23                             | 0.33                             | 1.7                | 33       |
| 34  | 1.548557                          | 28931.44               | 202.44       | 1.09                          | 0.21                             | 0.30                             | 1.6                | 34       |
| 35  | 1.49249                           | 28764.84               | 202.44       | 1.08                          | 0.19                             | 0.27                             | 1.5                | 35       |
| 36  | 1.441278                          | 28607.59               | 202.43       | 1.07                          | 0.17                             | 0.25                             | 1.5                | 36       |
| 37  | 1.394349                          | 28459.25               | 202.43       | 1.06                          | 0.15                             | 0.22                             | 1.4                | 37       |
| 38  | 1.301919                          | 28262.39               | 202.43       | 1.05                          | 0.13                             | 0.19                             | 1.4                | 38       |
| 39  | 1.217485                          | 28002.99               | 202.42       | 1.04                          | 0.10                             | 0.15                             | 1.3                | 39       |
| 40  | 1.14019                           | 27732.93               | 202.42       | 1.02                          | 0.08                             | 0.12                             | 1.2                | 40       |
| 41  | 1.069559                          | 27462.42               | 202.42       | 1.01                          | 0.06                             | 0.08                             | 1.1                | 41       |
| 42  | 1.00502                           | 27191.58               | 202.41       | 0.99                          | 0.04                             | 0.05                             | 1.1                | 42       |
| 43  | 0.946002                          | 26916.4                | 202.41       | 0.98                          | 0.02                             | 0.03                             | 1.0                | 43       |
| 44  | 0.892029                          | 26628.13               | 202.40       | 0.96                          | 0.01                             | 0.01                             | 1.0                | 44       |
| 45  | 0.84272                           | 26298.36               | 202.40       | 0.94                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.9                | 45       |
| 46  | 0.7976                            | 25894.35               | 202.39       | 0.92                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.9                | 46       |
| 47  | 0.756383                          | 25419.34               | 202.39       | 0.90                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.9                | 47       |
| 48  | 0.718592                          | 24897.03               | 202.38       | 0.87                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.9                | 48       |
| 49  | 0.669188                          | 24321.17               | 202.37       | 0.84                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.8                | 49       |
| 50  | 0.623973                          | 23687.57               | 202.36       | 0.81                          | 0.00                             | 0.00                             | 0.8                | 50       |



| Reservoir:  |  | Svartkulp              |              | Data for spillways: 25% Blocking          |   |   |   |          |
|---|--|------------------------|--------------|---|---|---|---|----------|
| Spillway:   |  | Overflow cre           |              | Tunnel                                    | Side ch. 1. Side ch. 2.                 |   |   |          |
| Initial reservoir level [m a.s.l.]:   |  | 202.00                 |              | 0   |   |   |   |          |
| Crest elevation [m a.s.l.]:   |  | 202.00                 |              | 202.4                                     | 202.4                                   |   |   |          |
| Reservoir area (A <sub>M</sub> ) at this level [m <sup>2</sup> ]:                 |  | 66000                  |              |   |   |   |   |          |
| Reservoir area increment (ΔA <sub>M</sub> ) above this level [m <sup>2</sup> /m]: |  | 0                      |              |   |   |   |   |          |
| Spillway crest length [m]:  |  | 1.875                  |              | 21  | 31                                      |   |   |          |
| Tunnel area, A <sub>T</sub> [m <sup>2</sup> ]                                     |  | 900.0                  |              |   |   |   |   |          |
| Discharge coefficient, C:   |  | 1.5                    |              | 0.104                                     | 1.3                                     | 1.3                                     |   |          |
| Exponent, n:  |  | 1.5                    |              |   | 1.5                                     | 1.5                                     |   |          |
| Q <sub>MAX</sub> (m <sup>3</sup> /s)  |  | 39664                  |              | 39664                                     |   |   |   |          |
| Reservoir:  |  | Svartkulp              |              |   |   |   |   |          |
| Flood:  |  | Q <sub>1000</sub>      |              | 60  |   |   |   |          |
| Culmination:  |  | Time (h)               | H (m a.s.l.) | Q <sub>out</sub> [m <sup>3</sup> /s]      |   |   |   |          |
|   |  | 1.93                   | 29.00        | 202.46                                    | 1.88                                    |   |   |          |
| Time (h)  | Q <sub>1000-in</sub> [m <sup>3</sup> /s] | Mag. (m <sup>3</sup> ) | H (m a.s.l.) | Q <sub>overflow</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>side-1</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>side-2</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>1000-out</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Time (h) |
| 1   | 0.209419                                 | 0                      | 202.00       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 1        |
| 2   | 0.219414                                 | 765.5742               | 202.01       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 2        |
| 3   | 0.228552                                 | 1547.414               | 202.02       | 0.01                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 3        |
| 4   | 0.236834                                 | 2333.283               | 202.04       | 0.02                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 4        |
| 5   | 0.244354                                 | 3113.889               | 202.05       | 0.03                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 5        |
| 6   | 0.251207                                 | 3881.808               | 202.06       | 0.04                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 6        |
| 7   | 0.25749                                  | 4631.154               | 202.07       | 0.05                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 7        |
| 8   | 0.263106                                 | 5357.06                | 202.08       | 0.07                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 8        |
| 9   | 0.268342                                 | 6055.891               | 202.09       | 0.08                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 9        |
| 10  | 0.273006                                 | 6724.952               | 202.10       | 0.09                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 10       |
| 11  | 0.277194                                 | 7362.052               | 202.11       | 0.10                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 11       |
| 12  | 0.281097                                 | 7966.09                | 202.12       | 0.12                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 12       |
| 13  | 0.284619                                 | 8536.604               | 202.13       | 0.13                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 13       |
| 14  | 0.337355                                 | 9158.956               | 202.14       | 0.15                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 14       |
| 15  | 0.385521                                 | 9904.135               | 202.15       | 0.16                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.2                                       | 15       |
| 16  | 0.429499                                 | 10744.36               | 202.16       | 0.18                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.2                                       | 16       |
| 17  | 0.469669                                 | 11654.68               | 202.18       | 0.21                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.2                                       | 17       |
| 18  | 0.506318                                 | 12612.86               | 202.19       | 0.23                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.2                                       | 18       |
| 19  | 0.539729                                 | 13599.31               | 202.21       | 0.26                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.3                                       | 19       |
| 20  | 0.593988                                 | 14637.73               | 202.22       | 0.29                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.3                                       | 20       |
| 21  | 0.643487                                 | 15746.47               | 202.24       | 0.33                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.3                                       | 21       |
| 22  | 0.688702                                 | 16898.57               | 202.26       | 0.36                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.4                                       | 22       |
| 23  | 0.805215                                 | 18198.73               | 202.28       | 0.41                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.4                                       | 23       |
| 24  | 0.911733                                 | 19728.85               | 202.30       | 0.46                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.5                                       | 24       |
| 25  | 1.108206                                 | 21590.19               | 202.33       | 0.53                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.5                                       | 25       |
| 26  | 1.901809                                 | 24888.69               | 202.38       | 0.65                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.7                                       | 26       |
| 27  | 1.915421                                 | 28474.62               | 202.43       | 0.80                                      | 0.15                                    | 0.22                                    | 1.2                                       | 27       |
| 28  | 1.927796                                 | 30103.09               | 202.46       | 0.87                                      | 0.36                                    | 0.54                                    | 1.8                                       | 28       |
| 29  | 1.863161                                 | 30372.8                | 202.46       | 0.88                                      | 0.40                                    | 0.60                                    | 1.9                                       | 29       |
| 30  | 1.804143                                 | 30285.1                | 202.46       | 0.87                                      | 0.39                                    | 0.58                                    | 1.8                                       | 30       |
| 31  | 1.750075                                 | 30155.88               | 202.46       | 0.87                                      | 0.37                                    | 0.55                                    | 1.8                                       | 31       |
| 32  | 1.676779                                 | 30004.25               | 202.45       | 0.86                                      | 0.35                                    | 0.51                                    | 1.7                                       | 32       |
| 33  | 1.60986                                  | 29833.37               | 202.45       | 0.85                                      | 0.32                                    | 0.48                                    | 1.7                                       | 33       |
| 34  | 1.548557                                 | 29669.09               | 202.45       | 0.85                                      | 0.30                                    | 0.44                                    | 1.6                                       | 34       |
| 35  | 1.49249                                  | 29514.52               | 202.45       | 0.84                                      | 0.28                                    | 0.41                                    | 1.5                                       | 35       |
| 36  | 1.441278                                 | 29369.8                | 202.44       | 0.83                                      | 0.26                                    | 0.38                                    | 1.5                                       | 36       |
| 37  | 1.394349                                 | 29234.38               | 202.44       | 0.83                                      | 0.24                                    | 0.36                                    | 1.4                                       | 37       |
| 38  | 1.301919                                 | 29053.09               | 202.44       | 0.82                                      | 0.22                                    | 0.32                                    | 1.4                                       | 38       |
| 39  | 1.217485                                 | 28816.04               | 202.44       | 0.81                                      | 0.19                                    | 0.28                                    | 1.3                                       | 39       |
| 40  | 1.14019                                  | 28576.25               | 202.43       | 0.80                                      | 0.16                                    | 0.24                                    | 1.2                                       | 40       |
| 41  | 1.069559                                 | 28343.4                | 202.43       | 0.79                                      | 0.14                                    | 0.20                                    | 1.1                                       | 41       |
| 42  | 1.00502                                  | 28118.88               | 202.43       | 0.78                                      | 0.11                                    | 0.17                                    | 1.1                                       | 42       |
| 43  | 0.946002                                 | 27902.13               | 202.42       | 0.77                                      | 0.09                                    | 0.14                                    | 1.0                                       | 43       |
| 44  | 0.892029                                 | 27692.05               | 202.42       | 0.76                                      | 0.07                                    | 0.11                                    | 0.9                                       | 44       |
| 45  | 0.84272                                  | 27487.42               | 202.42       | 0.76                                      | 0.06                                    | 0.09                                    | 0.9                                       | 45       |
| 46  | 0.7976                                   | 27286.73               | 202.41       | 0.75                                      | 0.04                                    | 0.06                                    | 0.9                                       | 46       |
| 47  | 0.756383                                 | 27088                  | 202.41       | 0.74                                      | 0.03                                    | 0.04                                    | 0.8                                       | 47       |
| 48  | 0.718592                                 | 26888.44               | 202.41       | 0.73                                      | 0.02                                    | 0.03                                    | 0.8                                       | 48       |
| 49  | 0.669188                                 | 26662.22               | 202.40       | 0.72                                      | 0.01                                    | 0.01                                    | 0.7                                       | 49       |
| 50  | 0.623973                                 | 26380.3                | 202.40       | 0.71                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.7                                       | 50       |

| Reservoir:  |  | Store Åklungen         |              | Data for spillways:                       |   |   |   |          |
|---|--|------------------------|--------------|---|---|---|---|----------|
| Spillway:   |  |                        |              | Overflow cre                              | Tunnel                                  | Side ch. 1                              | Side ch. 2                                |          |
| Initial reservoir level [m a.s.l.]:   |  |                        |              | 293.00                                    | 0                                       |   |   |          |
| Crest elevation [m a.s.l.]:   |  |                        |              | 293.00                                    | 293.6                                   |   | 293.6                                     |          |
| Reservoir area (A <sub>M</sub> ) at this level [m <sup>2</sup> ]:                 |  |                        |              | 140000                                    |   |   |   |          |
| Reservoir area increment (ΔA <sub>M</sub> ) above this level [m <sup>2</sup> /m]: |  |                        |              | 0   |   |   |   |          |
| Spillway crest length [m]:  |  |                        |              | 2.5                                       | 4                                       | 11                                      |   |          |
| Tunnel area, A <sub>T</sub> [m <sup>2</sup> ]                                     |  |                        |              | 900.0                                     |   |   |   |          |
| Discharge coefficient, C:   |  |                        |              | 1.5                                       | 0.104                                   | 1.4                                     | 1.4                                       |          |
| Exponent, n:  |  |                        |              | 1.5                                       |   | 1.5                                     | 1.5                                       |          |
| Q <sub>MAX</sub> (m <sup>3</sup> /s)  |  |                        |              | 47770                                     | 47770                                   |   |   |          |
| Reservoir:  |  | Store Åklungen         |              |   |   |   |   |          |
| Flood:  |  | Q <sub>1000</sub>      |              | 60  |   |   |   |          |
| Culmination:  |  | Time (h)               | H (m a.s.l.) | Q <sub>out</sub> [m <sup>3</sup> /s]      |   |   |   |          |
|   |  | 2.3                    | 29.00        | 1.5                                       |   |   |   |          |
|   |  | 2.3                    | 29.00        | 1.5                                       |   |   |   |          |
| Time (h)  | Q <sub>1000-in</sub> [m <sup>3</sup> /s] | Mag. (m <sup>3</sup> ) | H (m a.s.l.) | Q <sub>overflow</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>side-1</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>side-2</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>1000-out</sub> [m <sup>3</sup> /s] | Time (h) |
| 1   | 0.253507                                 | 0                      | 293.00       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 1        |
| 2   | 0.265606                                 | 930.7448               | 293.01       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 2        |
| 3   | 0.276668                                 | 1892.571               | 293.01       | 0.01                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 3        |
| 4   | 0.286693                                 | 2876.137               | 293.02       | 0.01                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 4        |
| 5   | 0.295797                                 | 3873.676               | 293.03       | 0.02                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 5        |
| 6   | 0.304093                                 | 4878.503               | 293.03       | 0.02                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 6        |
| 7   | 0.311698                                 | 5884.848               | 293.04       | 0.03                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 7        |
| 8   | 0.318497                                 | 6887.374               | 293.05       | 0.04                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 8        |
| 9   | 0.324835                                 | 7881.555               | 293.06       | 0.05                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 9        |
| 10  | 0.330481                                 | 8863.433               | 293.06       | 0.06                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 10       |
| 11  | 0.335551                                 | 9829.194               | 293.07       | 0.07                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 11       |
| 12  | 0.340276                                 | 10775.97               | 293.08       | 0.08                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 12       |
| 13  | 0.344539                                 | 11701.38               | 293.08       | 0.09                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 13       |
| 14  | 0.408377                                 | 12708.91               | 293.09       | 0.10                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 14       |
| 15  | 0.466683                                 | 13888.49               | 293.10       | 0.12                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 15       |
| 16  | 0.51992                                  | 15211.71               | 293.11       | 0.13                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 16       |
| 17  | 0.568547                                 | 16652.3                | 293.12       | 0.15                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.2                                       | 17       |
| 18  | 0.612911                                 | 18186                  | 293.13       | 0.18                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.2                                       | 18       |
| 19  | 0.653357                                 | 19790.5                | 293.14       | 0.20                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.2                                       | 19       |
| 20  | 0.719038                                 | 21495.95               | 293.15       | 0.23                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.2                                       | 20       |
| 21  | 0.778958                                 | 23327.13               | 293.17       | 0.26                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.3                                       | 21       |
| 22  | 0.833692                                 | 25253.68               | 293.18       | 0.29                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.3                                       | 22       |
| 23  | 0.974734                                 | 27407.05               | 293.20       | 0.32                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.3                                       | 23       |
| 24  | 1.103677                                 | 29897.4                | 293.21       | 0.37                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.4                                       | 24       |
| 25  | 1.341513                                 | 32864.87               | 293.23       | 0.43                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.4                                       | 25       |
| 26  | 2.302189                                 | 37712.11               | 293.27       | 0.52                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.5                                       | 26       |
| 27  | 2.318667                                 | 43900.88               | 293.31       | 0.66                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.7                                       | 27       |
| 28  | 2.333647                                 | 49663.42               | 293.35       | 0.79                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.8                                       | 28       |
| 29  | 2.255406                                 | 54842.59               | 293.39       | 0.92                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.9                                       | 29       |
| 30  | 2.183963                                 | 59316.92               | 293.42       | 1.03                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.0                                       | 30       |
| 31  | 2.118512                                 | 63154.68               | 293.45       | 1.14                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.1                                       | 31       |
| 32  | 2.029785                                 | 66373.06               | 293.47       | 1.22                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.2                                       | 32       |
| 33  | 1.948778                                 | 68995.73               | 293.49       | 1.30                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.3                                       | 33       |
| 34  | 1.874569                                 | 71099.5                | 293.51       | 1.36                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.4                                       | 34       |
| 35  | 1.806698                                 | 72754.15               | 293.52       | 1.40                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.4                                       | 35       |
| 36  | 1.744704                                 | 74022.83               | 293.53       | 1.44                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.4                                       | 36       |
| 37  | 1.687896                                 | 74961.71               | 293.54       | 1.47                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.5                                       | 37       |
| 38  | 1.576007                                 | 75517.91               | 293.54       | 1.49                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.5                                       | 38       |
| 39  | 1.473798                                 | 75652.11               | 293.54       | 1.49                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.5                                       | 39       |
| 40  | 1.38023                                  | 75438.16               | 293.54       | 1.48                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.5                                       | 40       |
| 41  | 1.294729                                 | 74939.66               | 293.54       | 1.47                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.5                                       | 41       |
| 42  | 1.216603                                 | 74211.5                | 293.53       | 1.45                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.4                                       | 42       |
| 43  | 1.14516                                  | 73300.37               | 293.52       | 1.42                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.4                                       | 43       |
| 44  | 1.079825                                 | 72245.85               | 293.52       | 1.39                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.4                                       | 44       |
| 45  | 1.020135                                 | 71081.52               | 293.51       | 1.36                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.4                                       | 45       |
| 46  | 0.965516                                 | 69835.61               | 293.50       | 1.32                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.3                                       | 46       |
| 47  | 0.915621                                 | 68531.77               | 293.49       | 1.28                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.3                                       | 47       |
| 48  | 0.869875                                 | 67189.65               | 293.48       | 1.25                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.2                                       | 48       |
| 49  | 0.81007                                  | 65794.64               | 293.47       | 1.21                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.2                                       | 49       |
| 50  | 0.755336                                 | 64334.96               | 293.46       | 1.17                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.2                                       | 50       |

| Reservoir:  |  | Store Åklungen         |              | Data for spillways: 25% blocking          |   |   |   |          |
|---|--|------------------------|--------------|---|---|---|---|----------|
| Spillway:   |  |                        |              | Overflow cre Tunnel                       |   | Side ch. 1.Side ch. 2.                  |   |          |
| Initial reservoir level [m a.s.l.]:   |  | 293.00                 |              | 0   |   |   |   |          |
| Crest elevation [m a.s.l.]:   |  | 293.00                 |              | 293.6                                     |   | 293.6                                   |   |          |
| Reservoir area (A <sub>M</sub> ) at this level [m <sup>2</sup> ]:                 |  | 140000                 |              |   |   |   |   |          |
| Reservoir area increment (ΔA <sub>M</sub> ) above this level [m <sup>2</sup> /m]: |  | 0                      |              |   |   |   |   |          |
| Spillway crest length [m]:  |  | 1.875                  |              | 4   |   | 11                                      |   |          |
| Tunnel area, A <sub>T</sub> [m <sup>2</sup> ]                                     |  | 900.0                  |              |   |   |   |   |          |
| Discharge coefficient, C:   |  | 1.5                    |              | 0.104                                     |   | 1.4 1.4                                 |   |          |
| Exponent, n:  |  | 1.5                    |              |   |   | 1.5 1.5                                 |   |          |
| Q <sub>MAX</sub> (m <sup>3</sup> /s)  |  | 47770                  |              | 47770                                     |   |   |   |          |
| Reservoir:  |  | Store Åklungen         |              |   |   |   |   |          |
| Flood:  | Q <sub>1000</sub>                        |                        |              | 60  |   |   |   |          |
| Culmination:  |  | Time (h)               | H (m a.s.l.) | Q <sub>out</sub> [m <sup>3</sup> /s]      |   |   |   |          |
|   | 2.3                                      | 29.00                  | 293.61       | 1.4                                       |   |   |   |          |
| Time (h)  | Q <sub>1000-in</sub> [m <sup>3</sup> /s] | Mag. (m <sup>3</sup> ) | H (m a.s.l.) | Q <sub>overflow</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>side-1</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>side-2</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>1000-out</sub> [m <sup>3</sup> /s] | Time (h) |
| 1   | 0.253507                                 | 0                      | 293.00       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 1        |
| 2   | 0.265606                                 | 931.6556               | 293.01       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 2        |
| 3   | 0.276668                                 | 1897.016               | 293.01       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 3        |
| 4   | 0.286693                                 | 2888.083               | 293.02       | 0.01                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 4        |
| 5   | 0.295797                                 | 3898.044               | 293.03       | 0.01                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 5        |
| 6   | 0.304093                                 | 4920.964               | 293.04       | 0.02                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 6        |
| 7   | 0.311698                                 | 5951.653               | 293.04       | 0.02                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 7        |
| 8   | 0.318497                                 | 6985.209               | 293.05       | 0.03                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 8        |
| 9   | 0.324835                                 | 8017.407               | 293.06       | 0.04                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 9        |
| 10  | 0.330481                                 | 9044.469               | 293.06       | 0.05                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 10       |
| 11  | 0.335551                                 | 10062.65               | 293.07       | 0.05                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 11       |
| 12  | 0.340276                                 | 11069.03               | 293.08       | 0.06                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 12       |
| 13  | 0.344539                                 | 12061.14               | 293.09       | 0.07                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 13       |
| 14  | 0.408377                                 | 13142.76               | 293.09       | 0.08                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 14       |
| 15  | 0.466683                                 | 14405.16               | 293.10       | 0.09                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 15       |
| 16  | 0.51992                                  | 15821.63               | 293.11       | 0.11                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 16       |
| 17  | 0.568547                                 | 17367.34               | 293.12       | 0.12                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 17       |
| 18  | 0.612911                                 | 19019.28               | 293.14       | 0.14                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 18       |
| 19  | 0.653357                                 | 20756.08               | 293.15       | 0.16                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.2                                       | 19       |
| 20  | 0.719038                                 | 22608.85               | 293.16       | 0.18                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.2                                       | 20       |
| 21  | 0.778958                                 | 24603.73               | 293.18       | 0.21                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.2                                       | 21       |
| 22  | 0.833692                                 | 26711.62               | 293.19       | 0.23                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.2                                       | 22       |
| 23  | 0.974734                                 | 29065.97               | 293.21       | 0.27                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.3                                       | 23       |
| 24  | 1.103677                                 | 31780.66               | 293.23       | 0.30                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.3                                       | 24       |
| 25  | 1.341513                                 | 35001.6                | 293.25       | 0.35                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.4                                       | 25       |
| 26  | 2.302189                                 | 40149.91               | 293.29       | 0.43                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.4                                       | 26       |
| 27  | 2.318667                                 | 46714.19               | 293.33       | 0.54                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.5                                       | 27       |
| 28  | 2.333647                                 | 52935.54               | 293.38       | 0.65                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.7                                       | 28       |
| 29  | 2.255406                                 | 58646.22               | 293.42       | 0.76                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.8                                       | 29       |
| 30  | 2.183963                                 | 63710.39               | 293.46       | 0.86                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.9                                       | 30       |
| 31  | 2.118512                                 | 68180.19               | 293.49       | 0.96                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.0                                       | 31       |
| 32  | 2.029785                                 | 72057.25               | 293.51       | 1.04                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.0                                       | 32       |
| 33  | 1.948778                                 | 75350.37               | 293.54       | 1.11                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.1                                       | 33       |
| 34  | 1.874569                                 | 78123.16               | 293.56       | 1.17                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.2                                       | 34       |
| 35  | 1.806698                                 | 80434.51               | 293.57       | 1.22                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.2                                       | 35       |
| 36  | 1.744704                                 | 82339.01               | 293.59       | 1.27                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.3                                       | 36       |
| 37  | 1.687896                                 | 83886.23               | 293.60       | 1.30                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.3                                       | 37       |
| 38  | 1.576007                                 | 84995.73               | 293.61       | 1.33                                      | 0.00                                    | 0.01                                    | 1.3                                       | 38       |
| 39  | 1.473798                                 | 85601.24               | 293.61       | 1.34                                      | 0.01                                    | 0.02                                    | 1.4                                       | 39       |
| 40  | 1.38023                                  | 85788.83               | 293.61       | 1.35                                      | 0.01                                    | 0.02                                    | 1.4                                       | 40       |
| 41  | 1.294729                                 | 85649.91               | 293.61       | 1.35                                      | 0.01                                    | 0.02                                    | 1.4                                       | 41       |
| 42  | 1.216603                                 | 85261.11               | 293.61       | 1.34                                      | 0.00                                    | 0.01                                    | 1.4                                       | 42       |
| 43  | 1.14516                                  | 84679.71               | 293.60       | 1.32                                      | 0.00                                    | 0.01                                    | 1.3                                       | 43       |
| 44  | 1.079825                                 | 83940.12               | 293.60       | 1.31                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.3                                       | 44       |
| 45  | 1.020135                                 | 83056.42               | 293.59       | 1.29                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.3                                       | 45       |
| 46  | 0.965516                                 | 82046.07               | 293.59       | 1.26                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.3                                       | 46       |
| 47  | 0.915621                                 | 80935.62               | 293.58       | 1.24                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.2                                       | 47       |
| 48  | 0.869875                                 | 79747.78               | 293.57       | 1.21                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.2                                       | 48       |
| 49  | 0.81007                                  | 78470.83               | 293.56       | 1.18                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.2                                       | 49       |
| 50  | 0.755336                                 | 77095.38               | 293.55       | 1.15                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.1                                       | 50       |

| Reservoir:  |  | Lille Åklungen         |              | Data for spillways:                       |   |   |   |            |          |
|---|--|------------------------|--------------|---|---|---|---|------------|----------|
| Spillway:   |  |                        |              | Overflow cre                              | Tunnel                                  | Side ch. 1                              |   | Side ch. 2 |          |
| Initial reservoir level [m a.s.l.]:   |  |                        |              | 258.95                                    | 0                                       |   |   |            |          |
| Crest elevation [m a.s.l.]:   |  |                        |              | 258.95                                    |   | 259                                     | 259.85                                    |            |          |
| Reservoir area (A <sub>M</sub> ) at this level [m <sup>2</sup> ]:                 |  |                        |              | 100000                                    |   |   |   |            |          |
| Reservoir area increment (ΔA <sub>m</sub> ) above this level [m <sup>2</sup> /m]: |  |                        |              | 0   |   |   |   |            |          |
| Spillway crest length [m]:  |  |                        |              | 2   |   | 4.6                                     | 30  |            |          |
| Tunnel area, A <sub>T</sub> [m <sup>2</sup> ]                                     |  |                        |              | 900.0                                     |   |   |   |            |          |
| Discharge coefficient, C:   |  |                        |              | 1.5                                       | 0.104                                   | 1.5                                     | 1.3                                       |            |          |
| Exponent, n:  |  |                        |              | 1.5                                       |   | 1.5                                     | 1.5                                       |            |          |
| Q <sub>MAX</sub> (m <sup>3</sup> /s)  |  |                        |              | 44909                                     | 44909                                   |   |   |            |          |
| Reservoir:  |  | Lille Åklungen         |              |   |   |   |   |            |          |
| Flood:  |  | Q <sub>1000</sub>      |              | 60  |   |   |   |            |          |
| Culmination:  |  | Time (h)               | H (m a.s.l.) |   |   | Q <sub>out</sub> [m <sup>3</sup> /s]    |   |            |          |
|   |  | 3.57                   | 29.00        | 259.48                                    |   | 3.44                                    |   |            |          |
| Time (h)  | Q <sub>1000-in</sub> [m <sup>3</sup> /s] | Mag. (m <sup>3</sup> ) | H (m a.s.l.) | Q <sub>overflow</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>side-1</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>side-2</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>1000-out</sub> [m <sup>3</sup> /s] | n          | Time (h) |
| 1   | 0.290982                                 | 0                      | 258.95       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       |            | 1        |
| 2   | 0.306902                                 | 1070.213               | 258.96       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       |            | 2        |
| 3   | 0.323461                                 | 2181.491               | 258.97       | 0.01                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       |            | 3        |
| 4   | 0.340116                                 | 3325.779               | 258.98       | 0.02                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       |            | 4        |
| 5   | 0.356782                                 | 4495.967               | 258.99       | 0.03                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       |            | 5        |
| 6   | 0.373439                                 | 5678.862               | 259.01       | 0.04                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       |            | 6        |
| 7   | 0.390093                                 | 6845.348               | 259.02       | 0.05                                      | 0.02                                    | 0.00                                    | 0.1                                       |            | 7        |
| 8   | 0.406498                                 | 7966.485               | 259.03       | 0.07                                      | 0.04                                    | 0.00                                    | 0.1                                       |            | 8        |
| 9   | 0.422944                                 | 9027.733               | 259.04       | 0.08                                      | 0.06                                    | 0.00                                    | 0.1                                       |            | 9        |
| 10  | 0.439072                                 | 10021.43               | 259.05       | 0.10                                      | 0.08                                    | 0.00                                    | 0.2                                       |            | 10       |
| 11  | 0.454916                                 | 10944.04               | 259.06       | 0.11                                      | 0.10                                    | 0.00                                    | 0.2                                       |            | 11       |
| 12  | 0.470657                                 | 11795.78               | 259.07       | 0.12                                      | 0.12                                    | 0.00                                    | 0.2                                       |            | 12       |
| 13  | 0.486085                                 | 12579.06               | 259.08       | 0.13                                      | 0.14                                    | 0.00                                    | 0.3                                       |            | 13       |
| 14  | 0.571311                                 | 13413.89               | 259.08       | 0.15                                      | 0.17                                    | 0.00                                    | 0.3                                       |            | 14       |
| 15  | 0.652843                                 | 14396.26               | 259.09       | 0.16                                      | 0.20                                    | 0.00                                    | 0.4                                       |            | 15       |
| 16  | 0.731087                                 | 15484.01               | 259.10       | 0.18                                      | 0.23                                    | 0.00                                    | 0.4                                       |            | 16       |
| 17  | 0.806426                                 | 16641.04               | 259.12       | 0.20                                      | 0.27                                    | 0.00                                    | 0.5                                       |            | 17       |
| 18  | 0.879083                                 | 17837.04               | 259.13       | 0.23                                      | 0.32                                    | 0.00                                    | 0.5                                       |            | 18       |
| 19  | 0.949248                                 | 19047.21               | 259.14       | 0.25                                      | 0.36                                    | 0.00                                    | 0.6                                       |            | 19       |
| 20  | 1.050949                                 | 20306.85               | 259.15       | 0.27                                      | 0.41                                    | 0.00                                    | 0.7                                       |            | 20       |
| 21  | 1.149162                                 | 21642.21               | 259.17       | 0.30                                      | 0.47                                    | 0.00                                    | 0.8                                       |            | 21       |
| 22  | 1.244228                                 | 23017.25               | 259.18       | 0.33                                      | 0.53                                    | 0.00                                    | 0.9                                       |            | 22       |
| 23  | 1.443638                                 | 24575.65               | 259.20       | 0.37                                      | 0.60                                    | 0.00                                    | 1.0                                       |            | 23       |
| 24  | 1.636904                                 | 26422.17               | 259.21       | 0.41                                      | 0.68                                    | 0.00                                    | 1.1                                       |            | 24       |
| 25  | 1.966341                                 | 28682.27               | 259.24       | 0.46                                      | 0.80                                    | 0.00                                    | 1.3                                       |            | 25       |
| 26  | 3.16679                                  | 32822.84               | 259.28       | 0.56                                      | 1.01                                    | 0.00                                    | 1.6                                       |            | 26       |
| 27  | 3.319912                                 | 38035.71               | 259.33       | 0.70                                      | 1.31                                    | 0.00                                    | 2.0                                       |            | 27       |
| 28  | 3.470929                                 | 42316.52               | 259.37       | 0.83                                      | 1.57                                    | 0.00                                    | 2.4                                       |            | 28       |
| 29  | 3.508238                                 | 45672.88               | 259.41       | 0.93                                      | 1.79                                    | 0.00                                    | 2.7                                       |            | 29       |
| 30  | 3.541016                                 | 48148.7                | 259.43       | 1.00                                      | 1.96                                    | 0.00                                    | 3.0                                       |            | 30       |
| 31  | 3.567864                                 | 49967.77               | 259.45       | 1.06                                      | 2.08                                    | 0.00                                    | 3.1                                       |            | 31       |
| 32  | 3.553968                                 | 51247.29               | 259.46       | 1.10                                      | 2.17                                    | 0.00                                    | 3.3                                       |            | 32       |
| 33  | 3.534254                                 | 52077.6                | 259.47       | 1.13                                      | 2.23                                    | 0.00                                    | 3.4                                       |            | 33       |
| 34  | 3.508864                                 | 52579.07               | 259.48       | 1.14                                      | 2.26                                    | 0.00                                    | 3.4                                       |            | 34       |
| 35  | 3.478612                                 | 52838.15               | 259.48       | 1.15                                      | 2.28                                    | 0.00                                    | 3.4                                       |            | 35       |
| 36  | 3.44436                                  | 52917.62               | 259.48       | 1.15                                      | 2.29                                    | 0.00                                    | 3.4                                       |            | 36       |
| 37  | 3.40667                                  | 52862.94               | 259.48       | 1.15                                      | 2.28                                    | 0.00                                    | 3.4                                       |            | 37       |
| 38  | 3.294624                                 | 52598.59               | 259.48       | 1.14                                      | 2.27                                    | 0.00                                    | 3.4                                       |            | 38       |
| 39  | 3.181267                                 | 52075.73               | 259.47       | 1.13                                      | 2.23                                    | 0.00                                    | 3.4                                       |            | 39       |
| 40  | 3.067554                                 | 51372.36               | 259.46       | 1.10                                      | 2.18                                    | 0.00                                    | 3.3                                       |            | 40       |
| 41  | 2.954735                                 | 50544.25               | 259.46       | 1.08                                      | 2.12                                    | 0.00                                    | 3.2                                       |            | 41       |
| 42  | 2.843707                                 | 49632.08               | 259.45       | 1.05                                      | 2.06                                    | 0.00                                    | 3.1                                       |            | 42       |
| 43  | 2.735132                                 | 48665.55               | 259.44       | 1.02                                      | 1.99                                    | 0.00                                    | 3.0                                       |            | 43       |
| 44  | 2.629591                                 | 47666.57               | 259.43       | 0.99                                      | 1.92                                    | 0.00                                    | 2.9                                       |            | 44       |
| 45  | 2.527608                                 | 46651.7                | 259.42       | 0.96                                      | 1.85                                    | 0.00                                    | 2.8                                       |            | 45       |
| 46  | 2.429402                                 | 45633.41               | 259.41       | 0.92                                      | 1.79                                    | 0.00                                    | 2.7                                       |            | 46       |
| 47  | 2.335306                                 | 44621.22               | 259.40       | 0.89                                      | 1.72                                    | 0.00                                    | 2.6                                       |            | 47       |
| 48  | 2.245253                                 | 43622.24               | 259.39       | 0.86                                      | 1.66                                    | 0.00                                    | 2.5                                       |            | 48       |
| 49  | 2.137981                                 | 42608.71               | 259.38       | 0.83                                      | 1.59                                    | 0.00                                    | 2.4                                       |            | 49       |
| 50  | 2.035174                                 | 41561.37               | 259.37       | 0.80                                      | 1.53                                    | 0.00                                    | 2.3                                       |            | 50       |

| Reservoir:  |  | Songsvann              |              | Data for spillways:                       |   |   |   |   |          |
|---|--|------------------------|--------------|---|---|---|---|---|----------|
| Spillway:   |  |                        |              | Overflow crest                            | Tunnel                                  | Side ch. 1.                             | Side ch. 2.                               |   |          |
| Initial reservoir level [m a.s.l.]:   |  |                        |              | 182.53                                    | 0                                       |   |   |   |          |
| Crest elevation [m a.s.l.]:   |  |                        |              | 182.53                                    | 183.35                                  | 183.35                                  |   |   |          |
| Reservoir area (A <sub>M</sub> ) at this level [m <sup>2</sup> ]:                 |  |                        |              | 390000                                    |   |   |   |   |          |
| Reservoir area increment (ΔA <sub>M</sub> ) above this level [m <sup>2</sup> /m]: |  |                        |              | 0   |   |   |   |   |          |
| Spillway crest length [m]:  |  |                        |              | 3   | 35                                      | 35                                      |   |   |          |
| Tunnel area, A <sub>T</sub> [m <sup>2</sup> ]                                     |  |                        |              | 900.0                                     |   |   |   |   |          |
| Discharge coefficient, C:   |  |                        |              | 1.5                                       | 0.104                                   | 1.3                                     | 1.3                                       |   |          |
| Exponent, n:  |  |                        |              | 1.5                                       |   | 1.5                                     | 1.5                                       |   |          |
| Q <sub>MAX</sub> (m <sup>3</sup> /s)  |  |                        |              | 37704                                     | 37704                                   |   |   |   |          |
| Reservoir:  |  | Songsvann              |              |   |   |   |   |   |          |
| Flood:  |  | Q <sub>1000</sub>      |              | 60  |   |   |   |   |          |
| Culmination:  |  | Time (h)               | H (m a.s.l.) | Q <sub>out</sub> [m <sup>3</sup> /s]      |   |   |   |   |          |
|   |  | 17.21                  | 29.00        | 183.60                                    | 16.3                                    |   |   |   |          |
| Time (h)  | Q <sub>1000-in</sub> [m <sup>3</sup> /s] | Mag. (m <sup>3</sup> ) | H (m a.s.l.) | Q <sub>overflow</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>side-1</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>side-2</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>1000-out</sub> [m <sup>3</sup> /s] | n | Time (h) |
| 1   | 1.4460922                                | 0                      | 182.53       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0   |   | 1        |
| 2   | 1.5243163                                | 5333.78                | 182.54       | 0.01                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.007197                                  |   | 2        |
| 3   | 1.6045941                                | 10914.94               | 182.56       | 0.02                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.021069                                  |   | 3        |
| 4   | 1.6840865                                | 16724.71               | 182.57       | 0.04                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.039963                                  |   | 4        |
| 5   | 1.7621366                                | 22741.92               | 182.59       | 0.06                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.063366                                  |   | 5        |
| 6   | 1.8417382                                | 28951.01               | 182.60       | 0.09                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.091015                                  |   | 6        |
| 7   | 1.9275389                                | 35350.83               | 182.62       | 0.12                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.122805                                  |   | 7        |
| 8   | 2.0136094                                | 41938.22               | 182.64       | 0.16                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.158683                                  |   | 8        |
| 9   | 2.0995334                                | 48698.84               | 182.65       | 0.20                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.198561                                  |   | 9        |
| 10  | 2.1823859                                | 55612.72               | 182.67       | 0.24                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.242313                                  |   | 10       |
| 11  | 2.2616303                                | 62654.21               | 182.69       | 0.29                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.289762                                  |   | 11       |
| 12  | 2.337742                                 | 69798.24               | 182.71       | 0.34                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.340708                                  |   | 12       |
| 13  | 2.4094844                                | 77019.11               | 182.73       | 0.39                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.394924                                  |   | 13       |
| 14  | 2.48270477                               | 84911.13               | 182.75       | 0.46                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.457154                                  |   | 14       |
| 15  | 3.2263841                                | 94025.56               | 182.77       | 0.53                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.532702                                  |   | 15       |
| 16  | 3.6081887                                | 104249.5               | 182.80       | 0.62                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.621909                                  |   | 16       |
| 17  | 3.9731236                                | 115471.5               | 182.83       | 0.72                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.724983                                  |   | 17       |
| 18  | 4.3211722                                | 127580.7               | 182.86       | 0.84                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.841963                                  |   | 18       |
| 19  | 4.6523476                                | 140466.6               | 182.89       | 0.97                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.972692                                  |   | 19       |
| 20  | 5.1360358                                | 154318.8               | 182.93       | 1.12                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.120066                                  |   | 20       |
| 21  | 5.5981511                                | 169307.3               | 182.96       | 1.29                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.28715                                   |   | 21       |
| 22  | 6.0390534                                | 185285                 | 183.01       | 1.47                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.473587                                  |   | 22       |
| 23  | 6.9952062                                | 203051.2               | 183.05       | 1.69                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.690534                                  |   | 23       |
| 24  | 7.9180772                                | 223341.9               | 183.10       | 1.95                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.950162                                  |   | 24       |
| 25  | 9.5150368                                | 247125.5               | 183.16       | 2.27                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 2.269823                                  |   | 25       |
| 26  | 15.465432                                | 282997.8               | 183.26       | 2.78                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 2.781572                                  |   | 26       |
| 27  | 16.203033                                | 328220.8               | 183.37       | 3.47                                      | 0.14                                    | 0.14                                    | 3.763                                     |   | 27       |
| 28  | 16.870891                                | 366751.7               | 183.47       | 4.10                                      | 1.90                                    | 1.90                                    | 7.904889                                  |   | 28       |
| 29  | 17.213748                                | 392510.8               | 183.54       | 4.54                                      | 3.66                                    | 3.66                                    | 11.86912                                  |   | 29       |
| 30  | 17.164482                                | 407055.7               | 183.57       | 4.80                                      | 4.82                                    | 4.82                                    | 14.4286                                   |   | 30       |
| 31  | 16.949806                                | 414139                 | 183.59       | 4.92                                      | 5.41                                    | 5.41                                    | 15.75053                                  |   | 31       |
| 32  | 16.524898                                | 416782                 | 183.60       | 4.97                                      | 5.64                                    | 5.64                                    | 16.25587                                  |   | 32       |
| 33  | 16.090835                                | 416921                 | 183.60       | 4.97                                      | 5.65                                    | 5.65                                    | 16.28263                                  |   | 33       |
| 34  | 15.665219                                | 415838.6               | 183.60       | 4.95                                      | 5.56                                    | 5.56                                    | 16.07475                                  |   | 34       |
| 35  | 15.2547                                  | 414191.1               | 183.59       | 4.93                                      | 5.42                                    | 5.42                                    | 15.76043                                  |   | 35       |
| 36  | 14.862774                                | 412306.6               | 183.59       | 4.89                                      | 5.26                                    | 5.26                                    | 15.40399                                  |   | 36       |
| 37  | 14.489873                                | 410347.6               | 183.58       | 4.86                                      | 5.09                                    | 5.09                                    | 15.03701                                  |   | 37       |
| 38  | 13.767619                                | 407895.4               | 183.58       | 4.81                                      | 4.88                                    | 4.88                                    | 14.5828                                   |   | 38       |
| 39  | 13.06077                                 | 404728.7               | 183.57       | 4.76                                      | 4.62                                    | 4.62                                    | 14.00486                                  |   | 39       |
| 40  | 12.391264                                | 401247.9               | 183.56       | 4.70                                      | 4.34                                    | 4.34                                    | 13.38096                                  |   | 40       |
| 41  | 11.78079                                 | 397706.3               | 183.55       | 4.63                                      | 4.06                                    | 4.06                                    | 12.75866                                  |   | 41       |
| 42  | 11.212527                                | 394237.7               | 183.54       | 4.57                                      | 3.79                                    | 3.79                                    | 12.16166                                  |   | 42       |
| 43  | 10.671386                                | 390868.7               | 183.53       | 4.52                                      | 3.54                                    | 3.54                                    | 11.59389                                  |   | 43       |
| 44  | 10.159055                                | 387597                 | 183.52       | 4.46                                      | 3.30                                    | 3.30                                    | 11.05417                                  |   | 44       |
| 45  | 9.676567                                 | 384427.2               | 183.52       | 4.40                                      | 3.07                                    | 3.07                                    | 10.54247                                  |   | 45       |
| 46  | 9.2232836                                | 381364.6               | 183.51       | 4.35                                      | 2.85                                    | 2.85                                    | 10.05881                                  |   | 46       |
| 47  | 8.7991315                                | 378413.7               | 183.50       | 4.30                                      | 2.65                                    | 2.65                                    | 9.603007                                  |   | 47       |
| 48  | 8.4021423                                | 375576.5               | 183.49       | 4.25                                      | 2.46                                    | 2.46                                    | 9.174463                                  |   | 48       |
| 49  | 7.9249694                                | 372701.2               | 183.49       | 4.20                                      | 2.27                                    | 2.27                                    | 8.750079                                  |   | 49       |
| 50  | 7.4743918                                | 369697.9               | 183.48       | 4.15                                      | 2.08                                    | 2.08                                    | 8.317777                                  |   | 50       |



| Reservoir:  |  | Songsvann              |              | Data for spillways:                       |   | 75 % Blocking                           |   |          |
|---|--|------------------------|--------------|---|---|---|---|----------|
| Spillway:   |  |                        |              | Overflow crest                            | Tunnel                                  | Side ch. 1.                             | Side ch. 2.                               |          |
| Initial reservoir level [m a.s.l.]:   |  |                        |              | 182.53                                    | 0                                       |   |   |          |
| Crest elevation [m a.s.l.]:   |  |                        |              | 182.53                                    |   | 183.35                                  | 183.35                                    |          |
| Reservoir area (A <sub>M</sub> ) at this level [m <sup>2</sup> ]:                 |  |                        |              | 390000                                    |   |   |   |          |
| Reservoir area increment (ΔA <sub>M</sub> ) above this level [m <sup>2</sup> /m]: |  |                        |              | 0   |   |   |   |          |
| Spillway crest length [m]:  |  |                        |              | 0.75                                      |   | 35                                      | 35  |          |
| Tunnel area, A <sub>T</sub> [m <sup>2</sup> ]                                     |  |                        |              | 900.0                                     |   |   |   |          |
| Discharge coefficient, C:   |  |                        |              | 1.5                                       | 0.104                                   | 1.3                                     | 1.3                                       |          |
| Exponent, n:  |  |                        |              | 1.5                                       |   | 1.5                                     | 1.5                                       |          |
| Q <sub>MAX</sub> (m <sup>3</sup> /s)  |  |                        |              | 37704                                     | 37704                                   |   |   |          |
| Reservoir:  |  | Songsvann              |              |   |   |   |   |          |
| Flood:  |  | Q <sub>1000</sub>      |              | 60  |   |   |   |          |
| Culmination:  |  | Time (h) H (m a.s.l.)  |              |   |   | Q <sub>out</sub> [m <sup>3</sup> /s]    |   |          |
|   |  | 17.21 29.00 183.65     |              |   |   | 16.5                                    |   |          |
| Time (h)  | Q <sub>1000-in</sub> [m <sup>3</sup> /s] | Mag. (m <sup>3</sup> ) | H (m a.s.l.) | Q <sub>overflow</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>side-1</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>side-2</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>1000-out</sub> [m <sup>3</sup> /s] | Time (h) |
| 1   | 1.4460922                                | 0                      | 182.53       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0   | 1        |
| 2   | 1.5243163                                | 5343.488               | 182.54       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.001804                                  | 2        |
| 3   | 1.6045941                                | 10962.74               | 182.56       | 0.01                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.005302                                  | 3        |
| 4   | 1.6840865                                | 16854.62               | 182.57       | 0.01                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.010107                                  | 4        |
| 5   | 1.7621366                                | 23010.61               | 182.59       | 0.02                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.016123                                  | 5        |
| 6   | 1.8417382                                | 29426.59               | 182.61       | 0.02                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.023317                                  | 6        |
| 7   | 1.9275389                                | 36112.27               | 182.62       | 0.03                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.031698                                  | 7        |
| 8   | 2.0136094                                | 43074.95               | 182.64       | 0.04                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.041295                                  | 8        |
| 9   | 2.0995334                                | 50310.45               | 182.66       | 0.05                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.052125                                  | 9        |
| 10  | 2.1823859                                | 57808.52               | 182.68       | 0.06                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.064201                                  | 10       |
| 11  | 2.2616303                                | 65552.64               | 182.70       | 0.08                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.077525                                  | 11       |
| 12  | 2.337742                                 | 73526.2                | 182.72       | 0.09                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.092091                                  | 12       |
| 13  | 2.4094844                                | 81711.24               | 182.74       | 0.11                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.107889                                  | 13       |
| 14  | 2.8270477                                | 90715.63               | 182.76       | 0.13                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.126206                                  | 14       |
| 15  | 3.2263841                                | 101117.3               | 182.79       | 0.15                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.148523                                  | 15       |
| 16  | 3.6081887                                | 112837                 | 182.82       | 0.18                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.175079                                  | 16       |
| 17  | 3.9731236                                | 125797.3               | 182.85       | 0.21                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.206093                                  | 17       |
| 18  | 4.3211722                                | 139920.9               | 182.89       | 0.24                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.241757                                  | 18       |
| 19  | 4.6523476                                | 155130.1               | 182.93       | 0.28                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.282228                                  | 19       |
| 20  | 5.1360358                                | 171649.9               | 182.97       | 0.33                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.328489                                  | 20       |
| 21  | 5.5981511                                | 189693.2               | 183.02       | 0.38                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.381622                                  | 21       |
| 22  | 6.0390534                                | 209157.9               | 183.07       | 0.44                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.441842                                  | 22       |
| 23  | 6.9952062                                | 230901.8               | 183.12       | 0.51                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.512503                                  | 23       |
| 24  | 7.9180772                                | 255747.8               | 183.19       | 0.60                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.597411                                  | 24       |
| 25  | 9.5150368                                | 284788.5               | 183.26       | 0.70                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.702004                                  | 25       |
| 26  | 15.465432                                | 326564                 | 183.37       | 0.86                                      | 0.10                                    | 0.10                                    | 1.069852                                  | 26       |
| 27  | 16.203033                                | 371785.3               | 183.48       | 1.05                                      | 2.21                                    | 2.21                                    | 5.475696                                  | 27       |
| 28  | 16.870891                                | 403150.1               | 183.56       | 1.18                                      | 4.50                                    | 4.50                                    | 10.17329                                  | 28       |
| 29  | 17.213748                                | 421953.5               | 183.61       | 1.27                                      | 6.10                                    | 6.10                                    | 13.46505                                  | 29       |
| 30  | 17.164482                                | 431970.7               | 183.64       | 1.31                                      | 7.02                                    | 7.02                                    | 15.34806                                  | 30       |
| 31  | 16.949806                                | 436529.9               | 183.65       | 1.33                                      | 7.45                                    | 7.45                                    | 16.23331                                  | 31       |
| 32  | 16.524898                                | 437870.2               | 183.65       | 1.34                                      | 7.58                                    | 7.58                                    | 16.49682                                  | 32       |
| 33  | 16.090835                                | 437368                 | 183.65       | 1.34                                      | 7.53                                    | 7.53                                    | 16.39791                                  | 33       |
| 34  | 15.665219                                | 435984.9               | 183.65       | 1.33                                      | 7.40                                    | 7.40                                    | 16.12656                                  | 34       |
| 35  | 15.2547                                  | 434208.3               | 183.64       | 1.32                                      | 7.23                                    | 7.23                                    | 15.78035                                  | 35       |
| 36  | 14.862774                                | 432281.1               | 183.64       | 1.31                                      | 7.05                                    | 7.05                                    | 15.40778                                  | 36       |
| 37  | 14.489873                                | 430323.4               | 183.63       | 1.30                                      | 6.86                                    | 6.86                                    | 15.03249                                  | 37       |
| 38  | 13.767619                                | 427898.5               | 183.63       | 1.29                                      | 6.64                                    | 6.64                                    | 14.57216                                  | 38       |
| 39  | 13.06077                                 | 424781.5               | 183.62       | 1.28                                      | 6.35                                    | 6.35                                    | 13.98787                                  | 39       |
| 40  | 12.391264                                | 421371.9               | 183.61       | 1.26                                      | 6.05                                    | 6.05                                    | 13.3584                                   | 40       |
| 41  | 11.78079                                 | 417919.6               | 183.60       | 1.25                                      | 5.74                                    | 5.74                                    | 12.73155                                  | 41       |
| 42  | 11.212527                                | 414555.1               | 183.59       | 1.23                                      | 5.45                                    | 5.45                                    | 12.13095                                  | 42       |
| 43  | 10.671386                                | 411302.2               | 183.58       | 1.22                                      | 5.17                                    | 5.17                                    | 11.56012                                  | 43       |
| 44  | 10.159055                                | 408157.1               | 183.58       | 1.20                                      | 4.91                                    | 4.91                                    | 11.01759                                  | 44       |
| 45  | 9.676567                                 | 405123.8               | 183.57       | 1.19                                      | 4.66                                    | 4.66                                    | 10.50322                                  | 45       |
| 46  | 9.2232836                                | 402207.2               | 183.56       | 1.18                                      | 4.42                                    | 4.42                                    | 10.017                                    | 46       |
| 47  | 8.7991315                                | 399411.2               | 183.55       | 1.17                                      | 4.20                                    | 4.20                                    | 9.558739                                  | 47       |
| 48  | 8.4021423                                | 396737.6               | 183.55       | 1.15                                      | 3.99                                    | 3.99                                    | 9.127844                                  | 48       |
| 49  | 7.9249694                                | 394036.5               | 183.54       | 1.14                                      | 3.78                                    | 3.78                                    | 8.699882                                  | 49       |
| 50  | 7.4743918                                | 391223.6               | 183.53       | 1.13                                      | 3.57                                    | 3.57                                    | 8.262224                                  | 50       |

| Reservoir:  |  |                        |              | Data for spillways:                       |   |                                       |   |          |  |  |
|---|--|------------------------|--------------|---|---|---------------------------------------|---|----------|--|--|
| Spillway:   |  |                        |              | Overflow crest                            | Tunnel                                  | Side ch. 1.                           | Side ch. 2.                               |          |  |  |
| Initial reservoir level [m a.s.l.]:   |  |                        |              | 182.50                                    | 0                                       |                                       |   |          |  |  |
| Crest elevation [m a.s.l.]:   |  |                        |              | 182.45                                    |   | 182.55                                | 183.5                                     |          |  |  |
| Reservoir area (A <sub>M</sub> ) at this level [m <sup>2</sup> ]:                 |  |                        |              | 390000                                    |   |                                       |   |          |  |  |
| Reservoir area increment (ΔA <sub>m</sub> ) above this level [m <sup>2</sup> /m]: |  |                        |              | 0   |   |                                       |   |          |  |  |
| Spillway crest length [m]:  |  |                        |              | 0.1                                       |   | 2.9                                   | 70  |          |  |  |
| Tunnel area, A <sub>T</sub> [m <sup>2</sup> ]                                     |  |                        |              | 900.0                                     |   |                                       |   |          |  |  |
| Discharge coefficient, C:   |  |                        |              | 1.5                                       | 0.104                                   | 1.5                                   | 1.3                                       |          |  |  |
| Exponent, n:  |  |                        |              | 1.5                                       |   | 1.5                                   | 1.5                                       |          |  |  |
| Q <sub>MAX</sub> (m <sup>3</sup> /s)  |  |                        |              | 37696                                     | 37696                                   |                                       |   |          |  |  |
| Reservoir:  |  |                        |              | Songsvann NY                              |   |                                       |   |          |  |  |
| Flood:  |  |                        |              | Q <sub>1000</sub>                         |   |                                       |   |          |  |  |
| Culmination:  |  |                        |              | Time (h)                                  | H (m a.s.l.)                            | Q <sub>out</sub> [m <sup>3</sup> /s]  |   |          |  |  |
|   |  |                        |              | 17.21                                     | 29.00                                   | 183.73                                | 15.8                                      |          |  |  |
| Time (h)  | Q <sub>1000-in</sub> [m <sup>3</sup> /s] | Mag. (m <sup>3</sup> ) | H (m a.s.l.) | Q <sub>overflow</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>side-1</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>side-2</sub> (m <sup>3</sup> ) | Q <sub>1000-out</sub> [m <sup>3</sup> /s] | Time (h) |  |  |
| 1   | 1.4460922                                | 0                      | 182.50       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                  | 0.0                                       | 1        |  |  |
| 2   | 1.5243163                                | 5339.377               | 182.51       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                  | 0.0                                       | 2        |  |  |
| 3   | 1.6045941                                | 10961.18               | 182.53       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                  | 0.0                                       | 3        |  |  |
| 4   | 1.6840865                                | 16867.22               | 182.54       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                  | 0.0                                       | 4        |  |  |
| 5   | 1.7621366                                | 23046.22               | 182.56       | 0.01                                      | 0.00                                    | 0.00                                  | 0.0                                       | 5        |  |  |
| 6   | 1.8417382                                | 29472.65               | 182.58       | 0.01                                      | 0.02                                    | 0.00                                  | 0.0                                       | 6        |  |  |
| 7   | 1.9275389                                | 36129.82               | 182.59       | 0.01                                      | 0.04                                    | 0.00                                  | 0.0                                       | 7        |  |  |
| 8   | 2.0136094                                | 43007.21               | 182.61       | 0.01                                      | 0.06                                    | 0.00                                  | 0.1                                       | 8        |  |  |
| 9   | 2.0995334                                | 50085.36               | 182.63       | 0.01                                      | 0.10                                    | 0.00                                  | 0.1                                       | 9        |  |  |
| 10  | 2.1823859                                | 57340.25               | 182.65       | 0.01                                      | 0.13                                    | 0.00                                  | 0.1                                       | 10       |  |  |
| 11  | 2.2616303                                | 64742.73               | 182.67       | 0.02                                      | 0.17                                    | 0.00                                  | 0.2                                       | 11       |  |  |
| 12  | 2.337742                                 | 72264.65               | 182.69       | 0.02                                      | 0.22                                    | 0.00                                  | 0.2                                       | 12       |  |  |
| 13  | 2.4094844                                | 79877.5                | 182.70       | 0.02                                      | 0.26                                    | 0.00                                  | 0.3                                       | 13       |  |  |
| 14  | 2.8270477                                | 88173.84               | 182.73       | 0.02                                      | 0.32                                    | 0.00                                  | 0.3                                       | 14       |  |  |
| 15  | 3.2263841                                | 97704.71               | 182.75       | 0.02                                      | 0.39                                    | 0.00                                  | 0.4                                       | 15       |  |  |
| 16  | 3.6081887                                | 108357.1               | 182.78       | 0.03                                      | 0.47                                    | 0.00                                  | 0.5                                       | 16       |  |  |
| 17  | 3.9731236                                | 120019                 | 182.81       | 0.03                                      | 0.57                                    | 0.00                                  | 0.6                                       | 17       |  |  |
| 18  | 4.3211722                                | 132578.2               | 182.84       | 0.04                                      | 0.68                                    | 0.00                                  | 0.7                                       | 18       |  |  |
| 19  | 4.6523476                                | 145922.6               | 182.87       | 0.04                                      | 0.80                                    | 0.00                                  | 0.8                                       | 19       |  |  |
| 20  | 5.1360358                                | 160240.1               | 182.91       | 0.05                                      | 0.94                                    | 0.00                                  | 1.0                                       | 20       |  |  |
| 21  | 5.5981511                                | 175699.5               | 182.95       | 0.05                                      | 1.10                                    | 0.00                                  | 1.2                                       | 21       |  |  |
| 22  | 6.0390534                                | 192151.9               | 182.99       | 0.06                                      | 1.28                                    | 0.00                                  | 1.3                                       | 22       |  |  |
| 23  | 6.9952062                                | 210395.7               | 183.04       | 0.07                                      | 1.49                                    | 0.00                                  | 1.6                                       | 23       |  |  |
| 24  | 7.9180772                                | 231166.2               | 183.09       | 0.08                                      | 1.74                                    | 0.00                                  | 1.8                                       | 24       |  |  |
| 25  | 9.5150368                                | 255431.9               | 183.15       | 0.09                                      | 2.05                                    | 0.00                                  | 2.1                                       | 25       |  |  |
| 26  | 15.465432                                | 291792.3               | 183.25       | 0.11                                      | 2.54                                    | 0.00                                  | 2.6                                       | 26       |  |  |
| 27  | 16.203033                                | 338018.9               | 183.37       | 0.13                                      | 3.21                                    | 0.00                                  | 3.3                                       | 27       |  |  |
| 28  | 16.870891                                | 384171.7               | 183.49       | 0.16                                      | 3.93                                    | 0.00                                  | 4.1                                       | 28       |  |  |
| 29  | 17.213748                                | 425103.5               | 183.59       | 0.18                                      | 4.61                                    | 2.46                                  | 7.3                                       | 29       |  |  |
| 30  | 17.164482                                | 453588.4               | 183.66       | 0.20                                      | 5.11                                    | 5.99                                  | 11.3                                      | 30       |  |  |
| 31  | 16.949806                                | 469496.6               | 183.70       | 0.21                                      | 5.39                                    | 8.37                                  | 14.0                                      | 31       |  |  |
| 32  | 16.524898                                | 476998.9               | 183.72       | 0.22                                      | 5.53                                    | 9.59                                  | 15.3                                      | 32       |  |  |
| 33  | 16.090835                                | 479638.5               | 183.73       | 0.22                                      | 5.57                                    | 10.03                                 | 15.8                                      | 33       |  |  |
| 34  | 15.665219                                | 479796.8               | 183.73       | 0.22                                      | 5.58                                    | 10.05                                 | 15.8                                      | 34       |  |  |
| 35  | 15.2547                                  | 478748.4               | 183.73       | 0.22                                      | 5.56                                    | 9.88                                  | 15.7                                      | 35       |  |  |
| 36  | 14.862774                                | 477142                 | 183.72       | 0.22                                      | 5.53                                    | 9.61                                  | 15.4                                      | 36       |  |  |
| 37  | 14.489873                                | 475301.2               | 183.72       | 0.21                                      | 5.50                                    | 9.31                                  | 15.0                                      | 37       |  |  |
| 38  | 13.767619                                | 472884.9               | 183.71       | 0.21                                      | 5.45                                    | 8.92                                  | 14.6                                      | 38       |  |  |
| 39  | 13.06077                                 | 469705.6               | 183.70       | 0.21                                      | 5.40                                    | 8.41                                  | 14.0                                      | 39       |  |  |
| 40  | 12.391264                                | 466180.7               | 183.70       | 0.21                                      | 5.33                                    | 7.86                                  | 13.4                                      | 40       |  |  |
| 41  | 11.78079                                 | 462574.8               | 183.69       | 0.21                                      | 5.27                                    | 7.31                                  | 12.8                                      | 41       |  |  |
| 42  | 11.212527                                | 459028.8               | 183.68       | 0.20                                      | 5.20                                    | 6.78                                  | 12.2                                      | 42       |  |  |
| 43  | 10.671386                                | 455573.8               | 183.67       | 0.20                                      | 5.14                                    | 6.27                                  | 11.6                                      | 43       |  |  |
| 44  | 10.159055                                | 452209.6               | 183.66       | 0.20                                      | 5.08                                    | 5.80                                  | 11.1                                      | 44       |  |  |
| 45  | 9.676567                                 | 448941.8               | 183.65       | 0.20                                      | 5.03                                    | 5.35                                  | 10.6                                      | 45       |  |  |
| 46  | 9.2232836                                | 445776.3               | 183.64       | 0.20                                      | 4.97                                    | 4.92                                  | 10.1                                      | 46       |  |  |
| 47  | 8.7991315                                | 442717.9               | 183.64       | 0.19                                      | 4.92                                    | 4.52                                  | 9.6                                       | 47       |  |  |
| 48  | 8.4021423                                | 439768.7               | 183.63       | 0.19                                      | 4.87                                    | 4.15                                  | 9.2                                       | 48       |  |  |
| 49  | 7.9249694                                | 436775.4               | 183.62       | 0.19                                      | 4.81                                    | 3.78                                  | 8.8                                       | 49       |  |  |
| 50  | 7.4743918                                | 433644.7               | 183.61       | 0.19                                      | 4.76                                    | 3.41                                  | 8.4                                       | 50       |  |  |

| Reservoir:  |  | Songsvann NY           |              | Data for spillways:                       |   | 50% Blocking                            |   |
|---|--|------------------------|--------------|---|---|---|---|
| Spillway:   |  |                        |              | Overflow crest                            | Tunnel                                  | Side ch. 1.                             | Side ch. 2.                               |
| Initial reservoir level [m a.s.l.]:   |  |                        |              | 182.50                                    | 0                                       |   |   |
| Crest elevation [m a.s.l.]:   |  |                        |              | 182.45                                    | 182.55                                  | 183.5                                   |   |
| Reservoir area (A <sub>M</sub> ) at this level [m <sup>2</sup> ]:                 |  |                        |              | 390000                                    |   |   |   |
| Reservoir area increment (ΔA <sub>M</sub> ) above this level [m <sup>2</sup> /m]: |  |                        |              | 0   |   |   |   |
| Spillway crest length [m]:  |  |                        |              | 0.05                                      | 1.45                                    | 70                                      |   |
| Tunnel area, A <sub>T</sub> [m <sup>2</sup> ]                                     |  |                        |              | 900.0                                     |   |   |   |
| Discharge coefficient, C:   |  |                        |              | 1.5                                       | 0.104                                   | 1.5                                     | 1.3                                       |
| Exponent, n:  |  |                        |              | 1.5                                       | 1.5                                     |   |   |
| Q <sub>MAX</sub> (m <sup>3</sup> /s)  |  |                        |              | 37696                                     | 37696                                   |   |   |
| Reservoir:  |  | Songsvann NY           |              |   |   |   |   |
| Flood:  |  | Q <sub>1000</sub>      |              | 60  |   |   |   |
| Culmination:  |  | Time (h)               | H (m a.s.l.) |   |   | Q <sub>out</sub> [m <sup>3</sup> /s]    |   |
|   |  | 17.21                  | 29.00        |   |   | 16.1                                    |   |
| Time (h)  | Q <sub>1000-in</sub> [m <sup>3</sup> /s] | Mag. (m <sup>3</sup> ) | H (m a.s.l.) | Q <sub>overflow</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>side-1</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>side-2</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>1000-out</sub> [m <sup>3</sup> /s] |
| 1   | 1.4460922                                | 0                      | 182.50       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       |
| 2   | 1.5243163                                | 5343.055               | 182.51       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       |
| 3   | 1.6045941                                | 10969.98               | 182.53       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       |
| 4   | 1.6840865                                | 16882.81               | 182.54       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       |
| 5   | 1.7621366                                | 23073.86               | 182.56       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       |
| 6   | 1.8417382                                | 29530.36               | 182.58       | 0.00                                      | 0.01                                    | 0.00                                    | 0.0                                       |
| 7   | 1.9275389                                | 36250.75               | 182.59       | 0.00                                      | 0.02                                    | 0.00                                    | 0.0                                       |
| 8   | 2.0136094                                | 43235.18               | 182.61       | 0.00                                      | 0.03                                    | 0.00                                    | 0.0                                       |
| 9   | 2.0995334                                | 50473.47               | 182.63       | 0.01                                      | 0.05                                    | 0.00                                    | 0.1                                       |
| 10  | 2.1823859                                | 57949.9                | 182.65       | 0.01                                      | 0.07                                    | 0.00                                    | 0.1                                       |
| 11  | 2.2616303                                | 65642.89               | 182.67       | 0.01                                      | 0.09                                    | 0.00                                    | 0.1                                       |
| 12  | 2.337742                                 | 73531.05               | 182.69       | 0.01                                      | 0.11                                    | 0.00                                    | 0.1                                       |
| 13  | 2.4094844                                | 81591.92               | 182.71       | 0.01                                      | 0.14                                    | 0.00                                    | 0.1                                       |
| 14  | 2.8270477                                | 90427.32               | 182.73       | 0.01                                      | 0.17                                    | 0.00                                    | 0.2                                       |
| 15  | 3.2263841                                | 100605.3               | 182.76       | 0.01                                      | 0.21                                    | 0.00                                    | 0.2                                       |
| 16  | 3.6081887                                | 112034.3               | 182.79       | 0.01                                      | 0.25                                    | 0.00                                    | 0.3                                       |
| 17  | 3.9731236                                | 124623.5               | 182.82       | 0.02                                      | 0.30                                    | 0.00                                    | 0.3                                       |
| 18  | 4.3211722                                | 138282.2               | 182.85       | 0.02                                      | 0.37                                    | 0.00                                    | 0.4                                       |
| 19  | 4.6523476                                | 152918.7               | 182.89       | 0.02                                      | 0.44                                    | 0.00                                    | 0.5                                       |
| 20  | 5.1360358                                | 168742.7               | 182.93       | 0.03                                      | 0.51                                    | 0.00                                    | 0.5                                       |
| 21  | 5.5981511                                | 185949                 | 182.98       | 0.03                                      | 0.61                                    | 0.00                                    | 0.6                                       |
| 22  | 6.0390534                                | 204415.9               | 183.02       | 0.03                                      | 0.71                                    | 0.00                                    | 0.7                                       |
| 23  | 6.9952062                                | 224976.4               | 183.08       | 0.04                                      | 0.83                                    | 0.00                                    | 0.9                                       |
| 24  | 7.9180772                                | 248418.7               | 183.14       | 0.04                                      | 0.98                                    | 0.00                                    | 1.0                                       |
| 25  | 9.5150368                                | 275786.3               | 183.21       | 0.05                                      | 1.16                                    | 0.00                                    | 1.2                                       |
| 26  | 15.465432                                | 315875.5               | 183.31       | 0.06                                      | 1.44                                    | 0.00                                    | 1.5                                       |
| 27  | 16.203033                                | 366755.1               | 183.44       | 0.07                                      | 1.83                                    | 0.00                                    | 1.9                                       |
| 28  | 16.870891                                | 415892.7               | 183.57       | 0.09                                      | 2.23                                    | 1.56                                    | 3.9                                       |
| 29  | 17.213748                                | 454470.6               | 183.67       | 0.10                                      | 2.56                                    | 6.12                                    | 8.8                                       |
| 30  | 17.164482                                | 477854.4               | 183.73       | 0.11                                      | 2.77                                    | 9.73                                    | 12.6                                      |
| 31  | 16.949806                                | 489930.9               | 183.76       | 0.11                                      | 2.88                                    | 11.80                                   | 14.8                                      |
| 32  | 16.524898                                | 495144.5               | 183.77       | 0.11                                      | 2.93                                    | 12.74                                   | 15.8                                      |
| 33  | 16.090835                                | 496552.1               | 183.77       | 0.11                                      | 2.94                                    | 13.00                                   | 16.1                                      |
| 34  | 15.665219                                | 496086.9               | 183.77       | 0.11                                      | 2.94                                    | 12.91                                   | 16.0                                      |
| 35  | 15.2547                                  | 494741.6               | 183.77       | 0.11                                      | 2.93                                    | 12.67                                   | 15.7                                      |
| 36  | 14.862774                                | 493008.9               | 183.76       | 0.11                                      | 2.91                                    | 12.35                                   | 15.4                                      |
| 37  | 14.489873                                | 491130.4               | 183.76       | 0.11                                      | 2.89                                    | 12.02                                   | 15.0                                      |
| 38  | 13.767619                                | 488726.1               | 183.75       | 0.11                                      | 2.87                                    | 11.59                                   | 14.6                                      |
| 39  | 13.06077                                 | 485595.4               | 183.75       | 0.11                                      | 2.84                                    | 11.04                                   | 14.0                                      |
| 40  | 12.391264                                | 482149                 | 183.74       | 0.11                                      | 2.81                                    | 10.45                                   | 13.4                                      |
| 41  | 11.78079                                 | 478644.7               | 183.73       | 0.11                                      | 2.78                                    | 9.86                                    | 12.7                                      |
| 42  | 11.212527                                | 475218.1               | 183.72       | 0.11                                      | 2.75                                    | 9.29                                    | 12.1                                      |
| 43  | 10.671386                                | 471896.2               | 183.71       | 0.11                                      | 2.72                                    | 8.76                                    | 11.6                                      |
| 44  | 10.159055                                | 468676.9               | 183.70       | 0.11                                      | 2.69                                    | 8.25                                    | 11.0                                      |
| 45  | 9.676567                                 | 465564.9               | 183.69       | 0.10                                      | 2.66                                    | 7.76                                    | 10.5                                      |
| 46  | 9.2232836                                | 462565.7               | 183.69       | 0.10                                      | 2.63                                    | 7.30                                    | 10.0                                      |
| 47  | 8.7991315                                | 459683.7               | 183.68       | 0.10                                      | 2.61                                    | 6.87                                    | 9.6                                       |
| 48  | 8.4021423                                | 456920.9               | 183.67       | 0.10                                      | 2.58                                    | 6.47                                    | 9.2                                       |
| 49  | 7.9249694                                | 454126.5               | 183.66       | 0.10                                      | 2.56                                    | 6.07                                    | 8.7                                       |
| 50  | 7.4743918                                | 451213.3               | 183.66       | 0.10                                      | 2.53                                    | 5.66                                    | 8.3                                       |

| Reservoir:  |  | Svartkulp                        |              | Data for spillways:                     |                                       |                                       |   |          |
|---|--|----------------------------------|--------------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|---|----------|
| Spillway:   |  |                                  |              | Overflow cre                            | Tunnel                                | Side ch. 1.                           | Side ch. 2.                               |          |
| Initial reservoir level [m a.s.l.]:   |  |                                  |              | 202.00                                  | 0                                     |                                       |   |          |
| Crest elevation [m a.s.l.]:   |  |                                  |              | 202.00                                  |                                       | 202.4                                 | 202.4                                     |          |
| Reservoir area (A <sub>M</sub> ) at this level [m <sup>2</sup> ]:                 |  |                                  |              | 66000                                   |                                       |                                       |   |          |
| Reservoir area increment (ΔA <sub>M</sub> ) above this level [m <sup>2</sup> /m]: |  |                                  |              | 0                                       |                                       |                                       |   |          |
| Spillway crest length [m]:  |  |                                  |              | 2.5                                     |                                       | 21                                    | 31  |          |
| Tunnel area, A <sub>T</sub> [m <sup>2</sup> ]                                     |  |                                  |              | 900.0                                   |                                       |                                       |   |          |
| Discharge coefficient, C:   |  |                                  |              | 1.5                                     | 0.104                                 | 1.3                                   | 1.3                                       |          |
| Exponent, n:  |  |                                  |              | 1.5                                     |                                       | 1.5                                   | 1.5                                       |          |
| Q <sub>MAX</sub> (m <sup>3</sup> /s)  |  |                                  |              | 39664                                   | 39664                                 |                                       |   |          |
| Reservoir:  |  | Svartkulp                        |              |   |                                       |                                       |   |          |
| Flood:  |  | Q <sub>1000</sub> <sup>1.5</sup> |              | 60                                      |                                       |                                       |   |          |
| Culmination:  |  | Time (h)                         | H (m a.s.l.) | Q <sub>out</sub> [m <sup>3</sup> /s]    |                                       |                                       |   |          |
|   |  | 2.89                             | 29.00        | 2.87                                    |                                       |                                       |   |          |
| Time (h)  | Q <sub>1000-in</sub> [m <sup>3</sup> /s] | Mag. (m <sup>3</sup> )           | H (m a.s.l.) | Q <sub>overflow</sub> (m <sup>3</sup> ) | Q <sub>side-1</sub> (m <sup>3</sup> ) | Q <sub>side-2</sub> (m <sup>3</sup> ) | Q <sub>1000-out</sub> [m <sup>3</sup> /s] | Time (h) |
| 1   | 0.314128                                 | 0                                | 202.00       | 0.00                                    | 0.00                                  | 0.00                                  | 0.0                                       | 1        |
| 2   | 0.329121                                 | 1142.475                         | 202.02       | 0.01                                    | 0.00                                  | 0.00                                  | 0.0                                       | 2        |
| 3   | 0.342828                                 | 2292.902                         | 202.03       | 0.02                                    | 0.00                                  | 0.00                                  | 0.0                                       | 3        |
| 4   | 0.355251                                 | 3425.908                         | 202.05       | 0.04                                    | 0.00                                  | 0.00                                  | 0.0                                       | 4        |
| 5   | 0.366531                                 | 4524.145                         | 202.07       | 0.07                                    | 0.00                                  | 0.00                                  | 0.1                                       | 5        |
| 6   | 0.376811                                 | 5575.293                         | 202.08       | 0.09                                    | 0.00                                  | 0.00                                  | 0.1                                       | 6        |
| 7   | 0.386235                                 | 6571.002                         | 202.10       | 0.12                                    | 0.00                                  | 0.00                                  | 0.1                                       | 7        |
| 8   | 0.394659                                 | 7505.697                         | 202.11       | 0.14                                    | 0.00                                  | 0.00                                  | 0.1                                       | 8        |
| 9   | 0.402513                                 | 8376.541                         | 202.13       | 0.17                                    | 0.00                                  | 0.00                                  | 0.2                                       | 9        |
| 10  | 0.409509                                 | 9182.678                         | 202.14       | 0.19                                    | 0.00                                  | 0.00                                  | 0.2                                       | 10       |
| 11  | 0.415792                                 | 9924.331                         | 202.15       | 0.22                                    | 0.00                                  | 0.00                                  | 0.2                                       | 11       |
| 12  | 0.421646                                 | 10603.46                         | 202.16       | 0.24                                    | 0.00                                  | 0.00                                  | 0.2                                       | 12       |
| 13  | 0.426929                                 | 11222.92                         | 202.17       | 0.26                                    | 0.00                                  | 0.00                                  | 0.3                                       | 13       |
| 14  | 0.506032                                 | 11911.41                         | 202.18       | 0.29                                    | 0.00                                  | 0.00                                  | 0.3                                       | 14       |
| 15  | 0.578282                                 | 12771.09                         | 202.19       | 0.32                                    | 0.00                                  | 0.00                                  | 0.3                                       | 15       |
| 16  | 0.644248                                 | 13754.89                         | 202.21       | 0.36                                    | 0.00                                  | 0.00                                  | 0.4                                       | 16       |
| 17  | 0.704504                                 | 14822.07                         | 202.22       | 0.40                                    | 0.00                                  | 0.00                                  | 0.4                                       | 17       |
| 18  | 0.759476                                 | 15937.86                         | 202.24       | 0.45                                    | 0.00                                  | 0.00                                  | 0.4                                       | 18       |
| 19  | 0.809594                                 | 17073.09                         | 202.26       | 0.49                                    | 0.00                                  | 0.00                                  | 0.5                                       | 19       |
| 20  | 0.890982                                 | 18263.47                         | 202.28       | 0.55                                    | 0.00                                  | 0.00                                  | 0.5                                       | 20       |
| 21  | 0.96523                                  | 19535.13                         | 202.30       | 0.60                                    | 0.00                                  | 0.00                                  | 0.6                                       | 21       |
| 22  | 1.033054                                 | 20846.83                         | 202.32       | 0.67                                    | 0.00                                  | 0.00                                  | 0.7                                       | 22       |
| 23  | 1.207823                                 | 22351.84                         | 202.34       | 0.74                                    | 0.00                                  | 0.00                                  | 0.7                                       | 23       |
| 24  | 1.3676                                   | 24162.1                          | 202.37       | 0.83                                    | 0.00                                  | 0.00                                  | 0.8                                       | 24       |
| 25  | 1.66231                                  | 26411.72                         | 202.40       | 0.95                                    | 0.00                                  | 0.00                                  | 0.9                                       | 25       |
| 26  | 2.852713                                 | 29543.42                         | 202.45       | 1.12                                    | 0.28                                  | 0.42                                  | 1.8                                       | 26       |
| 27  | 2.873131                                 | 31619.36                         | 202.48       | 1.24                                    | 0.61                                  | 0.90                                  | 2.7                                       | 27       |
| 28  | 2.891693                                 | 31877.11                         | 202.48       | 1.26                                    | 0.65                                  | 0.96                                  | 2.9                                       | 28       |
| 29  | 2.794742                                 | 31817.31                         | 202.48       | 1.26                                    | 0.64                                  | 0.95                                  | 2.8                                       | 29       |
| 30  | 2.706215                                 | 31637.73                         | 202.48       | 1.24                                    | 0.61                                  | 0.90                                  | 2.8                                       | 30       |
| 31  | 2.625113                                 | 31464.88                         | 202.48       | 1.23                                    | 0.58                                  | 0.86                                  | 2.7                                       | 31       |
| 32  | 2.515168                                 | 31269.19                         | 202.47       | 1.22                                    | 0.55                                  | 0.81                                  | 2.6                                       | 32       |
| 33  | 2.41479                                  | 31049.97                         | 202.47       | 1.21                                    | 0.51                                  | 0.75                                  | 2.5                                       | 33       |
| 34  | 2.322836                                 | 30842.68                         | 202.47       | 1.20                                    | 0.48                                  | 0.70                                  | 2.4                                       | 34       |
| 35  | 2.238735                                 | 30648.69                         | 202.46       | 1.19                                    | 0.45                                  | 0.66                                  | 2.3                                       | 35       |
| 36  | 2.161916                                 | 30467.61                         | 202.46       | 1.18                                    | 0.42                                  | 0.62                                  | 2.2                                       | 36       |
| 37  | 2.091523                                 | 30298.57                         | 202.46       | 1.17                                    | 0.39                                  | 0.58                                  | 2.1                                       | 37       |
| 38  | 1.952878                                 | 30064.74                         | 202.46       | 1.15                                    | 0.36                                  | 0.53                                  | 2.0                                       | 38       |
| 39  | 1.826227                                 | 29759.01                         | 202.45       | 1.14                                    | 0.31                                  | 0.46                                  | 1.9                                       | 39       |
| 40  | 1.710286                                 | 29457.79                         | 202.45       | 1.12                                    | 0.27                                  | 0.40                                  | 1.8                                       | 40       |
| 41  | 1.604339                                 | 29169.04                         | 202.44       | 1.10                                    | 0.23                                  | 0.35                                  | 1.7                                       | 41       |
| 42  | 1.50753                                  | 28893.06                         | 202.44       | 1.09                                    | 0.20                                  | 0.30                                  | 1.6                                       | 42       |
| 43  | 1.419003                                 | 28628.85                         | 202.43       | 1.07                                    | 0.17                                  | 0.25                                  | 1.5                                       | 43       |
| 44  | 1.338044                                 | 28375.22                         | 202.43       | 1.06                                    | 0.14                                  | 0.21                                  | 1.4                                       | 44       |
| 45  | 1.264081                                 | 28131.07                         | 202.43       | 1.04                                    | 0.12                                  | 0.17                                  | 1.3                                       | 45       |
| 46  | 1.1964                                   | 27895.15                         | 202.42       | 1.03                                    | 0.09                                  | 0.14                                  | 1.3                                       | 46       |
| 47  | 1.134574                                 | 27666.07                         | 202.42       | 1.02                                    | 0.07                                  | 0.11                                  | 1.2                                       | 47       |
| 48  | 1.077888                                 | 27442.12                         | 202.42       | 1.01                                    | 0.05                                  | 0.08                                  | 1.1                                       | 48       |
| 49  | 1.003783                                 | 27192.7                          | 202.41       | 0.99                                    | 0.04                                  | 0.05                                  | 1.1                                       | 49       |
| 50  | 0.935959                                 | 26901.75                         | 202.41       | 0.98                                    | 0.02                                  | 0.03                                  | 1.0                                       | 50       |

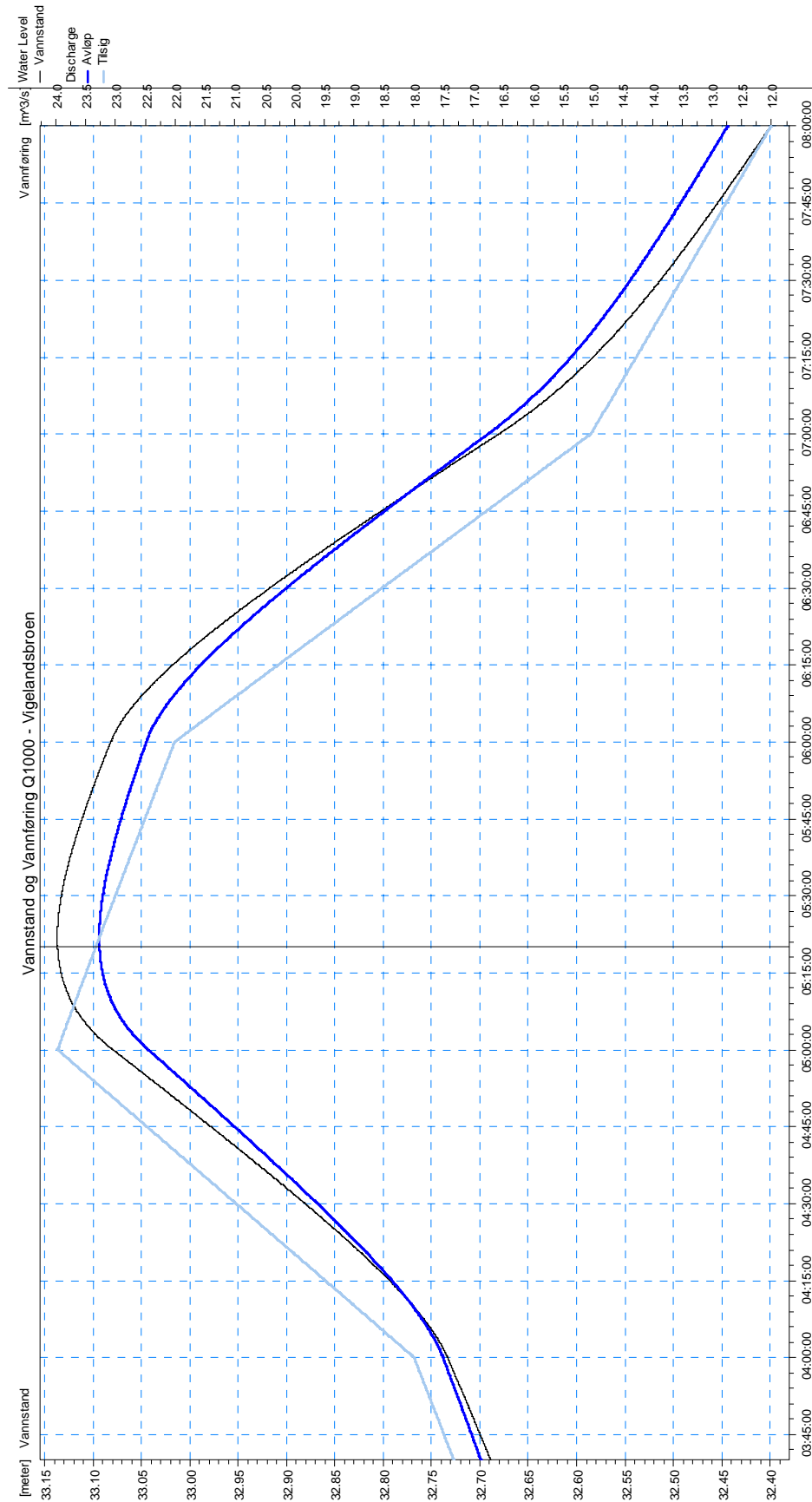
| Reservoir:  |  | Store Åklungen         |              | Data for spillways:                       |   |   |   |    |          |
|---|--|------------------------|--------------|---|---|---|---|----|----------|
| Spillway:   |  |                        |              | Overflow cre                              | Tunnel                                  | Side ch. 1.                             | Side ch. 2.                               |    |          |
| Initial reservoir level [m a.s.l.]:   |  |                        |              | 293.00                                    | 0                                       |   |   |    |          |
| Crest elevation [m a.s.l.]:   |  |                        |              | 293.00                                    | 293.6                                   | 293.6                                   |   |    |          |
| Reservoir area (A <sub>M</sub> ) at this level [m <sup>2</sup> ]:                 |  |                        |              | 140000                                    |   |   |   |    |          |
| Reservoir area increment (ΔA <sub>M</sub> ) above this level [m <sup>2</sup> /m]: |  |                        |              | 0   |   |   |   |    |          |
| Spillway crest length [m]:  |  |                        |              | 2.5                                       | 4                                       | 11                                      |   |    |          |
| Tunnel area, A <sub>T</sub> [m <sup>2</sup> ]                                     |  |                        |              | 900.0                                     |   |   |   |    |          |
| Discharge coefficient, C:   |  |                        |              | 1.5                                       | 0.104                                   | 1.4                                     | 1.4                                       |    |          |
| Exponent, n:  |  |                        |              | 1.5                                       | 1.5                                     |   | 1.5                                       |    |          |
| Q <sub>MAX</sub> (m <sup>3</sup> /s)  |  |                        |              | 47770                                     | 47770                                   |   |   |    |          |
| Reservoir:  |  | Store Åklungen         |              |   |   |   |   |    |          |
| Flood:  |  | Q <sub>1000</sub> *1.5 |              | 60  |   |   |   |    |          |
| Culmination:  |  | Time (h)               | H (m a.s.l.) | Q <sub>out</sub> [m <sup>3</sup> /s]      |   |   |   |    |          |
|   |  | 3.5                    | 29.00        | 293.69                                    |   |   |   |    |          |
|   |  |                        |              | 2.7                                       |   |   |   |    |          |
| Time (h)  | Q <sub>1000-in</sub> [m <sup>3</sup> /s] | Mag. (m <sup>3</sup> ) | H (m a.s.l.) | Q <sub>overflow</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>side-1</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>side-2</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>1000-out</sub> (m <sup>3</sup> /s) | In | Time (h) |
| 1   | 0.380261                                 | 0                      | 293.00       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       |    | 1        |
| 2   | 0.398409                                 | 1394.893               | 293.01       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       |    | 2        |
| 3   | 0.415003                                 | 2832.892               | 293.02       | 0.01                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       |    | 3        |
| 4   | 0.43004                                  | 4298.227               | 293.03       | 0.02                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       |    | 4        |
| 5   | 0.443695                                 | 5778.043               | 293.04       | 0.03                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       |    | 5        |
| 6   | 0.45614                                  | 7261.416               | 293.05       | 0.04                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       |    | 6        |
| 7   | 0.467548                                 | 8739.048               | 293.06       | 0.06                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       |    | 7        |
| 8   | 0.477745                                 | 10202.51               | 293.07       | 0.07                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       |    | 8        |
| 9   | 0.487252                                 | 11644.79               | 293.08       | 0.09                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       |    | 9        |
| 10  | 0.495721                                 | 13059.9                | 293.09       | 0.11                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       |    | 10       |
| 11  | 0.503327                                 | 14442.22               | 293.10       | 0.12                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       |    | 11       |
| 12  | 0.510413                                 | 15787.69               | 293.11       | 0.14                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       |    | 12       |
| 13  | 0.516809                                 | 17093.11               | 293.12       | 0.16                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.2                                       |    | 13       |
| 14  | 0.612565                                 | 18513.42               | 293.13       | 0.18                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.2                                       |    | 14       |
| 15  | 0.700025                                 | 20182.03               | 293.14       | 0.21                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.2                                       |    | 15       |
| 16  | 0.77988                                  | 22054.37               | 293.16       | 0.23                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.2                                       |    | 16       |
| 17  | 0.852821                                 | 24089.41               | 293.17       | 0.27                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.3                                       |    | 17       |
| 18  | 0.919366                                 | 26249.54               | 293.19       | 0.30                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.3                                       |    | 18       |
| 19  | 0.980035                                 | 28500.45               | 293.20       | 0.34                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.3                                       |    | 19       |
| 20  | 1.078557                                 | 30886.46               | 293.22       | 0.39                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.4                                       |    | 20       |
| 21  | 1.168437                                 | 33443.49               | 293.24       | 0.44                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.4                                       |    | 21       |
| 22  | 1.250539                                 | 36124.8                | 293.26       | 0.49                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.5                                       |    | 22       |
| 23  | 1.462102                                 | 39125.56               | 293.28       | 0.55                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.6                                       |    | 23       |
| 24  | 1.655516                                 | 42606.76               | 293.30       | 0.63                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.6                                       |    | 24       |
| 25  | 2.01227                                  | 46772.08               | 293.33       | 0.72                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.7                                       |    | 25       |
| 26  | 3.453284                                 | 53702.98               | 293.38       | 0.89                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.9                                       |    | 26       |
| 27  | 3.478001                                 | 62559.37               | 293.45       | 1.12                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.1                                       |    | 27       |
| 28  | 3.500471                                 | 70682.85               | 293.50       | 1.35                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.3                                       |    | 28       |
| 29  | 3.383109                                 | 77852.68               | 293.56       | 1.56                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.6                                       |    | 29       |
| 30  | 3.275944                                 | 83907.89               | 293.60       | 1.74                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.7                                       |    | 30       |
| 31  | 3.177768                                 | 88749.51               | 293.63       | 1.89                                      | 0.03                                    | 0.10                                    | 2.0                                       |    | 31       |
| 32  | 3.044677                                 | 92168.42               | 293.66       | 2.00                                      | 0.08                                    | 0.22                                    | 2.3                                       |    | 32       |
| 33  | 2.923166                                 | 94288.33               | 293.67       | 2.07                                      | 0.11                                    | 0.31                                    | 2.5                                       |    | 33       |
| 34  | 2.811854                                 | 95444.48               | 293.68       | 2.11                                      | 0.13                                    | 0.36                                    | 2.6                                       |    | 34       |
| 35  | 2.710048                                 | 95931.62               | 293.69       | 2.13                                      | 0.14                                    | 0.38                                    | 2.6                                       |    | 35       |
| 36  | 2.617057                                 | 95974.38               | 293.69       | 2.13                                      | 0.14                                    | 0.39                                    | 2.7                                       |    | 36       |
| 37  | 2.531844                                 | 95731.84               | 293.68       | 2.12                                      | 0.14                                    | 0.37                                    | 2.6                                       |    | 37       |
| 38  | 2.364011                                 | 95174.72               | 293.68       | 2.10                                      | 0.13                                    | 0.35                                    | 2.6                                       |    | 38       |
| 39  | 2.210696                                 | 94289.3                | 293.67       | 2.07                                      | 0.11                                    | 0.31                                    | 2.5                                       |    | 39       |
| 40  | 2.070346                                 | 93206.94               | 293.67       | 2.04                                      | 0.09                                    | 0.26                                    | 2.4                                       |    | 40       |
| 41  | 1.942094                                 | 92011.2                | 293.66       | 2.00                                      | 0.08                                    | 0.21                                    | 2.3                                       |    | 41       |
| 42  | 1.824905                                 | 90754.37               | 293.65       | 1.96                                      | 0.06                                    | 0.16                                    | 2.2                                       |    | 42       |
| 43  | 1.71774                                  | 89467.49               | 293.64       | 1.92                                      | 0.04                                    | 0.12                                    | 2.1                                       |    | 43       |
| 44  | 1.619737                                 | 88167.32               | 293.63       | 1.87                                      | 0.03                                    | 0.08                                    | 2.0                                       |    | 44       |
| 45  | 1.530203                                 | 86860.52               | 293.62       | 1.83                                      | 0.02                                    | 0.04                                    | 1.9                                       |    | 45       |
| 46  | 1.448274                                 | 85544.79               | 293.61       | 1.79                                      | 0.01                                    | 0.02                                    | 1.8                                       |    | 46       |
| 47  | 1.373432                                 | 84205.26               | 293.60       | 1.75                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.8                                       |    | 47       |
| 48  | 1.304812                                 | 82804.94               | 293.59       | 1.71                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.7                                       |    | 48       |
| 49  | 1.215105                                 | 81284.17               | 293.58       | 1.66                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.7                                       |    | 49       |
| 50  | 1.133004                                 | 79629.08               | 293.57       | 1.61                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.6                                       |    | 50       |

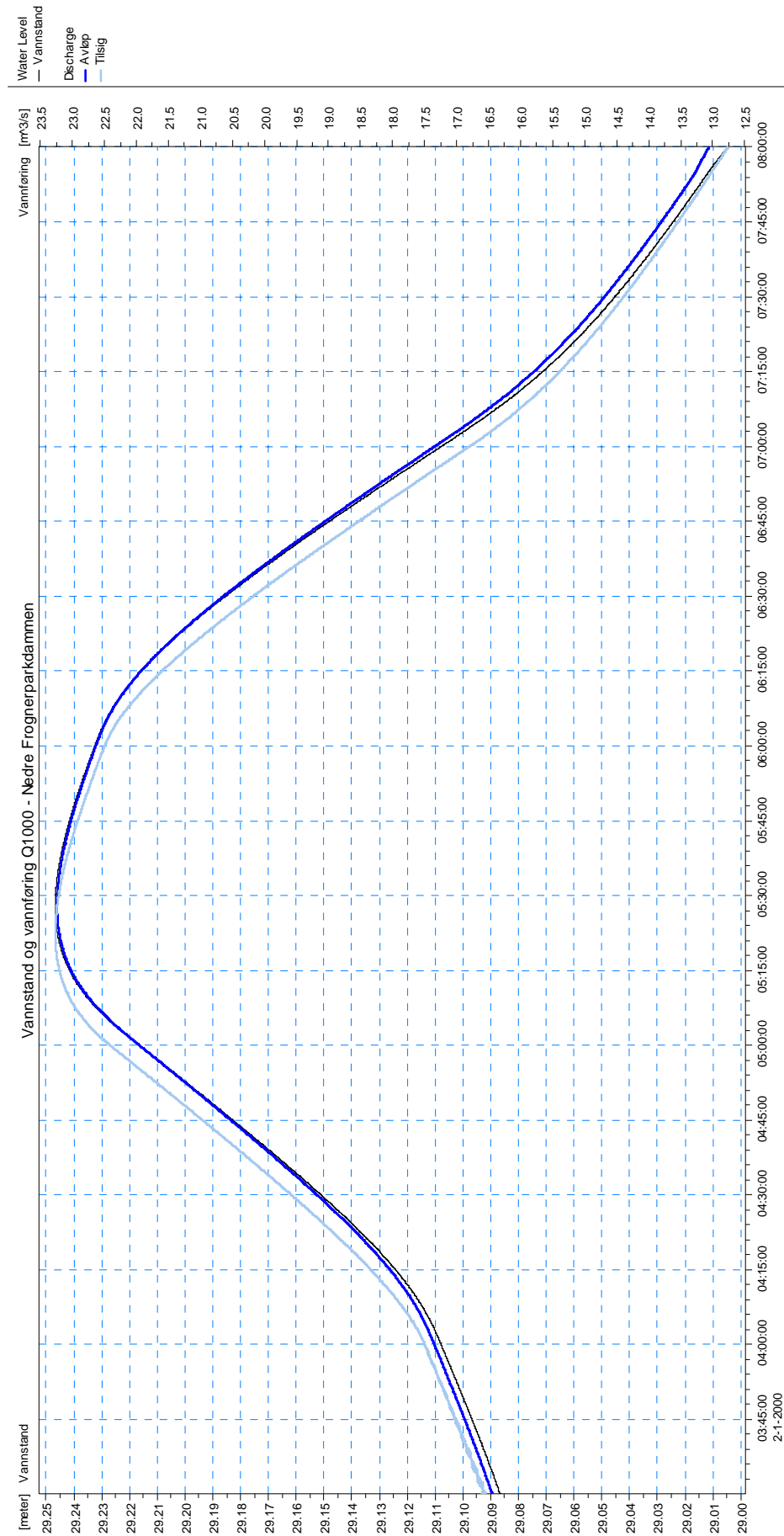


| Reservoir:  |  | Store Åklungen         |              | Data for spillways:                       |   |   |   |      |          |                               |
|---|--|------------------------|--------------|---|---|---|---|------|----------|-------------------------------|
| Spillway:   |  |                        |              | Overflow cr                               | Tunnel                                  | Side ch. 1.                             | Side ch. 2.                               |      |          |                               |
| Initial reservoir level [m a.s.l.]:   |  |                        |              | 293.00                                    | 0                                       |   |   |      |          |                               |
| Crest elevation [m a.s.l.]:   |  |                        |              | 293.00                                    |   | 293.6                                   | 293.6                                     |      |          |                               |
| Reservoir area (A <sub>M</sub> ) at this level [m <sup>2</sup> ]:                 |  |                        |              | 140000                                    |   |   |   |      |          |                               |
| Reservoir area increment (ΔA <sub>M</sub> ) above this level [m <sup>2</sup> /m]: |  |                        |              | 0   |   |   |   |      |          |                               |
| Spillway crest length [m]:  |  |                        |              | 2.5                                       |   | 4                                       | 11  |      |          |                               |
| Tunnel area, A <sub>T</sub> [m <sup>2</sup> ]                                     |  |                        |              | 900.0                                     |   |   |   |      |          |                               |
| Discharge coefficient, C:   |  |                        |              | 1.5                                       | 0.104                                   | 1.4                                     | 1.4                                       |      |          |                               |
| Exponent, n:  |  |                        |              | 1.5                                       |   | 1.5                                     | 1.5                                       |      |          |                               |
| Q <sub>MAX</sub> (m <sup>3</sup> /s)  |  |                        |              | 47770                                     | 47770                                   |   |   |      |          |                               |
| Reservoir:  |  | Store Åklungen         |              |   |   |   |   |      |          |                               |
| Flood:  |  | QPMP                   |              | 60  |   |   |   |      |          |                               |
| Culmination:  |  | Time (h)               | H (m a.s.l.) |   |   |   | Q <sub>out</sub> [m <sup>3</sup> /s]      |      |          |                               |
|   |  | 4.1                    | 29.00        | 293.72                                    |   |   | 3.2                                       |      |          |                               |
| Time (h)  | Q <sub>1000-in</sub> [m <sup>3</sup> /s] | Mag. (m <sup>3</sup> ) | H (m a.s.l.) | Q <sub>overflow</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>side-1</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>side-2</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>1000-out</sub> (m <sup>3</sup> /s) | n    | Time (h) | Volum (mill. m <sup>3</sup> ) |
| 1   | 0.253507                                 | 0                      | 293.00       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.00                                      | 0.00 | 1        | 0.00986672                    |
| 2   | 0.294644                                 | 982.7028               | 293.01       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.00                                      | 0.00 | 2        | 0.001128337                   |
| 3   | 0.332209                                 | 2094.716               | 293.01       | 0.01                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.00                                      | 0.00 | 3        | 0.001257556                   |
| 4   | 0.366433                                 | 3315.32                | 293.02       | 0.01                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.00                                      | 0.00 | 4        | 0.001375368                   |
| 5   | 0.39766                                  | 4625.553               | 293.03       | 0.02                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.00                                      | 0.00 | 5        | 0.001483016                   |
| 6   | 0.426237                                 | 6008.023               | 293.04       | 0.03                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.00                                      | 0.00 | 6        | 0.001581123                   |
| 7   | 0.452164                                 | 7446.339               | 293.05       | 0.05                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.00                                      | 0.00 | 7        | 0.001670312                   |
| 8   | 0.475787                                 | 8925.199               | 293.06       | 0.06                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 0.1  | 8        | 0.001751618                   |
| 9   | 0.497335                                 | 10430.89               | 293.07       | 0.08                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 0.1  | 9        | 0.001825873                   |
| 10  | 0.517039                                 | 11951.13               | 293.09       | 0.09                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 0.1  | 10       | 0.00189349                    |
| 11  | 0.5349                                   | 13474.71               | 293.10       | 0.11                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 0.1  | 11       | 0.001955092                   |
| 12  | 0.551263                                 | 14991.72               | 293.11       | 0.13                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 0.1  | 12       | 0.002011302                   |
| 13  | 0.566127                                 | 16493.54               | 293.12       | 0.15                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.2                                       | 0.2  | 13       | 0.00208138                    |
| 14  | 0.660616                                 | 18114.57               | 293.13       | 0.17                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.2                                       | 0.2  | 14       | 0.002533572                   |
| 15  | 0.746924                                 | 19970.32               | 293.14       | 0.20                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.2                                       | 0.2  | 15       | 0.002830798                   |
| 16  | 0.825741                                 | 22016.51               | 293.16       | 0.23                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.2                                       | 0.2  | 16       | 0.003102304                   |
| 17  | 0.897761                                 | 24212.39               | 293.17       | 0.27                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.3                                       | 0.3  | 17       | 0.003350164                   |
| 18  | 0.963442                                 | 26520.55               | 293.19       | 0.31                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.3                                       | 0.3  | 18       | 0.003576661                   |
| 19  | 1.023592                                 | 28907.36               | 293.21       | 0.35                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.4                                       | 0.4  | 19       | 0.00387285                    |
| 20  | 1.127991                                 | 31428.92               | 293.22       | 0.40                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.4                                       | 0.4  | 20       | 0.004232507                   |
| 21  | 1.223402                                 | 34130.94               | 293.24       | 0.45                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.5                                       | 0.5  | 21       | 0.004561467                   |
| 22  | 1.310746                                 | 36964.12               | 293.26       | 0.51                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.5                                       | 0.5  | 22       | 0.005176867                   |
| 23  | 1.565291                                 | 40187.12               | 293.29       | 0.58                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.6                                       | 0.6  | 23       | 0.006054646                   |
| 24  | 1.798402                                 | 44013.8                | 293.31       | 0.66                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.7                                       | 0.7  | 24       | 0.007267816                   |
| 25  | 2.239274                                 | 48706.62               | 293.35       | 0.77                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.8                                       | 0.8  | 25       | 0.011312612                   |
| 26  | 4.045511                                 | 56885.79               | 293.41       | 0.97                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.0                                       | 1.0  | 26       | 0.014605945                   |
| 27  | 4.068903                                 | 67484.42               | 293.48       | 1.26                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.3                                       | 1.3  | 27       | 0.0146858                     |
| 28  | 4.089875                                 | 77149.91               | 293.55       | 1.53                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.5                                       | 1.5  | 28       | 0.014439806                   |
| 29  | 3.932239                                 | 85559.12               | 293.61       | 1.79                                      | 0.01                                    | 0.02                                    | 1.8                                       | 1.8  | 29       | 0.013896379                   |
| 30  | 3.787971                                 | 92064.11               | 293.66       | 2.00                                      | 0.08                                    | 0.21                                    | 2.3                                       | 2.3  | 30       | 0.013399205                   |
| 31  | 3.656032                                 | 96474.55               | 293.69       | 2.15                                      | 0.15                                    | 0.41                                    | 2.7                                       | 2.7  | 31       | 0.012854327                   |
| 32  | 3.485261                                 | 99102.75               | 293.71       | 2.23                                      | 0.20                                    | 0.55                                    | 3.0                                       | 3.0  | 32       | 0.012265891                   |
| 33  | 3.329123                                 | 100395.3               | 293.72       | 2.28                                      | 0.22                                    | 0.62                                    | 3.1                                       | 3.1  | 33       | 0.011727857                   |
| 34  | 3.186353                                 | 100811.7               | 293.72       | 2.29                                      | 0.23                                    | 0.64                                    | 3.2                                       | 3.2  | 34       | 0.011235869                   |
| 35  | 3.055797                                 | 100679.2               | 293.72       | 2.29                                      | 0.23                                    | 0.63                                    | 3.2                                       | 3.2  | 35       | 0.010785986                   |
| 36  | 2.936418                                 | 100216.2               | 293.72       | 2.27                                      | 0.22                                    | 0.61                                    | 3.1                                       | 3.1  | 36       | 0.010374475                   |
| 37  | 2.827179                                 | 99563.23               | 293.71       | 2.25                                      | 0.21                                    | 0.57                                    | 3.0                                       | 3.0  | 37       | 0.009851997                   |
| 38  | 2.646152                                 | 98686.79               | 293.70       | 2.22                                      | 0.19                                    | 0.52                                    | 2.9                                       | 2.9  | 38       | 0.009228301                   |
| 39  | 2.480681                                 | 97568.27               | 293.70       | 2.18                                      | 0.17                                    | 0.46                                    | 2.8                                       | 2.8  | 39       | 0.008658117                   |
| 40  | 2.329384                                 | 96320.01               | 293.69       | 2.14                                      | 0.15                                    | 0.40                                    | 2.7                                       | 2.7  | 40       | 0.008136676                   |
| 41  | 2.190992                                 | 95010.5                | 293.68       | 2.10                                      | 0.12                                    | 0.34                                    | 2.6                                       | 2.6  | 41       | 0.007660037                   |
| 42  | 2.064584                                 | 93680.99               | 293.67       | 2.05                                      | 0.10                                    | 0.28                                    | 2.4                                       | 2.4  | 42       | 0.007224259                   |
| 43  | 1.948893                                 | 92355.35               | 293.66       | 2.01                                      | 0.08                                    | 0.22                                    | 2.3                                       | 2.3  | 43       | 0.006825815                   |
| 44  | 1.843226                                 | 91046.54               | 293.65       | 1.97                                      | 0.06                                    | 0.17                                    | 2.2                                       | 2.2  | 44       | 0.006461594                   |
| 45  | 1.746548                                 | 89760.49               | 293.64       | 1.93                                      | 0.05                                    | 0.13                                    | 2.1                                       | 2.1  | 45       | 0.006128486                   |
| 46  | 1.658166                                 | 88498.06               | 293.63       | 1.88                                      | 0.03                                    | 0.09                                    | 2.0                                       | 2.0  | 46       | 0.005824001                   |
| 47  | 1.57739                                  | 87256.53               | 293.62       | 1.85                                      | 0.02                                    | 0.05                                    | 1.9                                       | 1.9  | 47       | 0.00554565                    |
| 48  | 1.503527                                 | 86029.32               | 293.61       | 1.81                                      | 0.01                                    | 0.03                                    | 1.8                                       | 1.8  | 48       | 0.005234943                   |
| 49  | 1.404775                                 | 84752.55               | 293.61       | 1.77                                      | 0.00                                    | 0.01                                    | 1.8                                       | 1.8  | 49       | 0.004894783                   |
| 50  | 1.314549                                 | 83352.17               | 293.60       | 1.72                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 1.7                                       | 1.7  | 50       | 0.004583868                   |

| Reservoir:  |  | Lille Aklungen         |              | Data for spillways:                       |   |   |   |          |
|---|--|------------------------|--------------|---|---|---|---|----------|
| Spillway:   |  |                        |              | Overflow cre                              | Tunnel                                  | Side ch. 1. Side ch. 2.                 |   |          |
| Initial reservoir level [m a.s.l.]:   |  |                        |              | 258.95                                    | 0                                       |   |   |          |
| Crest elevation [m a.s.l.]:   |  |                        |              | 258.95                                    | 259                                     | 259.85                                  |   |          |
| Reservoir area (A <sub>M</sub> ) at this level [m <sup>2</sup> ]:                 |  |                        |              | 100000                                    |   |   |   |          |
| Reservoir area increment (ΔA <sub>M</sub> ) above this level [m <sup>2</sup> /m]: |  |                        |              | 0   |   |   |   |          |
| Spillway crest length [m]:  |  |                        |              | 2   | 4.6                                     | 30                                      |   |          |
| Tunnel area, A <sub>T</sub> [m <sup>2</sup> ]                                     |  |                        |              | 900.0                                     |   |   |   |          |
| Discharge coefficient, C:   |  |                        |              | 1.5                                       | 0.104                                   | 1.5                                     | 1.3                                       |          |
| Exponent, n:  |  |                        |              | 1.5                                       |   | 1.5                                     | 1.5                                       |          |
| Q <sub>MAX</sub> (m <sup>3</sup> /s)  |  |                        |              | 44909                                     | 44909                                   |   |   |          |
| Reservoir:  |  | Lille Aklungen         |              |   |   |   |   |          |
| Flood:  |  | Qpmf                   |              | 60  |   |   |   |          |
| Culmination:  |  | Time (h)               | H (m a.s.l.) | Q <sub>out</sub> [m <sup>3</sup> /s]      |   |   |   |          |
|   |  | 6.98                   | 29.00        | 259.76                                    |   |   |   |          |
|   |  |                        |              | 6.72                                      |   |   |   |          |
| Time (h)  | Q <sub>1000-in</sub> [m <sup>3</sup> /s] | Mag. (m <sup>3</sup> ) | H (m a.s.l.) | Q <sub>overflow</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>side-1</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>side-2</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>1000-out</sub> [m <sup>3</sup> /s] | Time (h) |
| 1   | 0.290982                                 | 0                      | 258.95       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 1        |
| 2   | 0.340406                                 | 1130.011               | 258.96       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 2        |
| 3   | 0.388182                                 | 2414.72                | 258.97       | 0.01                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 3        |
| 4   | 0.434267                                 | 3834.321               | 258.99       | 0.02                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 4        |
| 5   | 0.478966                                 | 5367.672               | 259.00       | 0.04                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 5        |
| 6   | 0.522584                                 | 6966.974               | 259.02       | 0.06                                      | 0.02                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 6        |
| 7   | 0.565006                                 | 8571.716               | 259.04       | 0.08                                      | 0.05                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 7        |
| 8   | 0.606483                                 | 10141.82               | 259.05       | 0.10                                      | 0.08                                    | 0.00                                    | 0.2                                       | 8        |
| 9   | 0.647118                                 | 11651.28               | 259.07       | 0.12                                      | 0.12                                    | 0.00                                    | 0.2                                       | 9        |
| 10  | 0.687001                                 | 13083.86               | 259.08       | 0.14                                      | 0.16                                    | 0.00                                    | 0.3                                       | 10       |
| 11  | 0.725946                                 | 14430.44               | 259.09       | 0.16                                      | 0.20                                    | 0.00                                    | 0.4                                       | 11       |
| 12  | 0.76416                                  | 15687.47               | 259.11       | 0.19                                      | 0.24                                    | 0.00                                    | 0.4                                       | 12       |
| 13  | 0.801454                                 | 16855.43               | 259.12       | 0.21                                      | 0.28                                    | 0.00                                    | 0.5                                       | 13       |
| 14  | 0.932807                                 | 18092.49               | 259.13       | 0.23                                      | 0.33                                    | 0.00                                    | 0.6                                       | 14       |
| 15  | 1.059369                                 | 19521.42               | 259.15       | 0.26                                      | 0.38                                    | 0.00                                    | 0.6                                       | 15       |
| 16  | 1.181671                                 | 21078.89               | 259.16       | 0.29                                      | 0.44                                    | 0.00                                    | 0.7                                       | 16       |
| 17  | 1.300182                                 | 22712.5                | 259.18       | 0.32                                      | 0.51                                    | 0.00                                    | 0.8                                       | 17       |
| 18  | 1.415045                                 | 24379.89               | 259.19       | 0.36                                      | 0.59                                    | 0.00                                    | 0.9                                       | 18       |
| 19  | 1.526751                                 | 26048.23               | 259.21       | 0.40                                      | 0.67                                    | 0.00                                    | 1.1                                       | 19       |
| 20  | 1.693609                                 | 27785.83               | 259.23       | 0.44                                      | 0.75                                    | 0.00                                    | 1.2                                       | 20       |
| 21  | 1.855652                                 | 29641.96               | 259.25       | 0.48                                      | 0.84                                    | 0.00                                    | 1.3                                       | 21       |
| 22  | 2.013265                                 | 31558.07               | 259.27       | 0.53                                      | 0.94                                    | 0.00                                    | 1.5                                       | 22       |
| 23  | 2.373407                                 | 33814.09               | 259.29       | 0.59                                      | 1.07                                    | 0.00                                    | 1.7                                       | 23       |
| 24  | 2.725285                                 | 36606.08               | 259.32       | 0.66                                      | 1.23                                    | 0.00                                    | 1.9                                       | 24       |
| 25  | 3.339819                                 | 40157.18               | 259.35       | 0.76                                      | 1.44                                    | 0.00                                    | 2.2                                       | 25       |
| 26  | 5.614824                                 | 47162.98               | 259.42       | 0.97                                      | 1.89                                    | 0.00                                    | 2.9                                       | 26       |
| 27  | 5.925395                                 | 55999.63               | 259.51       | 1.26                                      | 2.51                                    | 0.00                                    | 3.8                                       | 27       |
| 28  | 6.228525                                 | 62920.35               | 259.58       | 1.50                                      | 3.04                                    | 0.00                                    | 4.5                                       | 28       |
| 29  | 6.329797                                 | 68096.15               | 259.63       | 1.69                                      | 3.46                                    | 0.00                                    | 5.1                                       | 29       |
| 30  | 6.637988                                 | 72056.08               | 259.67       | 1.83                                      | 3.79                                    | 0.00                                    | 5.6                                       | 30       |
| 31  | 6.900195                                 | 75424.54               | 259.70       | 1.97                                      | 4.08                                    | 0.00                                    | 6.0                                       | 31       |
| 32  | 6.977945                                 | 78049.83               | 259.73       | 2.07                                      | 4.31                                    | 0.00                                    | 6.4                                       | 32       |
| 33  | 6.940096                                 | 79751.47               | 259.75       | 2.14                                      | 4.46                                    | 0.00                                    | 6.6                                       | 33       |
| 34  | 6.822669                                 | 80583.84               | 259.76       | 2.17                                      | 4.53                                    | 0.00                                    | 6.7                                       | 34       |
| 35  | 6.657988                                 | 80688.94               | 259.76       | 2.17                                      | 4.54                                    | 0.00                                    | 6.7                                       | 35       |
| 36  | 6.469493                                 | 80239.12               | 259.75       | 2.16                                      | 4.50                                    | 0.00                                    | 6.7                                       | 36       |
| 37  | 6.272454                                 | 79397.38               | 259.74       | 2.12                                      | 4.43                                    | 0.00                                    | 6.6                                       | 37       |
| 38  | 5.970221                                 | 78144.14               | 259.73       | 2.07                                      | 4.32                                    | 0.00                                    | 6.4                                       | 38       |
| 39  | 5.662725                                 | 76468.74               | 259.71       | 2.01                                      | 4.17                                    | 0.00                                    | 6.2                                       | 39       |
| 40  | 5.361935                                 | 74524.18               | 259.70       | 1.93                                      | 4.00                                    | 0.00                                    | 5.9                                       | 40       |
| 41  | 5.074553                                 | 72430.15               | 259.67       | 1.85                                      | 3.82                                    | 0.00                                    | 5.7                                       | 41       |
| 42  | 4.804303                                 | 70275.09               | 259.65       | 1.77                                      | 3.64                                    | 0.00                                    | 5.4                                       | 42       |
| 43  | 4.552411                                 | 68121.28               | 259.63       | 1.69                                      | 3.46                                    | 0.00                                    | 5.1                                       | 43       |
| 44  | 4.319519                                 | 66011.15               | 259.61       | 1.61                                      | 3.29                                    | 0.00                                    | 4.9                                       | 44       |
| 45  | 4.105168                                 | 63972.87               | 259.59       | 1.54                                      | 3.12                                    | 0.00                                    | 4.7                                       | 45       |
| 46  | 3.908915                                 | 62024.43               | 259.57       | 1.47                                      | 2.97                                    | 0.00                                    | 4.4                                       | 46       |
| 47  | 3.730238                                 | 60177.48               | 259.55       | 1.40                                      | 2.83                                    | 0.00                                    | 4.2                                       | 47       |
| 48  | 3.568815                                 | 58439.94               | 259.53       | 1.34                                      | 2.70                                    | 0.00                                    | 4.0                                       | 48       |
| 49  | 3.387029                                 | 56761.53               | 259.52       | 1.28                                      | 2.57                                    | 0.00                                    | 3.9                                       | 49       |
| 50  | 3.231593                                 | 55123.17               | 259.50       | 1.23                                      | 2.45                                    | 0.00                                    | 3.7                                       | 50       |

| Reservoir:  |  | Songsvan               |              | Data for spillways:                       |   |   |   |          |
|---|--|------------------------|--------------|---|---|---|---|----------|
| Spillway:   |  |                        |              | Overflow crest                            | Tunnel                                  | Side ch. 1.                             | Side ch. 2.                               |          |
| Initial reservoir level [m a.s.l.]:   |  |                        |              | 182.50                                    | 0                                       |   |   |          |
| Crest elevation [m a.s.l.]:   |  |                        |              | 182.45                                    | 182.55                                  | 183.5                                   |   |          |
| Reservoir area (A <sub>M</sub> ) at this level [m <sup>2</sup> ]:                 |  |                        |              | 390000                                    |   |   |   |          |
| Reservoir area increment (ΔA <sub>M</sub> ) above this level [m <sup>2</sup> /m]: |  |                        |              | 0   |   |   |   |          |
| Spillway crest length [m]:  |  |                        |              | 0.1                                       | 2.9                                     | 70                                      |   |          |
| Tunnel area, A <sub>T</sub> [m <sup>2</sup> ]                                     |  |                        |              | 900.0                                     |   |   |   |          |
| Discharge coefficient, C:   |  |                        |              | 1.5                                       | 0.104                                   | 1.5                                     | 1.3                                       |          |
| Exponent, n:  |  |                        |              | 1.5                                       |   | 1.5                                     | 1.5                                       |          |
| Q <sub>MAX</sub> (m <sup>3</sup> /s)  |  |                        |              | 37696                                     | 37696                                   |   |   |          |
| Reservoir:  |  | Songsvann NY           |              |   |   |   |   |          |
| Flood:  |  | Q <sub>PMF</sub>       |              | 60  |   |   |   |          |
| Culmination:  |  | Time (h)               | H (m a.s.l.) | Q <sub>out</sub> [m <sup>3</sup> /s]      |   |   |   |          |
|   |  | 31.24                  | 29.00        | 183.90                                    | 30.08                                   |   |   |          |
| Time (h)  | Q <sub>1000-in</sub> [m <sup>3</sup> /s] | Mag. (m <sup>3</sup> ) | H (m a.s.l.) | Q <sub>overflow</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>side-1</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>side-2</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q <sub>1000-out</sub> [m <sup>3</sup> /s] | Time (h) |
| 1   | 1.4460922                                | 0                      | 182.50       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 1        |
| 2   | 1.6894177                                | 5636.481               | 182.51       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 2        |
| 3   | 1.9218112                                | 12126.04               | 182.53       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 3        |
| 4   | 2.1430824                                | 19428.1                | 182.55       | 0.00                                      | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 4        |
| 5   | 2.3560338                                | 27483.77               | 182.57       | 0.01                                      | 0.01                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 5        |
| 6   | 2.5760049                                | 36242.98               | 182.59       | 0.01                                      | 0.04                                    | 0.00                                    | 0.0                                       | 6        |
| 7   | 2.795622                                 | 45673.09               | 182.62       | 0.01                                      | 0.08                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 7        |
| 8   | 3.0117212                                | 55727.19               | 182.64       | 0.01                                      | 0.12                                    | 0.00                                    | 0.1                                       | 8        |
| 9   | 3.2220293                                | 66349.5                | 182.67       | 0.02                                      | 0.18                                    | 0.00                                    | 0.2                                       | 9        |
| 10  | 3.4250174                                | 77478.01               | 182.70       | 0.02                                      | 0.25                                    | 0.00                                    | 0.3                                       | 10       |
| 11  | 3.6184206                                | 89044.67               | 182.73       | 0.02                                      | 0.33                                    | 0.00                                    | 0.3                                       | 11       |
| 12  | 3.8024728                                | 100979                 | 182.76       | 0.03                                      | 0.42                                    | 0.00                                    | 0.4                                       | 12       |
| 13  | 3.9758999                                | 113210.1               | 182.79       | 0.03                                      | 0.51                                    | 0.00                                    | 0.5                                       | 13       |
| 14  | 4.6133835                                | 126507.8               | 182.82       | 0.03                                      | 0.63                                    | 0.00                                    | 0.7                                       | 14       |
| 15  | 5.2252196                                | 141587                 | 182.86       | 0.04                                      | 0.76                                    | 0.00                                    | 0.8                                       | 15       |
| 16  | 5.8116189                                | 158265.3               | 182.91       | 0.05                                      | 0.92                                    | 0.00                                    | 1.0                                       | 16       |
| 17  | 6.3728279                                | 176359.1               | 182.95       | 0.05                                      | 1.11                                    | 0.00                                    | 1.2                                       | 17       |
| 18  | 6.9078766                                | 195682.9               | 183.00       | 0.06                                      | 1.32                                    | 0.00                                    | 1.4                                       | 18       |
| 19  | 7.4180281                                | 216053.2               | 183.05       | 0.07                                      | 1.56                                    | 0.00                                    | 1.6                                       | 19       |
| 20  | 8.1941376                                | 237803.1               | 183.11       | 0.08                                      | 1.82                                    | 0.00                                    | 1.9                                       | 20       |
| 21  | 8.9384294                                | 261232.2               | 183.17       | 0.09                                      | 2.12                                    | 0.00                                    | 2.2                                       | 21       |
| 22  | 9.6505667                                | 286094                 | 183.23       | 0.10                                      | 2.46                                    | 0.00                                    | 2.6                                       | 22       |
| 23  | 11.363807                                | 313957                 | 183.31       | 0.12                                      | 2.85                                    | 0.00                                    | 3.0                                       | 23       |
| 24  | 13.030749                                | 346266.5               | 183.39       | 0.14                                      | 3.34                                    | 0.00                                    | 3.5                                       | 24       |
| 25  | 16.125855                                | 385105.8               | 183.49       | 0.16                                      | 3.95                                    | 0.00                                    | 4.1                                       | 25       |
| 26  | 28.225584                                | 440727.2               | 183.63       | 0.19                                      | 4.88                                    | 4.27                                    | 9.3                                       | 26       |
| 27  | 30.267699                                | 495266.9               | 183.77       | 0.23                                      | 5.86                                    | 12.76                                   | 18.8                                      | 27       |
| 28  | 31.237408                                | 526199.5               | 183.85       | 0.25                                      | 6.44                                    | 18.78                                   | 25.5                                      | 28       |
| 29  | 30.889273                                | 540401.4               | 183.89       | 0.26                                      | 6.71                                    | 21.79                                   | 28.8                                      | 29       |
| 30  | 30.423314                                | 545158.8               | 183.90       | 0.26                                      | 6.81                                    | 22.84                                   | 29.9                                      | 30       |
| 31  | 29.976591                                | 545902.7               | 183.90       | 0.26                                      | 6.82                                    | 23.00                                   | 30.1                                      | 31       |
| 32  | 29.212537                                | 544676.2               | 183.90       | 0.26                                      | 6.80                                    | 22.73                                   | 29.8                                      | 32       |
| 33  | 28.408141                                | 542218.6               | 183.89       | 0.26                                      | 6.75                                    | 22.19                                   | 29.2                                      | 33       |
| 34  | 27.579414                                | 539180.6               | 183.88       | 0.26                                      | 6.69                                    | 21.53                                   | 28.5                                      | 34       |
| 35  | 26.736173                                | 535844.8               | 183.87       | 0.25                                      | 6.63                                    | 20.81                                   | 27.7                                      | 35       |
| 36  | 25.893871                                | 532350.7               | 183.87       | 0.25                                      | 6.56                                    | 20.07                                   | 26.9                                      | 36       |
| 37  | 25.06747                                 | 528790                 | 183.86       | 0.25                                      | 6.49                                    | 19.32                                   | 26.1                                      | 37       |
| 38  | 23.757307                                | 524578.1               | 183.85       | 0.25                                      | 6.41                                    | 18.45                                   | 25.1                                      | 38       |
| 39  | 22.46166                                 | 519455.4               | 183.83       | 0.24                                      | 6.31                                    | 17.40                                   | 24.0                                      | 39       |
| 40  | 21.224488                                | 513988.5               | 183.82       | 0.24                                      | 6.21                                    | 16.31                                   | 22.8                                      | 40       |
| 41  | 20.056494                                | 508477                 | 183.80       | 0.24                                      | 6.11                                    | 15.24                                   | 21.6                                      | 41       |
| 42  | 18.963436                                | 503069.1               | 183.79       | 0.23                                      | 6.01                                    | 14.21                                   | 20.4                                      | 42       |
| 43  | 17.945108                                | 497839.7               | 183.78       | 0.23                                      | 5.91                                    | 13.23                                   | 19.4                                      | 43       |
| 44  | 17.001831                                | 492827.6               | 183.76       | 0.23                                      | 5.82                                    | 12.32                                   | 18.4                                      | 44       |
| 45  | 16.130058                                | 488052.3               | 183.75       | 0.22                                      | 5.73                                    | 11.47                                   | 17.4                                      | 45       |
| 46  | 15.326864                                | 483521.7               | 183.74       | 0.22                                      | 5.65                                    | 10.69                                   | 16.6                                      | 46       |
| 47  | 14.5886                                  | 479237.4               | 183.73       | 0.22                                      | 5.57                                    | 9.96                                    | 15.7                                      | 47       |
| 48  | 13.911162                                | 475197                 | 183.72       | 0.21                                      | 5.49                                    | 9.29                                    | 15.0                                      | 48       |
| 49  | 13.09803                                 | 471132.9               | 183.71       | 0.21                                      | 5.42                                    | 8.63                                    | 14.3                                      | 49       |
| 50  | 12.33633                                 | 466896.4               | 183.70       | 0.21                                      | 5.34                                    | 7.97                                    | 13.5                                      | 50       |

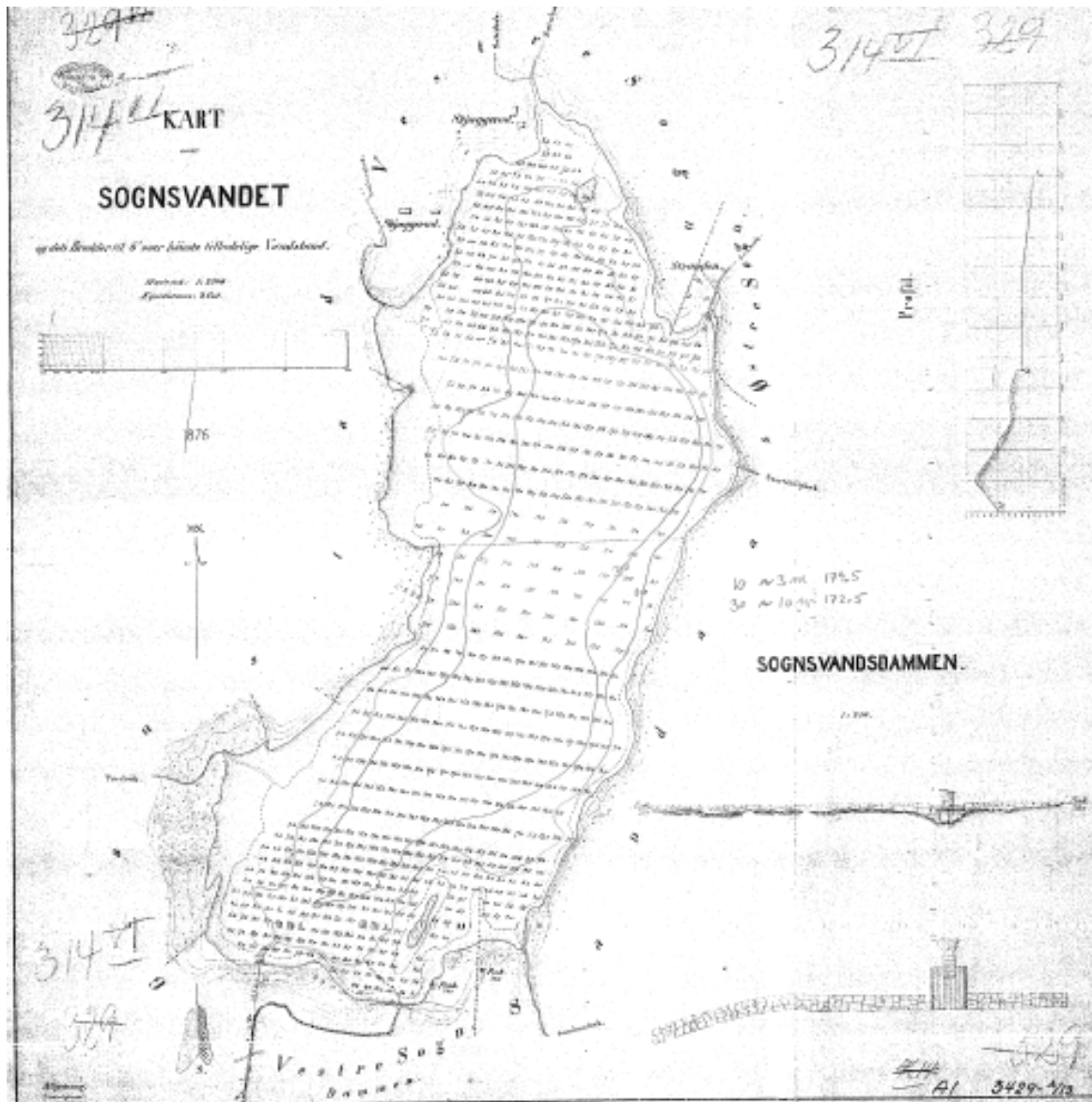


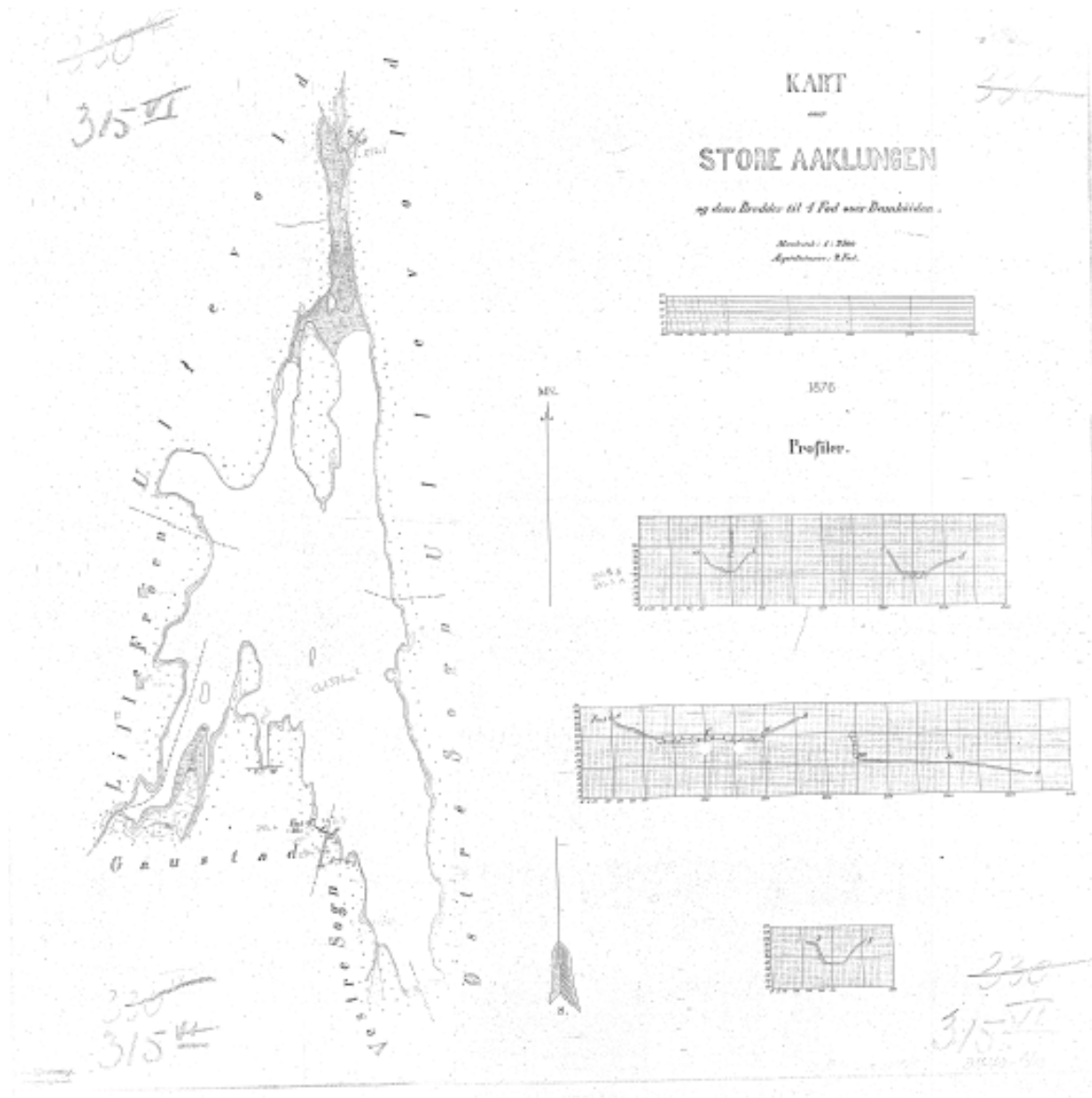


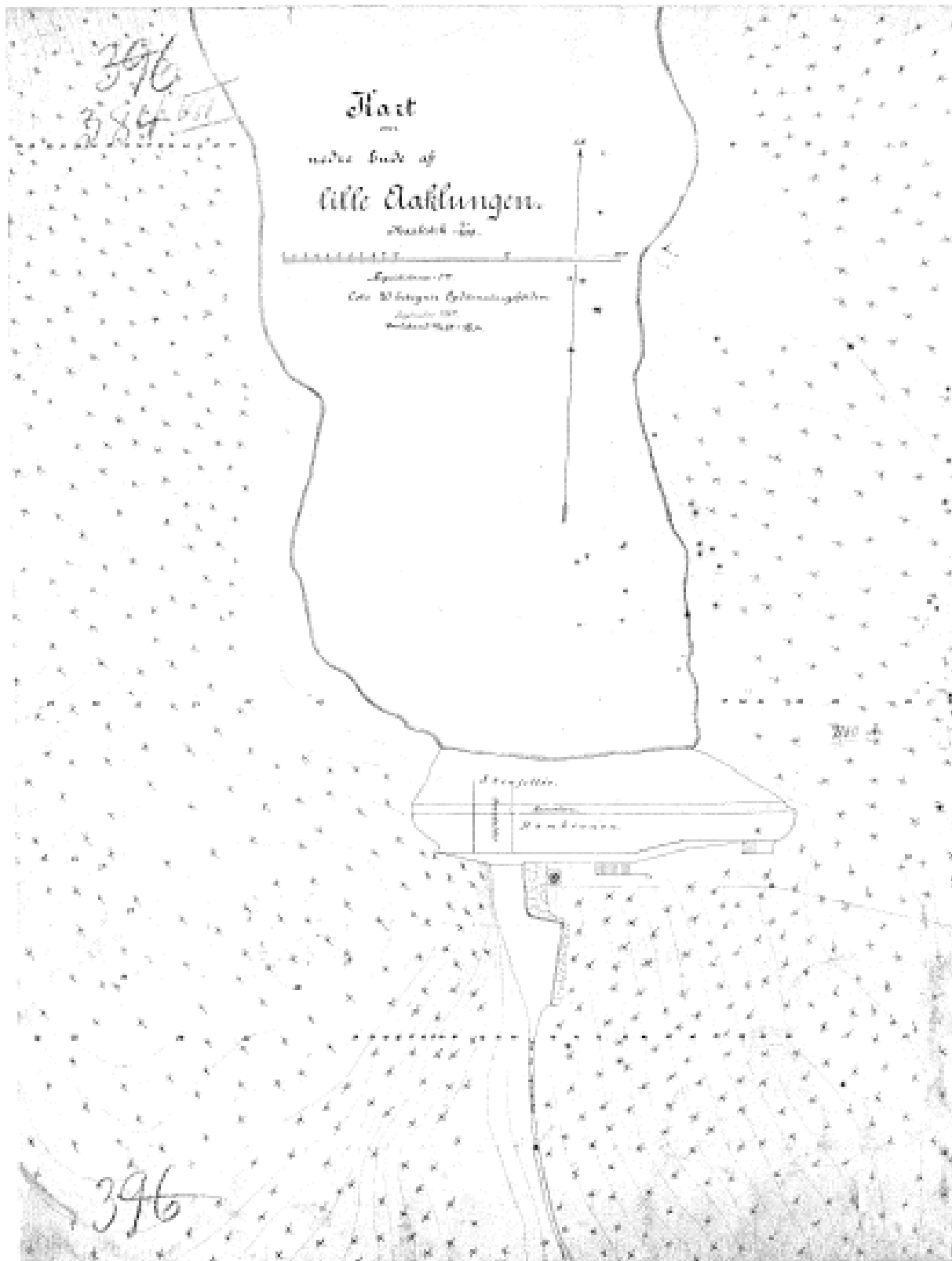


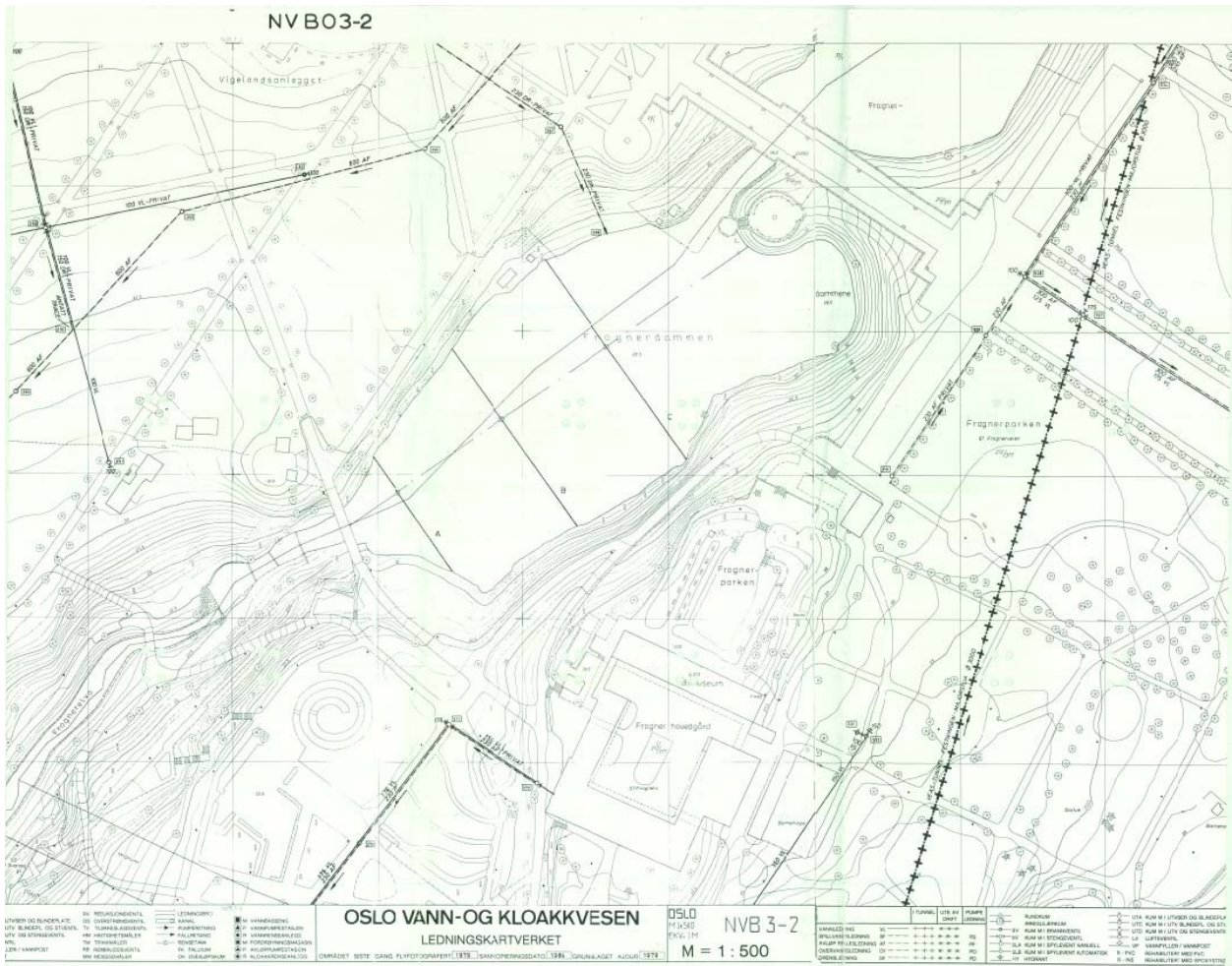
**BILAG 13 DYBDEKART INNSJØER**

- Sognsvann (1 tegning)
- Store Åklungen (1 tegninger)
- Lille Åklungen (1 tegninger)
- Frogner Dammen (3 tegninger)

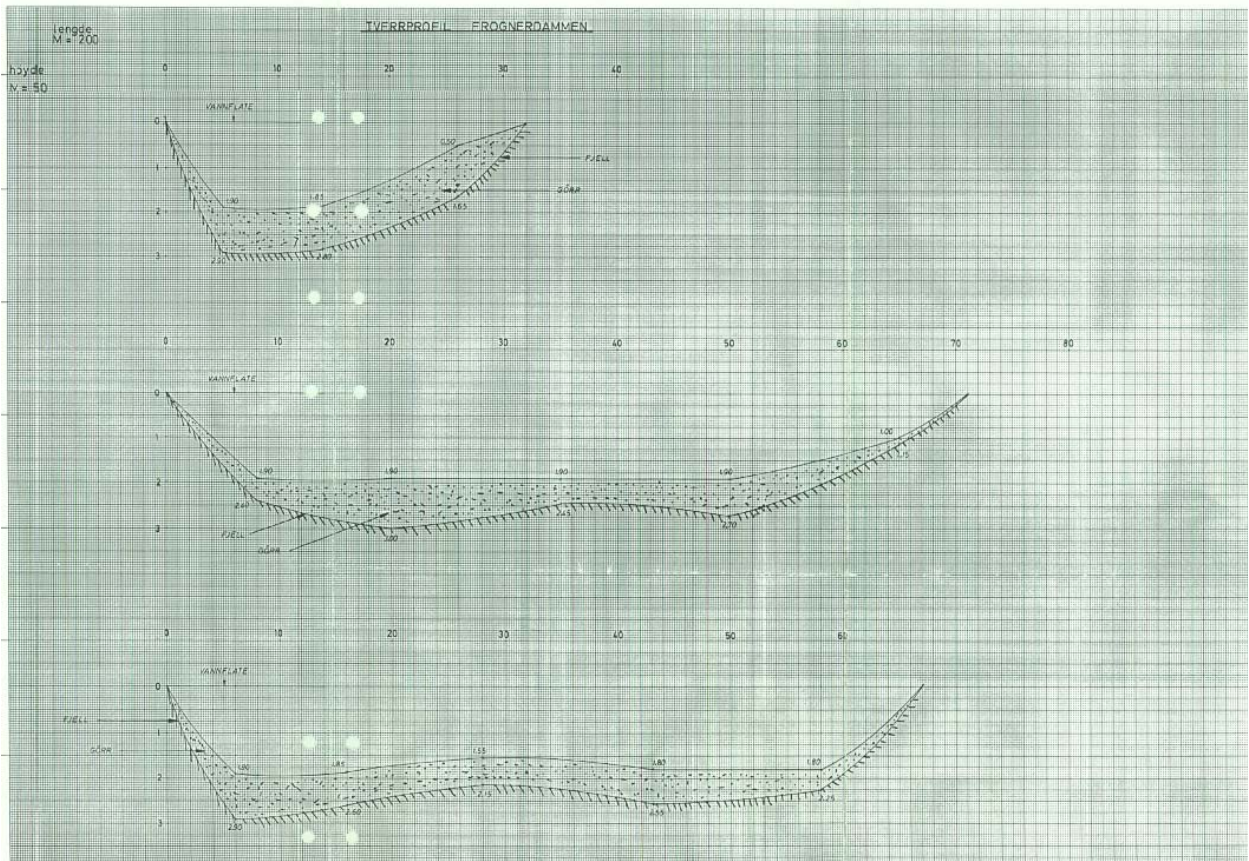
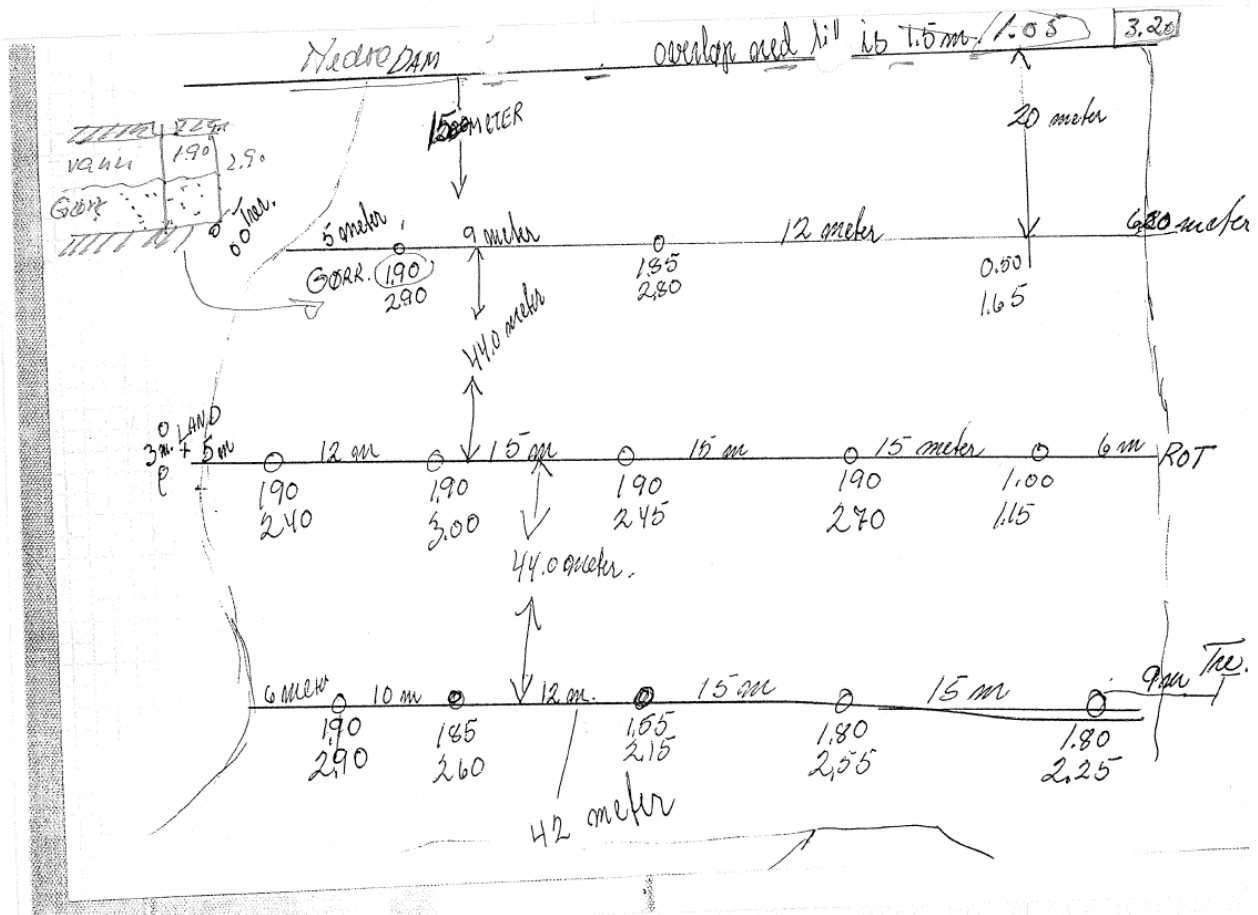














# Tegnforklaring

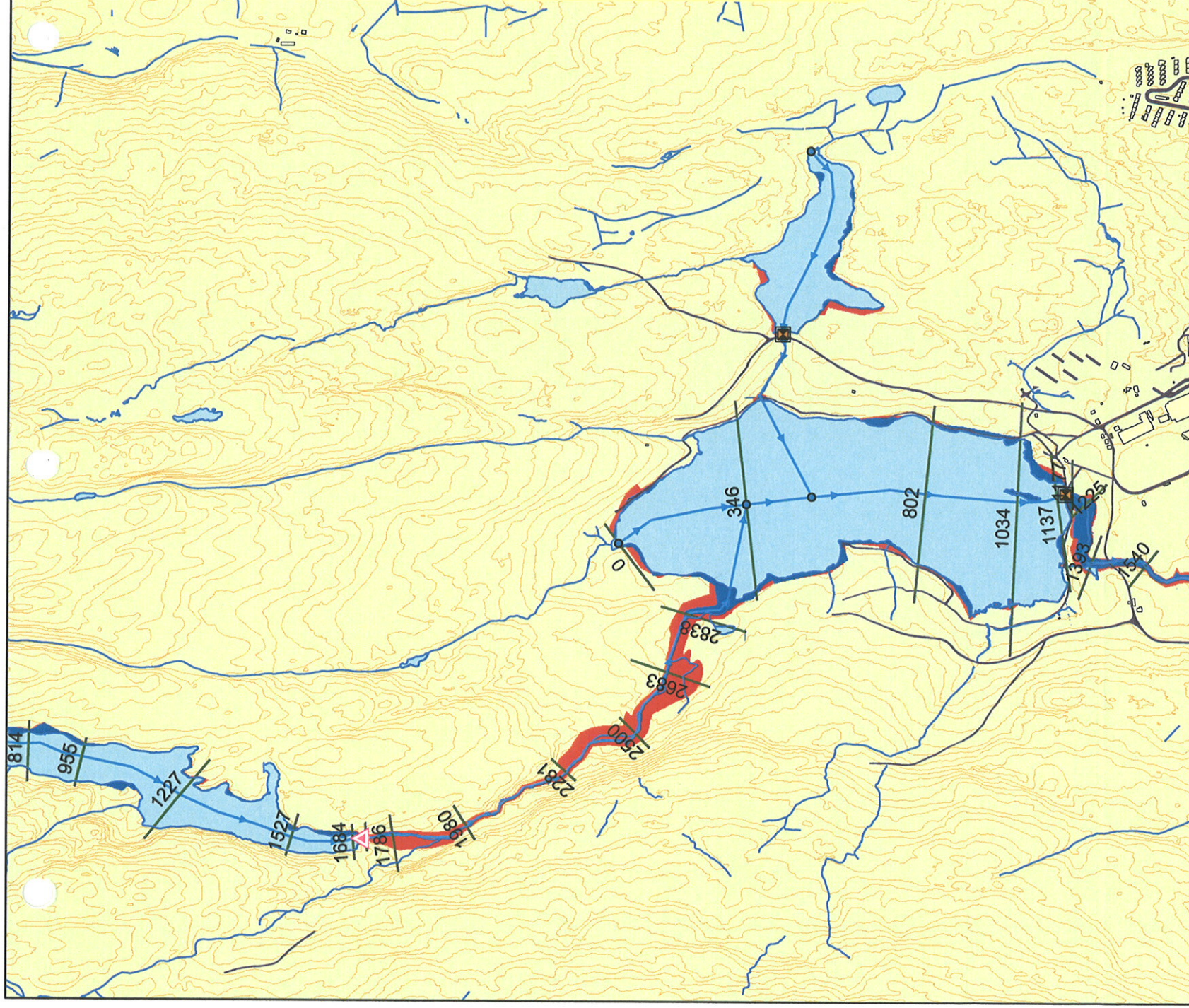
- Modell Node
- Dam
- Culvert
- Modelelv
- ▲ Dambrudd
- Utvalgte Tverrprofiler\_1D model
- Vann\_flate\_FKB
- Vann\_linje\_FKB
- Vei\_flate\_FKB
- Bygg\_FKB
- Hoydekurve-5m\_linje\_FKB
- Q1000 Initial
- LA - DBBB



Oslo Kommune  
 Dambruddsbølgeberregning  
 Dam Lille Åklungen  
 Tegn nr.: 50009319 - 001



0 200 400 800 m

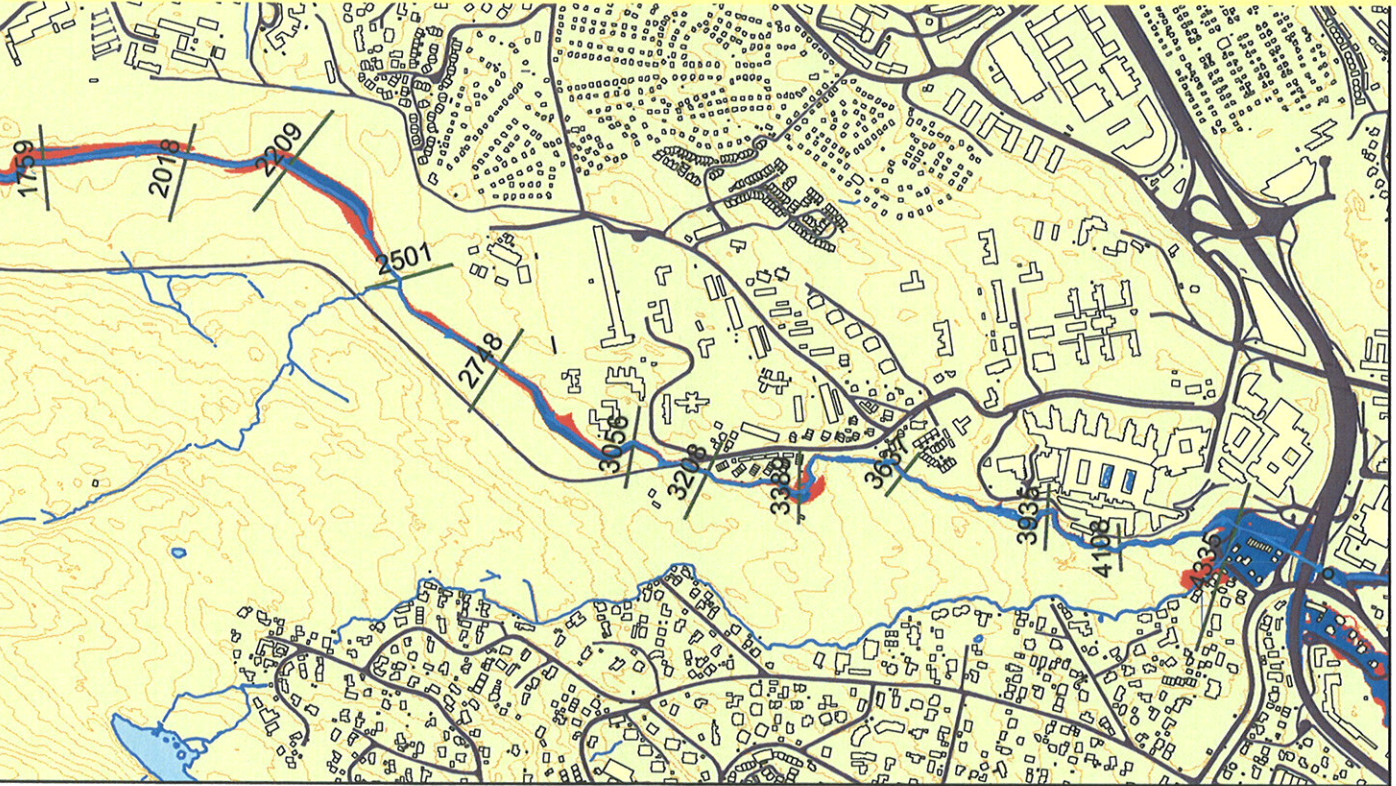


## DAMBRUDDSBØLGEBEREGNING

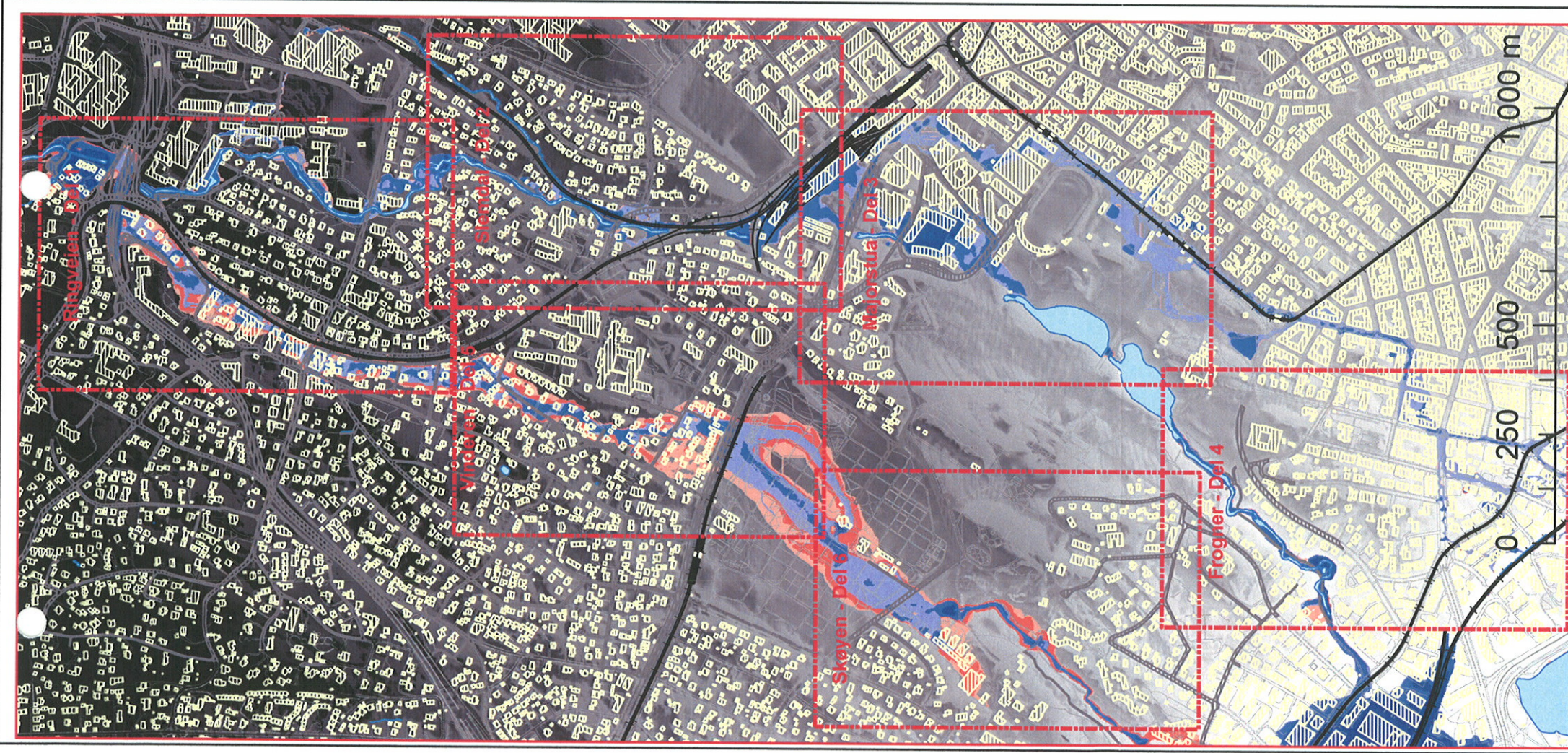
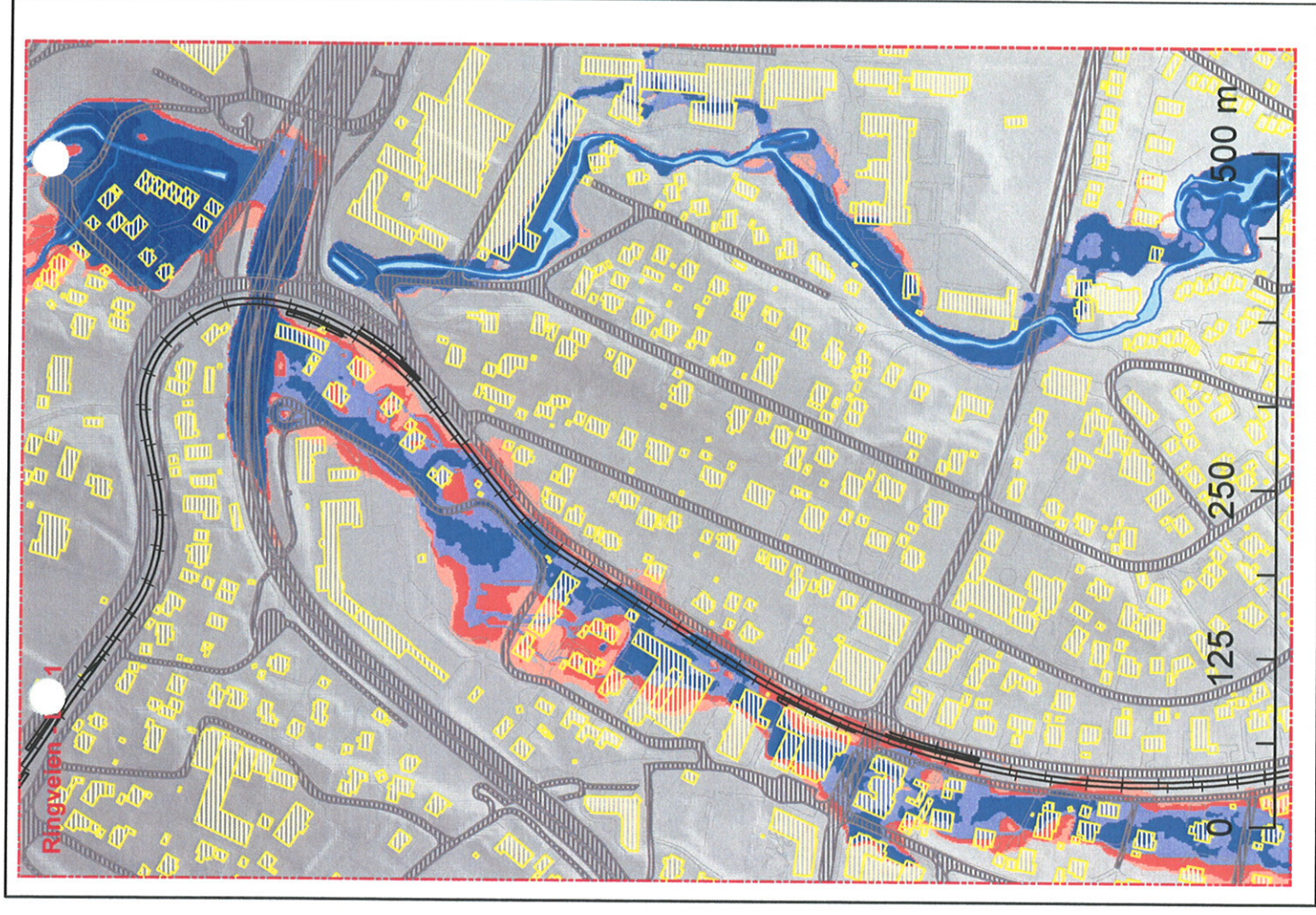
DAM:  
 INITIAL VANNFØRING:

Målestokk: 1:10 000 Ekvivalentstase 1 og 5 meter

| Profil nr.      | Avstand | Navn                   | Lille Åklungen<br>Q <sub>1000</sub> |                      |                                | Ka 1814 - I                            |  | M 1815 - II   |                       | Q <sub>m</sub> ini    |                     | m <sup>3</sup> /s |  |
|-----------------|---------|------------------------|-------------------------------------|----------------------|--------------------------------|--|--|---|-----------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|--|
|                 |         |                        | Ankomst<br>bølgefront               | Ankomst<br>bølgetopp | Koteshøyde<br>bølgetopp<br>(m) | Maksimal<br>vannstand-<br>stigning (m) | Vann-<br>hastighet<br>bølgetopp<br>(m/s) | Vannføring<br>ved<br>bølgetopp<br>(m <sup>3</sup> /s) | Initial<br>Vannføring | Q <sub>1000</sub> ini | 4 m <sup>3</sup> /s |                   |  |
| Initial<br>flom |         | Pinabekken             | 1000                                | 1000                 | 1000                           | 1000                                   | 1000                                     | 1000  | 1000                  | 1000                  | 1000                | 1 000             |  |
| 814             |         | Magasin Lille Åklungen |                                     |                      | 259.6                          | 0.2                                    | 0.5                                      | 0.9   | 0.9                   | 79.9                  | 3.5                 | 3.5               |  |
| 955             |         | "                      |                                     |                      | 259.6                          | 0.2                                    | 1.4                                      | 3.4   | 3.4                   | 379.8                 | 3.5                 | 3.5               |  |
| 1 227           |         | "                      |                                     |                      | 259.6                          | 0.2                                    | 3.4                                      | 5.7   | 5.7                   | 623.5                 | 3.5                 | 3.5               |  |
| 1 527           |         | "                      |                                     |                      | 259.6                          | 0.2                                    | 5.9                                      | 12.8  | 12.8                  | 523.9                 | 3.5                 | 3.5               |  |
| 1 684           |         | "                      |                                     |                      | 259.6                          | 0.2                                    | 12.8                                     | 25.6  | 25.6                  | 521.5                 | 3.5                 | 3.5               |  |
| 1 700           |         | Dam Lille Åklungen     |                                     |                      |                                |  |  |   |                       |                       |                     |                   |  |
| 1 718           | 18      | Pinabekken             | 00:04                               | 00:07                | 252.8                          | 2.5                                    | 7.3                                      | 12.1  | 12.1                  | 528.1                 | 3.5                 | 3.5               |  |
| 1 786           | 86      | "                      | 00:05                               | 00:07                | 248.0                          | 2.0                                    | 12.1                                     | 20.1  | 20.1                  | 533.4                 | 3.5                 | 3.5               |  |
| 1 980           | 280     | "                      | 00:05                               | 00:07                | 240.8                          | 3.0                                    | 13.0                                     | 24.0  | 24.0                  | 559.0                 | 3.5                 | 3.5               |  |
| 2 281           | 581     | "                      | 00:05                               | 00:07                | 220.1                          | 2.4                                    | 8.8                                      | 15.0  | 15.0                  | 593.4                 | 3.5                 | 3.5               |  |
| 2 500           | 800     | "                      | 00:06                               | 00:08                | 204.9                          | 1.5                                    | 5.7                                      | 10.0  | 10.0                  | 632.9                 | 3.5                 | 3.5               |  |
| 2 683           | 983     | "                      | 00:07                               | 00:08                | 193.1                          | 1.1                                    | 5.8                                      | 10.0  | 10.0                  | 623.5                 | 3.5                 | 3.5               |  |
| 2 838           | 1 138   | "                      | 00:07                               | 00:08                | 186.3                          | 2.1                                    | 0.1                                      | 0.1   | 0.1                   | 613.0                 | 3.5                 | 3.5               |  |
| 0               |         | Sognsvann              |                                     |                      |                                |  |  |   |                       |                       |                     |                   |  |
| 346             | 1 150   | "                      |                                     |                      | 184.3                          | 0.8                                    | 0.1                                      | 0.1   | 0.1                   | 35.3                  | 11.8                | 11.8              |  |
| 802             | 1 606   | "                      |                                     |                      | 184.2                          | 0.7                                    | 0.0                                      | 0.0   | 0.0                   | 495.5                 | 13.6                | 13.6              |  |
| 1 034           | 1 838   | "                      |                                     |                      | 184.2                          | 0.7                                    | 0.1                                      | 0.1   | 0.1                   | 316.5                 | 15.3                | 15.3              |  |
| 1 137           | 1 941   | "                      |                                     |                      | 184.2                          | 0.7                                    | 0.1                                      | 0.1   | 0.1                   | 147.7                 | 15.3                | 15.3              |  |
| 1 160           | 1 964   | "                      |                                     |                      | 184.2                          | 0.7                                    | 0.1                                      | 0.1   | 0.1                   | 67.6                  | 15.3                | 15.3              |  |
| 1 177           | 1 981   | Dam Sognsvann          |                                     |                      |                                |  |  |   |                       |                       |                     |                   |  |
| 1 225           | 2 029   | Sognsvannsbekken       |                                     |                      | 182.0                          | 0.4                                    | 1.4                                      | 1.4   | 1.4                   | 46.3                  | 15.3                | 15.3              |  |
| 1 393           | 2 197   | "                      |                                     |                      | 182.0                          | 0.4                                    | 0.6                                      | 0.6   | 0.6                   | 45.6                  | 15.4                | 15.4              |  |
| 1 540           | 2 344   | "                      |                                     |                      | 181.6                          | 0.3                                    | 1.7                                      | 1.7   | 1.7                   | 44.8                  | 15.7                | 15.7              |  |
| 1 759           | 2 563   | "                      |                                     |                      | 179.4                          | 0.3                                    | 2.5                                      | 2.5   | 2.5                   | 45.2                  | 15.9                | 15.9              |  |
| 2 018           | 2 822   | "                      |                                     |                      | 174.5                          | 0.3                                    | 1.7                                      | 1.7   | 1.7                   | 45.3                  | 16.3                | 16.3              |  |
| 2 209           | 3 013   | "                      |                                     |                      | 173.9                          | 0.4                                    | 1.9                                      | 1.9   | 1.9                   | 45.6                  | 16.7                | 16.7              |  |
| 2 501           | 3 305   | "                      |                                     |                      | 173.3                          | 0.3                                    | 1.5                                      | 1.5   | 1.5                   | 45.8                  | 17.0                | 17.0              |  |
| 2 748           | 3 552   | "                      |                                     |                      | 172.2                          | 0.5                                    | 2.0                                      | 2.0   | 2.0                   | 45.9                  | 17.5                | 17.5              |  |
| 3 056           | 3 860   | "                      |                                     |                      | 169.9                          | 0.4                                    | 1.9                                      | 1.9   | 1.9                   | 46.3                  | 17.9                | 17.9              |  |
| 3 208           | 4 012   | "                      |                                     |                      | 168.1                          | 0.5                                    | 2.6                                      | 2.6   | 2.6                   | 46.7                  | 18.4                | 18.4              |  |
| 3 389           | 4 193   | "                      |                                     |                      | 162.7                          | 0.4                                    | 3.9                                      | 3.9   | 3.9                   | 47.0                  | 18.6                | 18.6              |  |
| 3 637           | 4 441   | "                      |                                     |                      | 155.1                          | 0.4                                    | 1.4                                      | 1.4   | 1.4                   | 47.2                  | 19.0                | 19.0              |  |
| 3 935           | 4 739   | "                      |                                     |                      | 136.4                          | 0.3                                    | 5.3                                      | 5.3   | 5.3                   | 47.7                  | 19.4                | 19.4              |  |
| 4 108           | 4 912   | "                      |                                     |                      | 124.2                          | 0.3                                    | 3.8                                      | 3.8   | 3.8                   | 48.1                  | 19.9                | 19.9              |  |
| 4 335           | 5 139   | "                      |                                     |                      | 116.0                          | 0.2                                    | 5.9                                      | 5.9   | 5.9                   | 48.4                  | 20.1                | 20.1              |  |
|                 |         | "                      |                                     |                      | 103.0                          | 0.3                                    | 1.9                                      | 1.9   | 1.9                   | 51.1                  | 22.8                | 22.8              |  |



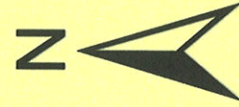
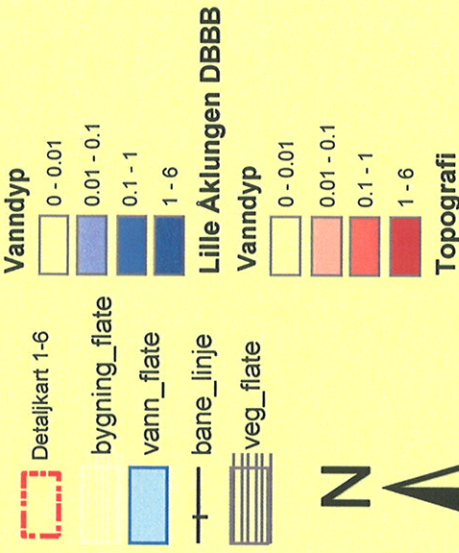




### Oversikt

Se også tegn nr.:  
50009319-002  
50009319-003  
for detaljerte kart

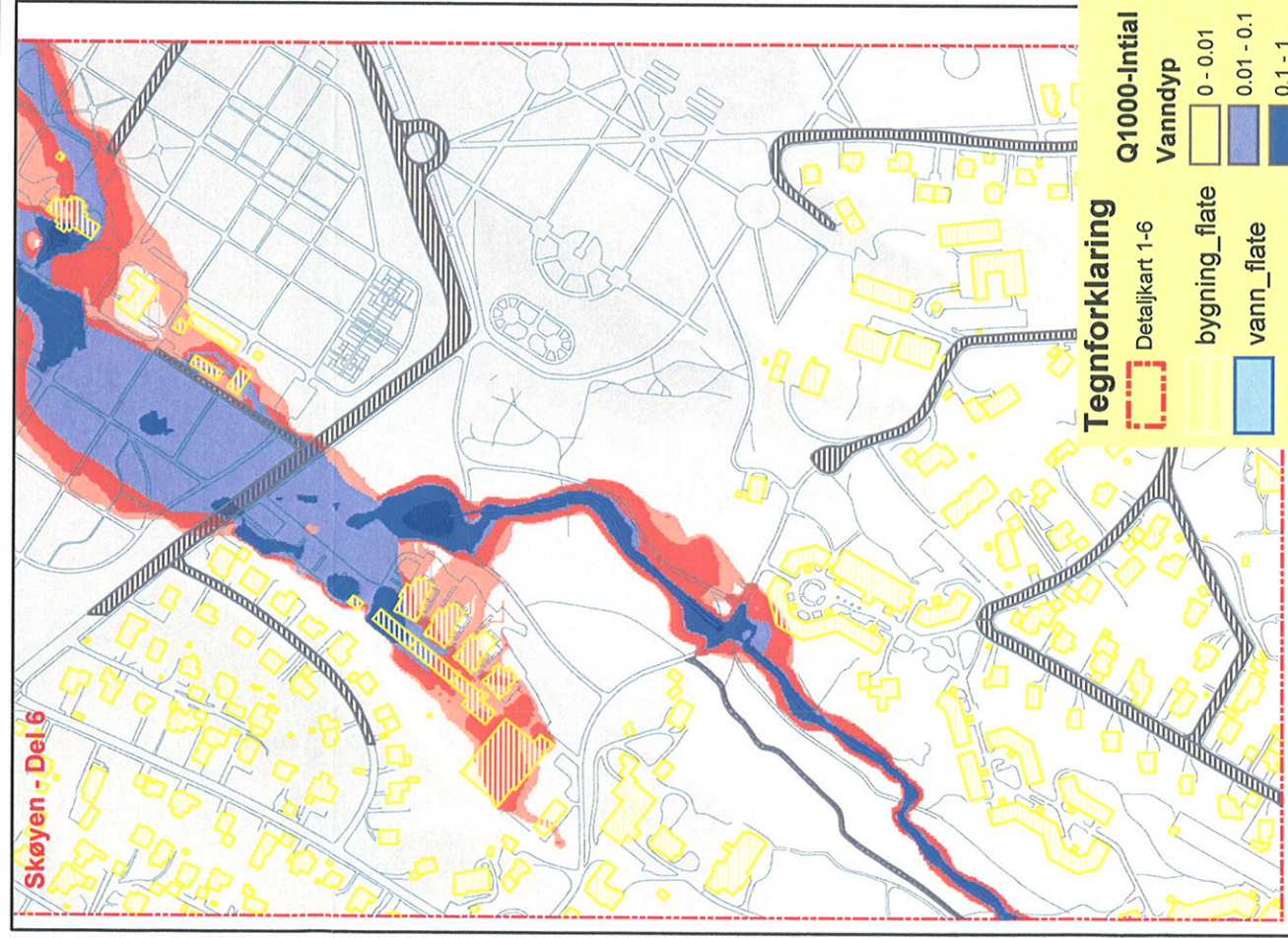
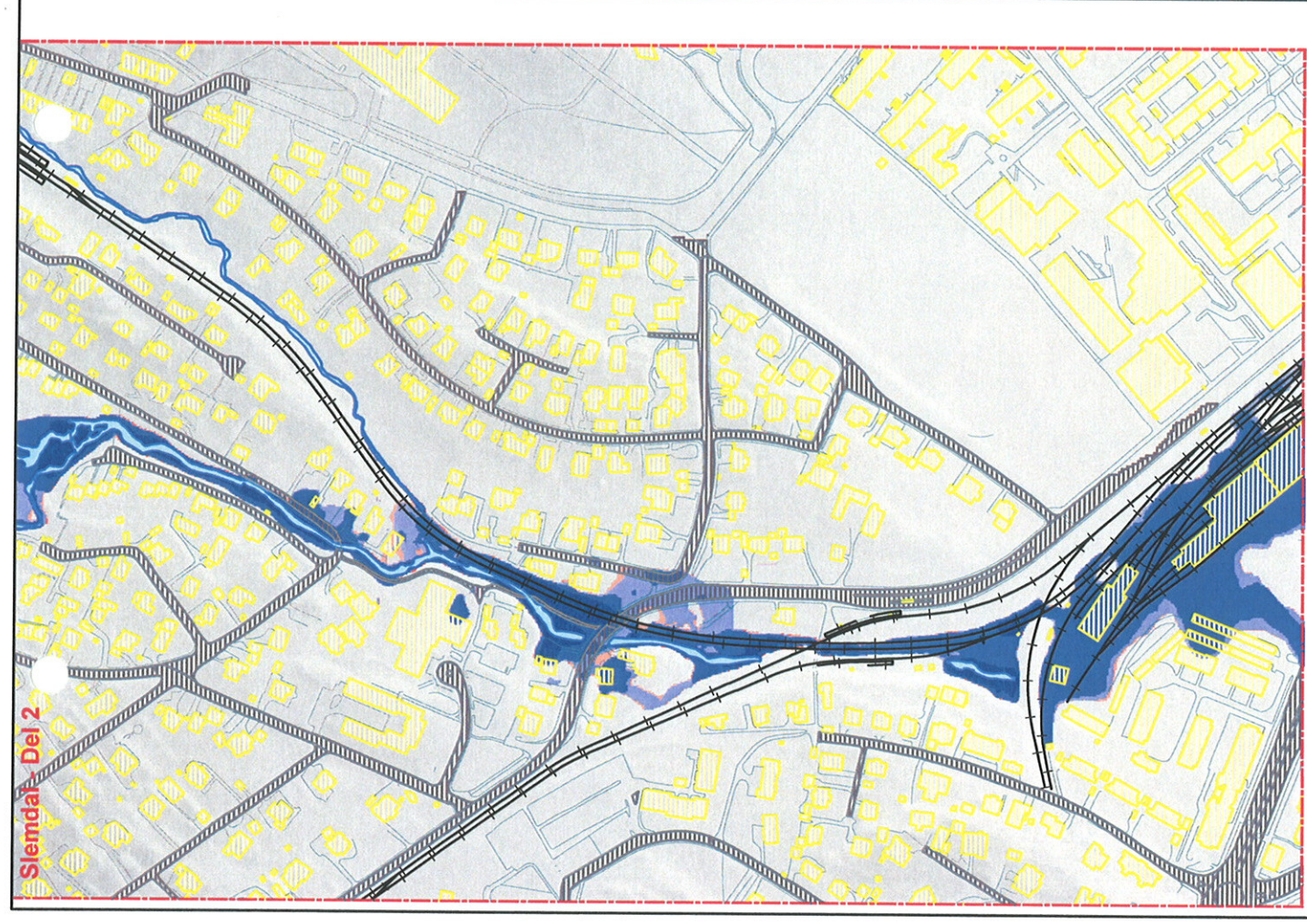
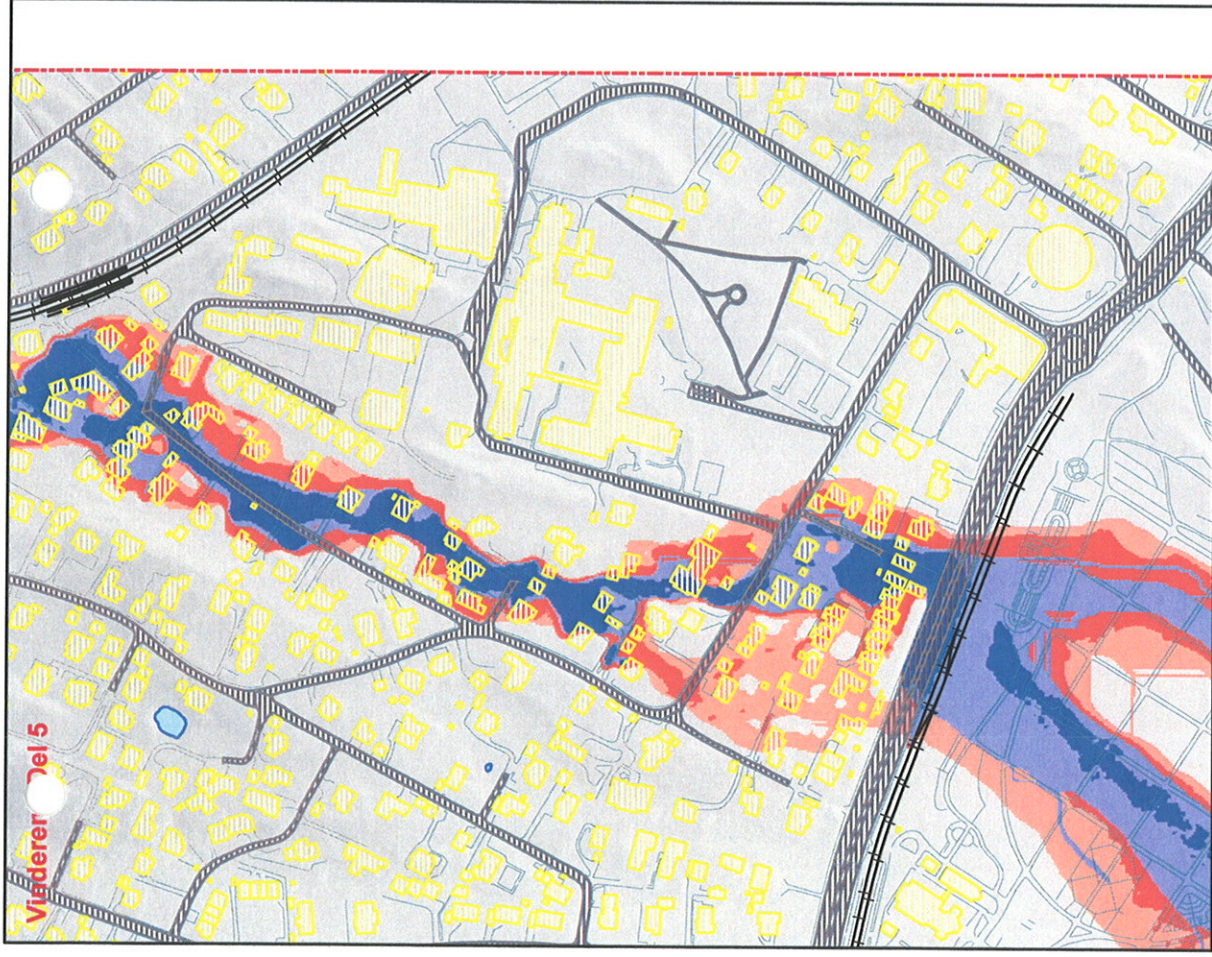
### Tegnforklaring



Oslo Kommune  
Dambruddsbølgeberregning  
Dam Lille Åklungen  
Tegn nr.: 50009319 - 002

**Norconsult**





**Tegnforklaring**

Detailkart 1-6

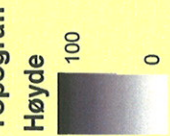
- bygning\_flate
- vann\_flate
- bane\_linje
- veg\_flate
- Topografi

**Q1000-Intial**

- Vanddyb
- 0 - 0.01
  - 0.01 - 0.1
  - 0.1 - 1
  - 1 - 6

**Lille Aklungen DBBB**

- Vanddyb
- 0 - 0.01
  - 0.01 - 0.1
  - 0.1 - 1
  - 1 - 6




Oslo Kommune  
 Dambruddsbølgeberegning  
 Dam Lille Aklungen  
 Tegn nr.: 50009319 - 003






# Tegnforklaring

 Detaljkart 1-6

 Ankomst Bølgetopp se tabell

Maks. vannstand ved DBBB  
Lille Åklungen, Q1000 initial

 0.01 - 0.1

 0.1 - 1

 1 - 6

0 170 340 680 m



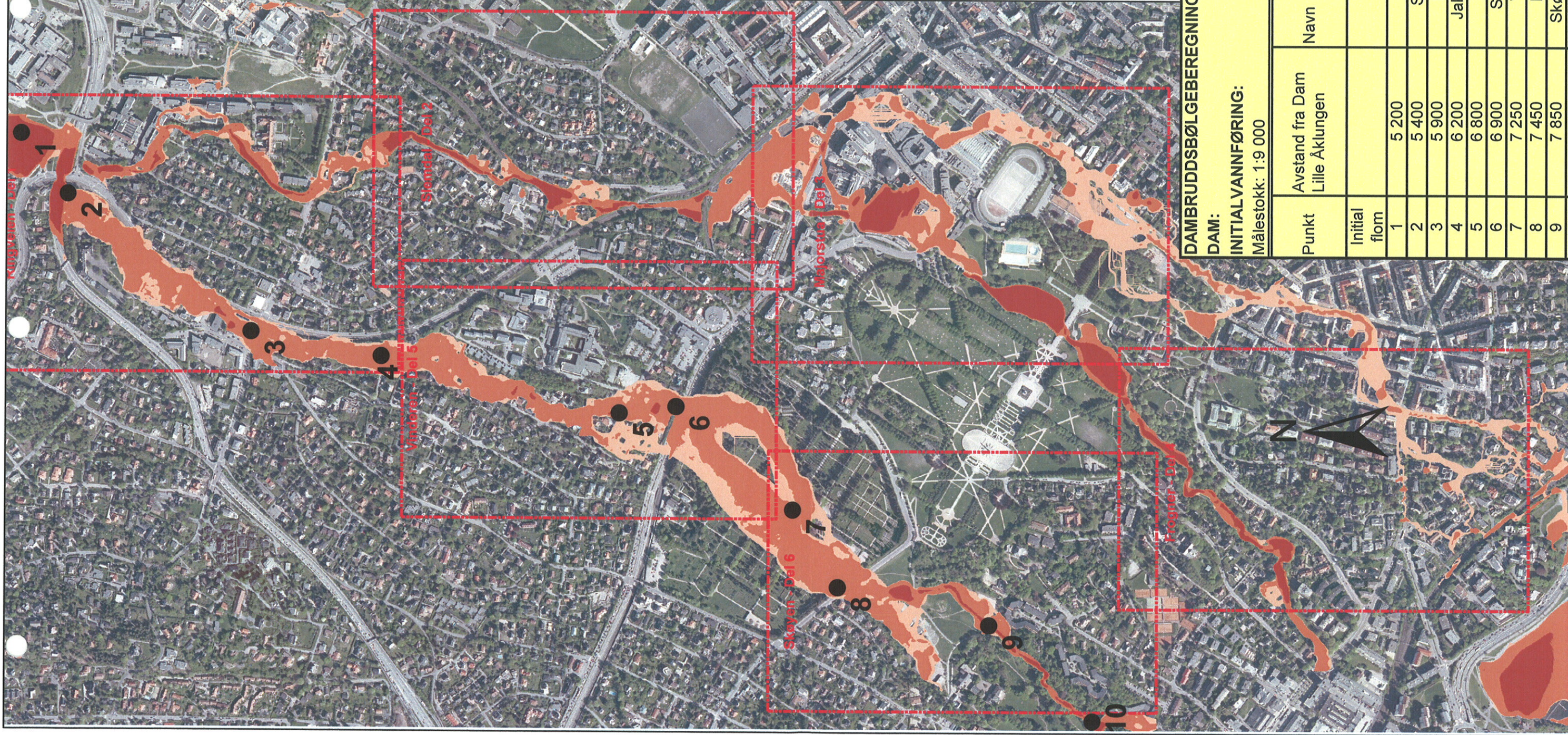
Oslo Kommune

Dambruddsbølgeberegning

Dam Lille Åklungen

Tegn nr.: 50009319 - 004

**Norconsult** 



## DAMBRUDDSBØLGEBEREGNING

DAM:

INITIALVANNFØRING:

Målestokk: 1:9 000

Lille Åklungen

Q<sub>1000</sub>

Kart: 1814 - I

M 711

| Punkt           | Avstand fra Dam<br>Lille Åklungen | Navn             | Ankomst    |           | Vannstand<br>bølgetopp<br>(m) |
|-----------------|-----------------------------------|------------------|------------|-----------|-------------------------------|
|                 |                                   |                  | bølgefront | bølgetopp |                               |
| Initial<br>flom |                                   |                  | 1000       | 1000      | 1000                          |
| 1               | 5 200                             | Pinabekken       |            | 00:38     | 4,3                           |
| 2               | 5 400                             | Ringveien        |            | 00:46     | 1,3                           |
| 3               | 5 900                             | Slemdalsveien    |            | 00:48     | 0,3                           |
| 4               | 6 200                             | Holmenveien      |            | 00:52     | 0,3                           |
| 5               | 6 800                             | Jakob Hansensvei |            | 00:54     | 0,6                           |
| 6               | 6 900                             | Borgenveien      |            | 00:56     | 0,6                           |
| 7               | 7 250                             | Sørkedalsveien   |            | 01:00     | 1,2                           |
| 8               | 7 450                             | Vestre kapell    |            | 01:02     | 0,1                           |
| 9               | 7 850                             | Monolittveien    |            | 01:03     | 0,2                           |
| 10              | 8 150                             | Skøyen Hovedgård |            | 01:04     | 2,8                           |
|                 |                                   | Skøyen dammen    |            |           |                               |

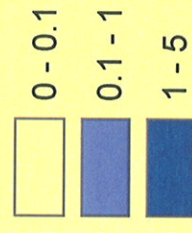


# Tegnforklaring

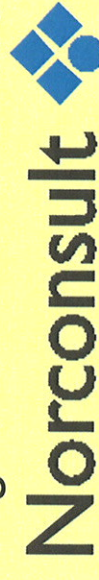
Vannstand  
Lille Åklungen, Q1000 initial

Vannstand

meter



Oslo Kommune  
Dambruddsbølgeberegning  
Dam Lille Åklungen  
Tegn nr.: 50009319- 005



**Norconsult**

0 175 350 700 m

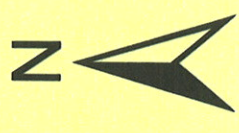
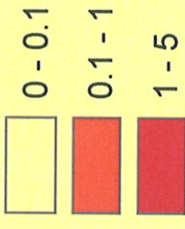




## Tegnforklaring

Vannstandstigning  
Lille Åklungen  
DBBB, Q1000 initial  
Vannstandsstigning

meter



Oslo Kommune

Dambruddsbølgeberregning

Dam Lille Åklungen

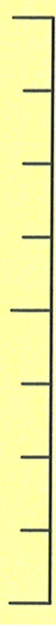
Tegn nr.: 50009319- 006

**Norconsult**



0 175 350

700 m

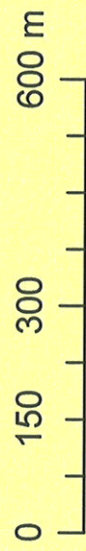




# Tegnforklaring

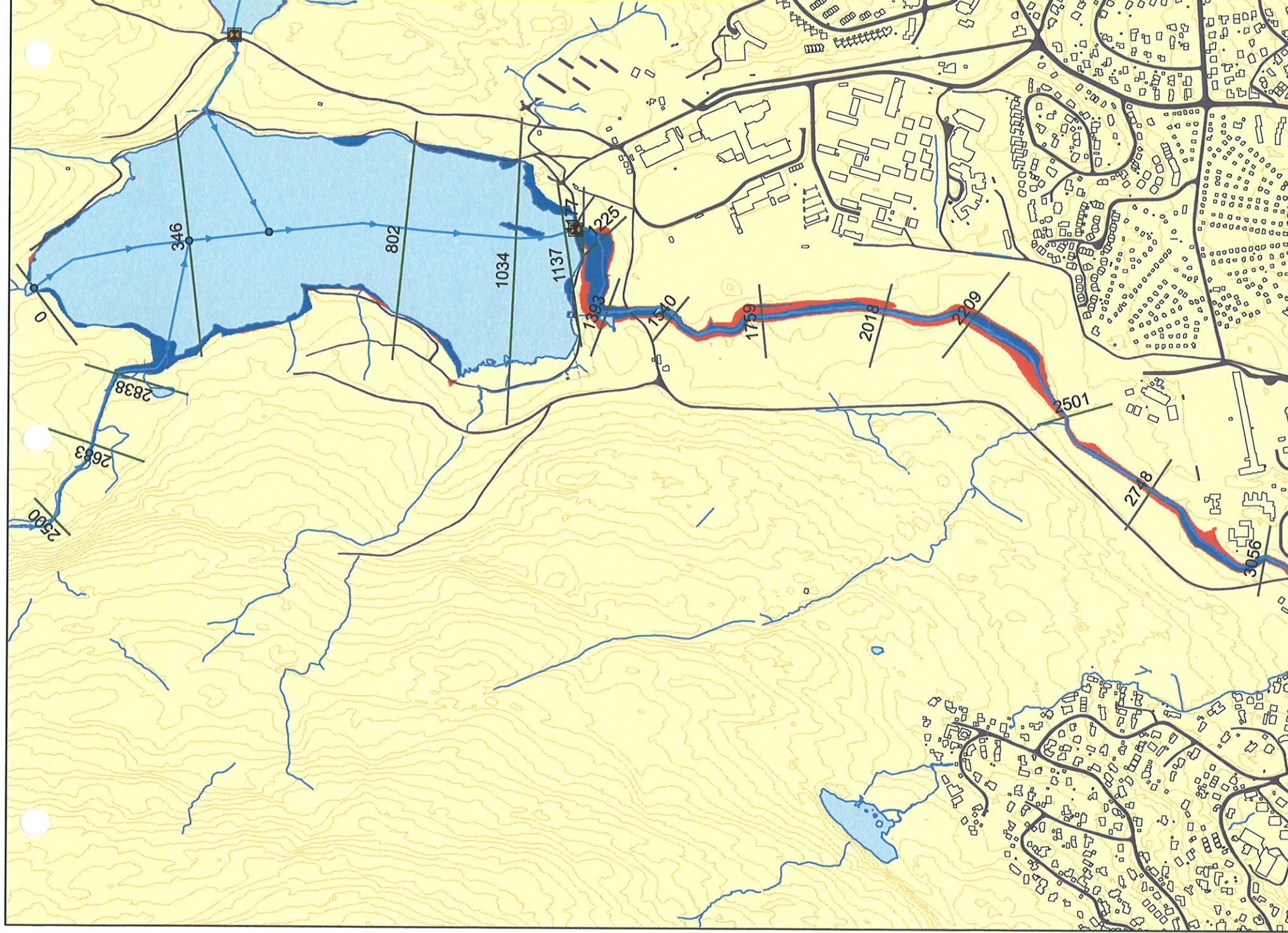
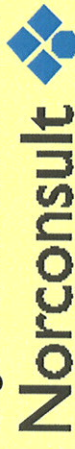
- Modell Node
- Dam
- Culvert
- Modelelv
- ▲ Dambrudd
- Utvalgte Tverrprofiler\_1Dmodel
- Vann\_flate\_FKB
- Vann\_linje\_FKB
- Vei\_flate\_FKB
- Bygg\_FKB
- Høydekurve-5m\_linje\_FKB

■ Q1000 Initial  
 ■ SV - DBBB



Oslo Kommune  
 Dambruddsbølgeberegning  
 Dam Sognsvann

Tegn nr.: 50009319 - 007



## DAMBRUDDSBØLGEBEREGNING

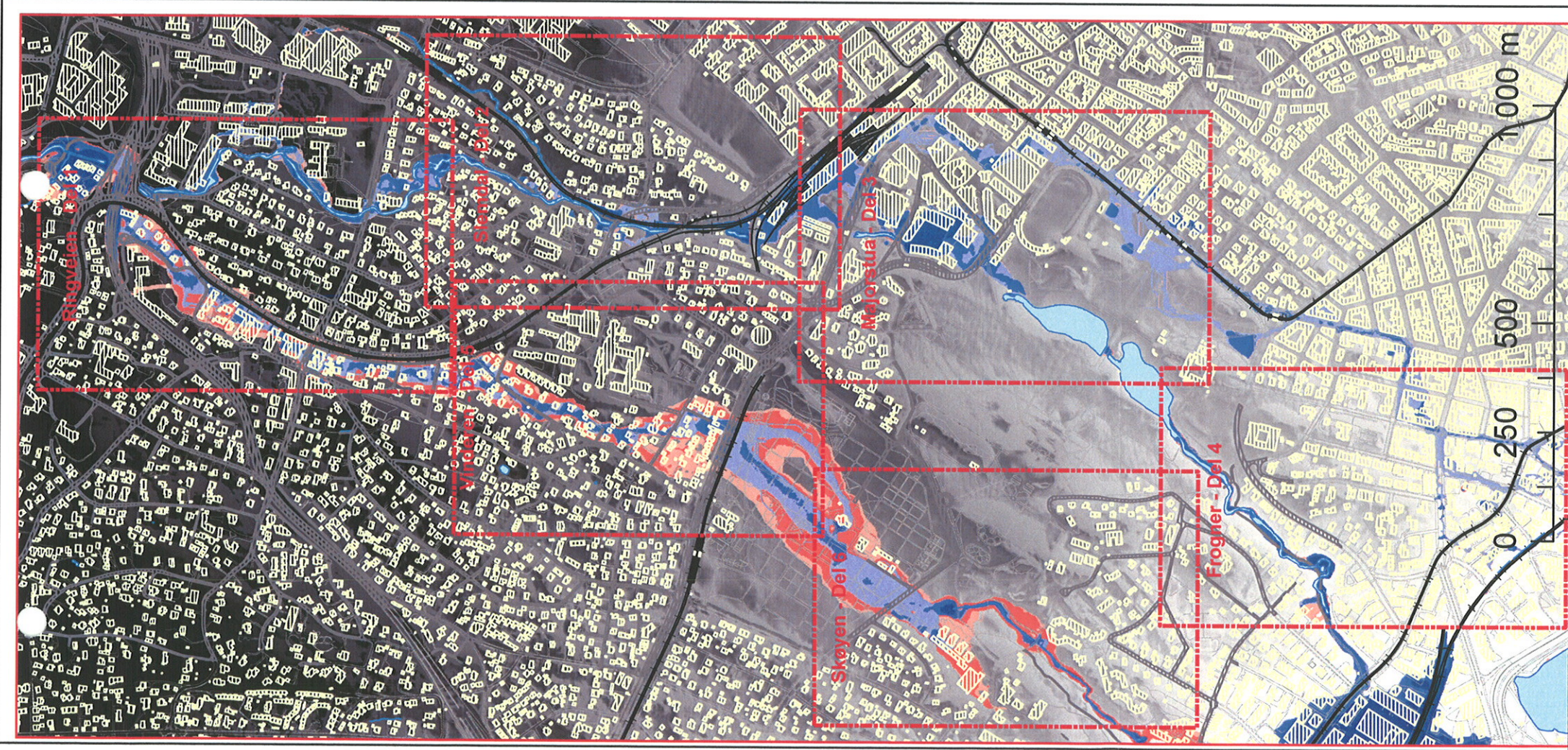
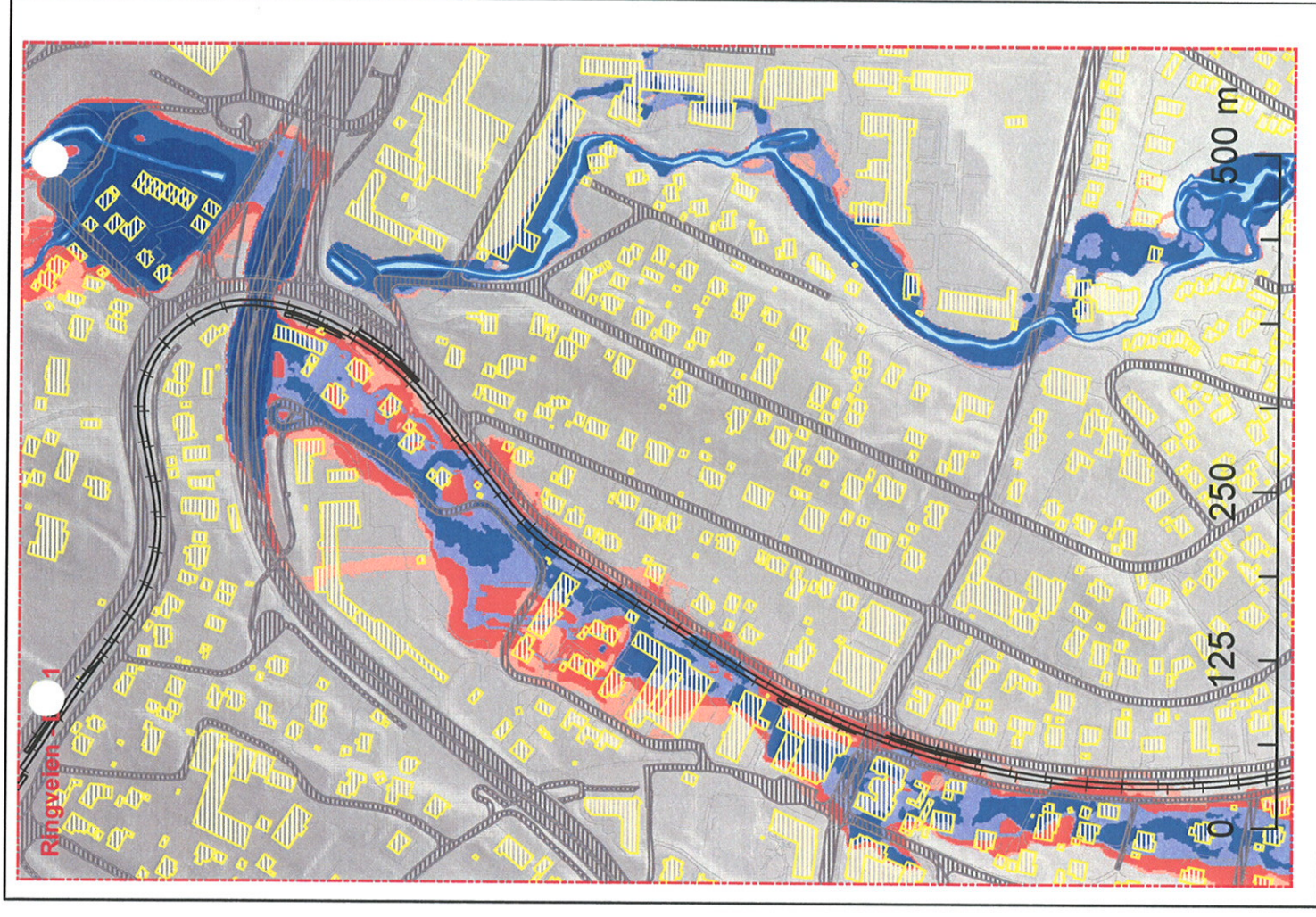
DAM:

INITIALVANNFØRING:

Målestokk: 1:10 000 Ekvivalenslengde 1 og 5 meter

| Profil nr.   | Avstand | Navn             | Ankomst bølgefront | Ankomst bølgetopp | Kotehøyde bølgetopp (m) | Maksimal vannstand-<br>stigning (m) | Vann-<br>hastighet<br>bølgetopp<br>(m/s) | Vannføring<br>ved<br>bølgetopp<br>(m <sup>3</sup> /s) | Initial<br>Vannføring | Kart: 1814 - I     |                    |                    |                    |
|--------------|---------|------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------------------|--|---|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|              |         |                  |                    |                   |                         |                                     |  |   |                       | Q <sub>m</sub> ini | Q <sub>m</sub> ini | Q <sub>m</sub> ini | Q <sub>m</sub> ini |
| Initial flom |         | Pinabekken       | 1000               | 1000              | 1000                    | 1000                                | 1000                                     | 1000  | 1000                  | 1814 - II          | 1815 - II          | 1914 - IV          | 1915 - III         |
| 0            |         | Sognsvann        |                    |                   | 183.6                   |                                     |  |   |                       | 16.7               |                    |                    |                    |
| 346          | -456    | "                |                    |                   | 183.6                   |                                     |  |   |                       |                    |                    |                    |                    |
| 802          | -232    | "                |                    |                   | 183.6                   |                                     |  |   |                       |                    |                    |                    |                    |
| 1034         | -103    | "                |                    |                   | 183.6                   |                                     |  |   |                       |                    |                    |                    |                    |
| 1137         | -23     | "                |                    |                   | 183.6                   |                                     |  |   |                       |                    |                    |                    |                    |
| 1160         | 0       | Dam Sognsvann    |                    |                   |                         |                                     |  |   |                       |                    |                    |                    |                    |
| 1177         | 17      | Sognsvannsbekken | 00:00              | 1000              | 182.2                   | 0.6                                 | 3.2                                      | 67.3  | 15.3                  |                    |                    |                    |                    |
| 1225         | 65      | "                | 00:00              | 1000              | 182.2                   | 0.6                                 | 1.9                                      | 66.0  | 15.3                  |                    |                    |                    |                    |
| 1393         | 233     | "                | 00:01              | 1000              | 181.8                   | 0.5                                 | 0.8                                      | 65.7  | 15.4                  |                    |                    |                    |                    |
| 1540         | 380     | "                | 00:01              | 1000              | 179.5                   | 0.3                                 | 2.0                                      | 65.8  | 15.7                  |                    |                    |                    |                    |
| 1759         | 599     | "                | 00:02              | 1000              | 174.7                   | 0.5                                 | 2.9                                      | 66.2  | 15.9                  |                    |                    |                    |                    |
| 2018         | 858     | "                | 00:05              | 1000              | 174.2                   | 0.7                                 | 1.8                                      | 66.3  | 16.3                  |                    |                    |                    |                    |
| 2209         | 1049    | "                | 00:08              | 1000              | 173.6                   | 0.6                                 | 1.8                                      | 66.4  | 16.7                  |                    |                    |                    |                    |
| 2501         | 1341    | "                | 00:09              | 1000              | 172.5                   | 0.8                                 | 2.4                                      | 65.7  | 17.0                  |                    |                    |                    |                    |
| 2748         | 1588    | "                | 00:10              | 1000              | 170.2                   | 0.6                                 | 2.2                                      | 65.8  | 17.5                  |                    |                    |                    |                    |
| 3056         | 1896    | "                | 00:12              | 1000              | 168.3                   | 0.7                                 | 3.1                                      | 66.2  | 17.9                  |                    |                    |                    |                    |
| 3208         | 2048    | "                | 00:12              | 1000              | 163.0                   | 0.7                                 | 4.4                                      | 66.7  | 18.4                  |                    |                    |                    |                    |
| 3389         | 2229    | "                | 00:13              | 1000              | 155.2                   | 0.5                                 | 1.6                                      | 66.9  | 18.6                  |                    |                    |                    |                    |
| 3637         | 2477    | "                | 00:14              | 1000              | 136.6                   | 0.5                                 | 6.0                                      | 67.3  | 19.0                  |                    |                    |                    |                    |
| 3935         | 2775    | "                | 00:14              | 1000              | 124.4                   | 0.5                                 | 4.3                                      | 68.2  | 19.4                  |                    |                    |                    |                    |
| 4108         | 2948    | "                | 00:14              | 1000              | 116.2                   | 0.4                                 | 6.7                                      | 68.4  | 19.9                  |                    |                    |                    |                    |
| 4335         | 3175    | "                | 00:15              | 1000              | 103.2                   | 0.5                                 | 1.9                                      | 71.1  | 22.8                  |                    |                    |                    |                    |





Oversikt  
 Se også tegn nr.:  
 50009319-008  
 50009319-009  
 for detaljerte kart

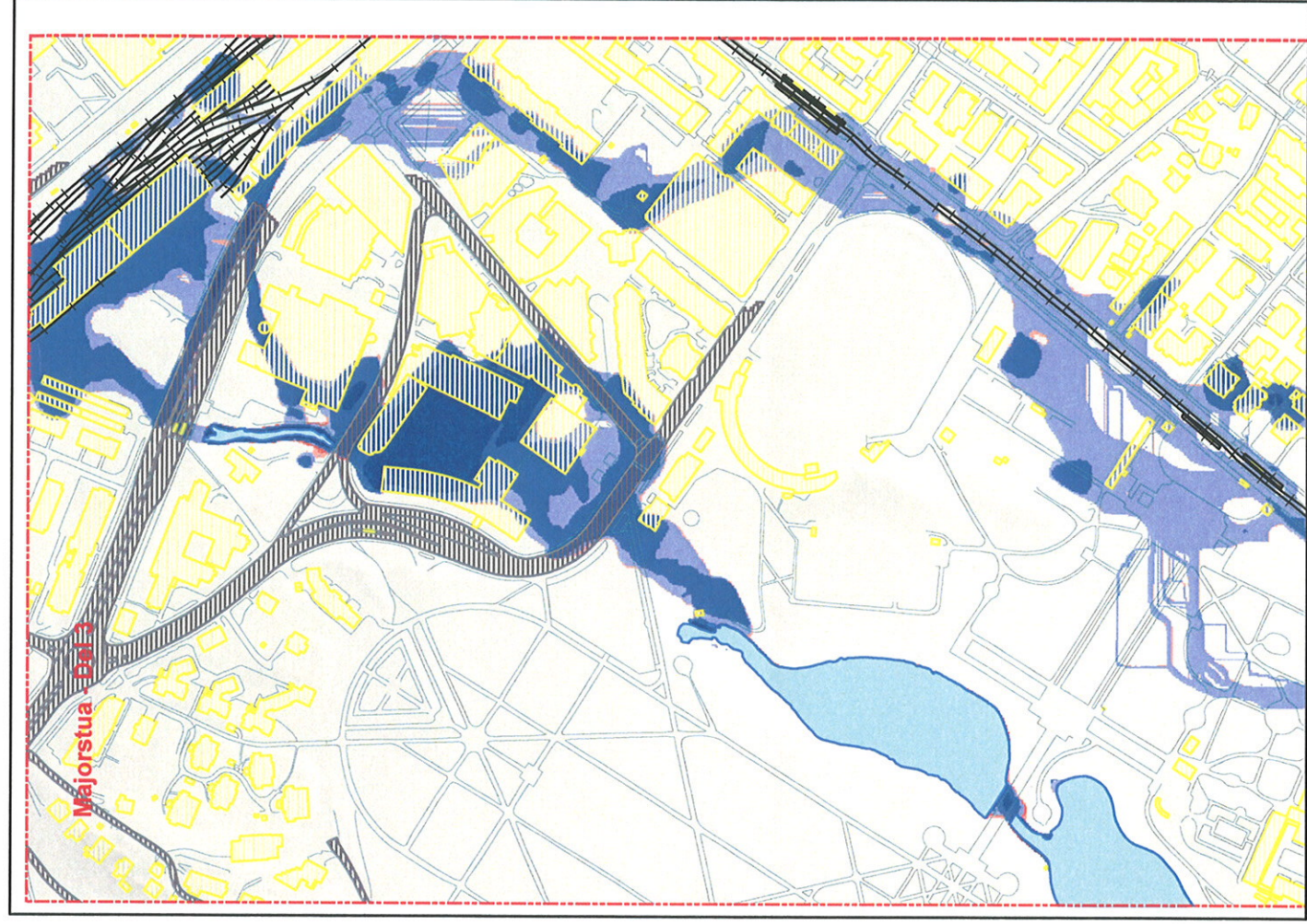
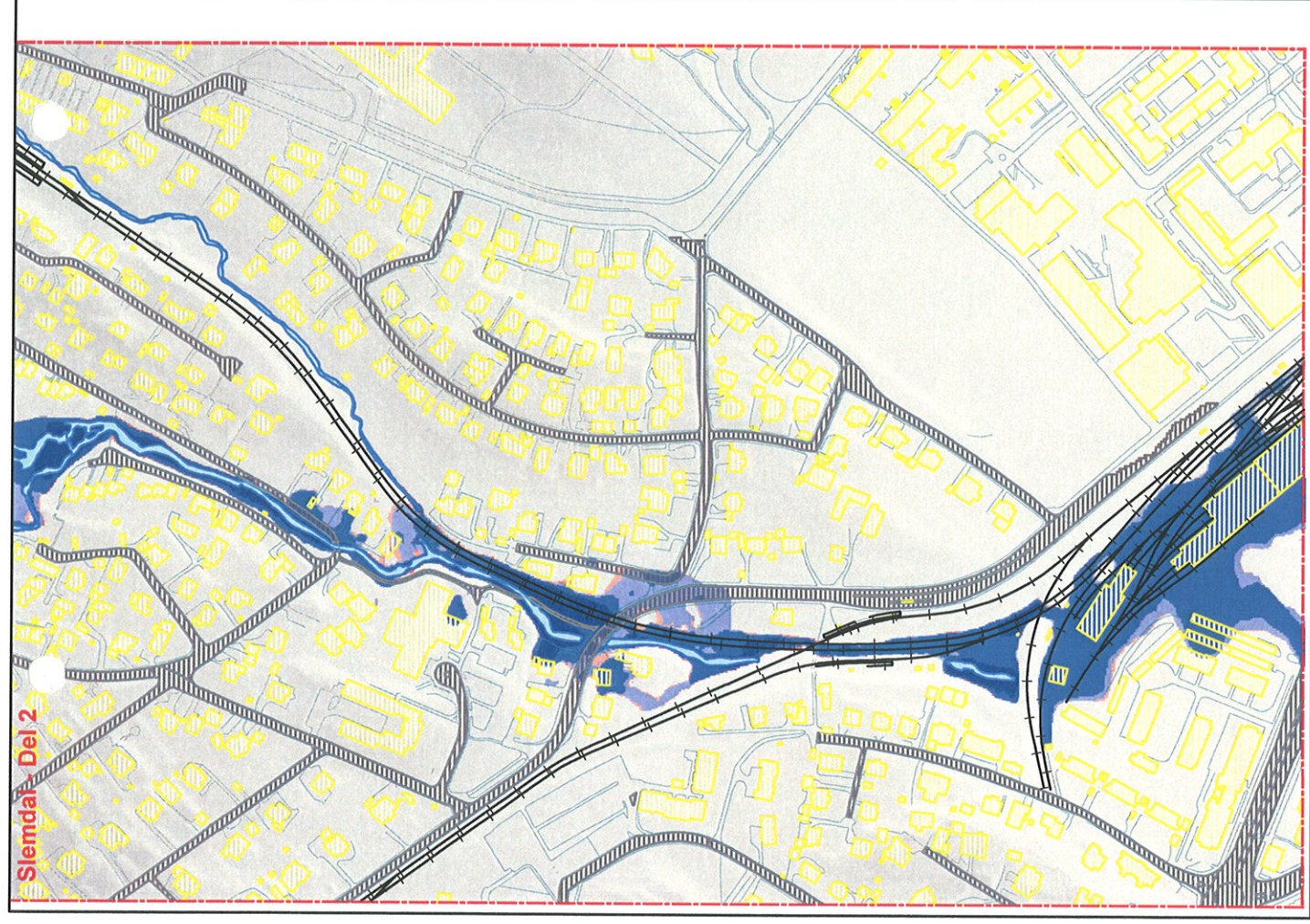
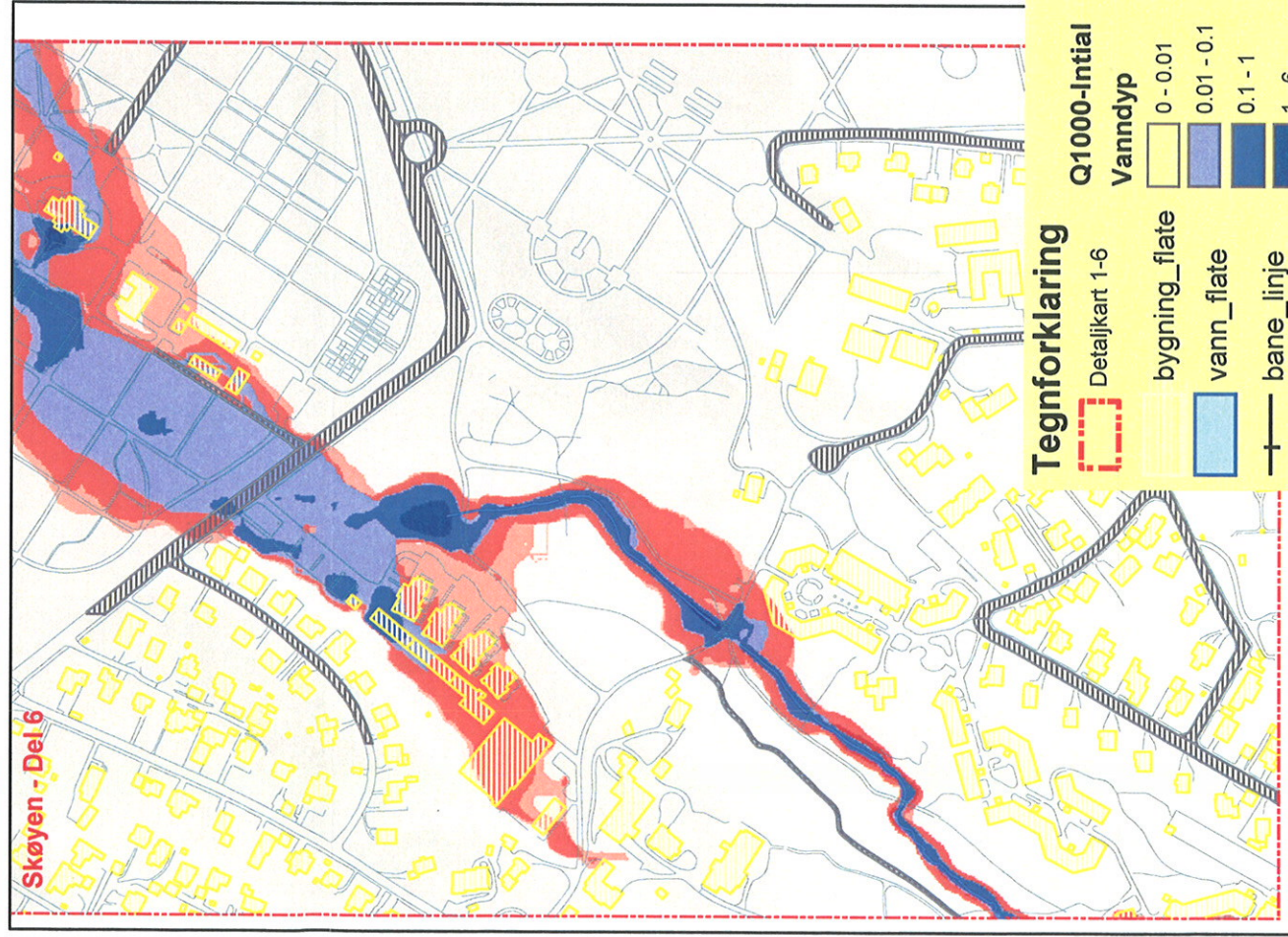
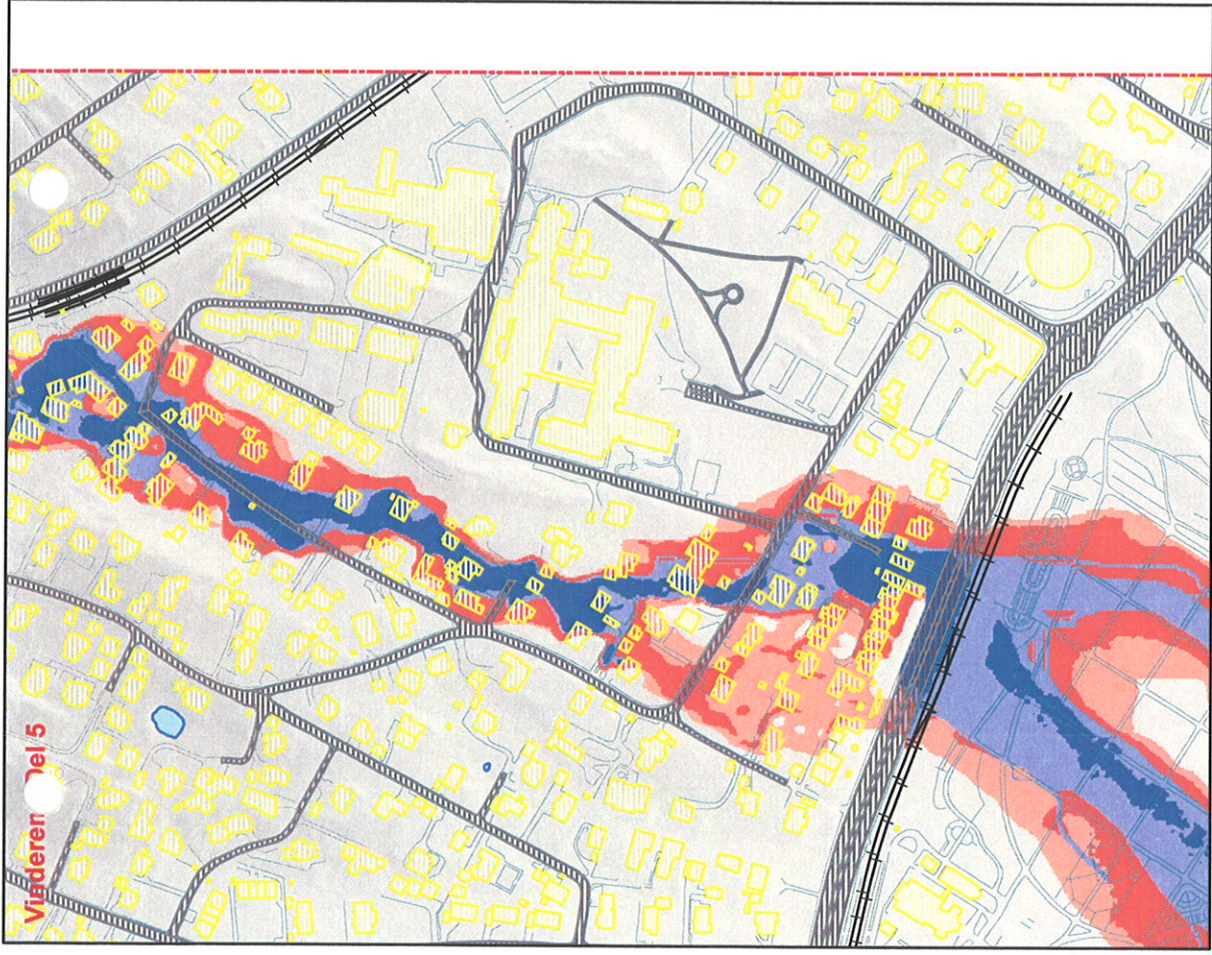
**Tegnforklaring**

|                |                |                     |
|----------------|----------------|---------------------|
| Detaljkart 1-6 | bygning_flate  | <b>Q1000-Intial</b> |
| vann_flate     | bane_linje     | <b>Vannndyp</b>     |
| veg_flate      | Sognsvann DBBB | <b>Vannndyp</b>     |
|                | 0 - 0.01       | <b>Vannndyp</b>     |
|                | 0.01 - 0.1     | <b>Vannndyp</b>     |
|                | 0.1 - 1        | <b>Vannndyp</b>     |
|                | 1 - 6          | <b>Vannndyp</b>     |
|                | 0 - 0.01       | <b>Topografi</b>    |
|                | 0.01 - 0.1     | <b>Høyde</b>        |
|                | 0.1 - 1        | <b>Høyde</b>        |
|                | 1 - 6          | <b>Høyde</b>        |

Oslo Kommune  
 Dambruddsbølgeberging  
 Dam Sognsvann  
 Tegn nr.: 50009319 - 008





**Norconsult**






**Tegnforklaring**




Detailkart 1-6

-  bygning\_flate
-  vann\_flate
-  bane\_linje
-  veg\_flate

**Q1000-Intial**

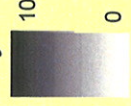
- Vanddyb
-  0 - 0,01
  -  0,01 - 0,1
  -  0,1 - 1
  -  1 - 6

**Sognsvann DBBB**

- Vanddyb
-  0 - 0,01
  -  0,01 - 0,1
  -  0,1 - 1
  -  1 - 6

**Topografi**

Høyde



Oslo Kommune  
 Dambruddsbølgeberegning  
 Dam Sognsvann  
 Tegn nr.: 50009319 - 009





# Tegnforklaring



Detailkart 1-6

● Ankomst Bølgetopp se tabell

Maks. vannstand ved DBBB  
Sognsvann, Q1000 initial



0.01 - 0.1



0.1 - 1



1 - 6

0 175 350 700 m



Oslo Kommune

Dambruddsbølgeberegning

Dam Sognsvann

Tegn nr.: 50009319 - 010

**Norconsult**



## DAMBRUDDSBØLGEBEREGNING

DAM:

Sognsvann

Kart: 1814 - I

INITIALVANNFØRING:

Q<sub>1000</sub>

M 711

Målestokk: 1:9 000

| Punkt        | Avstand fra Dam<br>Lille Aklungen | Navn             | Ankomst bølgefront |      | Ankomst bølgetopp |      | Vannstand bølgetopp (m) |
|--------------|-----------------------------------|------------------|--------------------|------|-------------------|------|-------------------------|
|              |                                   |                  | 1000               | 1000 | 1000              | 1000 |                         |
| Initial flom |                                   |                  |                    |      |                   |      |                         |
| 1            | 5 200                             | Pinabekken       |                    |      | 00:15             | 4,5  |                         |
| 2            | 5 400                             | Ringveien        |                    |      | 00:16             | 1,4  |                         |
| 3            | 5 900                             | Slemdalsveien    |                    |      | 00:18             | 0,4  |                         |
| 4            | 6 200                             | Holmenveien      |                    |      | 00:20             | 0,4  |                         |
| 5            | 6 800                             | Jakob Hansensvei |                    |      | 00:22             | 0,6  |                         |
| 6            | 6 900                             | Borgenveien      |                    |      | 00:24             | 0,7  |                         |
| 7            | 7 250                             | Sørkedalsveien   |                    |      | 00:28             | 1,3  |                         |
| 8            | 7 450                             | Vestre kapell    |                    |      | 00:32             | 0,2  |                         |
| 9            | 7 850                             | Monolittveien    |                    |      | 00:36             | 0,3  |                         |
| 10           | 8 150                             | Skøyen Hovedgård |                    |      | 00:42             | 3,1  |                         |
|              |                                   | Skøyen dammen    |                    |      |                   |      |                         |



## Tegnforklaring

Vannstandstandstigning  
Sognsvann  
DBBB, Q1000 initial  
Vannstandsstigning

meter

0 - 0.1

0.1 - 1

1 - 5



Oslo Kommune

Dambruddsbølgeberregning

Dam Sognsvann

Tegn nr.: 50009319- 011

**Norconsult**



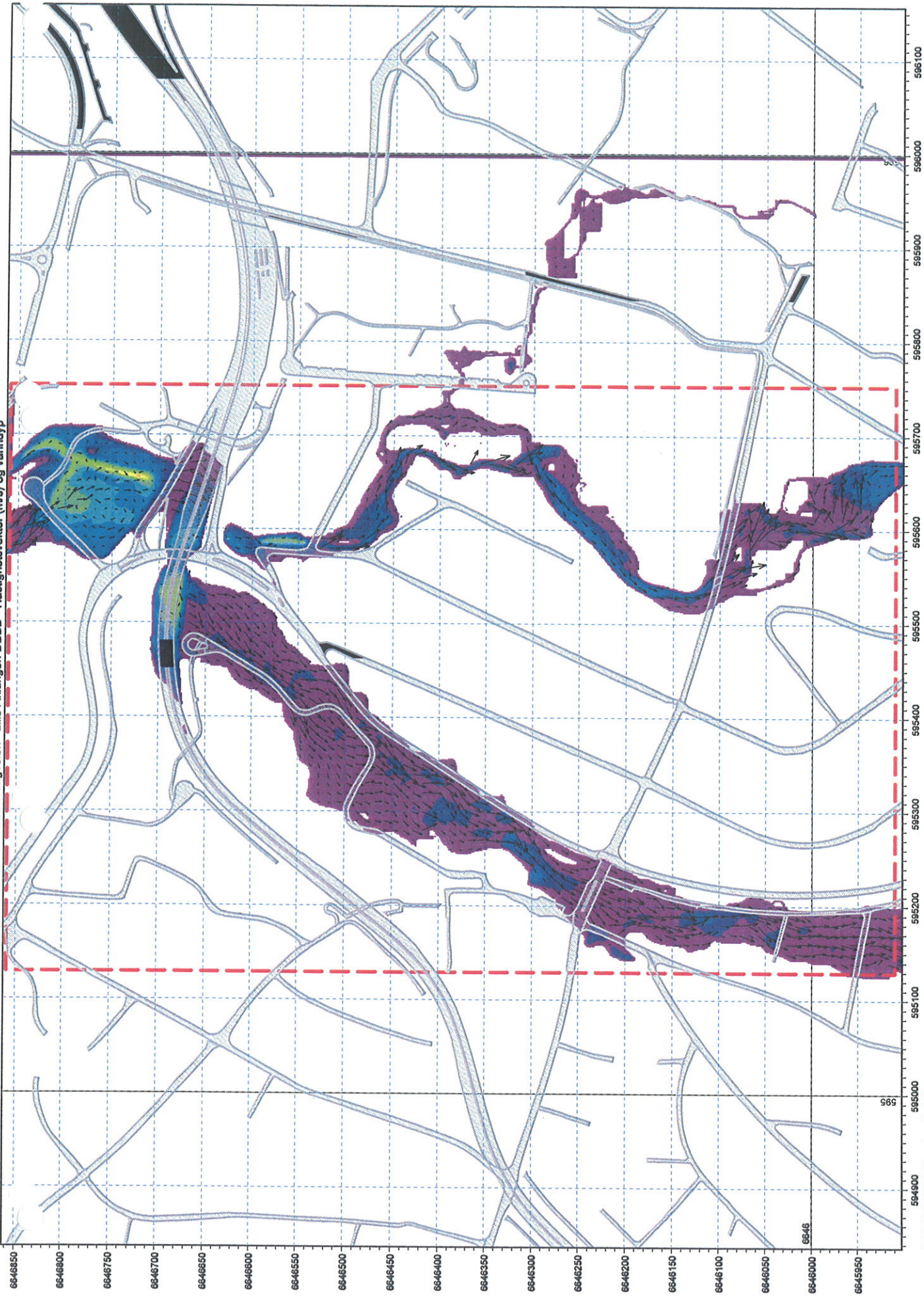
0 175 350

700 m





Del 1 Ringveien - Lille Åklungen DBBB - Hastighetsvektor (m/s) og vanndyb

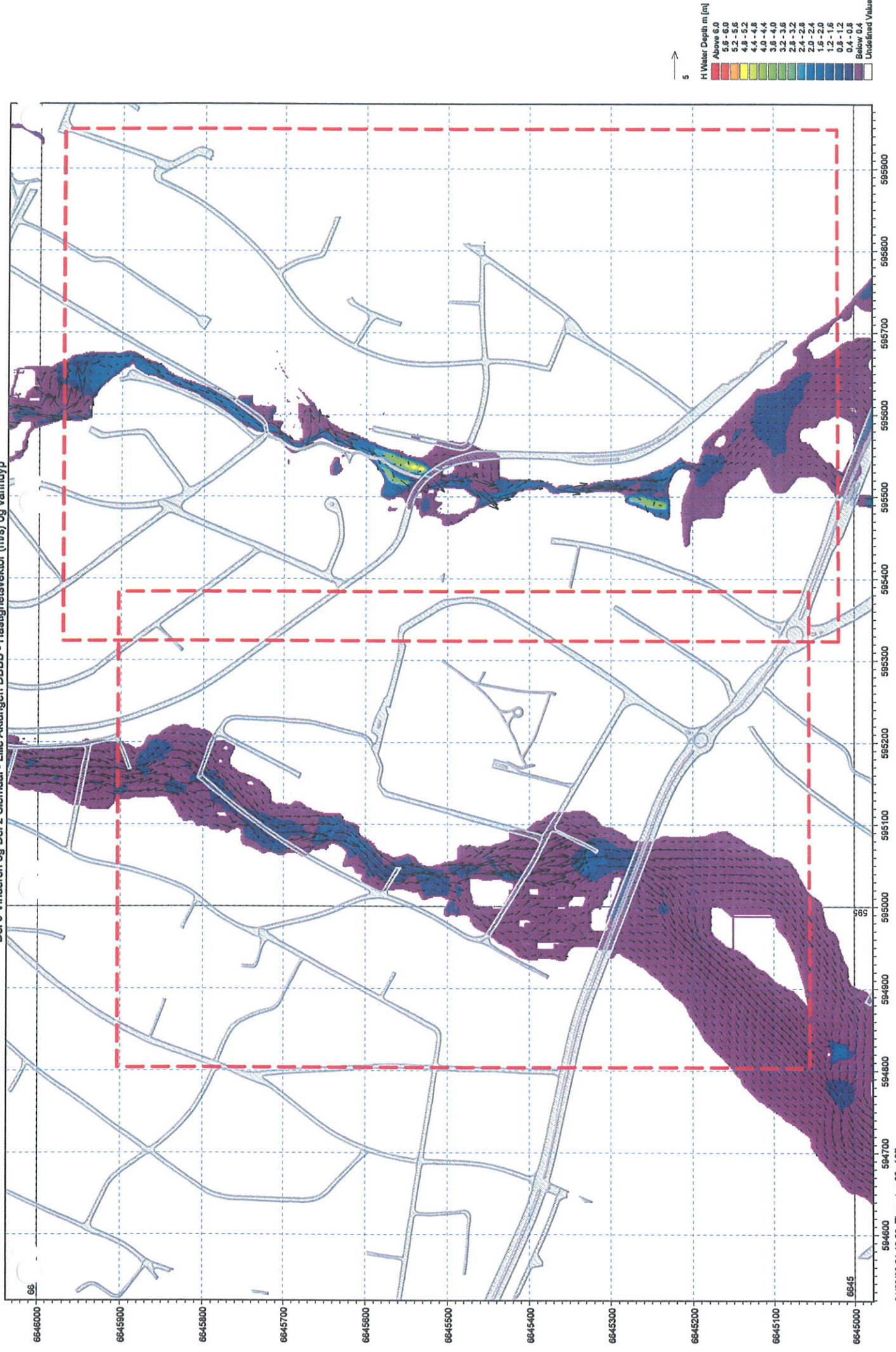


01/03/00 01:00:00, Time step 14 of 27

FIGURE 1



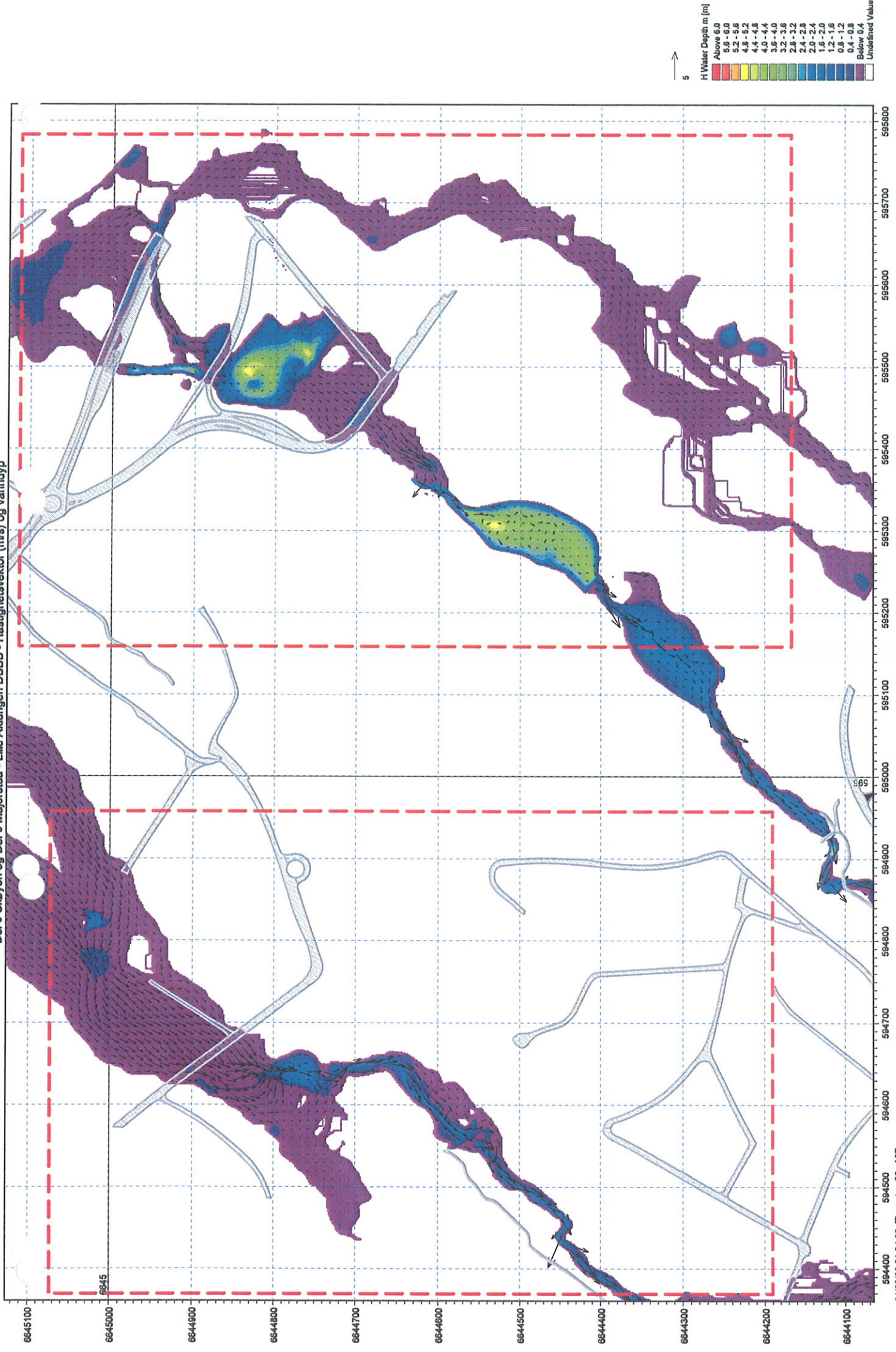
Del 5 Vindøren og Del 2 Stremdal - Lille Åklungen DBBB - Hastighetsvektor (m/s) og vanddyb



01/03/00 01:16:00, Time step 22 of 27

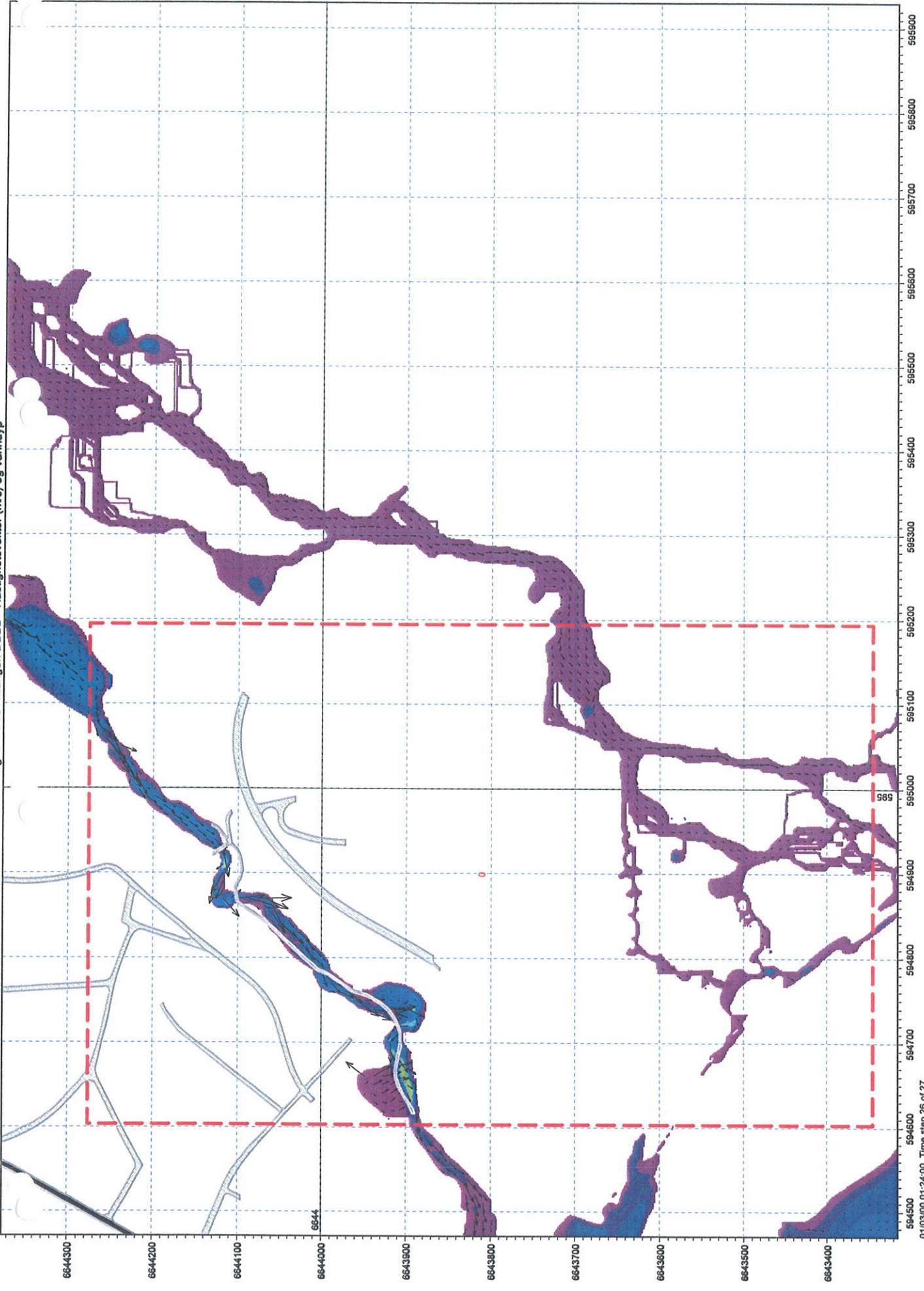
FIGURE 2





FIGUR T3

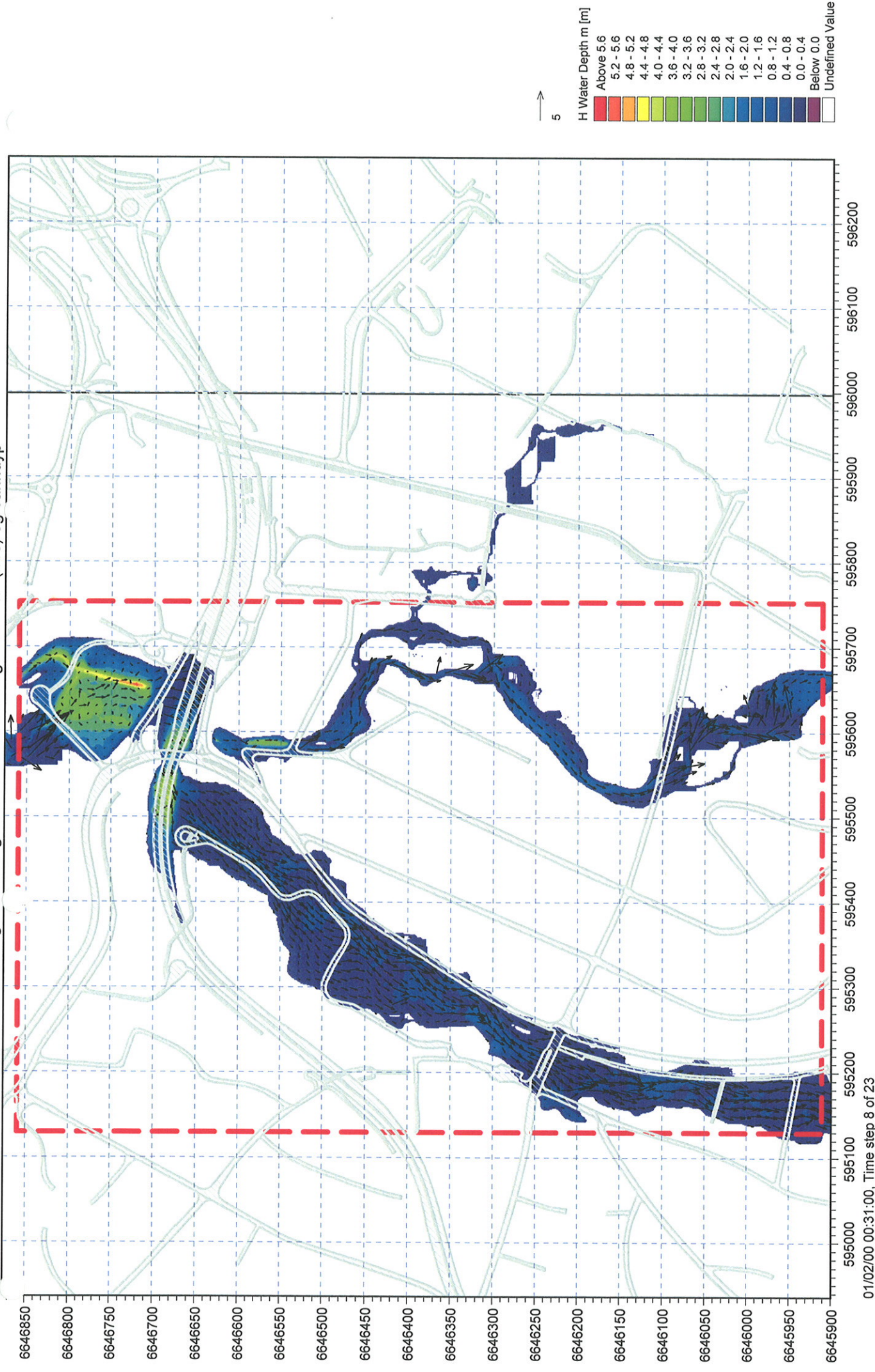




FIGUR T4



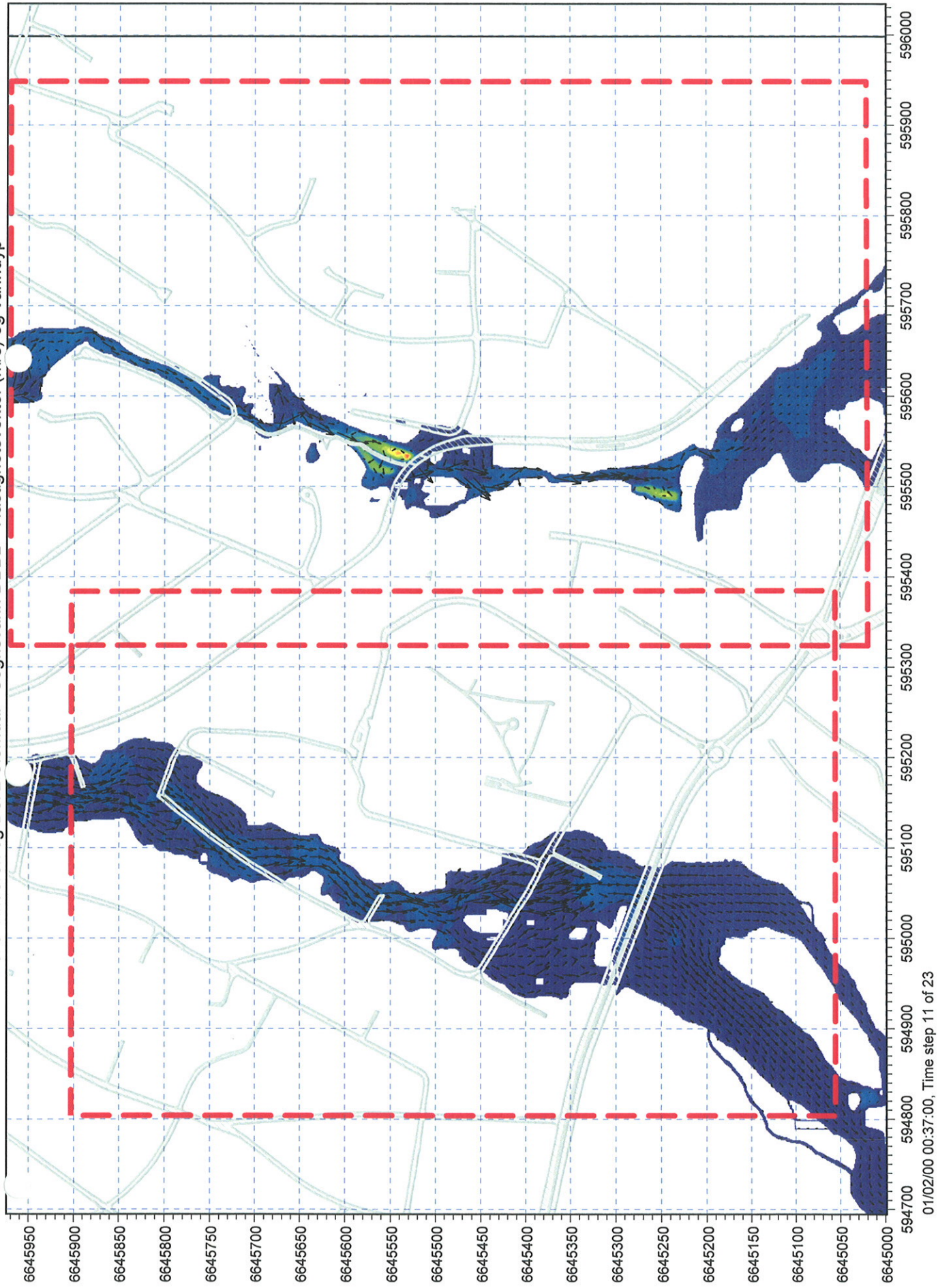
Del 1 Ringveien - Sognsvann DBBB - Hastighetsvektor (m/s) og vanddypp



FIGUR T5



Del 5 Vinderen og Del 2 Slemdal - Sogsvann DBBB - Hastighetsvektor (m/s) og vannndyp

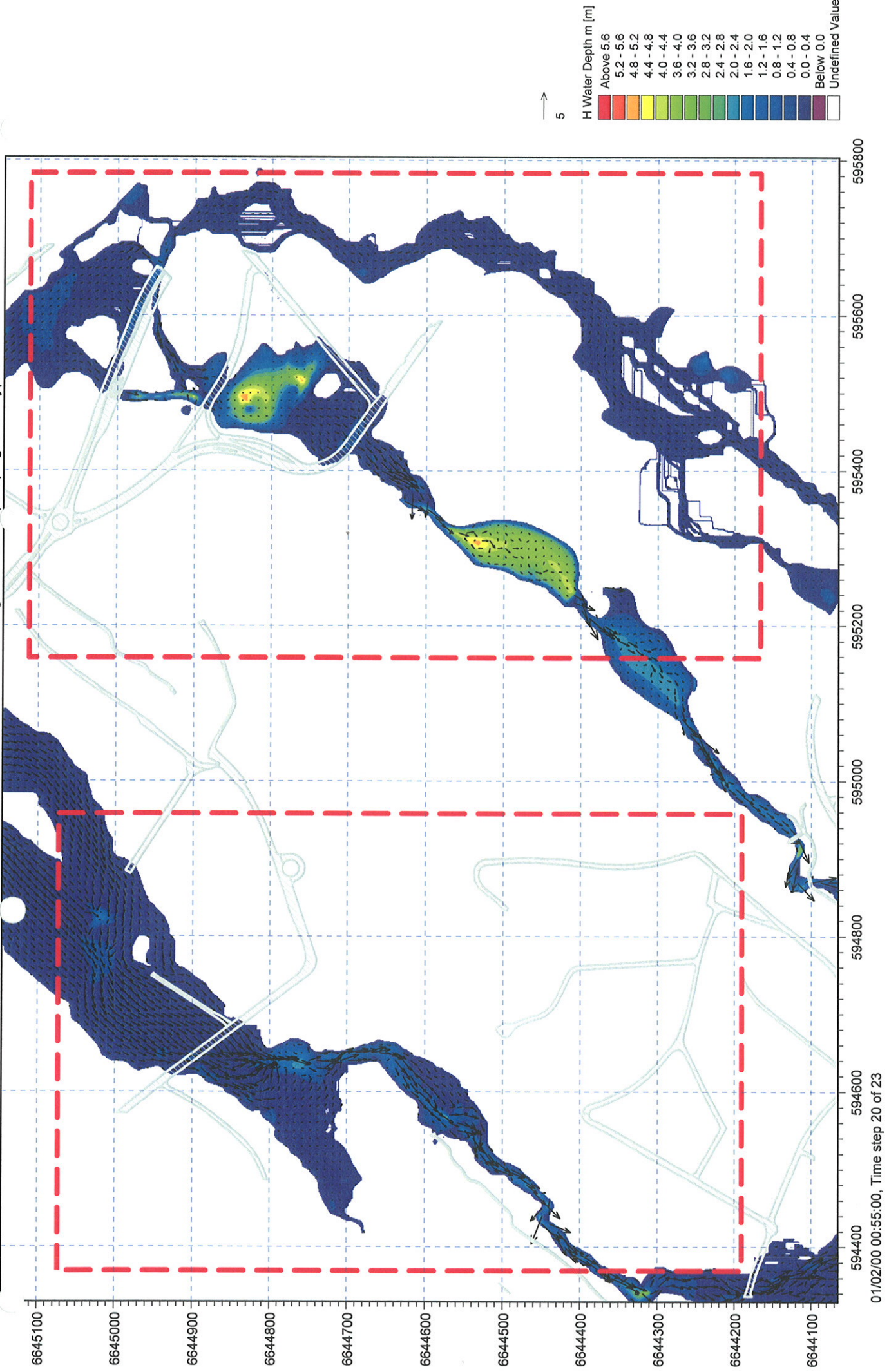


01/02/00 00:37:00, Time step 11 of 23

FIGUR T6



Del 6 Skøyen og Del 3 Majorstua - Sogsvann DBBB - Hastighetsvektor (m/s) og vandndypp

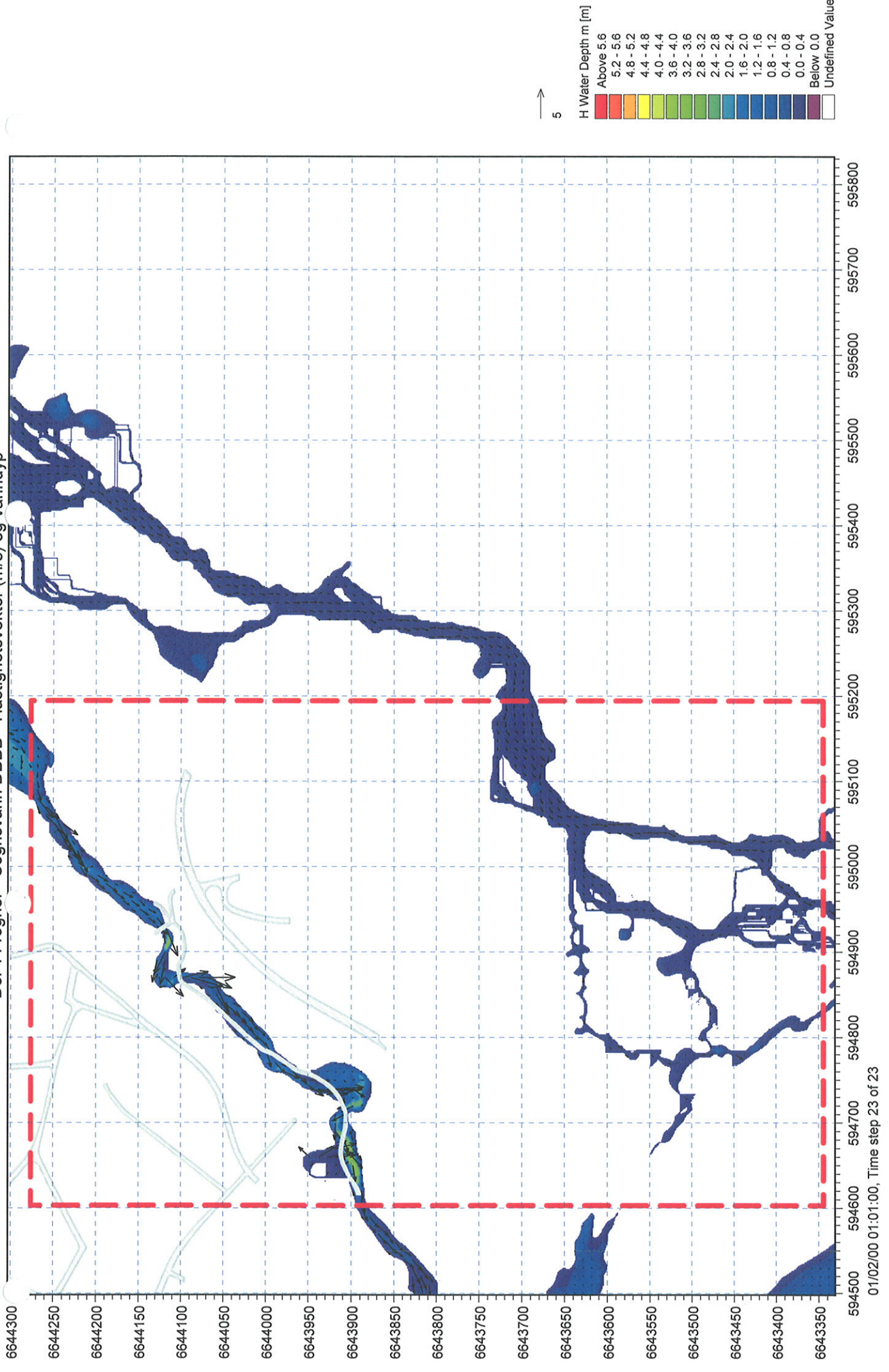


01/02/00 00:55:00, Time step 20 of 23

FIGURE 7



Del 4 Frogner - Sognsvann DBBB - Hastighetsvektor (m/s) og vanddyb



FIGUR T8