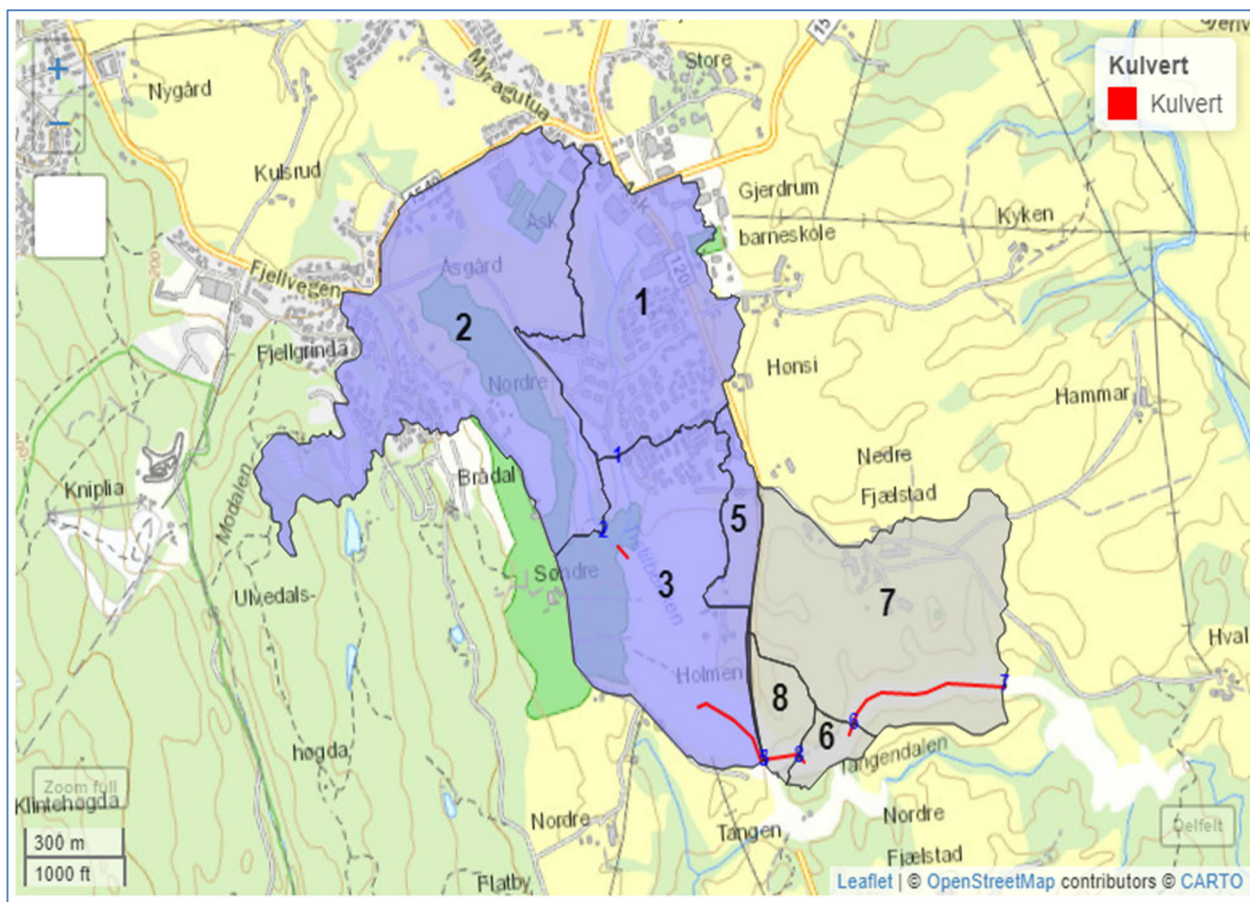


RAPPORT

Vurdering av vannføringen og erosjonspotensialet i Tistilbekken Gjerdrum



Kunde: Olje- og energidepartementet OED

Prosjekt: Erosjon Tistilbekken Gjerdrum

Prosjektnummer: 10223798

Dokumentnummer: 10223798-001

Rev.: 1

Sammendrag:

Gjerdrum-utvalget gransker årsakene til kvikkleireskredet som gikk ved Ask i Gjerdrum natt til 30. desember 2020 og tok med seg flere bolighus. Utvalget har i sitt arbeid komme frem til at det er ønskelig med en ekstern vurdering av vannføringen og erosjonspotensialet i Tistilbekken som går gjennom området, med særlig fokus på tilstanden rundt erosjon og erosjonspotensialet i Tistilbekken.

SWECO Norge AS har utført en hydraulisk beregning ved bruk av en ikke-stasjonær, full dynamisk, hydraulisk beregningsmodell. Inngangsdata som er benyttet er geometriske data, dvs terrengmodellen før raset og bekkelukkinger og simulerte vannføring for perioden 2013- 2020. Simulering av vannføring er utført av NVE ved bruk av DDD modellen. Vannføringsseriene representerer scenarier med og uten urbanisering.


Det er liten endring i frekvensen av de maksimale vannføringsverdiene for både urbane og ikke-urbane scenarier. Det er økning (pga. urbanisering) i hyppigheten av vannføring/vannhastighet som overskrider de kritiske verdiene for erosjon av forskjellige jordtyper (dvs. silt, leire).

Det konkluderes med at urbanisering har synlig effekt på endringene i vannføring som påvirker vannhastigheten. Manglende tiltak som erosjonssikring etc. akselerer erosjonsfaren betydelig.

For bygninger og bosetninger som ligger i nærheten av elver og bekker som strømmer gjennom områder med kvikkleire bør det undersøkes om det er fare for erosjon i det nærliggende vassdraget som kan føre til skred, selv om bygninger ligger høyere enn det sikre flomnivået. Området og konstruksjoner, for eksempel kulverter, må være erosjonssikret.

Rapporteringsstatus:

- Endelig
 Oversendelse for kommentar
 Utkast

Utarbeidet av: Emmanuel Jjunju Øystein Rapp	Sign.: 
Kontrollert av: Markus Först Wolf Marchand	Sign.:
Prosjektleder: Markus Först	Prosjekteier: Wolf Marchand

Revisjonshistorikk:

Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet av	Kontrollert av
0	15.06.2021	Første utgave	E. Jjunju Ø. Rapp	M. Först
1	08.07.2021	Revidert utgave	E. Jjunju Ø. Rapp	M. Först

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	5
2	Metoder og inngangsdata	5
2.1	Hydraulisk modell.....	5
2.2	Geometriske data.....	5
2.3	Bekkelukkinger	5
2.4	Nedbørfelt og inndeling av delfelt.....	5
2.5	Vannføringsserier fra NVE (timesverdier)	5
2.6	Skalering av vannføring til bruk i HEC-RAS.....	8
2.7	Kritisk vannhastighet for erosjon	9
2.7.1	Hjulstrøms kurve.....	9
2.7.2	Lokale massene langs bekken	10
3	Resultater	11
3.1	Vannhastighet ved forskjellige vannføringer	11
3.2	Frekvensen for overskridelse av den kritiske vannføring	15
3.3	Erosjonspotensial ved kulverter	16
4	Usikkerhet i beregninger	17
4.1	Vannføring	17
4.2	Friksjonsforhold.....	17
4.3	Vannstander.....	17
4.3.1	Bruer og kulverter	17
5	Konklusjon og anbefalinger	17
6	Referanser.....	17
	Vedlegg.....	19

1 Innledning

Gjerdrum-utvalget gransker årsakene til kvikkleireskredet som gikk ved Ask i Gjerdrum natt til 30. desember 2020 og tok med seg flere bolighus. Utvalget har i sitt arbeid kommet frem til at det er ønskelig med en ekstern vurdering av vannføringen og erosjonspotensialet i Tistilbekken som går gjennom området, med særlig fokus på tilstanden rundt erosjon og erosjonspotensialet i Tistilbekken.

2 Metoder og inngangsdata

2.1 Hydraulisk modell

Beregningen er gjort med en ikke-stasjonær, full dynamisk, hydraulisk beregningsmodell. I denne beregningen er HEC-RAS 5.0.7 2D benyttet (U. S Army Corps of Engineers, 2016). Den hydrauliske beregningsmodellen trenger tre grunnleggende typer inngangsdata: geometriske data, f.eks. terrengmodellen og bekkelukkinger, vannføringsdata og grensebetingelser.

2.2 Geometriske data

Det er brukt terrengmodell levert av NVE med høydesystem NN2000. Det finnes ikke innmålte data av elvebunnen. Det forventes at vannføring da terrenget ble innmålt var lav og at elvebunnen er godt representert av terrengmodellen. NVE har brent inn elvebunn i terrengmodellen

2.3 Bekkelukkinger

Kulverter langs strekningen som er vist på kart i Figur 2-3 er modellert. Høyde ved innløp og utløp og fall på kulvertene er basert på terrengdata. Rørdiameter for kulvertene nedstrøms er hentet fra kommunen (data registrert i landbrukskontorets saksarkiv). Alle kulverter estimeres å være rør med ca. 1,0 diameter. Lengden er beregnet fra kart, delvis basert på skisser og tegninger fra kommunen.

2.4 Nedbørfelt og inndeling av delfelt

NVE har utarbeidet en hydrologisk modell (DDD) og beregnet vannføringsserier for perioden 2013 til 2020. Beregnede NVE-serier gir total vannføring for felt 1, 2, 3 og 5 som er vist på Figur 2-3. Figur 2-3 viser også inndeling av delfelt som er benyttet av Sweco.

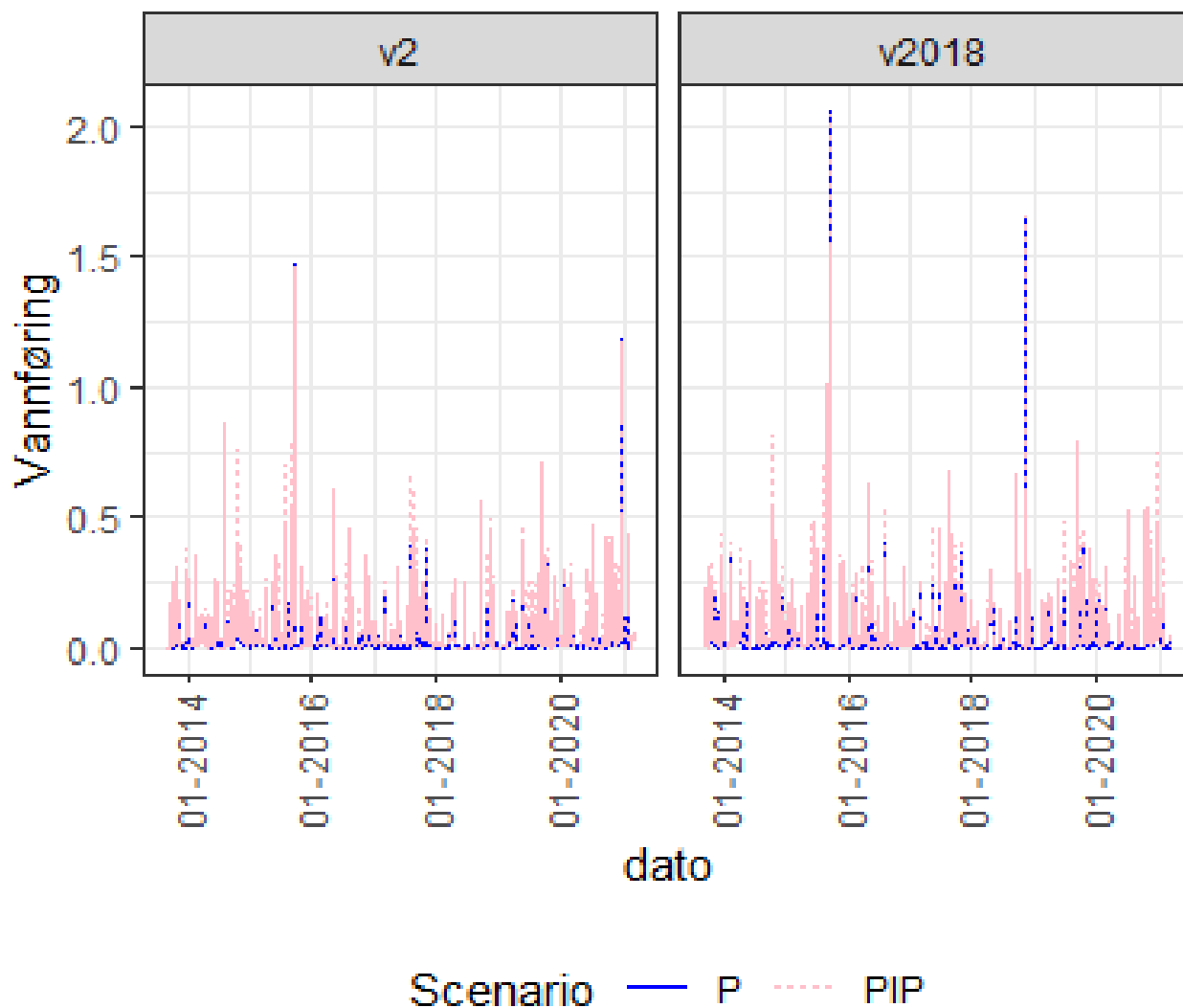
2.5 Vannføringsserier fra NVE (timesverdier)

Følgende vannføringsserier ble levert av NVE.

- **Datsett basert på nedbørgriddet seNorge_versjon2018** med både
 - urbanisert (v2018.PIP)
 - ikke urbanisert felt (v2018.P)
- **Datsett basert på nedbørgriddet SeNorge_versjon2** med både
 - urbanisert (v2.PIP)
 - ikke urbanisert felt (v2.P)

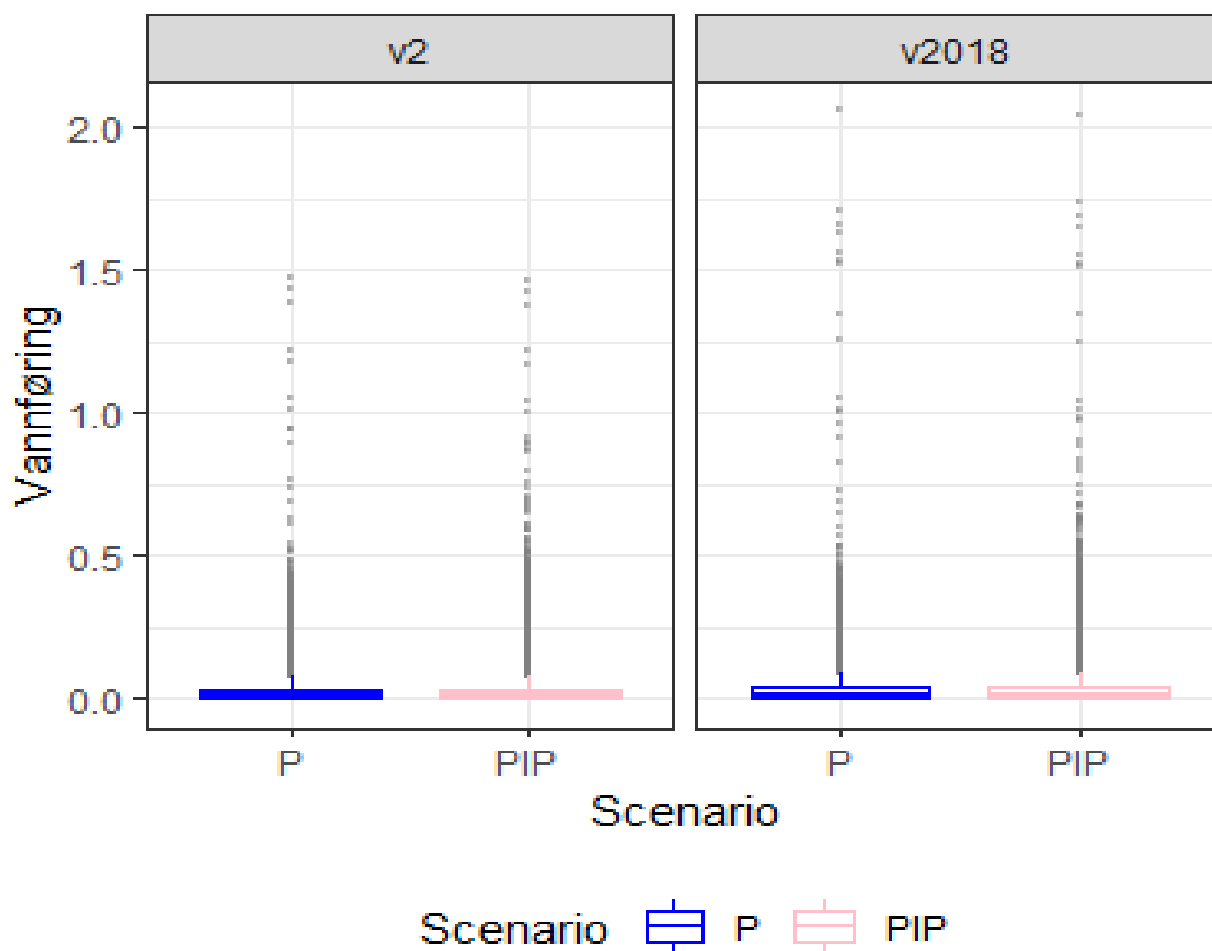
Figur 2-1 viser vannføring og timesverdier (m^3/s) og Figur 2-2 -viser boksplokk av vannføring (m^3/s). Tabell 2-1 viser statistisk sammendrag for vannføring. Tabellen viser at forskjellen mellom vannføringsseriene ligger i størrelsesområdet høyere enn kvartil 3.

Timesverdier



Figur 2-1: Vannføring - tidsserier fra DDD Model (NVE)

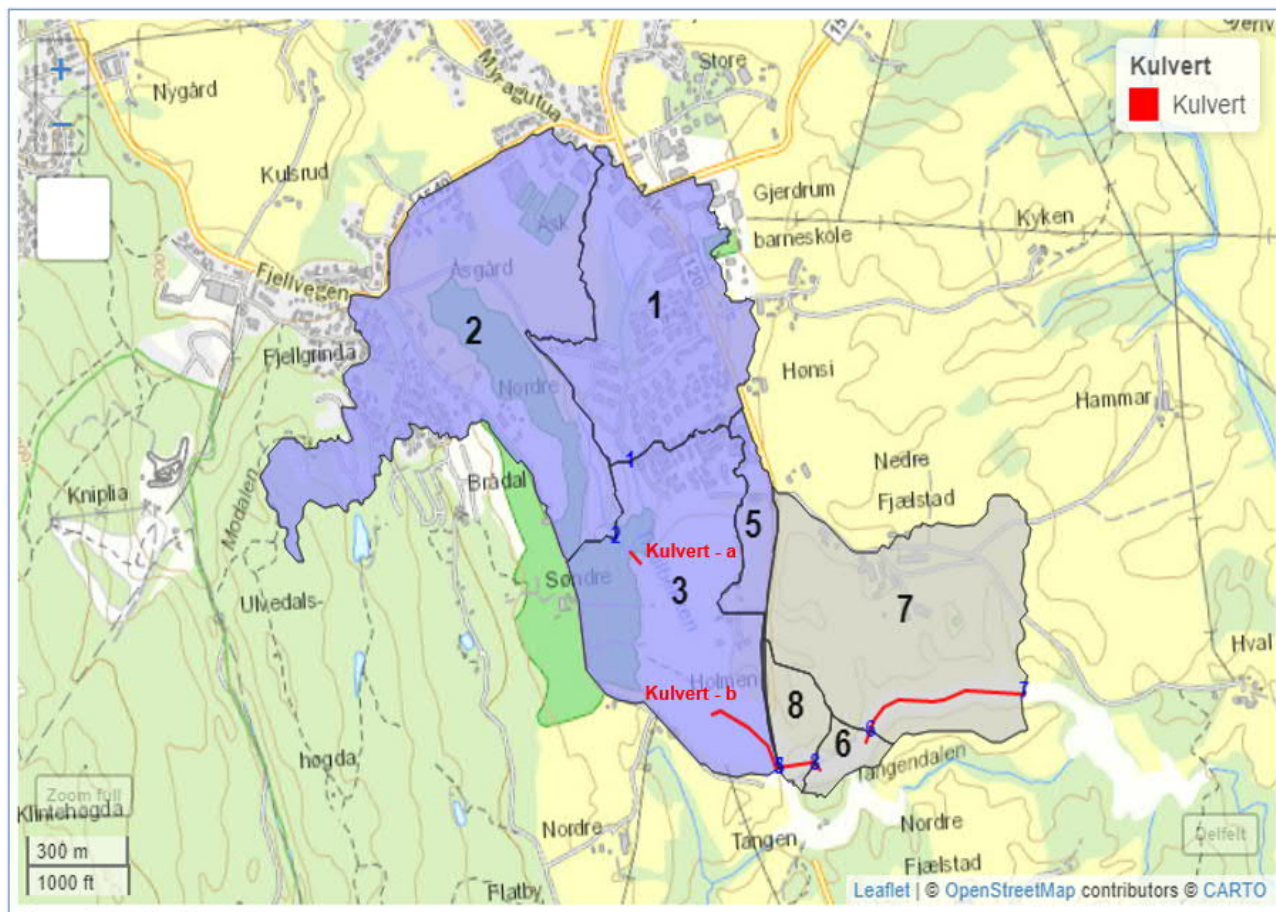
Timesverdier - boksplott



Figur 2-2: Vannføring – boksplott av tidsserier fra DDD Model (NVE)

Tabell 2-1: Sammendrag - vannføring (m³/s)

	v2018.P	v2.P	v2018.PIP	v2.PIP
Minste	0.00	0.00	0.00	0.00
Kvartil-1	0.00	0.00	0.00	0.00
Median	0.01	0.01	0.01	0.01
Middel	0.03	0.03	0.03	0.03
Kvartil-3	0.04	0.03	0.04	0.03
Maksimal	2.06	1.48	2.04	1.46



Figur 2-3: Nedbørfelt inndeling

2.6 Skalering av vannføring til bruk i HEC-RAS

Vannføring (timesverdier) fra NVE-serien ligger mellom 0 - 2,06 m³/s. Det er satt opp 5 scenarier med vannføring der vannføring for totalfeltet (NVE DDD Felt = 1+2+3+5) er henholdsvis 0,10 m³/s, 0,59 m³/s, 1,08 m³/s, 1,57 m³/s og 2,06 m³/s. Vannføringen er fordelt på delfeltene basert på feltstørrelse (Tabell 2-2). For del-nedbørfeltene er vannføring omregnet til nedbør (mm/h) benyttet i modellen (dette er vist i Tabell 2-3).

Tabell 2-2: Vannføring (m³/s)

Felt	Areal (km ²)	Q1 (m ³ /s)	Q2 (m ³ /s)	Q3 (m ³ /s)	Q4 (m ³ /s)	Q5 (m ³ /s)
1	0.31	0.02	0.14	0.26	0.38	0.5
2	0.55	0.04	0.26	0.47	0.69	0.9
3	0.35	0.03	0.16	0.3	0.43	0.57
5	0.05	0	0.02	0.04	0.06	0.08
1+2+3+5	1.26	0.09	0.58	1.07	1.56	2.05
6	0.03	0	0.01	0.02	0.03	0.04
7	0.38	0.03	0.18	0.32	0.47	0.62
8	0.04	0	0.02	0.04	0.05	0.07
5+8	0.09	0	0.04	0.08	0.11	0.5
Total	0.31	0.12	0.79	1.45	2.11	2.78

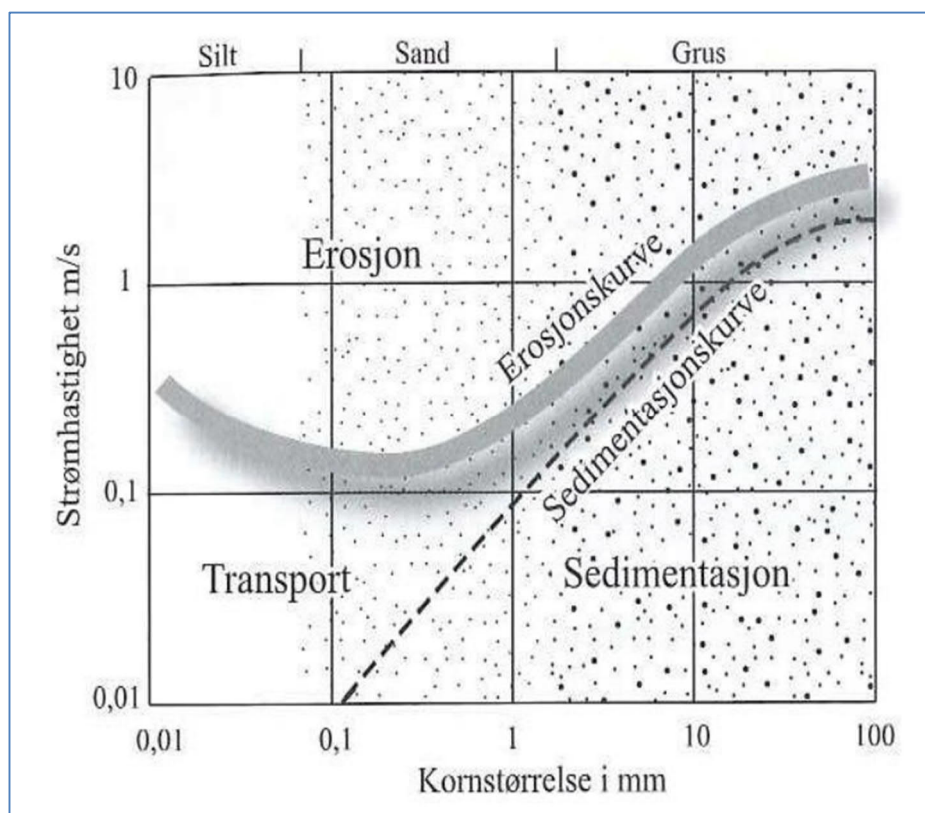
Tabell 2-3: Vannføring som nedbør(mm/h) i HECRAS

Q1 (mm/h)	Q2 (mm/h)	Q3 (mm/h)	Q4 (mm/h)	Q5 (mm/h)
0.29	1.69	3.09	4.49	5.89

2.7 Kritisk vannhastighet for erosjon

2.7.1 Hjulstrøms kurve

En av de mest kjente måter å beskrive ulike jordarters erosjonsmotstand på er Hjulstrøms kurve (Figur 2-4). Kurven viser hvordan vannhastighet og kornstørrelsen til ulike jordarter henger sammen i forhold til erosjon, transport og sedimentasjon. Erosjonsmotstanden i ulike jordarter er imidlertid ikke bare en funksjon av partikkelstørrelsen. Når det gjelder erosjon i leire spiller enkeltkornenes størrelse og vekt en mindre rolle. Dette er fordi leiren i større grad har en kohesiv effekt enn andre jordarter. Kohesjon beskriver de bindende kreftene mellom enkelt korn i jordarter og kan variere fra svært sterk til svak motstand mot erosjon. Erosjon i leire er mer avhengig av styrken på den kohesive effekten mellom partiklene, og hvis den kohesive effekten er svært sterk vil leiren være mer motstandsdyktig mot erosjon, enn om den er svak ([Roalkvam, 2014](#)).



Figur 2-4:Hjulstrøms kurve – norsk utgave (Roalkvam, 2014)

2.7.2 Lokale masser langs bekken

Det er ikke mottatt informasjon om de lokale massene langs bekken (før skredet). Det forutsettes at området er dekket med leire med et dekke av grus. Informasjon om lokale masser benyttes til å vurdere fare for erosjon basert på vannhastighet. Når det ikke finnes informasjon om lokale masser langs bekken (før skredet) så er det utfordrende å konkludere med hvilke partikkelstørrelser og ulike fraksjoner som skal legges til grunn ved sammenlikning med vannhastighet.

Det finnes kvikkleire i området. Overdekning er løsmasser som består av Hav - og fjordavsetninger (tykt dekke) ([NVE, 2021](#)).

Hav- og fjordavsetninger (marine avsetninger) er finkorna sediment som er utfelt i stillestående vannmasser på bunnen av åpent hav eller i en fjord. På grunn av landhevingen finner en disse avsetningene over dagens havnivå, men bare under marin grense (MG). Silt og leire er oftest de dominerende kornstørrelsene ([NIBIO, 2017](#)).

Vi forutsetter at de lokale massene langs bekken består av silt og leire. Basert på Hjulstrøms kurve ligger nedre grense for kritisk vannhastighet for erosjon av silt og leire mellom 0,3 m/s og 1 m/s.

3 Resultater

3.1 Vannhastighet ved forskjellige vannføringer

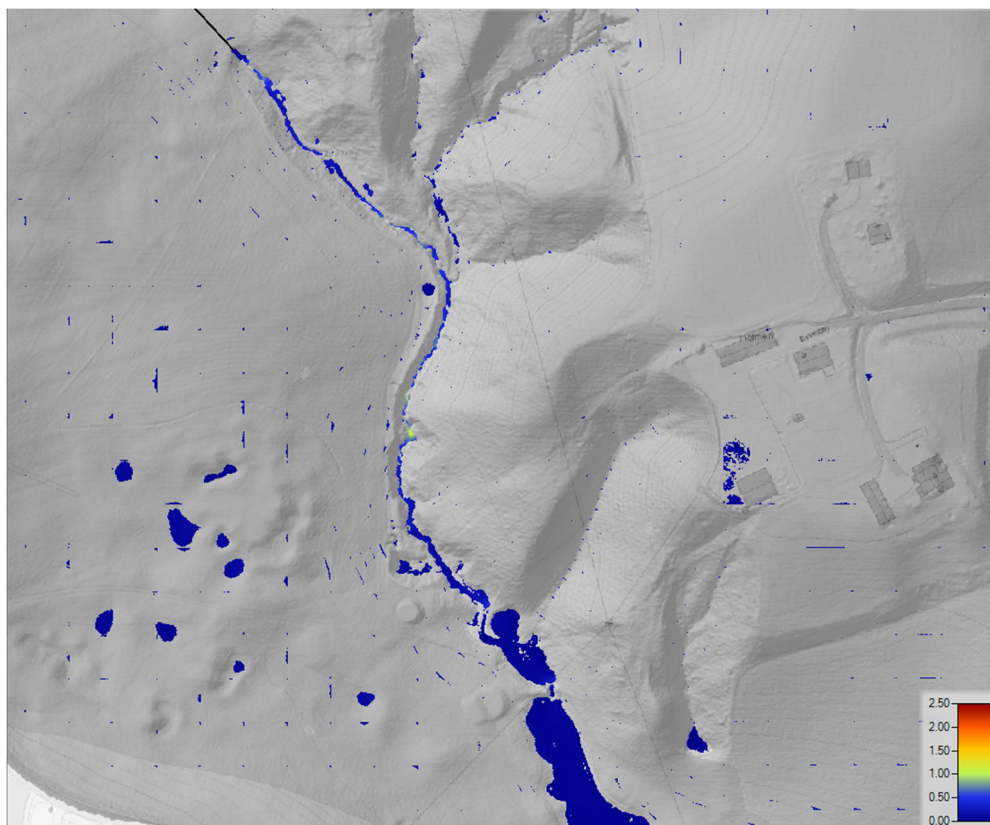
Følgende figurer viser vannhastigheten når den totale vannføringen (fra delfelt 1, 2, 3 og 5) er 0,1 m³/s, 0,6 m³/s, 1,1 m³/s, 1,6 m³/s og 2,1 m³/s. Vannhastigheten i elva øker ved økende vannføring.

Kritisk hastighet 1 m/s gjelder for erosjon av konsolidert leire. Dette er benyttet videre som kritisk hastighet i beregningene. Når vannføring er ca. 0,6 m³/s øker området med hastighet over 1 m/s (dvs fargen i kart endres til gul og videre til oransje og rød) (Figur 3-2).

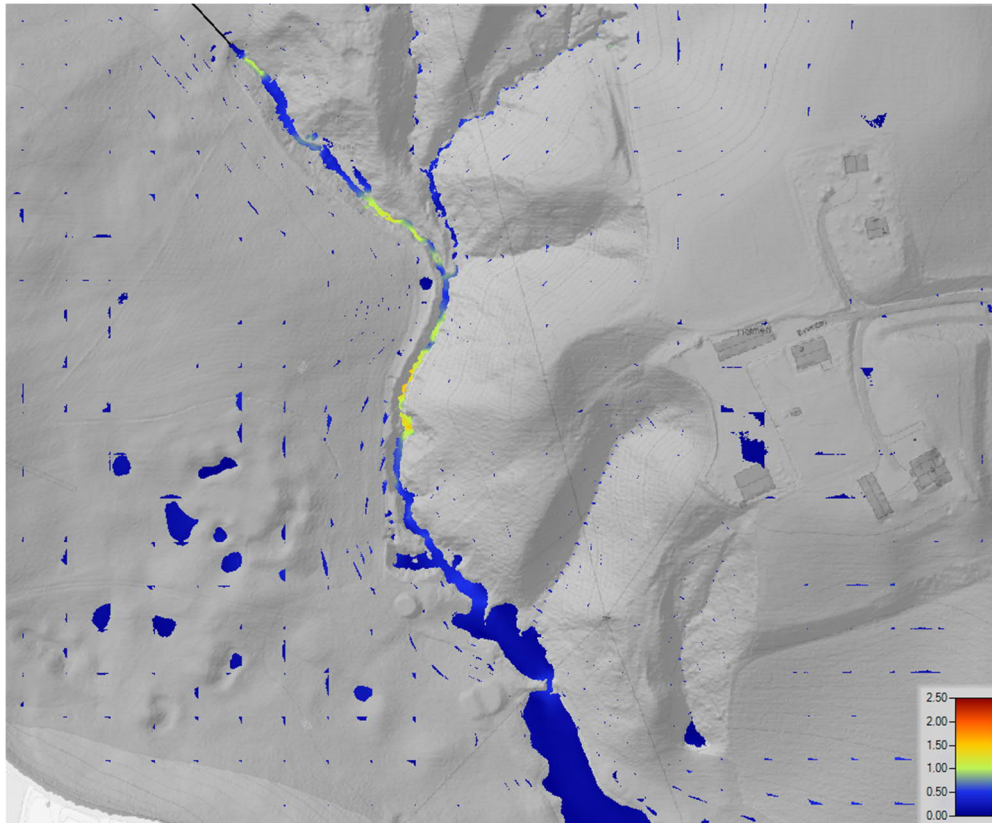
Det er fremdeles mulig å få høye vannhastigheter når vannføringen er så lav som 0,1 m³/s, men dette er beregnet i svært korte strekninger (Figur 3-1).

Lagene av sand og silt som vanligvis dekker kvikkleire kan imidlertid eroderes ved lavere hastigheter (så lave som 0,3 m/s), noe som kan føre til at den underliggende kvikkleiren kollapser.

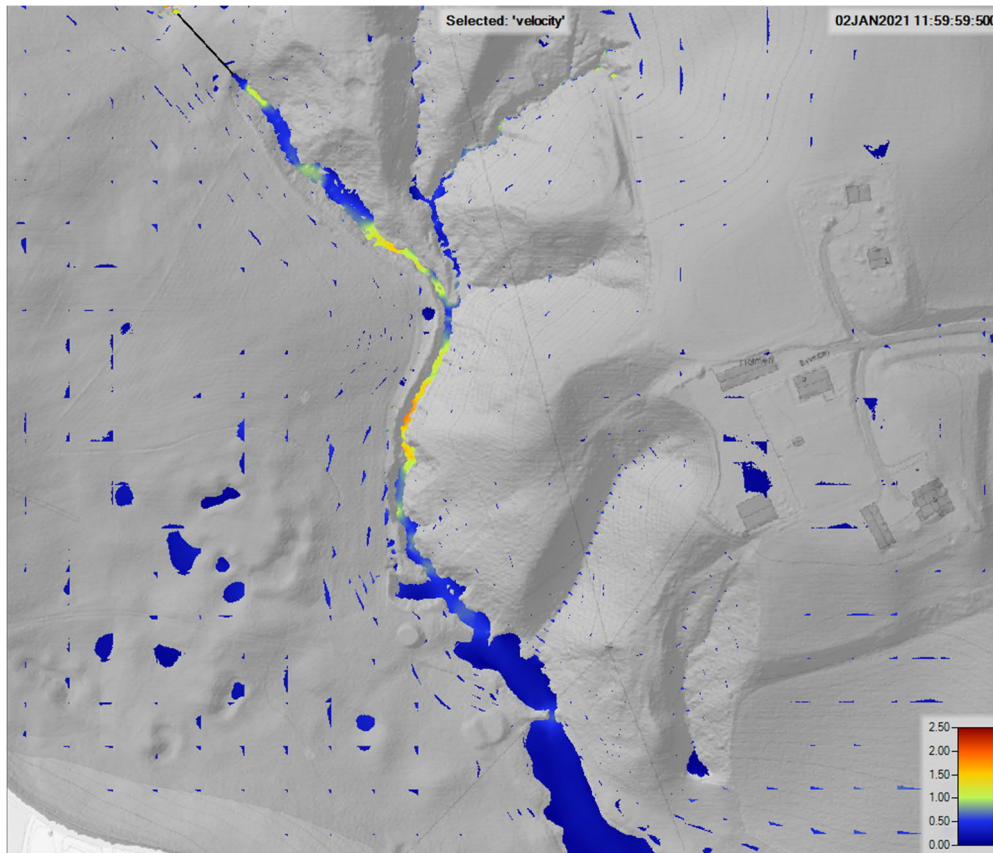
Resultatene fra beregningene har blitt vurdert mer inngående, og vi ser at erosjonen starter på noe lavere vannføring enn 0,6 m³/s. Vannføring på 0,5 m³/s er derfor benyttet videre som den kritiske vannføringen som kan føre til betydelig fare for erosjon.



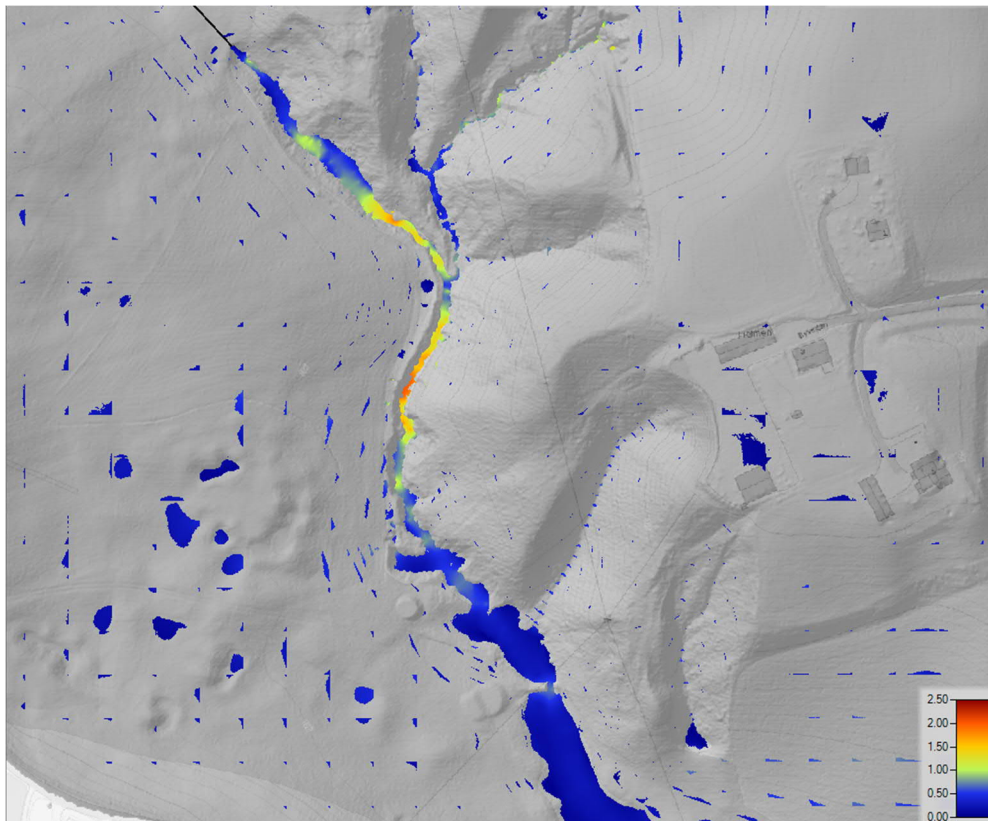
Figur 3-1: Vannhastighet ved $Q_1 = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$



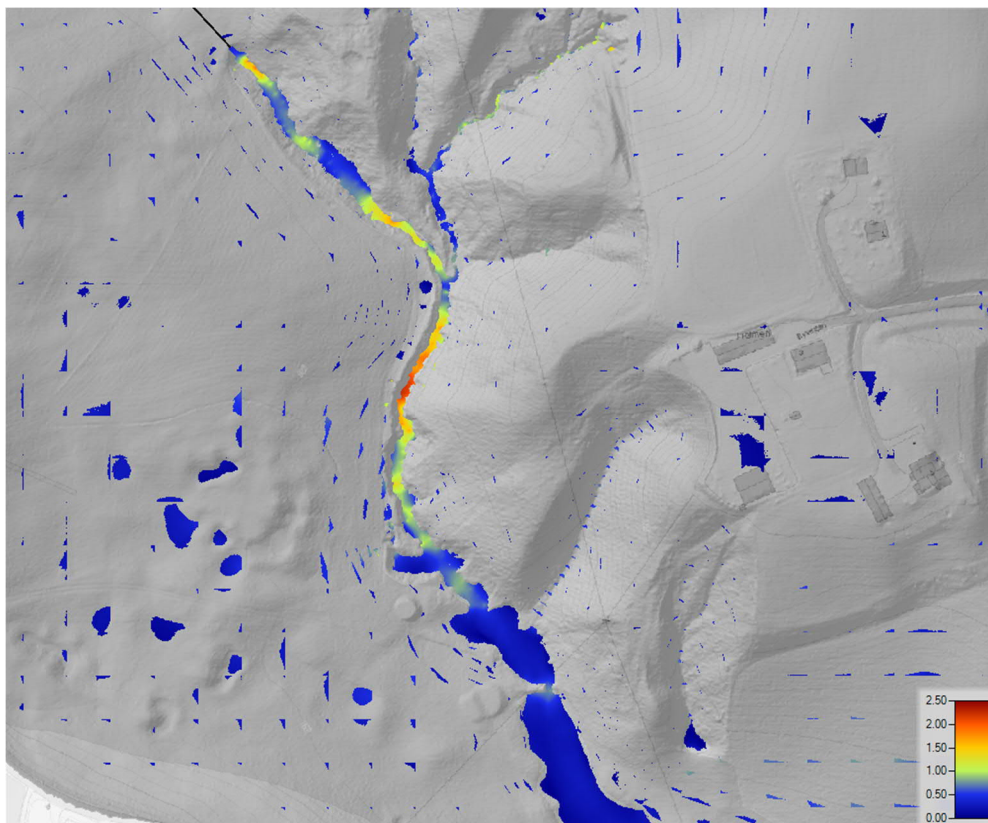
Figur 3-2: Vannhastighet ved $Q1 = 0,6 \text{ m}^3/\text{s}$



Figur 3-3: Vannhastighet ved $Q1 = 1,1 \text{ m}^3/\text{s}$



Figur 3-4: Vannhastighet ved Q4 = 1,6 m³/s



Figur 3-5: Vannhastighet ved Q4 = 2,1 m³/s

3.2 Frekvensen for overskridelse av den kritiske vannføring

Frekvensen for overskridelse av den kritiske verdien på 0,5 m³/s beregnes basert på vannføringsseriene. Resultatene fra analysen er vist i Tabell 3-1 som viser statistikk for perioden 2013-2020 og Tabell 3-2 som viser perioden fra høsten 2020 til desember 2020 da skredet skjedde.

Tabellene sammenligner også differanse mellom antall timer med og uten urbanisering for de vannføringsseriene.

For både serien fra 2013- 2020 og høsten 2020 øker hyppigheten av vannføringer over ca. 0,2 m³/s. For vannføringer over ca 0,7 m³/s er det liten endring når man sammenligner scenarioet med urbaniseringer mot uten-urbanisering. Største økningen i hyppighet er beregnet for vannføringer mellom ca. 0, 2 m³/s og 0,4 m³/s.

Tabell 3-1:Timer med vannføring = terskelverdier og differanse (PIP-P) for 2013-2020

Vannføring (m ³ /s)	v2018.P (timer)	v2.P (timer)	v2018.PIP (timer)	v2.PIP (timer)	diff. v2018 (timer)	diff. v2 (timer)
0.2	1,417	1,144	1,510	1,215	93	71
0.3	367	261	426	315	59	54
0.4	64	43	143	97	79	54
0.5	25	19	56	41	31	22
0.6	19	15	34	24	15	9
0.7	16	12	20	16	4	4

Tabell 3-2:Timer med vannføring = terskelverdier og differanse (PIP-P) for august - desember 2020

Vannføring (m ³ /s)	v2018.P (timer)	v2.P (timer)	v2018.PIP (timer)	v2.PIP (timer)	diff. v2018 (timer)	diff. v2 (timer)
0.3	57	55	73	82	16	27
0.4	0	16	21	27	21	11
0.5	0	9	5	9	5	0
0.6	0	6	1	6	1	0
0.7	0	4	1	4	1	0

3.3 Erosjonspotensial ved kulverter

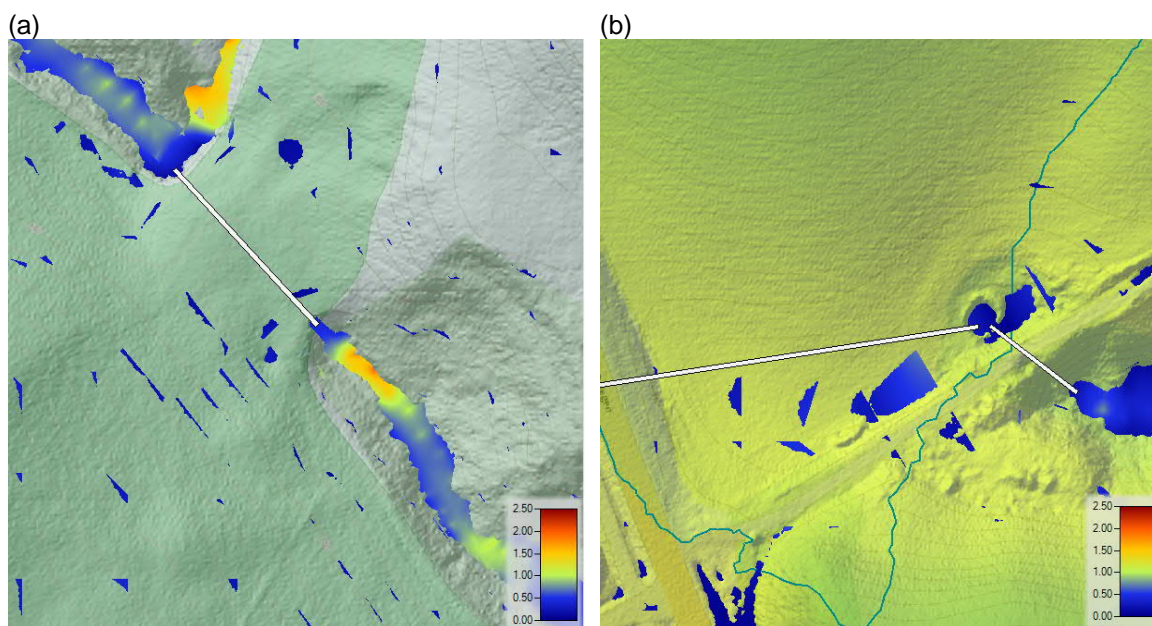
Ved utløpet av kulverter kan vannet ha stor hastighet. Figur 3-6 viser vannhastighet når vannføring i Tistilbekken er ca. 2.1 m³/s. Figuren viser at ved utløpet av kulverten oppstrøms (a, nedenfor samløpet mellom Tistilbekken og Brådalsbekken) er vannhastighet mer kritisk enn ved utløpet av kulverten nedstrøms (b, kulverten som krysser Fv. 120). Kulverten nedstrøms (b) renner ut i en kulp som dreper noe energi og minimerer fare for erosjon sammenliknet med kulvert (a). Fare for erosjon kan allikevel være reell hvis elvebunnen nedstrøms kulvertene ikke er erosjonssikret.

Dersom bunnen består av finkornede masser, kan det dannes store erosjonsgrøper. Det kan føre til undergraving av kulvertutløp og skråning. Derfor er det viktig å sikre utløpet mot erosjon (NVE 2009).

Anbefalte løsninger er energidreperbasseng som passer ved utløpet av større kulverter, eller en enkel steinplastring under utløpet, som passer for mindre kulverter.

Andre viktige faktorer er:

- Vannstanden foran innløpet må ikke være så høy at det fører til erosjonsskader og utvasking, eller at vann kommer på avveie. Ved dykking av innløpet må fyllingen sikres mot erosjon og vanngjennomstrømning.
- Vannhastigheten må vurderes med tanke på erosjon ved utløpet og selvrensing
- Massetransport og drivgods i elva, som kan føre til fare for gjentetting. Eventuelle rister eller andre hindre som kan begrense kapasiteten må vurderes.



Figur 3-6: Utløpet av modellerte kulverter i Tistilbekken (a) oppstrøms (b) nedstrøms

4 Usikkerhet i beregninger

For å gjennomføre en vannlinjeberegning må man akseptere en del forenklinger og antagelser. Derfor er resultatene beheftet med usikkerhet. De viktigste forhold rundt usikkerheten er diskutert i dette kapittelet.

4.1 Vannføring

Det er hentet vannføringsverdier fra DDD hydrologisk modell. Modellen ga forskjellige verdier basert på 2 forskjellige nedbør-produkter. Det finnes ingen historiske målinger i vassdraget så det var ikke mulig å verifisere eller kalibrere modellen. Vannføring er modellert ved utløpet av totalt nedbørfelt og vannføring til delfeltene er skalert basert på relativt areal. Skalering tok ikke hensyn til fordeling av landskapselementer.

4.2 Friksjonsforhold

Friksjonsforholdene gir noe usikkerhet i beregningene, da modellen ikke er kalibrert. Både i og utenfor elveløpet er manningstall fastsatt ved hjelp av erfaringsbaserte tall, tabeller og evt. bilder fra eksempelassdraget. Det er vanskelig å finne eksakt riktig manningstall. Manningstallet kan endres i løpet av flomforløpet som følge av vannstrømningen og erosjon/sedimentering.

4.3 Vannstander

Resultatene fra HEC-RAS er et todimensjonalt svar på et tredimensjonalt problem. Områder rundt fosser, krappe svinger og store innsnevninger i kombinasjon med stor hastighet er områder med størst potensial for usikkerheter. Det formodes likevel at resultatene er langt bedre enn ved bruk av en 1D-modell.

4.3.1 Bruer og kulverter

Dimensjoner til kulverter langs beregningsstrekningen er ikke nøyaktig modellert pga mangel i grunnlaget.

5 Konklusjon og anbefalinger

Det er liten endring i frekvensen av de maksimale vannføringsverdiene for både urbane og ikke-urbane scenarier. Det er økning (pga. urbanisering) i hyppigheten av vannføring/vannhastighet som overskrider de kritiske verdiene for erosjon av forskjellige jordtyper (dvs. silt, leire).

Det konkluderes med at urbanisering har synlig effekt på endringene i vannføring som påvirker vannhastigheten. Manglende tiltak som erosjonssikring etc. akselerer erosjonsfaren betydelig.

For bygninger og bosetninger som ligger i nærheten av elver og bekker som strømmer gjennom områder med kvikkleire bør det undersøkes om det er fare for erosjon i det nærliggende vassdraget som kan føre til skred, selv om bygninger ligger høyere enn det sikre flomnivået. Området og konstruksjoner, for eksempel kulverter, må være erosjonssikret.

6 Referanser

Costa, P.J.M., 2016. Sediment Transport, i: Kennish, M.J. (Red.), Encyclopedia of Estuaries. Springer Netherlands, Dordrecht, s. 562–567. doi:10.1007/978-94-017-8801-4_187

NIBIO, 2017. Beskrivelse av avsetningstypene.

NVE, 2021. NVE atlas.

NVE, 2009. Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein

Roalkvam, J., 2014. Identifisering av skredfarlige elver og bekker i Trondheim kommune med moderne fjernanalyse - En GIS-studie, Masteroppgave i Geografi.

Vedlegg

Vedlegg 1 Beregninger med rasjonell metode

For å ha vannføringstall å sammenligne med NVEs beregninger er det gjort enkle vannføringsberegninger vha. den rasjonelle formel som er en velkjent metode som er benyttet over mange år.

Nedbørfeltet oppstrøms FV 120 har blitt delt i 4 delfelt med ulike konsentrasjonstider.

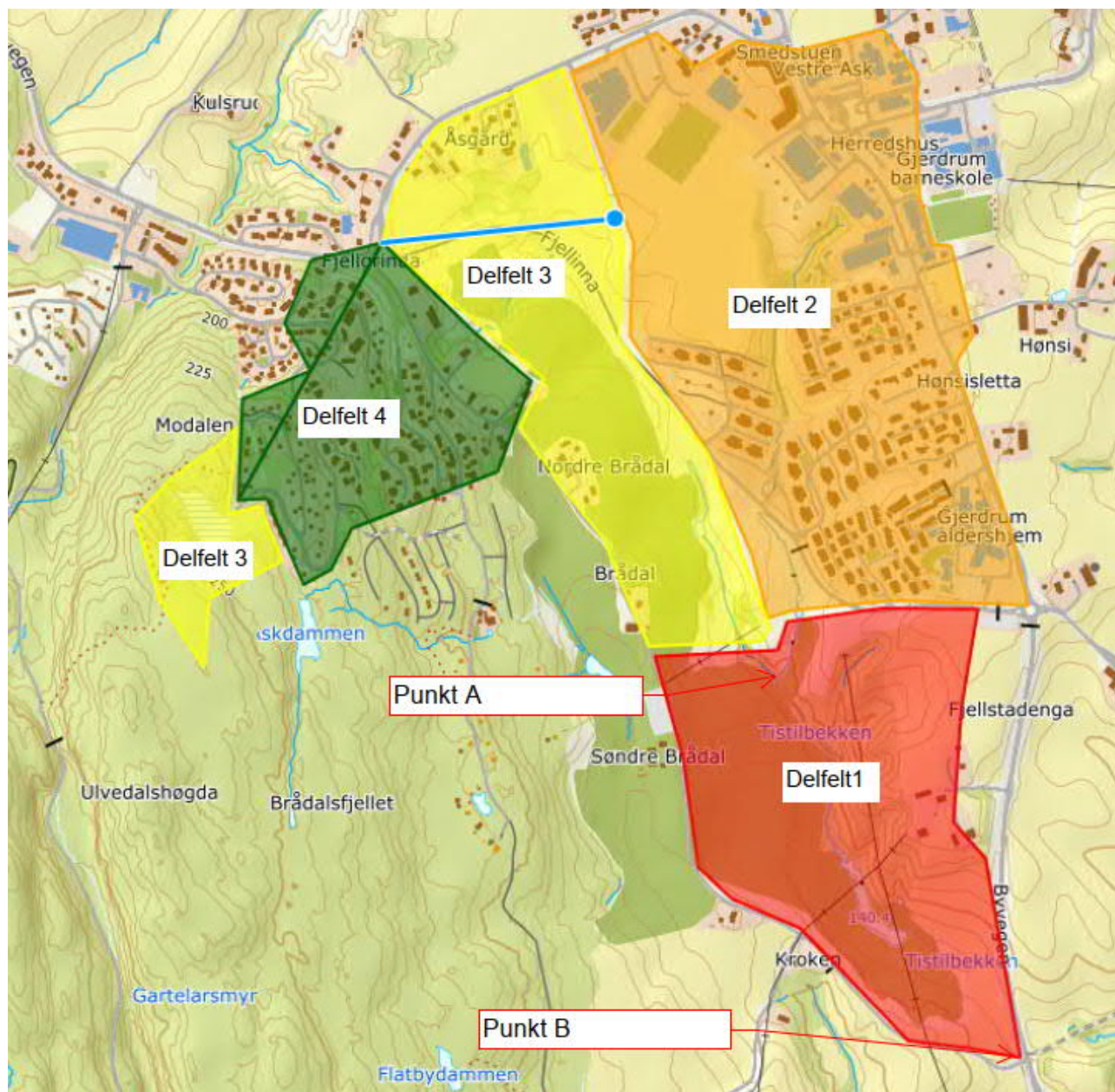


Fig. V-1.1: Inndeling i delfelt for beregning med den rasjonelle metode. Punkter for beregnet vannføring er vist (hhv. A og B).

Ut fra antagelsen om mettede forhold inn mot raset høsten 2020 er alle beregninger gjort med avrenningskoeffisient på 0,9. IVF-kurve Sør-Gardermoen 1967-2010 er benyttet (utslaget ved å benytte Blindern-serien fram til i dag ga liten forskjell). Det er ikke benyttet klimafaktor.

Døgn og timesverdier for nedbør på nærliggende stasjoner viser ikke situasjoner med lengre gjentaksintervall for høsten 2020, men NVEs sammenstilling viser 10 årstilfelle for 3 døgns varighet inn mot

rastidspunktet. IVF-kurvenes lengste varighet er 1 døgn. I tabellen under er det satt sammen og summert for hhv- 1 døgn varighet for disse beregningene, samt for 2 timers varighet.

Delfelt	Areal (ha)	Vannføring 1 døgn varighet (l/s)	Vannføring 2 timers varighet (l/s)
1	27.8	183	896
2	48.2	291	1935
3	31.1	205	1003
4	16.4	107	749
Sum pkt. A	95.7	603	3687
Sum pkt. B	123.5	786	4583

Tabell V-1.1: Sammenstilling av beregningene utført med den rasjonelle metode med resultater for vannføring ut fra regn med 1 døgn varighet og med 2 timers varighet

Den rasjonelle formel er ikke godt egnet til denne typen analyser fordi formelverket ikke tar hensyn til vann som kan «lagres i «systemet» og dermed gir resultater i overkant for korte varigheter. For lave for lange varigheter blir det motsatt (da finnes det allerede vann i systemet).

Det antas at virkelig vannføring i Tistilbekken høsten 2020 vil ligge mellom de to tabellverdiene gitt over. Når det ikke foreligger målinger av korttidsnedbør i eller i umiddelbar nærhet av nedbørfeltet kan en heller ikke sammenligne målte verdier med IVF-kurven for å se om det har vært sammenfall med kortere varigheter og gjentaksintervaller.

Som en kontroll av NVEs resultater kunne en også ha utarbeidet overvannsmodell for Ask sentrum med programvare for urbanhydrologisk modellering (for eksempel Mike Urban, SWMM eller lignende). Dette har ikke vært mulig innenfor aktuell tidsramme. For å få et godt resultat fra en slik beregning burde en også hatt korttidsnedbørmålinger fra en relevant stasjon i nærheten, det eksisterer dessverre ikke.

Resultat for delfelt 1-4 er vist på etterfølgende sider.

Resultater av overvannsberegning, delfelt 1 (samløp bekker ned til Fv.)



Oppdrag	Erosjon Tistilbekken Gjerdrum		Oppdragsnr.	10223798
Dato	25.05.2021	Utført av	noorap	
Revisjon	25.05.2021	Kontrollert av		

Forutsetninger for beregningen

Gjentaksintervall (år)	20
Konsentrasjonstid for hele nedbørsfeltet (min)	90
Klimafaktor	1
Maks tillatt videreført vannmengde (l/s)	1

Nedbørsfelt

Beskrivelse	Areal (m ²)	Avrenningskoeffisient
Tak	0	0
Utmarksareal	278 100	0.9
Grøntareal	0	0
Sum areal (m2)	278 100	
Gjennomsnittlig avrenningskoeffisient		0.90
Sum red.a. (m2)	250 290	

Fortsetter på neste side

IVF-kurver

Målestasjon	Sør Gardermoen	Måleperiode	1967 – 2010	Antall serier	43
-------------	----------------	-------------	-------------	---------------	----

	1 min.	2 min.	3 min.	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	30 min.	45 min.	60 min.	90 min.	120 min.	180 min.	360 min.	720 min.	1440 min.
Dimensjonerende avrenning fra feltet	139.9	241.1	326.6	450.2	666.6	781.3	834.9	882.7	939.8	1001.2	1086.3	896.0	620.7	345.4	325.4	182.7

Største vannføring (ved uregulert utløp):

Varighet (min)	90	Q dim (l/s)	1086.26
----------------	----	-------------	---------

Fig V-1.2: Resultater beregning med den rasjonelle formel, delfelt 1

Resultater av overvannsberegning, Ask sentrum (delfelt 2)																																																
Oppdrag Erosjon Tistilbekken Gjerdrum										Oppdragsnr. 10223798																																						
Dato 25.05.2021					Utført av noorap					Kontrollert av																																						
Revisjon 25.05.2021																																																
Forutsetninger for beregningen																																																
Gjentaksintervall (år)					10																																											
Konsentrasjonstid for hele nedbørsfeltet (min)					20																																											
Klimafaktor					1																																											
Maks tillatt videreført vannmengde (l/s)					1																																											
Beregning av konsentrasjonstid: Metode fra Norsk Vanns ($t_k = t_s + l$), Fra tabell 2: 6-8 min																																																
Beregning av konsentrasjonstid: NVE-metode (vei $T_{cSVV} = 0,02 \times l^{1,15} \times H^{-0,39}$)																																																
Feltlengde:					1090 m					$T_{cSVV} = 0,02 \times 1090^{1,15} \times 3$																																						
Høydeforskjell:					30 m					$T_{cSVV} = 0,02 \times 3112 \times 0,26 = 16$																																						
Bruker 20 minutter																																																
Nedbørsfelt																																																
Beskrivelse		Areal (m ²)			Avrenningskoeffisient																																											
Tak		0			0																																											
Boligområde		482 300			0,9																																											
Grøntareal		0			0																																											
Sum areal (m ²)		482 300																																														
Gjennomsnittlig avrenningskoeffisient		0,90																																														
Sum red.a. (m ²)		434 070																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1 min.</th> <th>2 min.</th> <th>3 min.</th> <th>5 min.</th> <th>10 min.</th> <th>15 min.</th> <th>20 min.</th> <th>30 min.</th> <th>45 min.</th> <th>60 min.</th> <th>90 min.</th> <th>120 min.</th> <th>180 min.</th> <th>360 min.</th> <th>720 min.</th> <th>1440 min.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dimensjonerende avrenning fra feltet</td> <td>926.5</td> <td>1616.0</td> <td>2219.6</td> <td>3212.1</td> <td>4807.3</td> <td>6087.8</td> <td>7110.1</td> <td>5651.6</td> <td>4497.0</td> <td>3650.5</td> <td>2404.7</td> <td>1936.0</td> <td>1432.4</td> <td>811.7</td> <td>507.9</td> <td>290.8</td> </tr> </tbody> </table>																1 min.	2 min.	3 min.	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	30 min.	45 min.	60 min.	90 min.	120 min.	180 min.	360 min.	720 min.	1440 min.	Dimensjonerende avrenning fra feltet	926.5	1616.0	2219.6	3212.1	4807.3	6087.8	7110.1	5651.6	4497.0	3650.5	2404.7	1936.0	1432.4	811.7	507.9	290.8
	1 min.	2 min.	3 min.	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	30 min.	45 min.	60 min.	90 min.	120 min.	180 min.	360 min.	720 min.	1440 min.																																
Dimensjonerende avrenning fra feltet	926.5	1616.0	2219.6	3212.1	4807.3	6087.8	7110.1	5651.6	4497.0	3650.5	2404.7	1936.0	1432.4	811.7	507.9	290.8																																
Største vannføring (ved uregulert utløp):																																																
Varighet (min)		20			Q dim (l/s)																																											
					7110.07																																											

Fig V-1.3: Resultater beregning med den rasjonelle formel, delfelt 2

Resultater av overvannsberegning, delfelt 3 (Øvrig areal til Brådalsbekken)



Oppdrag	Erosjon Tistilbekken Gjerdrum	Oppdragsnr.	10223798
Dato	25.05.2021	Utført av	noorap
Revisjon	25.05.2021	Kontrollert av	

Forutsetninger for beregningen

Gjentaksintervall (år)	20
Konsentrasjonstid for hele nedbørsfeltet (min)	60
Klimafaktor	1
Maks tillatt videreført vannmengde (l/s)	1

Nedbørsfelt

Beskrivelse	Areal (m ²)	Avrennings-koeffisient
Tak	0	0
Utmarksareal	311 400	0.9
Grøntareal	0	0
Sum areal (m2)	311 400	
Gjennomsnittlig avrenningskoeffisient	0.90	
Sum red.a. (m2)	280 260	

Fortsetter på neste side

IVF-kurver

Målestasjon	Sør Gardermoen	Måleperiode	1967 – 2010	Antall serier	43
--------------------	----------------	--------------------	-------------	----------------------	----

	1 min.	2 min.	3 min.	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	30 min.	45 min.	60 min.	90 min.	120 min.	180 min.	360 min.	720 min.	1440 min.
Dimensjonerende avrenning fra feltet	235.0	404.9	548.6	756.2	1119.6	1312.3	1402.2	1482.6	1578.6	1681.6	1216.3	1003.3	695.0	386.8	364.3	204.6

Største vannføring (ved uregulert utløp):

Varighet (min)	60	Q dim (l/s)	1681.56
-----------------------	----	--------------------	---------

Fig V-1.3: Resultater beregning med den rasjonelle formel, delfelt 3

Resultater av overvannsberegning, delfelt 4 (Brådalsfjellet)



Oppdrag	Erosjon Tistilbekken Gjerdrum	Oppdragsnr.	10223798
Dato	25.05.2021	Utført av	noorap
Revisjon	25.05.2021	Kontrollert av	

Forutsetninger for beregningen

Gjentaksintervall (år)	20
Konsentrasjonstid for hele nedbørsfeltet (min)	5
Klimafaktor	1
Maks tillatt videreført vannmengde (l/s)	1

Nedbørsfelt

Beskrivelse	Areal (m ²)	Avrenningskoeffisient
Tak	0	0
Veger	163 500	0.9
Grøntareal	0	0
Sum areal (m ²)	163 500	
Gjennomsnittlig avrenningskoeffisient		0.90
Sum red.a. (m ²)	147 150	

Fortsetter på neste side

IVF-kurver

Målestasjon	18701 OSLO – BLINDERN PLU	Måleperiode	1968 – 2015	Antall serier	47
--------------------	---------------------------	--------------------	-------------	----------------------	----

	1 min.	2 min.	3 min.	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	30 min.	45 min.	60 min.	90 min.	120 min.	180 min.	360 min.	720 min.	1440 min.
Dimensjonerende avrenning fra feltet	1409.4	2471.5	3402.7	4956.0	3714.1	3157.8	2775.2	2208.7	1765.8	1433.2	934.4	749.0	550.3	310.5	191.3	107.4

Største vannføring (ved uregulert utløp):

Varighet (min)	5	Q dim (l/s)	4956.01
----------------	---	-------------	---------

Fig V-1.5: Resultater beregning med den rasjonelle formel, delfelt 4

Vedlegg 2 Underlag (kulverter, bekkelukinger)

Det har blitt gjort en kartlegging av ledningssystem og bekkelukkingssystem i området for å verifisere hvordan nedbørsfeltet ved Ask er fungerer. Kartleggingen er utført ved 2 korte befaringer oppstrøms rasområdet (hvorav en sammen med VA-avdelingen og representanter fra Teknisk drift i kommunen 11.05.2021), studie av kommunens ledningskartbase og studie av oversendte saksdokumenter for aktuelle gårds- og bruksnummer fra landbrukskontoret.

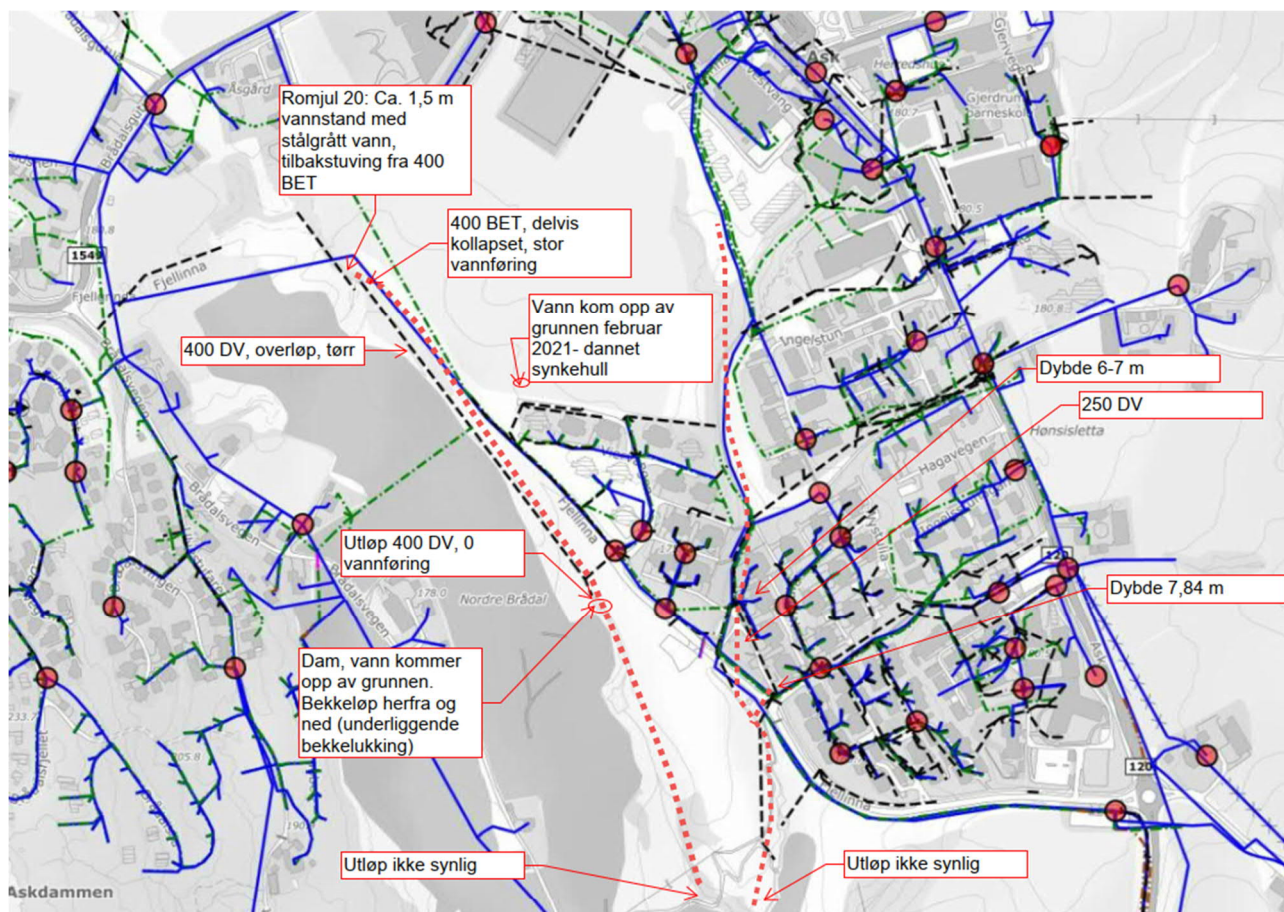


Fig. V-2.1: Sammenstilling med påtegninger på utskrift fra kommunens kartverk

Det er et underliggende system av bekkelukkinger utført i forbindelse med bakkeplanering som ikke er registrert i kommunens ledningskartbase (vist med rød stiplet strek). Det er også et underliggende system inn i tettbebyggelsen mot Ask som ikke er registrert.

400 BET ned langs Fjellinna har trolig kollapset. Det kommer vann opp av grunnen lenger ned (dam). I romjula 2020 forteller en ansatt på Teknisk drift i kommunen at det var tilbakestuvning fra bekkelukkingen opp i Brådalsbekken, og det ble dannet et synkehull i februar 2021 (vist på kartutsnittet over). Disse funnene må følges opp av kommunen (de har ikke sannsynlig årsakssammenheng med raset, de ligger godt oppstrøms, men de kan skape utfordringer senere).

Vedlegg 3 Underlag (Vannføringsserier fra NVE)

Leveres som separate Excel fil pga stor mengde data.