

Sikringstiltak Landfall og Vellingbekken

Hydrologi og erosjon



Revisjonshistorikk

Rev	Dato	Beskrivelse av endringen	Utarbeidet av	Kontrollert av
00	20.06.2023	Kommentarutgave	Anne Johanne Rognstad	Kjetil Sandsbråten
01	28.06.2023	Endelig	Anne Johanne Rognstad	Kjetil Sandsbråten

Sammendrag

Sweco er engasjert som rådgiver av Lier kommune i forbindelse med sikringstiltak langs Vellingbekken i Lier på grunn av rasaktivitet vinteren 2021. Kommunen har fått delvis tilskudd fra NVE til å gjøre grunnundersøkelser, utrede sonen og vurdere behov for tiltakene. Det skal nå søkes tilskudd for å gjøre sikringstiltak.

De utførte grunnundersøkelsene viser sammenliknbare resultater med tidligere grunnundersøkelser. Kvikkleiren ligger dypt slik at rotasjonsskred er aktuell bruddform. Kvikkleiren ligger ca.3 meter under bekkenivå.

Utførte stabilitetsberegninger viser at stabiliteten oppstrøms kulverten ved Landfallgård står med lav udrenert sikkerhet og er beregnet til 1,01. Nedstrøms kulverten ved Landfall er det noe bedre udrenert sikkerhet, og er beregnet til 1,11 eller bedre. Den drenerte sikkerheten er i alle snitt 1,2 eller bedre.

På grunn av ras ved Landfallbakken 3 i 2021, generelt usikkert sikkerhetsnivå og pågående erosjon, anbefales det å søkes tilskudd for delvis stabilisering med fylling i bekken og erosjonssikring.

Kulverten ved Landfall gård anbefales og rehabiliteres med høyere kapasitet for å hindre oppstuvning av vann og initiering av kraftig erosjon.

Denne rapporten utreder de hydrologiske konsekvensene av sikringstiltaket, samt løsning for bekkelukking og erosjonssikring. 200 års flom + klimapåslag er benyttet som dimensjonerende flom og det er utført flomberegning for Vellingbekken ved sikringstiltaket. Det er utført vanlinjemodellering for å se på konsekvensene av sikringstiltaket, og for å vurdere vannhastighetene og strømningsmønsteret på strekningen.

Oppsummert anbefales følgende sikringstiltak:

- Stabilisering med fylling ved to lokasjoner i Vellingbekken.
- Kulverter gjennom hver av fyllingene.
- Utbedret kulvert under veien til Landfall.
- Erosjonssikring mellom Landfallbakken og Landfall, samt utløpet av kulverten ved Landfall

Sweco Norge AS	967032271
Prosjekt	N/A
Prosjektnummer	N/A
Kunde	N/A
Opprettet av	Anne Johanne Rognstad
Dato	2023-05-24
Dokumentreferanse	Hydrologirapport_Sikringstiltak Landfall og Vellingbekken.docx

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	2
1 Innledning	4
2 Vurdering av løsninger for Vellingbekken – Bekkelukking, bekkeheving og erosjonssikring.	5
3 Flomberegning for Vellingbekken.....	9
3.1 Feltegenskaper.....	9
3.2 Klimaendringer og flomøkning i området	10
3.3 Beregning med flomfrekvensanalyse	10
3.4 Beregning med nasjonalt formelverk	12
3.5 Valgte flomverdier for Vellingbekken ved Landfall	12
3.6 Andre flomstørrelser.....	13
4 Vannlinjemodell	14
4.1 Terrengmodell	14
4.2 Modelloppsett.....	15
4.3 Resultater	18
4.3.1 Dagens situasjon	18
4.3.2 Med sikringstiltak og utbedret kulvert under veien ved Landfall – anbefalt løsning	22
4.3.3 Med sikringstiltak og uten utbedret kulvert under veien til Landfall	24
4.3.4 Vurdering av kulvertstørrelse	25
5 Erosjonssikring	26
6 Referanser.....	30
Vedlegg 1.....	31
Vedlegg 2.....	33
Vedlegg 3.....	34

1 Innledning

Sweco er engasjert som rådgiver av Lier kommune i forbindelse med forbedringstiltak med hensyn på utrasinger og stabilitetssituasjonen på en strekning langs Vellingbekken i Lier. Lier kommune skal søke tilskudd fra NVE for tiltakene. Det gikk et mindre ras i januar og februar 2021 hvor bebyggelse i Landfallbakken 3 var involvert. Dette startet en prosess med å søke støtte hos NVE som resulterte i tilskudd til å utrede kvikkleiresonen for å bedre kunne vurdere behov for sikringstiltak, og senere støtte til dette. Geografisk plassering er vist i Figur 1.

De utførte grunnundersøkelsene viser sammenliknbare resultater med tidligere grunnundersøkelser. Kvikkleiren ligger dypt slik at rotasjonsskred er aktuell bruddform. Kvikkleiren ligger ca.3 meter under bekkenivå.

Utførte stabilitetsberegninger viser at stabiliteten oppstrøms kulverten ved Landfall gård står med lav udrenert sikkerhet, beregnet til 1,01. Nedstrøms kulverten er det noe bedre udrenert sikkerhet, beregnet til 1,11 eller bedre. Den drenerte sikkerheten er i alle snitt 1,2 eller bedre.

Denne rapporten utreder de hydrologiske konsekvensene av sikringstiltaket, samt løsning for bekkelukking og erosjonssikring. 200 års flom + klimapåslag er benyttet som dimensjonerende flom og det er utført flomberegning for Vellingbekken ved sikringstiltaket. Det er etablert vannlinjemodell for å se på konsekvensene av sikringstiltaket, og for å vurdere vannhastighetene og strømningsmønsteret på strekningen.



Figur 1: Geografisk plassering, Landfall i Lier kommune

2 Vurdering av løsninger for Vellingbekken – Bekkelukking, bekkeheving og erosjonssikring.

De geotekniske forholdene er beskrevet i eget notat 10224893_NOT-RIG RIG-04-Stabilitetsnotat, og viser til dette notatet for nærmere vurdering av de geotekniske forholdene. Hovedkonklusjonen er:

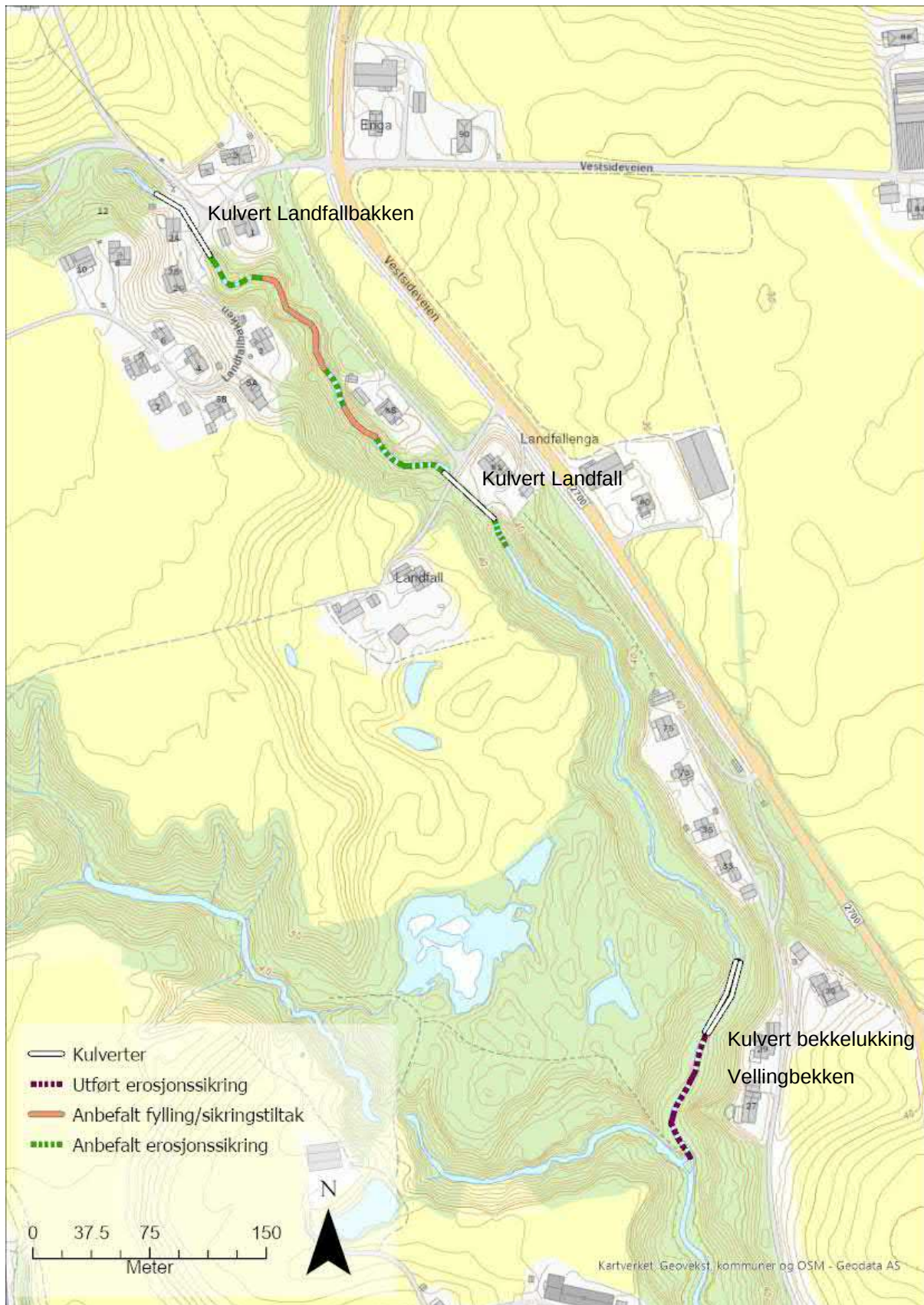
- Beregnet stabilitet i og ved boligområdet ved Landfallbakken er lav. Beregninger viser at udrenert stabilitet i området er beregnet til 1,01 og drenert stabilitet til 1,20.
- Kvikkleiren ligger dypt (2,5-3 meter under bekken) og kritisk skjærsirkel går dypt i form av rotasjonsskred.
- De utførte stabilitetsanalysene viser at etablering av fylling i bunn av bekken effektivt bidrar til økt stabilitet.

Anbefalt sikringstiltak:

Ut fra det lave udrenerte sikkerhetsnivået anbefales en delvis stabilisering av område. Det foreslås å stabilisere lokalt for bebyggelse med om lag 3 meter høy sprengsteinsfylling ved to lokaliteter. Videre anbefales det erosjonssikring av bekken mellom Landfallbakken og Landfall, samt slake ut åpenbare steile skråninger nær bekken.

Det nevnes at det er betryggende at kvikkleiren ligger forholdsvis dypt, 2,5- 3 meter under bekken.. Dette tilsier at det er mindre sannsynlig at kvikkleiren kan bli utsatt av påvirkninger på grunn av initialskred og erosjon.

I Figur 2 er foreslåtte sikringstiltak og utstrekning vist i kart.

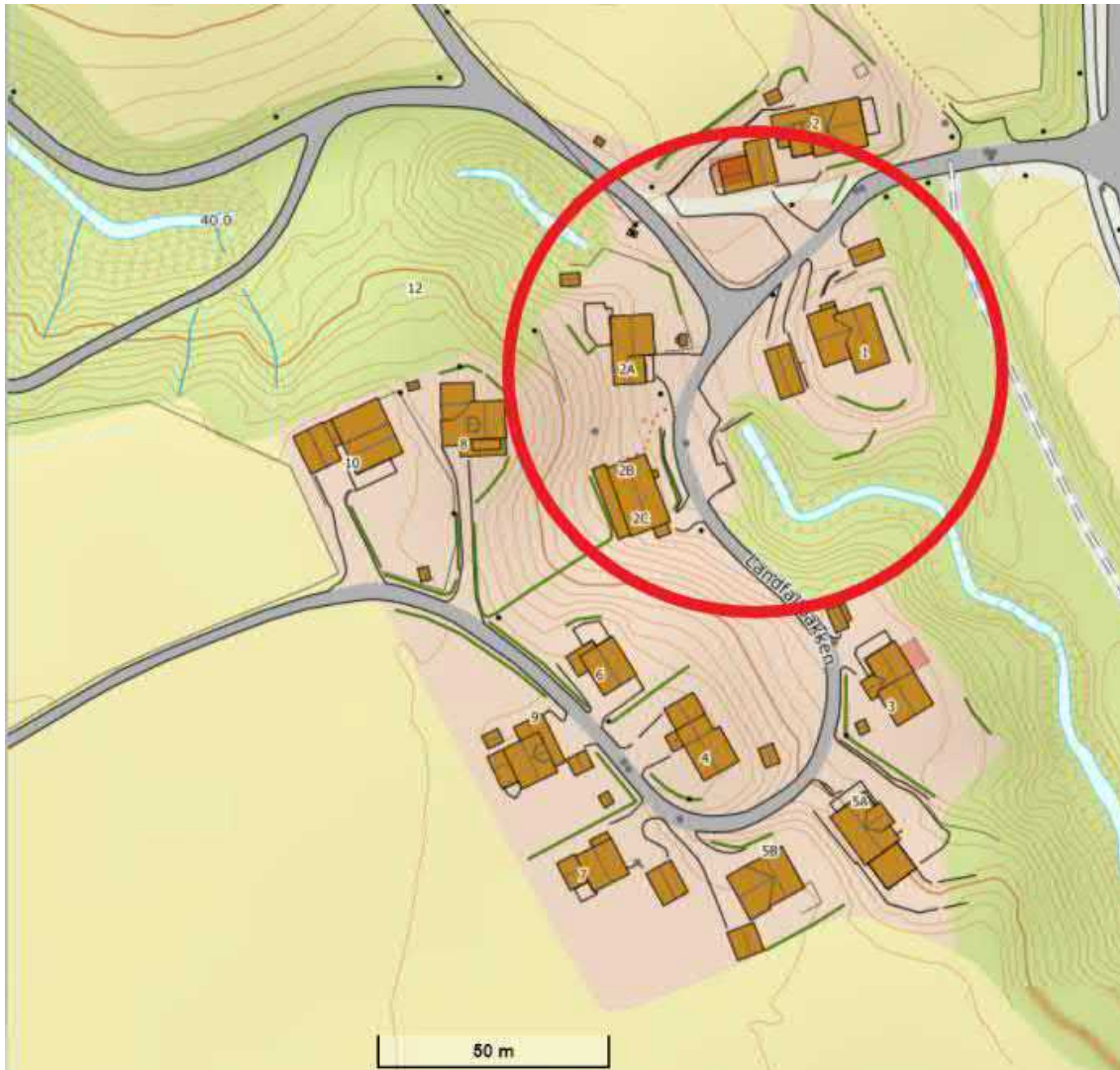


Figur 2: Kartet viser oversikt over eksisterende kulverter, planlagt sikringstiltak med kulvert (oransje) og planlagt erosjonssikring (grønt)

Vurdering av løsning for Vellingbekken:

Dersom Vellingbekken heves med 3 meter ved Landfallbakken ned mot Landfall vil det kunne føre til flomproblematikk for boliger i området, samt problemer med avrenning mot eksisterende infrastruktur. Vellingbekken ved Landfallbakken ligger på ca. kotehøyde 38,00 m. Parkering og vei over kulverten ligger på kote 40,6 m – 41,4 m, og det ligger flere bolighus i området. Kart over Landfallbakken er vist i Figur 3. Kotehøyder er hentet ut fra Scalgo og kontrollmålt i felt.

Størrelsen på sikringen er derfor ikke forenelig med en heving av bekken mellom Landfallbakken og Landfall. Samtidig er det lite fall i bekken oppstrøms Landfallbakken. Dersom bekken heves, vil det påvirke en strekning på minimum 200 meter oppstrøms Landfallbakken.



Figur 3: Kart over Landfallbakken. Området som er markert med rød sirkel vil bli berørt dersom bekken heves. Det foreslås derfor å legge Vellingbekken i rør på deler av strekningen som skal sikres mot skred.

Det foreslås å legge Vellingbekken i rør i de to områdene som skal sikres mellom Landfallbakken og Landfall, markert med oransje i Figur 2. Den delen av bekken som ikke skal sikres med fylling mellom Landfallbakken og Landfall anbefales erosjonssikret. På strekningen som skal erosjonssikres bør bekken følge sitt opprinnelige løp og det er viktig å unngå kanalisering av bekkeløpet. Dette er i henhold til NVEs veileder for sikkerhet mot kvikkleireskred (NVE, 2019)

Det er per i dag flere kulverter/bekkelukkinger i Vellingbekken. Kulvertene i planområdet er markert i Figur 2. Det er behov for utbedringer av kulverten ved Landfall. Denne kulverten har begrenset

kapasitet og det er rapportert om stor oppstuvning av vannstanden under flom. Videre er det en bekkelukking ved Landfallbakken, med rørdiameter på 1000 mm.

Lenger ned i Vellingbekken nedenfor Landfall, er også bekken lagt i rør over en kort strekning. Det er to rør på 850 mm og et rør på 450 mm. Dersom det er aktuelt å legge til rette for fiskevandring på strekningen må det gjøres tiltak her. Naturmangfoldet er beskrevet i et eget Sweco-notat «Miljønotat Vellingbekken»

Anbefalt sikringstiltak for Vellingbekken er:

- Stabilisering med fylling ved to lokasjoner i Vellingbekken.
- Kulverter gjennom hver av fyllingene.
- Utbedret kulvert under veien ved Landfall.
- Erosjonssikring mellom Landfallbakken og Landfall, samt utløpet av kulverten ved Landfall

3 Flomberegning for Vellingbekken

Flomberegningen er gjort i henhold til NVEs veileder for flomberegninger (NVE, 2022)

For tiltak eller byggverk gjelder «Krav til sikkerhet mot naturpåkjenninger» gitt i § 7 i «Forskrift om tekniske krav til byggverk» (Byggteknisk forskrift, TEK 17). Forskriften er gjeldende for konstruksjoner og anlegg. For sikkerhet mot flom skal det dimensjoneres slik at den største nominelle årlige sannsynlighet (returperioden) avhengig av konsekvensgrad ikke overskrides.

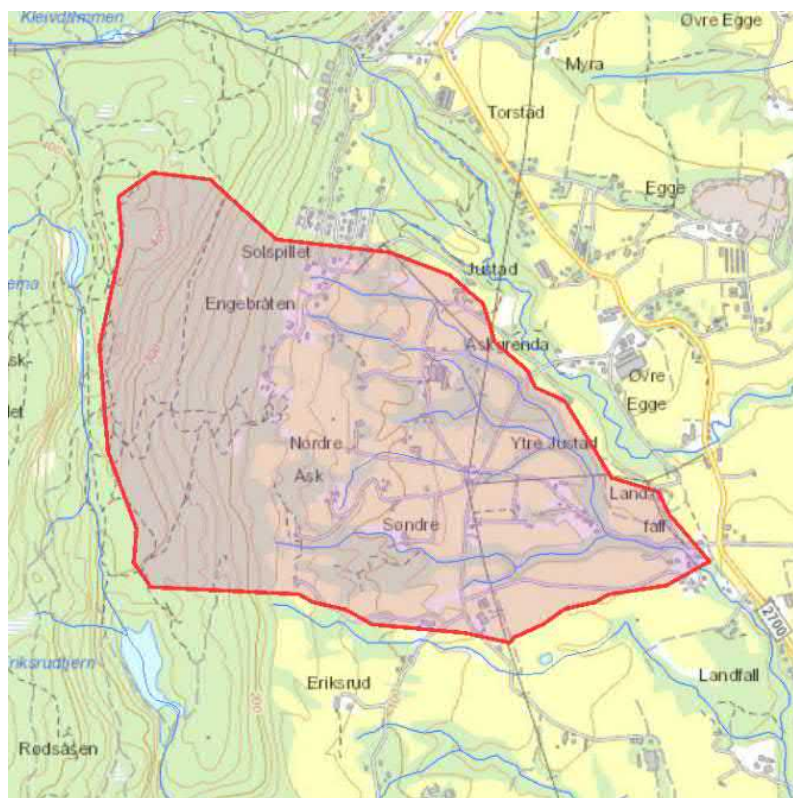
For byggverk/konstruksjoner hvor konsekvens anses som liten er den største nominelle årlige sannsynlighet satt til 1/20 eller 20 års returperiode. For middels konsekvens, her innbefattet boliger med personopphold, er returperioden satt til 200 år, og for byggverk/konstruksjoner med stor konsekvensgrad er returperioden på 1000 år. For tiltaket som skal gjøres i Vellingbekken er det lagt 200 års returperiode til grunn. I notatet er det også oppgitt andre flomstørrelser.

3.1 Feltegenskaper

Det skredutsatte området ved Landfall ligger langs Vellingbekken, som er en sideelv til Lierelva. Underlag for beregningene er hentet fra NVE (NVE Seriekart, HYSOPP, HYDRA II og NEVINA). I Tabell 1 er utvalgte feltopplysninger satt opp, og nedbørfeltet er vist på kart i Figur 4. Nedbørfeltet består av mye dyrket mark samt skogsområder.

Tabell 1: Feltopplysninger for Vellingbekken ved Landfall (A_{SE} er effektiv sjøprosent)

Areal (km ²)	Middelavrenning 1961-90 (l/s pr. km ²)	H _{max} (moh)	H _{min} (moh)	A _{SE} (%)	Skog (%)	Fjell (%)	Dyrket mark (%)
2,0	15,2	414	41	0	57,9	0	36,8



Figur 4: Nedbørfeltet til Vellingbekken ved Landfall. (kilde: NEVINA)

3.2 Klimaendringer og flomøkning i området

Klimaprofil for Oslo og Akershus (2022) gir et kortfattet sammendrag av klimaet, forventede klimaendringer og klimautfordringer, og har fokus på endringer frem mot slutten av århundret (2071–2100). Gjennomsnittlig årstemperatur i Oslo og Akershus er beregnet å øke med cirka 4,0 °C. Den største temperaturøkningen beregnes for vinter og vår, cirka 4,5 °C, mens sommertemperaturen er beregnet å øke med cirka 3,5 °C. Årsnedbøren i Oslo og Akershus er beregnet å øke med cirka 15 %. Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet i alle årstider. Nedbørmengden for døgn med kraftig nedbør forventes å øke med cirka 20 %. For varigheter kortere enn ett døgn, er det indikasjoner på enda større økning (Norsk klimaservicesenter 2022).

Klimaframskrivninger tyder på en økt tendens for høst-/vinterflomvannføringen i nedbørfelt som ligger mindre enn 100 km fra kysten. Det er anbefalt et klimapåslag på minst 20 prosent økning for alle nedbørfelt med areal < 100 km² og andre mindre nedbørfelt som reagerer raskt på styrtregn (Lawrence 2016).

NCCS (2019) har utarbeidet klimapåslag for korttidsnedbør. Det er anbefalt å benytte oppdaterte klimapåslag for nedbør i planlegging og dimensjonering av infrastruktur som er eller kan bli sårbar for store nedbørmengder mot slutten av århundret. Anbefalte klimapåslag for endring i dimensjonerende korttidsnedbør fram til 2071-2100 for ≥ 50 års returverdier er 30 - 50 prosent avhengig av varighet (NCCS, 2019). For regnskyll med varighet på under 1 time anbefales det klimapåslag på 50 prosent.

	Dimensjonerende gjentakintervall < 50 år	Dimensjonerende gjentakintervall ≥ 50 år
≤ 1 time	40 %	50 %
>1 - 3 timer	40 %	40 %
>3 - 24 timer	30 %	30 %

Figur 5 Klimapåslag for kraftig nedbør, avhengig av varighet og dimensjonerende gjentakintervall.

Anbefalt klimapåslag på flomvannføring er minst 20 % for Oslo og Akershus (Norsk klimaservicesenter 2022). I nedbørfelt som reagerer svært raskt på nedbør, og dermed er spesielt utsatt for økning i korttidsnedbør, anbefaler NVE at en benytter 40 % påslag i vannføring. I praksis betyr dette at om et nedbørfelt er mindre enn ca. 10 km² anbefales 40 % påslag i vannføring uavhengig av nedbørfeltets andre egenskaper (NVE, 2022).

Vellingbekken ved Landfall har et nedbørsfelt på 2 km², og samlet består feltet av 57,9 prosent skog, og 36,8 prosent dyrket mark. Nedbørfeltet er relativt lite, og responstiden vil være mellom 1 og 3 timer. Med bakgrunn i feltstørrelsen og responstiden anbefales det å legge til et klimapåslag på 40 prosent på beregnet kulminasjonsvannføring.

3.3 Beregning med flomfrekvensanalyse

Tre avløpsstasjoner er vurdert for flomfrekvensanalyse. Ved utvelgelse av mulige sammenlikningsstasjoner ble det lagt vekt på beliggenhet i forhold til skredutsatte områder ved Vellingbekken samt størrelse på nedbørfeltet og tilgjengelig dataperiode. I tillegg måtte stasjonen være uregulert. Aktuelle feltdata for avløpsstasjonene er vist i Tabell 2, og beliggenheten til stasjonene er vist på kartet i Figur 6.



Figur 6 Beliggenheten til vurderte avløpsstasjoner (lokalisering skredutsatt område (Vellingbekken ved Landfall) er også vist)

Tabell 2 Felldata for vurderte avløpsstasjoner

	11.4 Elgtjern	8.6 Sæternbekken	6.10 Gryta
Dataperiode	1975-dd	1971-dd	1967-dd
Normal årsavrenning l/s pr. km ²	19,21	17,56	20,87
Felt km ²	6,63	6,28	7,03
H _{max} moh	637	420	435
H _{min} moh	430	120	165
A _{SE} %	3,62	0,01	0,41
Skog %	85,67	93,26	94,47

NVE Seriekart oppgir at 8.6 Sæternbekken har meget bra kurvekvalitet på stor vannføring.

For 6.10 Gryta oppgir NVE Seriekart at kurvekvaliteten er bra på stor vannføring. I HYSOPP oppgis det at stasjonen har noe usikker flomvannføring mellom ca. 1985 og 2005 pga. oppstuing fra kulvert nedstrøms dam.

For 11.4 Elgtjern er det ingen kommentarer til kurvekvalitet. I HYSOPP oppgis det at stasjonen har få flommålinger.

Det er valgt å gjøre flomfrekvensanalyse fra de tre vurderte måleseriene. Ved alle stasjonene er det registrert store flommer spredt over året, og det er valgt å gjøre analysen på årsflomverdier.

Resultatene fra frekvensanalysen er vist i tabell 3. Det ble gjort beregninger i programmet DAGUT. Plott fra analysen er vist i vedlegg 1.

Tabell 3 Resultater flomfrekvensanalyse, årsflommer av en dags varighet

Stasjon	Q _M l/s pr. km ²	Q ₂₀ l/s pr. km ²	Q ₂₀₀ l/s pr. km ²	Q ₁₀₀₀ l/s pr. km ²	Fordeling
6.10 Gryta	227	378	501	576	GEV
8.6 Sæternbekken	248	473	689	839	Gumbel

11.4 Elgtjern	254	489	718	876	Gumbel
---------------	-----	-----	-----	-----	--------

NVEs erfaringstall for små felt (< 50 km²) på Østlandet oppgir største døgnmiddelverdier fra 600 - 1200 l/s pr. km². De største verdiene er i meget små felt, hvor de i noen tilfeller kan være opp mot 1500 l/s pr. km², eller i felt langt vest i området.

Flomfrekvensanalysen resulterte i flomverdier som stemmer godt overens med NVEs erfaringstall, med unntak av 6.10 Gryta som ligger noe lavt. Både 8.6 Sæternbekken og 11.4 Elgtjern får flomverdier for 1000-årsflom på ca. 850 l/s pr. km².

Flomfrekvensanalysen for 11.4 Elgtjern og 8.6 Sæternbekken ga Q₂₀₀ på hhv 689 og 718 l/s pr. km², og kan sies å være i samme størrelsesorden.

For å bestemme den høyeste momentanverdien på tilløpsflommen i løpet av døgnet med størst flom, er det gjort beregninger av forholdstallet mellom momentan- og døgnmiddelflom for vår- og høstflommer, med formler gitt i NVEs Retningslinjer for flomberegninger. For nedbørfeltet til Vellingbekken ved Landfall er det høstflommene som har det høyeste forholdstallet lik 2,19, og dette er derfor valgt for denne flomberegningen.

3.4 Beregning med nasjonalt formelverk

NVE har, som del av prosjektet «NATURFARE – infrastruktur, flom og skred (NIFS)», et samarbeidsprosjekt mellom NVE, Jernbaneverket og Statens vegvesen, utarbeidet et nasjonalt formelverk for flomberegninger i små nedbørfelt (< 50 km²). Formelverket beregner flommer med ulike gjentakintervall, fra 5 år til 1000 år. Det er kulminasjonsverdier som beregnes.

Feltet til Vellingbekken ved Landfall er godt under 50 km².

Flomindeksrapport fra NEVINA (vedlegg 2) viser flomberegning med NIFS-metodikken. Med NIFS-metodikken er kulminasjonsvannføringen på tilløpsflommen beregnet, og resultatene er vist i Tabell 4. I tabellen er også største døgnmiddelverdi estimert med bruk av forholdstallet på 2,19, beregnet for nedbørfeltet Vellingbekken ved Landfall.

Tabell 4: Flomverdier i Vellingbekken ved Landfall beregnet med nasjonalt formelverk (NIFS)

Flomstørrelse	Kulminasjonsverdi		Døgnverdi	
	m ³ /s	l/s pr. km ²	m ³ /s	l/s pr. km ²
Middelflom (Q _M)	0,94	468	0,43	213
Q ₂₀₀	2,7	1350	1,1	570

Både middelflom, 200-års flom og 1000-års flom beregnet med nasjonalt formelverk resulterte i noe mindre flommer enn flomfrekvensanalysen. Omregnet til døgnmiddelverdier resulterte beregningene med NIFS-formelverket i flomverdier som ligger innenfor NVEs erfaringsverdier for små felt på Østlandet.

3.5 Valgte flomverdier for Vellingbekken ved Landfall

Flomfrekvensanalysen resulterte i flomverdier Q₂₀₀ som spriker fra ca. 500 l/s pr. km² i øst og ca. 700 lenger vest. Gryta er vurdert til å gi noe lave flomverdier, mens Sæternbekken og Elgtjern ligger i samme størrelsesorden som NVEs erfaringstall for små felt på Østlandet.

Beregning med nasjonalt formelverk (NIFS) resulterte i flomverdier som ligger noe lavere enn resultatene fra flomfrekvensanalysen, men fortsatt innenfor NVEs erfaringstall for små felt på Østlandet.

Vellingbekken ved Landfall ligger plassert mellom Elgtjern og Sæternbekken, og begge feltene har en feltstørrelse på ca. 6 -7 km². Elgtjern ligger noe høyere i terrenget og har betraktelig høyere A_{SE} enn

nedbørfeltet til Vellingbekken ved Landfall. Sæternbekken har lav A_{SE} og et høyderelieff som sammenfaller godt med nedslagsfeltet til Vellingbekken.

Det er valgt å legge flomfrekvensanalyse til grunn for beregningene, og Sæternbekken er vurdert til å være en god og representativ stasjon for feltet til Vellingbekken ved Landfall. Feltet til Vellingbekken består av en del mer dyrka mark som kan gi noe høyere avrenning, sammenlignet med Sæternbekken. Det er derfor valgt å runde opp til en spesifikk Q_{200} på 700 l/s pr. km^2 . Med en kulminasjonsfaktor på 2,19 gir dette en kulminasjonsverdi for Q_{200} på 1533 l/s pr. km^2 , som resulterer i en flomverdi på 3,1 m^3/s . Inkludert et klimapåslag på 40 prosent blir kulminasjonsflommen for Q_{200} 4,3 m^3/s . Resultatene er også vist i Tabell 5.

Tabell 5 Valgte 200-års flomverdier i Vellingbekken ved Landfall

Flomstørrelse	Døgnmiddelverdi		Kulminasjonsverdi		Kulminasjonsverdi med 40 % klimapåslag	
	m^3/s	l/s pr km^2	m^3/s	l/s pr. km^2	m^3/s	l/s pr. km^2
Q_{200}	1,4	700	3,1	1533	4,3	2146

3.6 Andre flomstørrelser

I Tabell 6 oppgis kulminasjonsverdier for ulike gjentaksintervall for Vellingbekken ved Landfall. Forholdstallet er hentet fra flomfrekvensanalysen, og er basert på beregningen for 8.6 Sæternbekken.

Tabell 6 Kulminasjonsverdier ved ulike gjentaksintervall. Dimensjonerende flom Q_{200} er uthevet i fet skrift.

Flomstørrelse	Spesifikk avrenning l/s km^2	Kulminasjonsverdi m^3/s	Kulminasjonsverdi m^3/s med 40 % klimapåslag	Forholdstall Q_T/Q_M
Q_M	551	1,1	1,5	1
Q_5	749	1,5	2,1	1,360
Q_{10}	904	1,8	2,5	1,640
Q_{20}	1052	2,1	2,9	1,910
Q_{50}	1245	2,5	3,5	2,259
Q_{100}	1389	2,8	3,9	2,520
Q_{200}	1533	3,1	4,3	2,780
Q_{500}	1721	3,4	4,8	3,124
Q_{1000}	1864	3,7	5,2	3,383

4 Vannlinjemodell

Alle hydrauliske beregninger er utført i HEC-RAS-2D 6.3.1 (HecRAS, 2022). Det er utført 2D-beregning i HEC-RAS med beregningsmetoden «SWE-ELM».

Inngangsdata til HEC-RAS-2D er en terrengmodell, ruhet (Manningskoeffisient) og grensebetingelser.

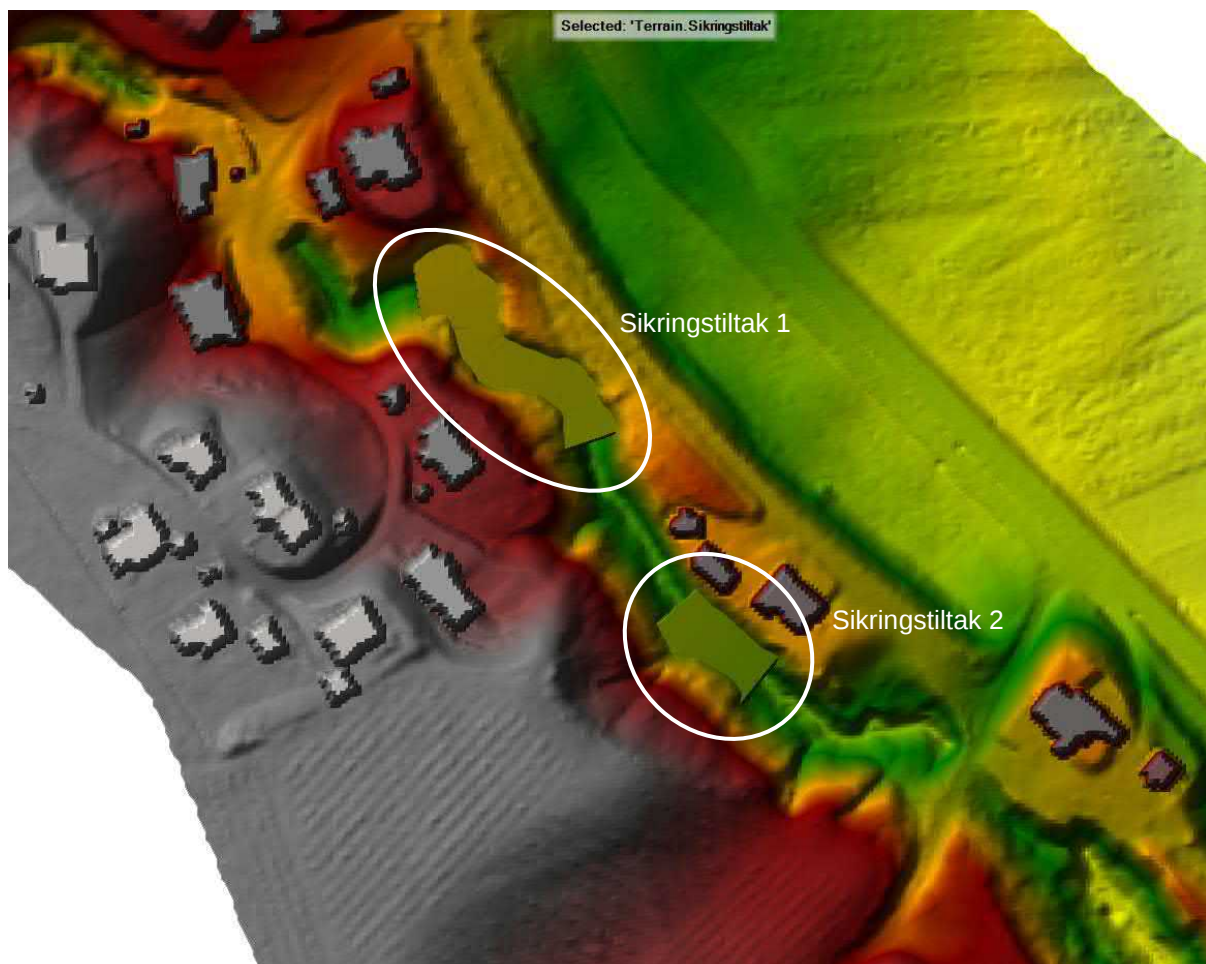
4.1 Terrengmodell

Terrengmodellen er hentet fra scalgo, og har en oppløsning på 1 m. Terrengmodellen gir vannoverflaten i Vellingbekken, ikke bunntopografien. Vellingbekken er en mindre bekk og det er usikkerhet knyttet til terrengdataene, men dataene er ansett som tilstrekkelig for å finne en løsning for sikringstiltaket. Terrengdata er benyttet slik det foreligger.

Terrengmodellen er satt opp med en horisontal oppløsning på 1*1 meter i og langs Vellingbekken.

For terrengmodell med sikringstiltak er det lagt inn hevet terreng på 3 meter i bekkeleiet, markert som sikringstiltak 1 og 2 i Figur 7. Terrengtet er editert i ras-mapper.

Alle topografiske data er oppgitt i UTM-sone 32N og NN2000 som høydereferanse.



Figur 7 Terrengmodell med sikringstiltak. Terrenggrunnlag er hentet fra Scalgo og terrengeditering er gjort i ras-mapper.

4.2 Modelloppsett

Manningsverdiene er satt til 0,04 i bekkeleiet, og 0,07 i annet terreng. Mannings ruhetstall er vurdert i henhold til tabell 4.1 i Vassdragshåndboka (Tharan Fergus, 2010). Det er satt opp en modell basert på dagens situasjon og en modell for en situasjon med sikringstiltak. Modelloppsettet er vist i Tabell 7 og visualisert i Figur 8 for dagens situasjon og i Figur 9 for situasjon med sikringstiltak.

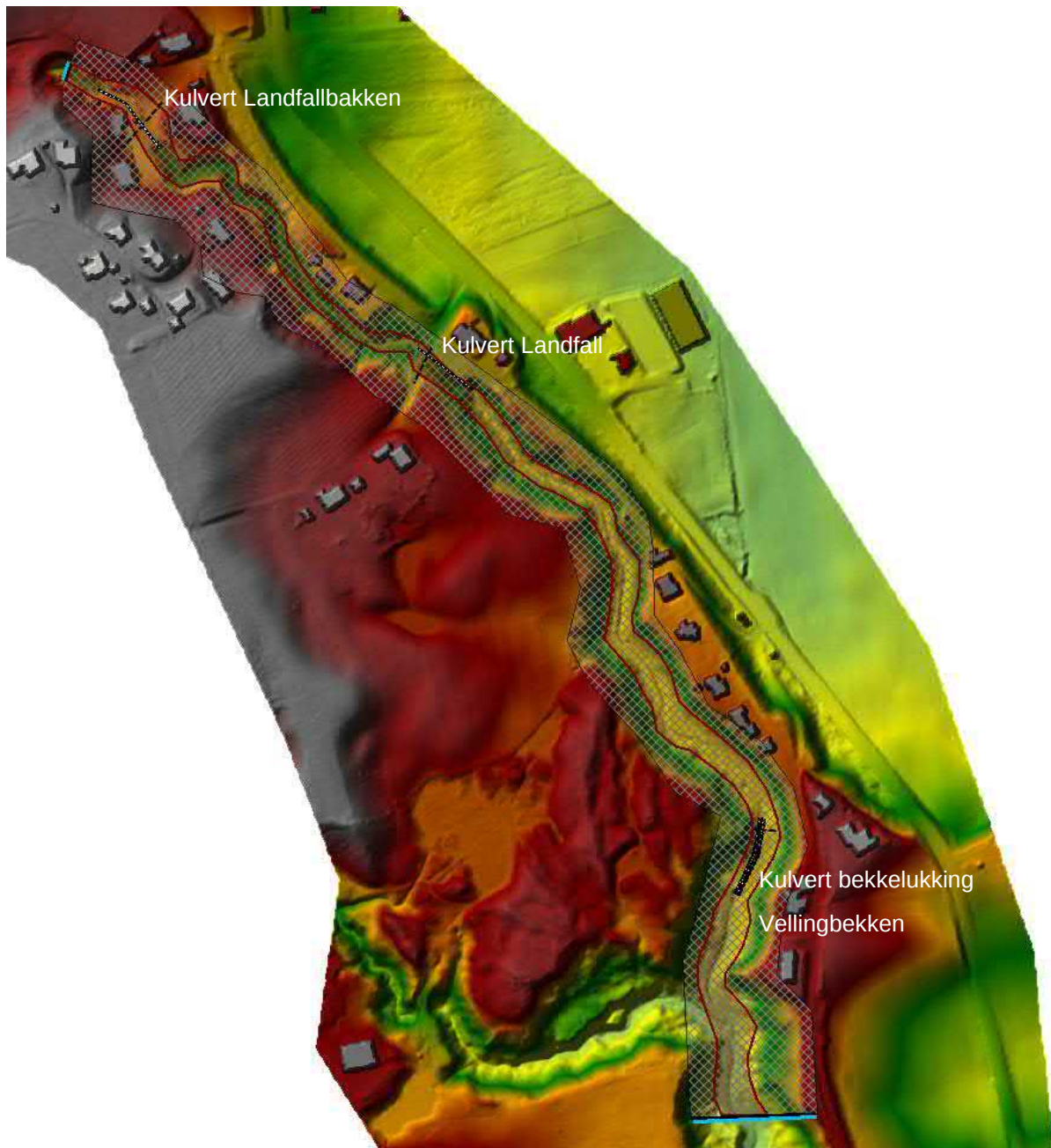
Det er tre kulverter på strekningen i dag. Disse er målt inn og lagt inn i modellen. Eksisterende kulverter har følgende dimensjoner:

- Kulvert ved Landfallbakken 1000 mm
- Kulvert ved Landfall 1.2*0.75 m
- Kulvert ved bekkelukking Vellingbekken 2*850 mm + 1*450 mm.

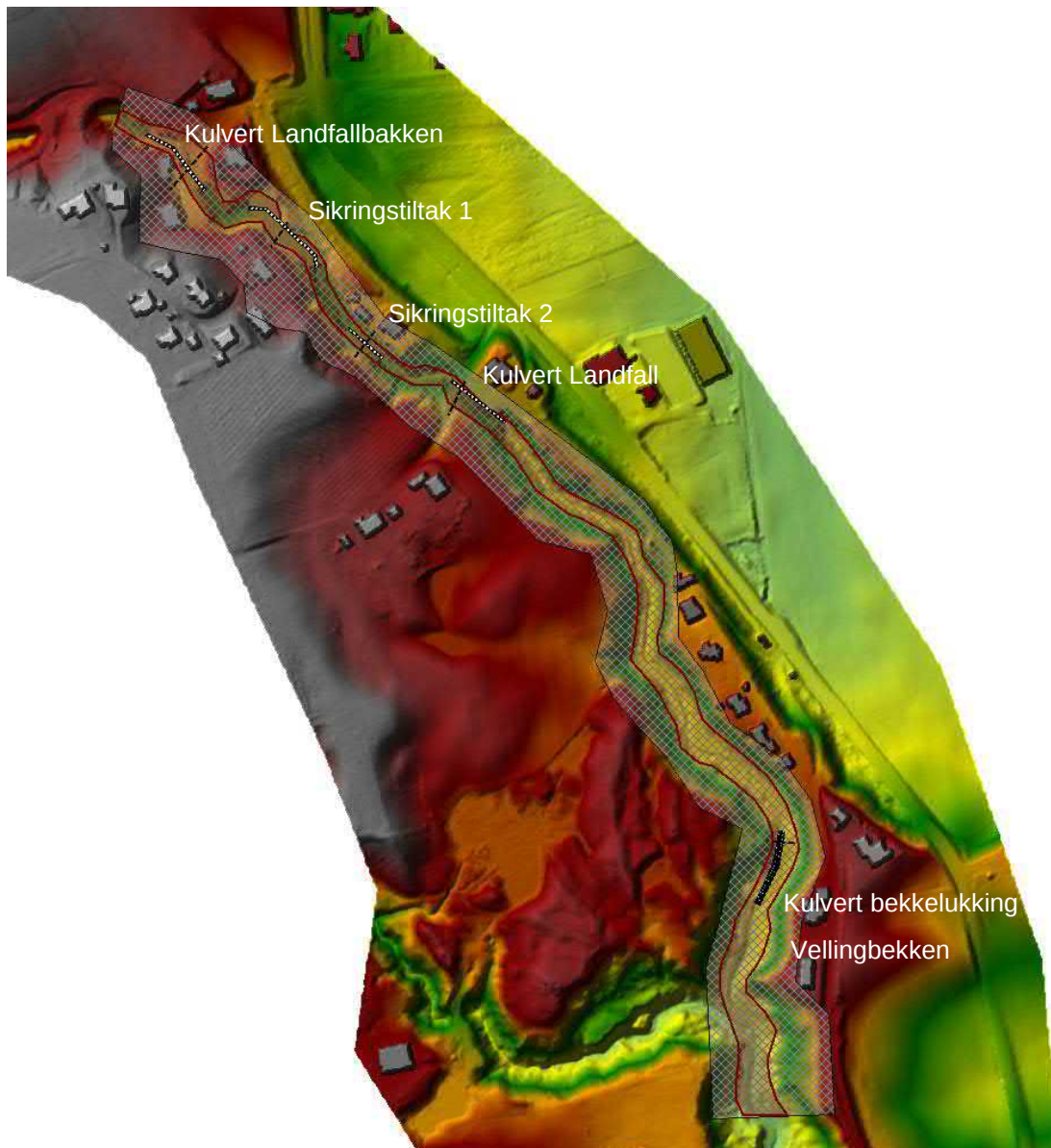
For sikringstiltakene er det lagt inn en kulvertdimensjon på 2000 mm.

Tabell 7 Modelloppsett for dagens situasjon og for en situasjon med innførte sikringstiltak.

Parametere	Modell dagens situasjon	Modell med sikringstiltak
Ruhet (Bekkeleiet/Terrenget)	0,04/0,07	0,04/0,07
Oppløsning i terrengmodellen	1 meter	1 meter
Cellestrørrelse i beregningsgrid	1*1 meter i bekk, 3*3 meter i terreng	1*1 meter i bekk, 3*3 meter i terreng
Oppstrøms grensebetingelse	Innløpshydrogram dimensjonerende flom og middelflom	Innløpshydrogram dimensjonerende flom og middelflom
Nedre grensebetingelse	Normaldybde tilpasset terreng	Normaldybde tilpasset terreng



Figur 8: Modelloppsett og terrengmodell dagens situasjon Vellingbekken



Figur 9: Modeloppsett og terreng med sikringstiltak i Vellingbekken

4.3 Resultater

4.3.1 Dagens situasjon

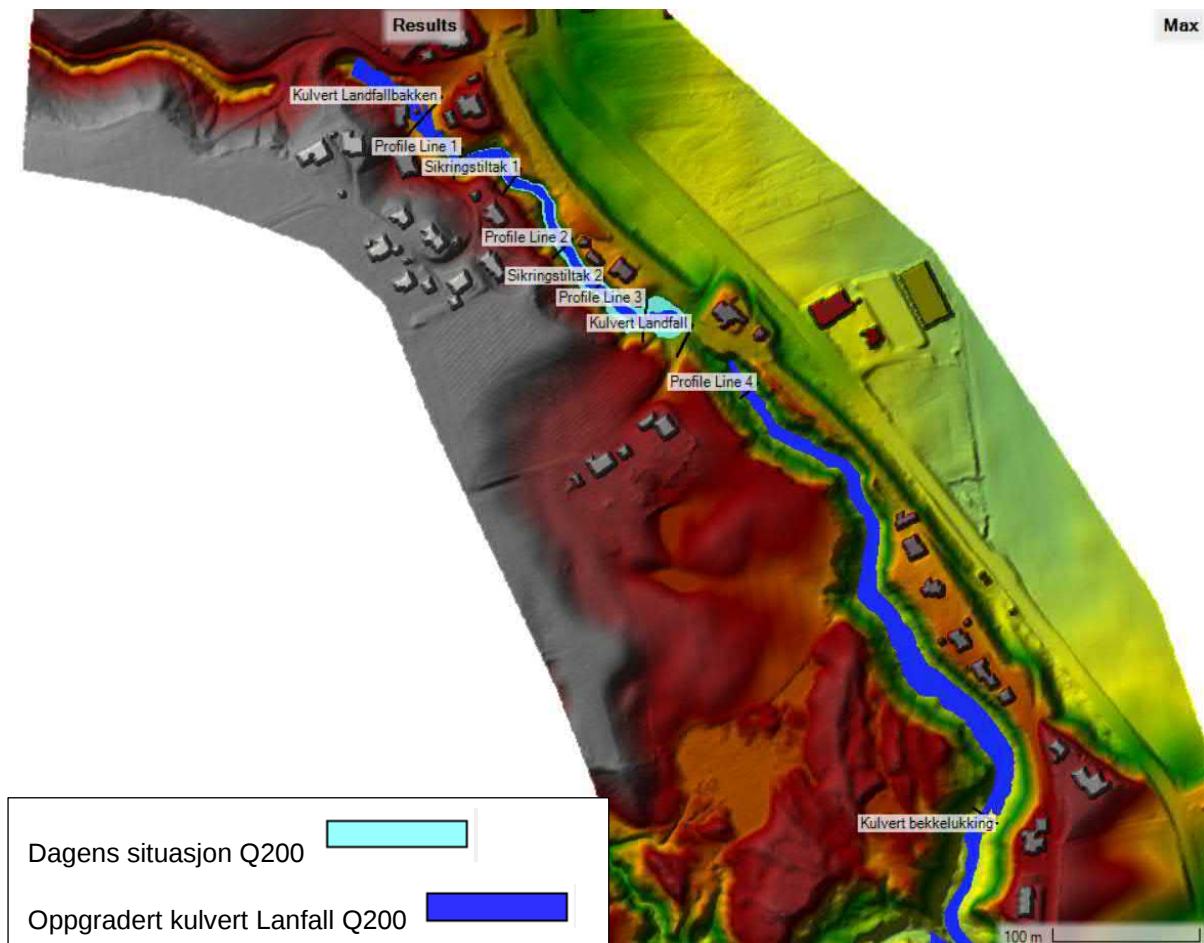
Resultatene for dagens situasjon viser at kulvertkapasiteten er for liten ved samtlige kulverter på strekningen ved dimensjonerende flom (Q200+klima). Det flommer over veien ved Landfallbakken, og det oppstår oppstuvning av vannstanden ved Landfall. Videre nedover i vassdraget er det også for liten kapasitet for kulvert ved bekkelukkingen.

Oppstuvningen ved Landfall er et kjent problem og grunneier rapporterer om stadig høy vannstand her. I erosjonsrapporten (vedlegg 3) konkluderes det med at oppstuvning av vannstanden også kan være en av grunnene til erosjon. Når vannstanden synker, blir det rask endring i porevannstrykket, som kan forårsake grunnvannsbrudd.

Det er ikke registrert stor erosjon eller rapportert om problemer knyttet til kulvert ved Landfallbakken og kulvert ved bekkelukkingen lenger ned i Vellingbekken.

Det er gjort en modellkjøring hvor kulverten ved Landfall er oppgradert. Resultatet viser at oppstuvningseffekten ved Landfall er stor og påvirker helt opp til Landfallbakken. Ved profillinje 3 (Figur 10) er oppstuvningseffekten under dimensjonerende flom på 1,7 meter. For å oppnå god flomavledning, samt redusere erosjonsproblematikken på strekningen mellom Landfallbakken og Landfall anbefales det å oppgradere kulverten ved Landfall. I tillegg vil en oppgradering av kulverten ved Landfall redusere omfanget av erosjonssikringen, siden dimensjonerende vannstand vil bli vesentlig lavere.

Vannstander og flomutbredelse med og uten økt kulvertkapasitet ved Landfall er vist i Figur 10 og Tabell 8.



Figur 10 Vannstander dagens situasjon ved dimensjonerende flom, men og uten oppgradering av kulvert ved Landfall.

Tabell 8 Vannstander ved utvalgte profillinjer ved dimensjonerende flom, dagens situasjon, men og uten oppgradering av kulvert ved Landfall.

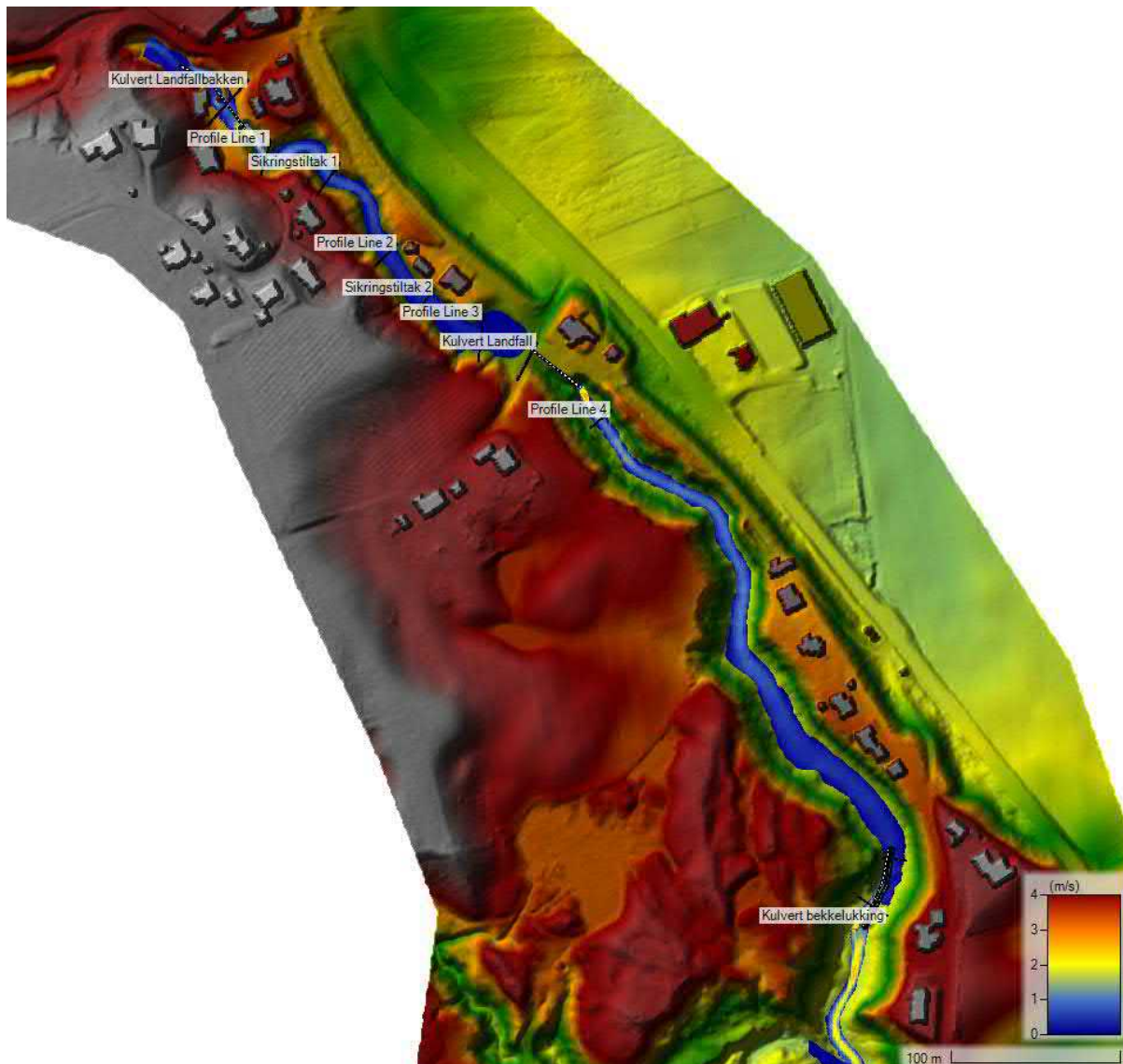
Profilinje	Vannstand dagens situasjon (moh)	Vannstand dagens situasjon med ny kulvert ved Landfall (moh)	Differanse (m)
1	38.64	38.52	0.12
2	38.44	37.28	1.16
3	38.43	36.71	1.72
4	34.45	34.48	-0.03

Vannhastigheten på strekningen varierer, som vist i Figur 11 og Figur 12 . Ved kulminasjonen er vannhastighetene mellom Landfallbakken og Landfall lave på grunn av oppstuvning fra kulverten ved Landfall. Siden kulverten har oppstuvende effekt mellom Landfallbakken og Landfall er det hentet ut vannhastigheter ved stigende og avtagende vannføring, Figur 12. Under stigende og avtagende vannføring ved dimensjonerende flom er hastighetene høyere enn ved kulminasjonen, opp mot 1,5 til 2 m/s. I tillegg er det gjort modellkjøringer på middelflom. Vannhastighetene ligger noe lavere ved middelflom enn ved stigende og avtagende vannføringer under dimensjonerende flom. Vannhastighetene ved utvalgte profillinjer er vist i Tabell 9.

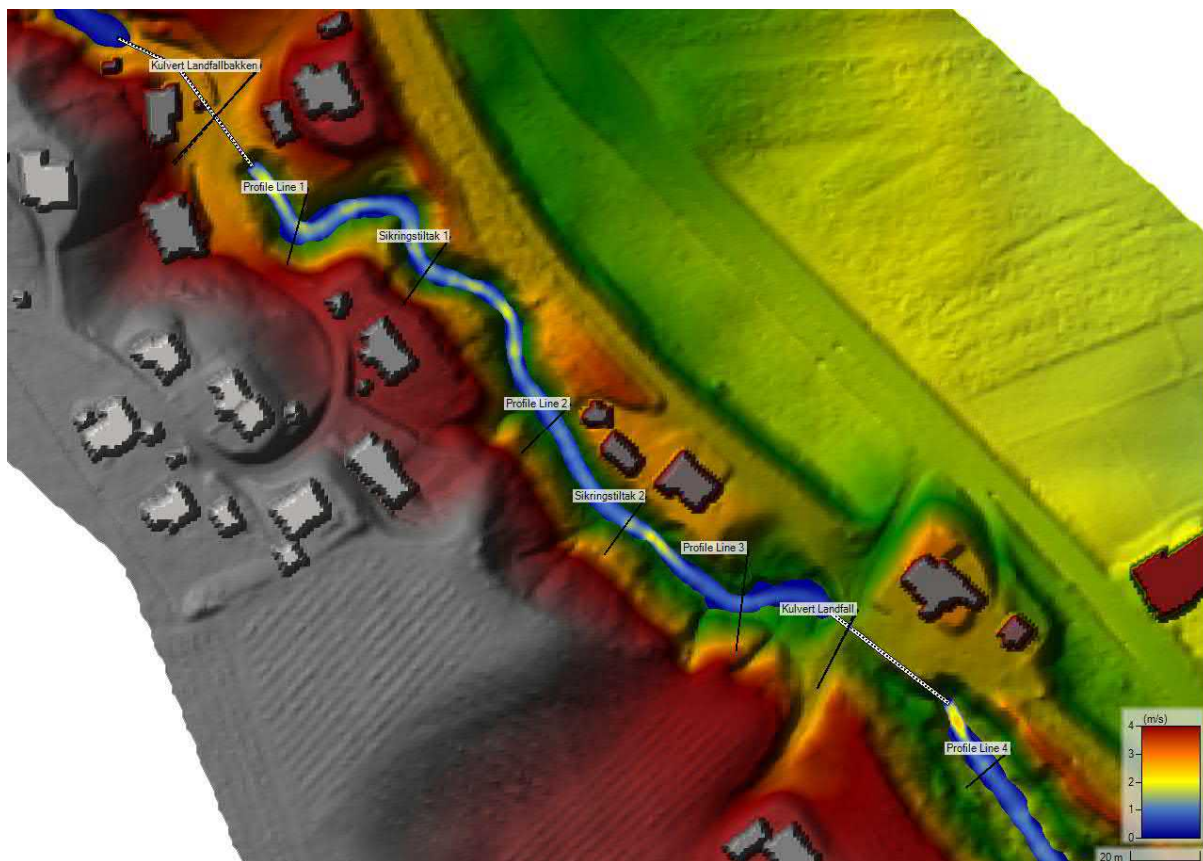
De største vannhastighetene ved kulminasjon er ved utløpet av kulverten ved Landfall og nedenfor bekkelukkingen i Vellingbekken. Her er vannhastighetene opp mot 3 m/s. Nedenfor kulverten ved Landfall er det registrert erosjon, og det anbefales oppgradering av kulverten og erosjonssikring av innløp og utløp som en del av sikringstiltaket. Nedenfor bekkelukkingen i Vellingbekken, der det også

er registrert høyere vannhastigheter, er det tidligere utført erosjonssikring, og det er ikke behov for ytterligere tiltak her.

I Vellingbekken mellom Landfall og bekkelukkingen i Vellingbekken er vannhastighetene i størrelsesorden 0,5 til 1,2 m/s. Det er registrert noe erosjon i bekken på denne strekningen, men ingen større utglidninger eller erosjon i skråningsfot. Se vedlegg 3 for erosjonsvurderingene. For videre vurdering av sikringstiltaket fokuserer rapporten på området mellom Landfallbakken og Landfall. Det er ikke vurdert som nødvendig med ytterligere sikringstiltak videre nedover i bekken.



Figur 11 Vannhastigheter i Vellingbekken ved dimensjonerende flom, dagnes situasjon.



Figur 12 Vannhastigheter i Vellingbekken på strekningen som skal sikres ved dagens situasjon forstigende vannføring under dimensjonerende flom. Resultatene viser at vannhastighetene er høyere ved stigende og avtagende vannføringer enn under dimensjonerende flom, før oppstuvningen inntreffer.

Tabell 9 Vannhastigheter i Vellingbekken, dagens situasjon, under kulminasjon og ved stigende vannføring. Vannhastighetene blir lavere under kulminasjon på grunn av oppstuvning av vannstanden ved Landfall.

Profilinje	Kulminasjon dimensjonerende flom (m/s)	Høyeste vannhastighet under stigende vannføring ved dimensjonerende flom (m/s)
1	1.4	2.0
2	0.4	1.0
3	0.3	1.4
4	1.3	1.3

4.3.2 Med sikringstiltak og utbedret kulvert under veien ved Landfall – anbefalt løsning

Dette er den anbefalte løsningen for sikringstiltaket. Sikringstiltaket innebærer:

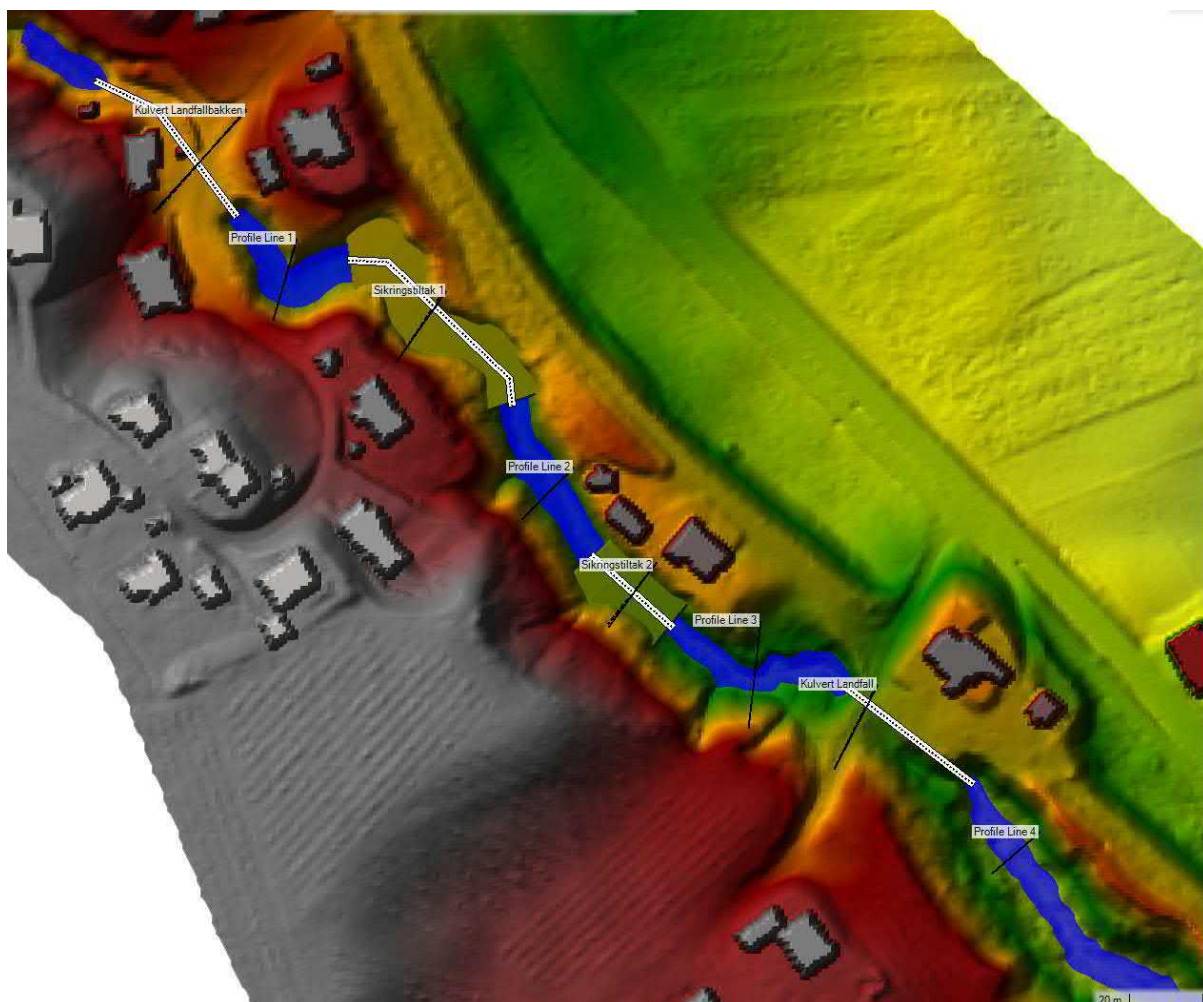
- Stabilisering med fylling ved to lokasjoner i Vellingbekken. Markert med sikringstiltak 1 og 2.
- Kulverter gjennom hver av fyllingene. Benyttet dimensjon i modellen 2000 mm.
- Utbedret kulvert under veien til Landfall. Benyttet dimensjon i modellen 2000 mm.
- Erosjonssikring mellom Landfallbakken og Landfall, samt utløpet av kulverten ved Landfall.

Det er ikke planlagt å oppdatere kulverten ved Landfallbakken som en del av sikringstiltaket. I modellen er det allikevel lagt inn økt kulvertkapasitet her, slik at hastighetene ut av kulverten blir «worst case scenario» dersom det gjøres fremtidige endringer her.

Det er gjort modellkjøring med dimensjonerende flom og ved middelflom. Maks vannstand ved dimensjonerende flom er vist i Figur 13.

Resultatene viser at det er tilstrekkelig med rørdiameter i størrelsesorden 2000 mm. Eksakt utforming, antall rør og dimensjon vurderes nærmere i detaljplanfasen.

Effekten av å oppgradere kulverten ved Landfall er stor. Sammenlignet med dagens situasjon senkes vannstanden ved profillinje 3 med 1.7 m

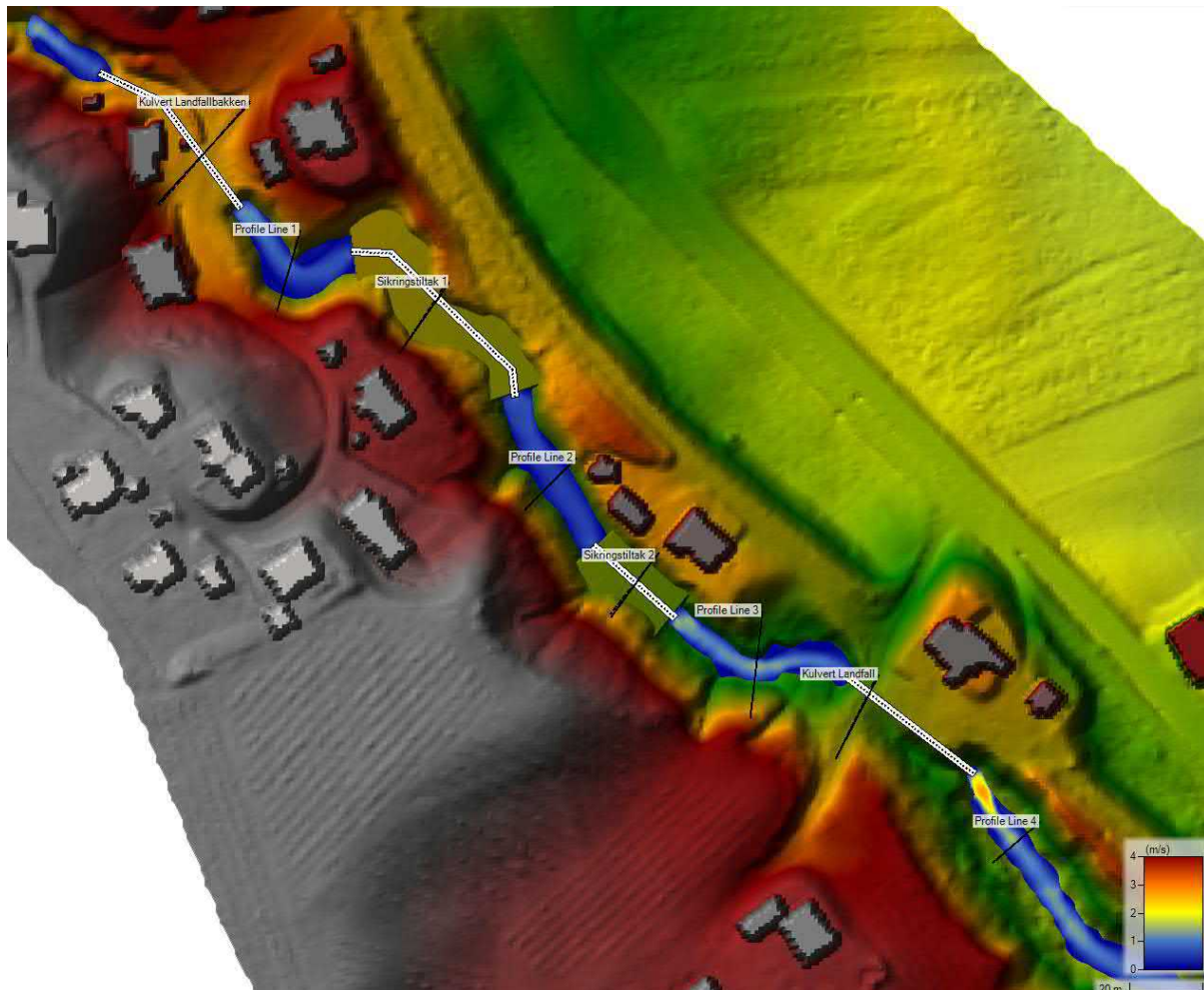


Figur 13 Vannstand og vanndekt areal med sikringstiltak og oppgradering av kulverten ved Landfall.

Vannhastigheten på strekningen varierer, som vist i Figur 14. Utløp av kulvertene har de største hastighetene på opp mot 1.5 til 3 m/s. Øvrige deler av bekken har vannhastigheter på 0.5 til 1.5 m/s under kulminasjonen. Det er vurdert om kulvertene kan ha oppstuvende effekt som kan gi lavere hastigheter på strekningen. Under stigende og avtagende vannføring ved dimensjonerende flom er

hastigheten noe lavere enn ved kulminasjonen. I tillegg er det gjort modellkjøringer på middelflom for å vurdere vannhastigheter. Vannhastighetene ligger noe lavere eller tilsvarende ved middelflom som ved dimensjonerende flom, med unntak av ved profilinje 3, hvor hastighetene ligger noe høyere. Det generelle bildet er at vannhastighetene allerede ved middelflom ligger i nærheten av hastighetene under større flommer.

Vannstand og vannhastighet for dimensjonerende flom og middelflom ved utvalgte profiler er vist i Tabell 10.



Figur 14 Vannhastigheter ved dimensjonerende flom med sikringstiltak og oppgradering av kulvert ved Landfall.

Tabell 10 Vannstand og vannhastighet med sikringstiltak og utbedring av kulvert ved Landfall for dimensjonerende flom og Qm. Det er hentet ut vannstand og vannhastigheter for profilinje 1 til 4.

Profil	Vannstand Q_{200} (moh)	Vannstand Q_m (moh)	Vannhastighet kulminasjon Q_{200} (m/s)	Vannhastighet Q_m (m/s)
1	39.12	38.28	0.8	0.8
2	38.00	37.17	0.5	0.4
3	36.65	35.98	1.4	1.5
4	34.49	34.02	1.3	1.0

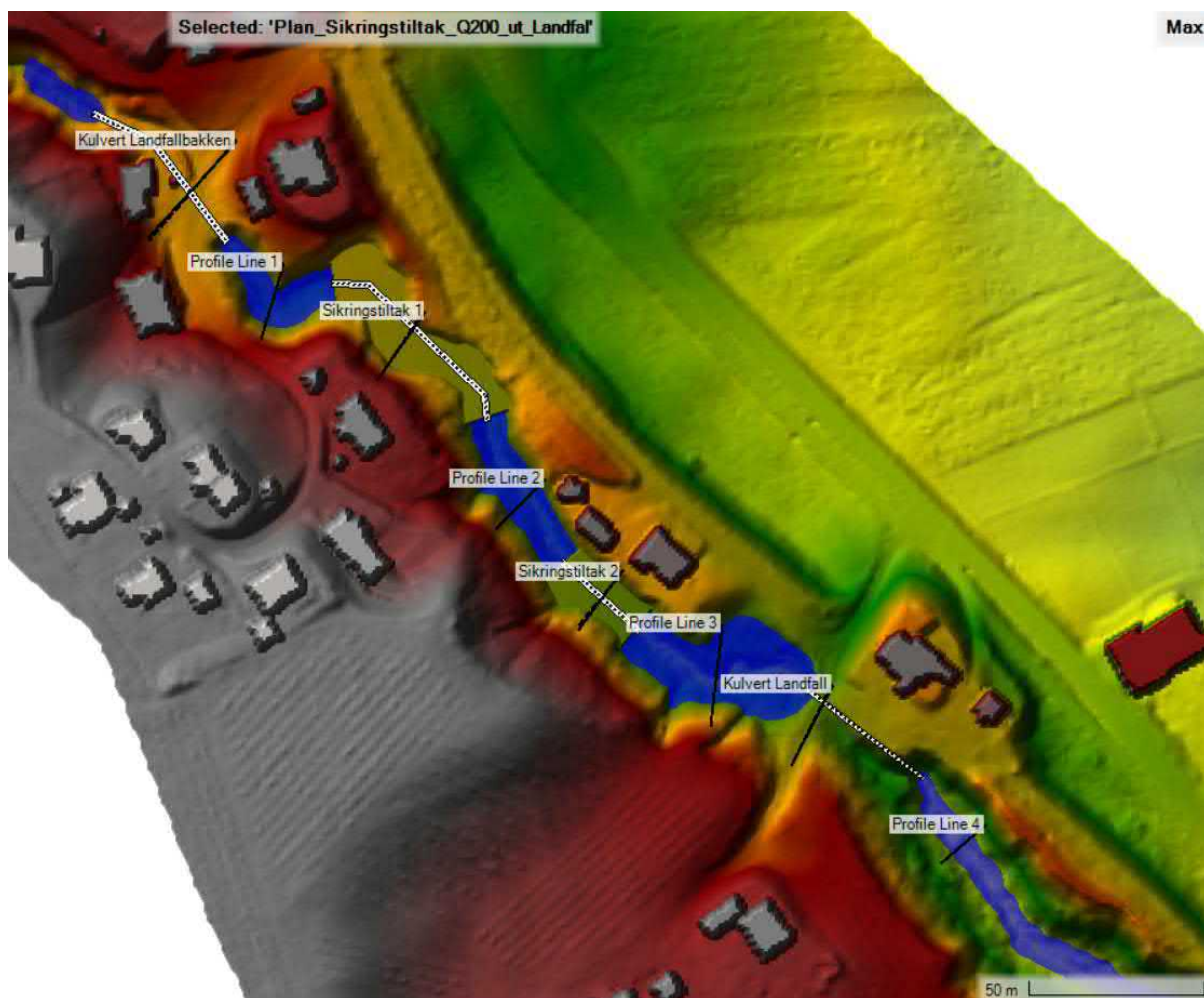
4.3.3 Med sikringstiltak og uten utbedret kulvert under veien til Landfall

Sikringstiltaket innebærer:

- Stabilisering med fylling ved to lokasjoner i Vellingbekken. Markert med sikringstiltak 1 og 2.
- Kulverter gjennom hver av fyllingene. Dimensjon lagt inn i modell 2000 mm
- Kulvert ved Landfall er som i dag.
- Erosjonssikring mellom Landfallbakken og Landfall, samt utløpet av kulverten ved Landfall.

Det er ikke planlagt å oppdatere kulverten ved Landfallbakken som en del av sikringstiltaket. I modellen er det allikevel lagt inn økt kulvertkapasitet her, slik at hastighetene ut av kulverten blir «worst case scenario» dersom det gjøres fremtidige endringer her.

Det er gjort modellkjøring med dimensjonerende flom. Maks vannstand ved dimensjonerende flom er vist i Figur 15. Det blir en stor oppstuvning av vannstanden ved å beholde dagens kulvert ved Landfall. Sammenlignet med dagens situasjon øker vannstanden med 12 cm ved profillinje 3. Dette er et resultat av at sikringstiltaket fyller inn bekken hvor det i dag er åpen bekk. Dette gir noe høyere vannstand i Vellingbekken oppstrøms Landfall sammenlignet med dagens situasjon, dersom ikke kulverten ved Landfall utbedres.

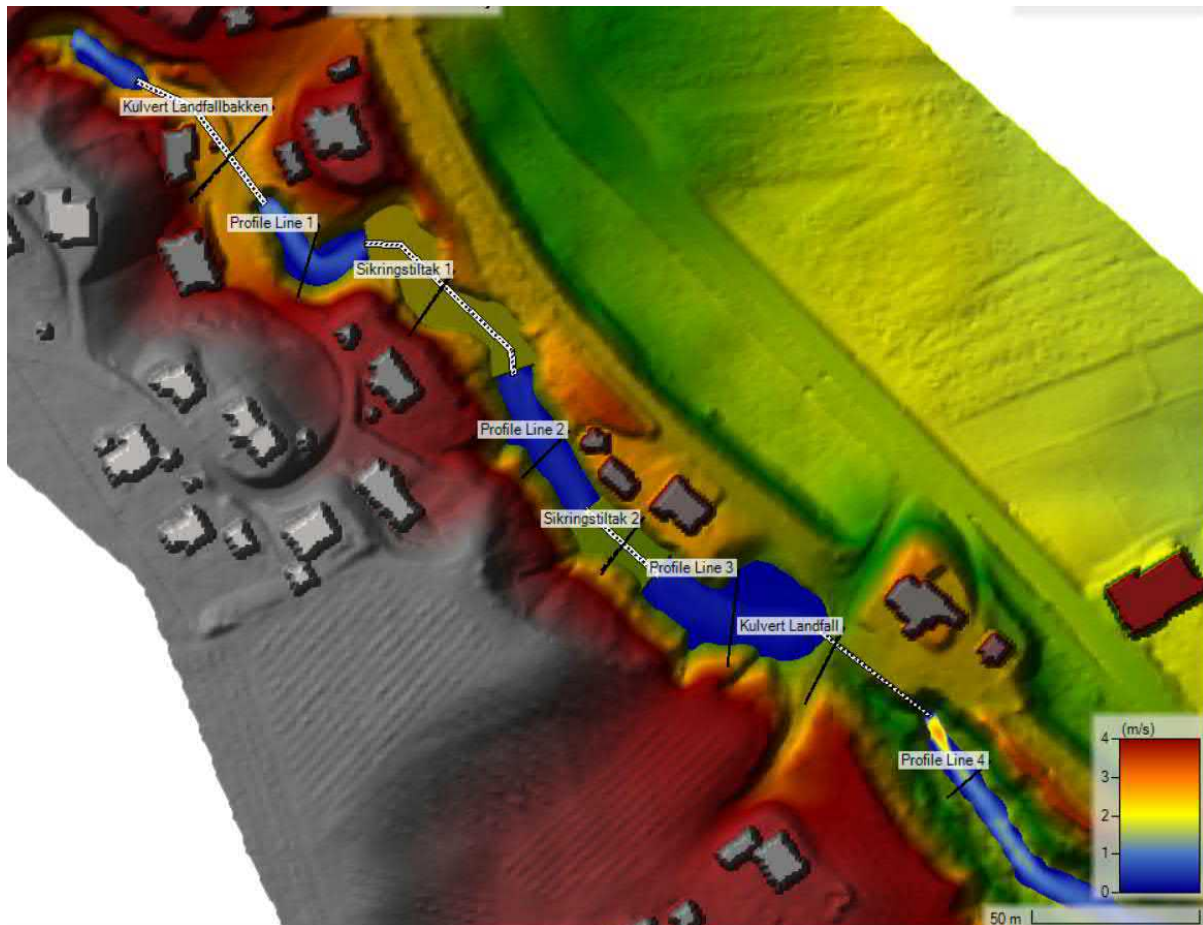


Figur 15 Vannstand og vanddekt areal ved dimensjonerende flom med sikringstiltak uten oppgradering av kulverten ved Landfall.

Vannhastigheten på strekningen varierer, og er vist i Figur 16. Oppstrøms kulverten ved Landfall er hastighetene lave på grunn av oppstuvning. Ved utløp av kulverten ved Landfall blir hastighetene større, opp mot 2.7 m/s, og 1.3 m/s ved profillinje 4. Siden kulverten ved Landfall har en oppstuvende effekt er vannhastigheten større på stigende vannføring, enn ved kulminasjon. Ved profillinje 3 er det vannhastighetene opp mot 1,4 m/s ved stigende vannføring. I tillegg er det gjort modellkjøringer på

middelflom for å vurdere vannhastigheter ved lavere vannføringer. Vannhastighetene ved middelflom ligger opp mot 1,6 i vassdraget og opp mot 2 m/s ved utløpet av kulvertene.

Vannstand og vannhastighet for dimensjonerende flom og middelflom ved utvalgte profiler er vist i Tabell 11.



Figur 16 Vannhastighet ved dimensjonerende flom med sikringstiltak uten oppgradering av kulverten ved Landfall

Tabell 11 Vannstand og vannhastighet med sikringstiltak, uten utbedring av kulvert ved Landfall for dimensjonerende flom og Qm. Det er hentet ut vannstand og vannhastigheter for profilinje 1 til 4.

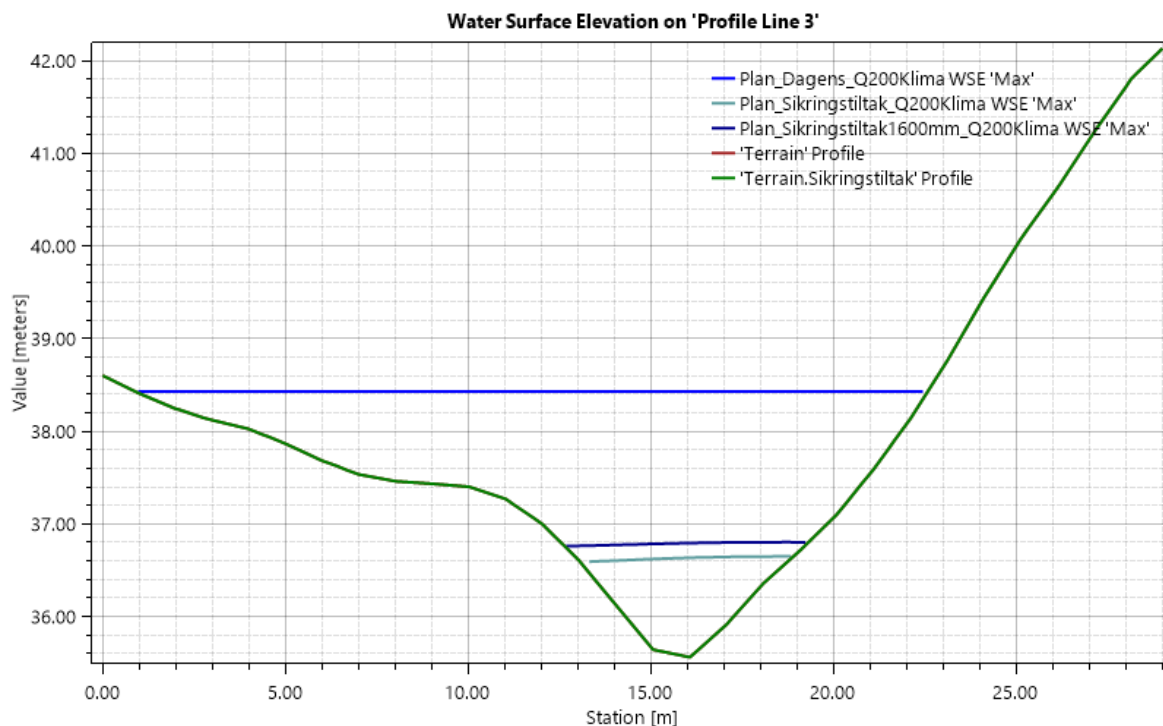
Profil	Vannstand Q ₂₀₀ (moh)	Vannstand Q _m (moh)	Vannhastighet kulminasjon Q ₂₀₀ (m/s)	Vannhastighet Q _m (m/s)
1	39.11	38.28	0.8	0.8
2	38.67	37.16	0.3	0.4
3	38.55	35.89	0.2	1.5
4	34.45	34.02	1.3	1.0

4.3.4 Vurdering av kulvertstørrelse

Det er gjort modellkjøringer med kulvertstørrelse på 2000 mm for å sikre at det er tilstrekkelig kapasitet i kulvertene og at vannhastighetene på strekningen ikke blir underdimensjoner. Etter en kost-nytte vurdering kan det være aktuelt å velge mindre kulverter. 2000 mm er ansett som en stor dimensjon for Vellingbekken. Det er gjort en simulering med 1600 mm kulvert på strekningen. Simuleringen viser at vannstanden stiger med ca. 15 til 20 cm under dimensjonerende flom,

sammenlignet med en situasjon hvor kulvertdimensjonen er satt til 2000 mm. Bekken holder sitt opprinnelige løp, og skaper ikke flomfare for eksisterende bebyggelse dersom kapasiteten reduseres fra 2000 mm til 1600 mm. Det gir heller ingen nevneverdig endring i vannhastighetene. Endelig valg av kulvertstørrelse gjøres i neste fase av prosjektet.

Sammenlignet med dagens situasjon senkes vannstanden ved Landfall betraktelig uavhengig om det velges 2000 mm eller 16000 mm rør under veien til Landfall, se Figur 17



Figur 17 Vannstander ved dimensjonerende flom dagens situasjon og ved utskifting av kulvert ved Landfall (samelingener 1600 mm kulvert og 2000 mm kulvert)

5 Erosjonssikring

Erosjonssikring gjennomføres for å hindre at vann (elv eller bekk) graver i en skråning slik at stabiliteten forverres og skred utløses. Elver og bekker i bunnen av skråningen kan grave seg inn i skråningsfot eller grave seg videre nedover i grunnen, også kalt bunnsenkning. Dette vil forverre stabiliteten i et område med kvikkleire/sprøbruddmateriale, slik som Vellingbekken. Mindre bekker og vannsig i skråninger må i enkelte tilfeller sikres hvis de utgjør en fare for stabilitetsforholdene. Likedan må det rettes oppmerksomhet mot tiltak som tilfører vann til en skråning, som for eksempel ved tilførsel av overvann fra områdene på toppen av skråningen.

Erosjonssikring bidrar til en konservering av stabilitetstilstanden, slik at sikkerheten ikke forverres eller skred utløses som følge av erosjon (NVE, 2019).

Kvikkleiren ligger relativt dypt under Vellingbekken på strekningen som er undersøkt, ca 2,5 til 3 meters dybde. Dette tilsier at det er mindre sannsynlig at kvikkleiren kan bli utsatt av påvirkninger på grunn av initialskred og erosjon. Når det nå allikevel skal iverksettes sikringstiltak på strekningen anbefales det en erosjonssikring på deler av bekken der det er registrert høyere hastigheter, og der hvor det er avdekket aktiv erosjon.

Det er gjennomført en erosjonskartlegging av Vellingbekken. Befaringsruta er vist i Figur 19 og erosjonsvurderingen ligger som vedlegg 3.

Erosjonssikringer bidrar til inngrep langs vassdragene og har innvirkning på miljøet. Derfor bør det kun erosjonssikres i de områdene som er vurdert som nødvendig for å sikre området etter gjeldende sikkerhetskrav. Mellom Landfallbakken og Landfall planlegges det sikringstiltak. Som vist

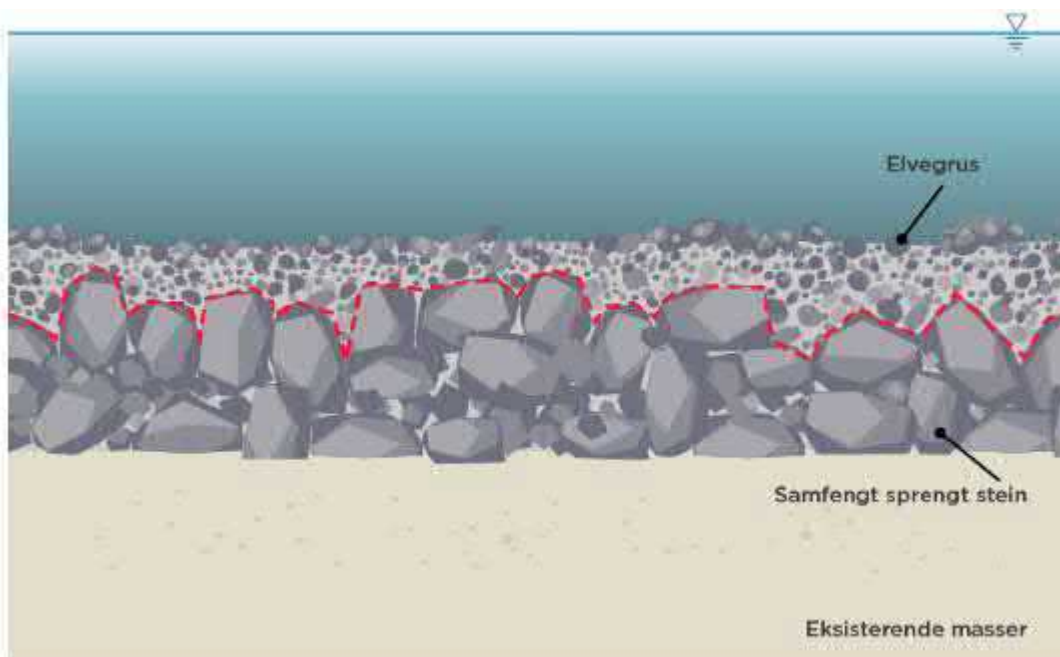
innledningsvis i rapporten skal bekken fylles igjen med en motfylling på 3 meter, og det må legges kulvert i fyllingen for å føre bekken gjennom. Den kraftigste erosjonen på strekningen er i stor grad kartlagt mellom Landfallbakken og Landfall, hvor fyllingene skal etableres. I tillegg er det noe erosjon punktvis mellom de planlagte fyllingene som bør sikres, samt sikring av utløpet av kulverten ved Landfall. Anbefalt utstrekning av erosjonssikringen er vist i Figur 19.

For mindre elver og bekker er det normalt at hele elve- eller bekkeprofilen heves med en sprengsteinsfylling i bunn. Over sprengsteinsfyllingen legges stedlige masser. Erosjonssikringen bør legges med 0,5 m tykkelse og steinstørrelsen bestemmes ut ifra hastighetene i vassdraget. Det er registrert størst vannhastigheter i yttersvinger og utløp av kulverter. Sikringen legges med et fribord på ca. 0,5 m over dimensjonerende flomvannstand.

Erosjonssikringen bør følge bekken naturlige og opprinnelige løp og det bør unngås å kanalisere bekken. Sidehelningen kan tilpasses terrenget for å få en god miljøtilpasning med en maks helning på 1:1,5.

Sikring av små elver og bekker medfører ofte store endringer i naturforholdene langs vassdraget. For å ivareta og gjenopprette det biologiske mangfoldet er det viktig at bekken og elva får et variert og naturlig utseende etter at sikringsarbeidet er utført. For å tilrettelegge for gode oppvekstområder for fisk og bunndyr bør bekkene etter endt sikringsarbeid ha naturlige variasjoner i bredde, dybde og vannhastighet. Tiltak for miljøtilpasset bekk er beskrevet i eget notat.

Bunnsikringen i Vellingbekken skal bestå av sprengstein, og det legges elvegrus på toppen som ivaretar det akvatiske miljøet i bekken, illustrert i Figur 18. Utløpet av kulvert erosjonssikres med sprengstein som skal benyttes i bunn bekk.



Figur 18: Illustrasjon av erosjonssikra bunn med «rufsete» storstein for å holde elvegrusen på plass. Erosjonssikring av bunn bekk i Vellingbekken skal følge samme prinsipp.

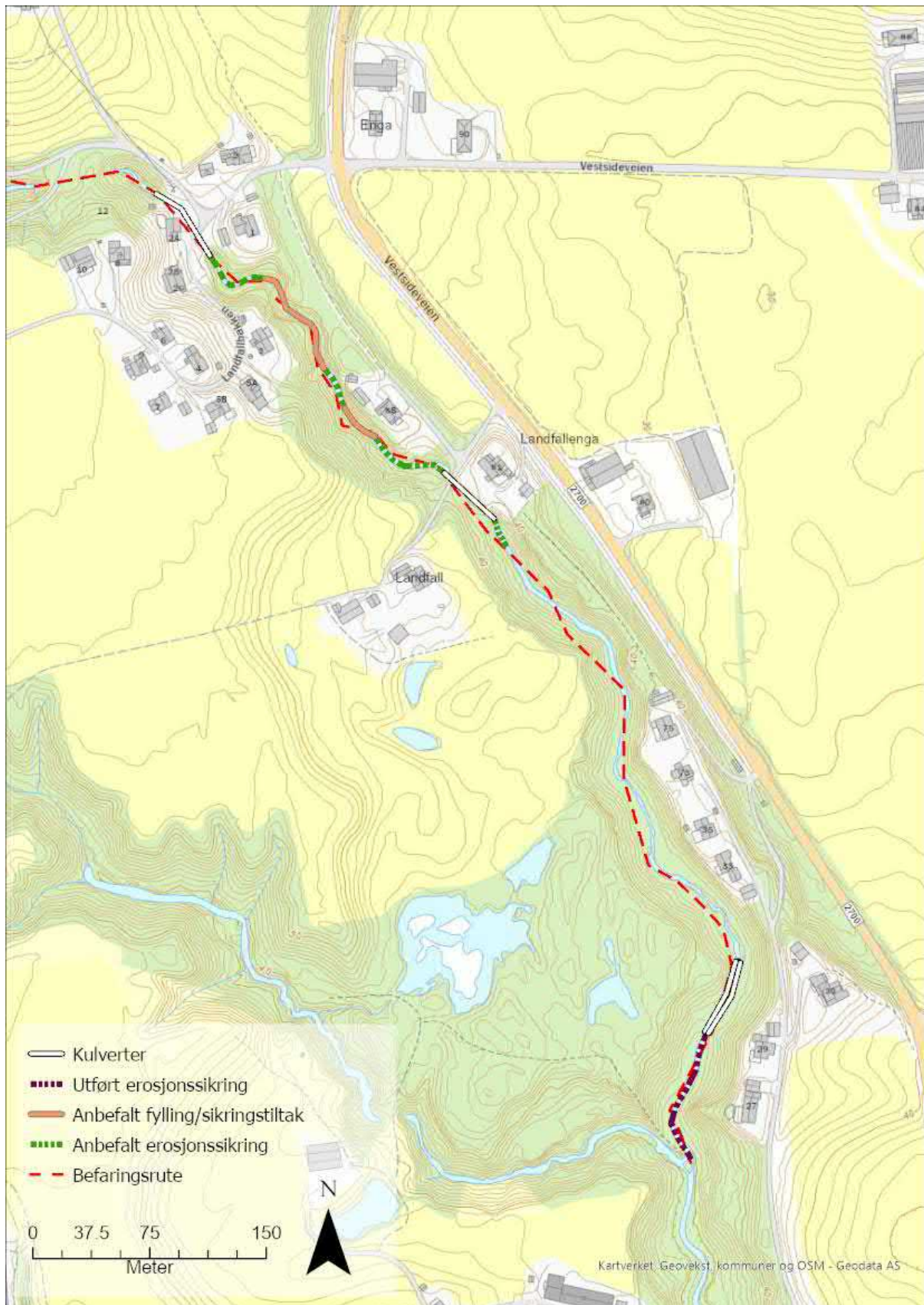
For sidesikring i bekken, og for erosjonssikring av innløp kulvert er dimensjonering av erosjonssikringen for er gjort med Maynords formel. Maynords formel anbefales brukt for dimensjonering av ordnet steinlag i elver med helning under 2 % (NVE, 2009). Erosjonssikringen er dimensjonert mot 200-års flom i bekken.

Dimensjonerende steinstørrelse for erosjonssikringen hvor det er aktuelt med ordnet steinlag (sidesikring og innløp kulvert) er oppgitt i Tabell 12. Viser til sikringshåndboka Modul F3.201: Ordna steinlag, sidesikring for utførelse.

Tabell 12 Stabil steinstørrelse til bruk i sidesikring, ved Maynords formel

D50	160
Dmaks	250
Tykkelse, t	300
D15	120
D85	232

Tegningsgrunnlag til erosjonssikringen gjøres i neste fase av prosjektet.



Figur 19 Befaringsrute i Vellingbekken og anbefalt utstrekning av sikringstiltaket.

6 Referanser

NVE. (2022). *Veileder for flomberegninger nr. 1/2022*. Hentet fra https://publikasjoner.nve.no/veileder/2022/veileder2022_01.pdf

Glad, P.A., T. Reitan og S. Stenius 2015. Nasjonalt formelverk for flomberegninger i små nedbørfelt. NVE Rapport nr 13-2015

Lawrence, D. 2016. Klimaendring og framtidige flommer i Norge, NVE Rapport nr. 81 2016

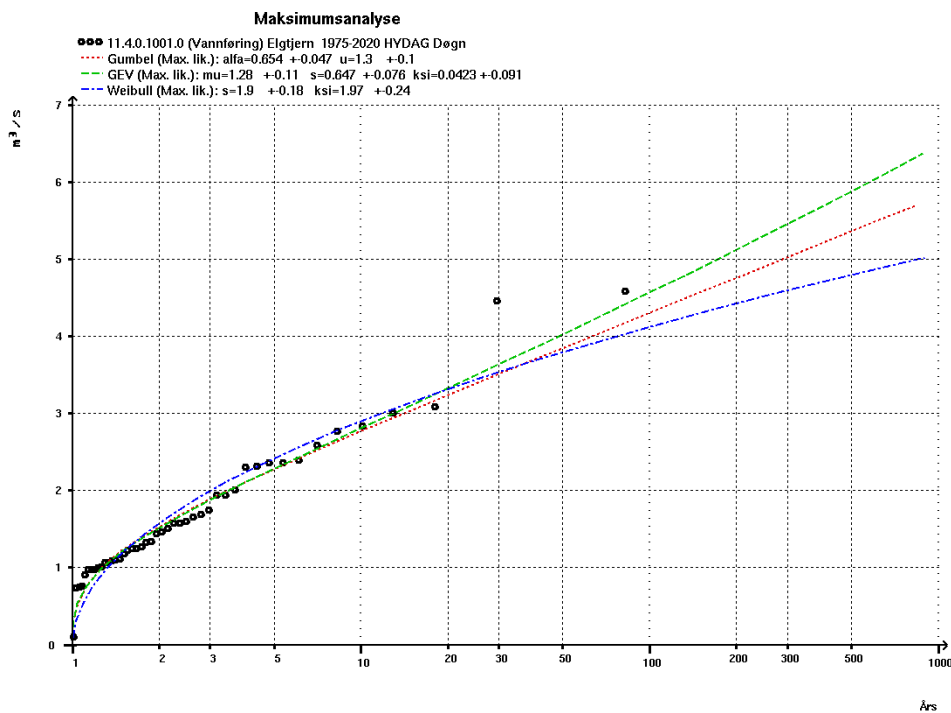
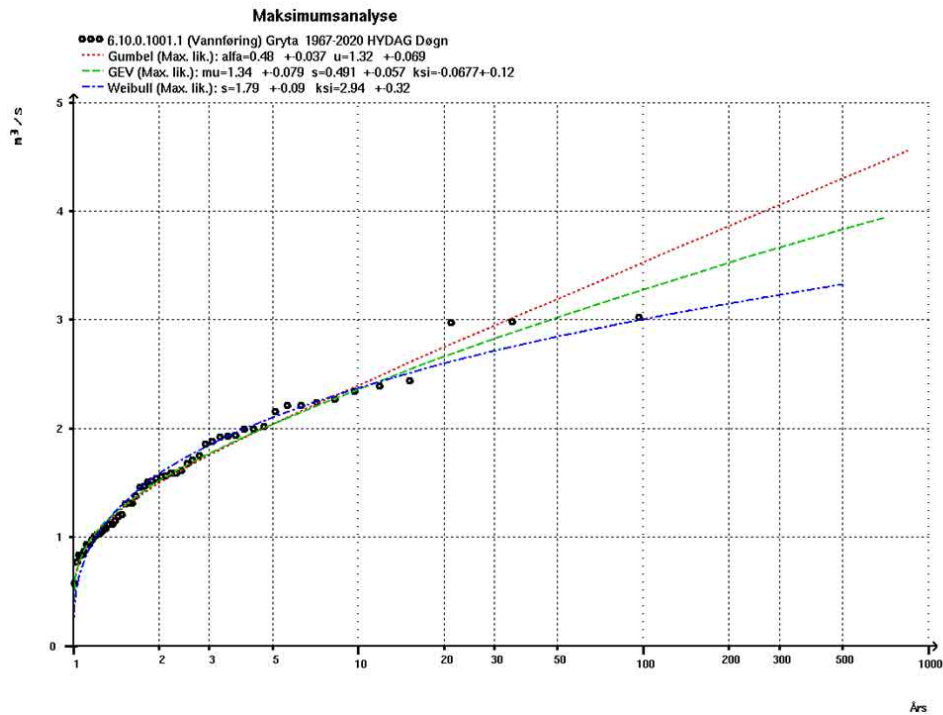
Norsk klimaservicesenter, 2022 Klimapåslag for korttidsnedbør. Anbefalte verdier for Norge. NCCS rapport 5/2019.

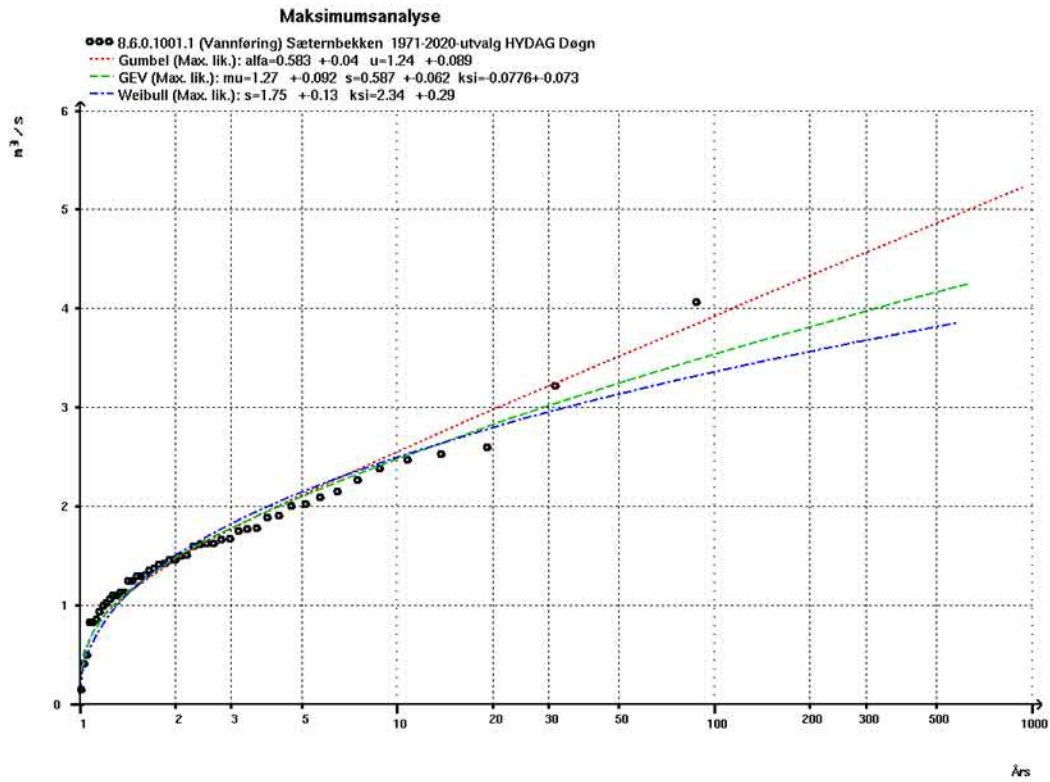
Norsk klimaservicesenter 2022 Klimaprofil Oslo og Akershus. Hentet fra: <https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/oslo-og-akershus>

NVE, 2019. Sikkerhet mot kvikkleireskred, NVE veileder 01/2019

Vedlegg 1

Resultater fra flomfrekvensanalysen





Vedlegg 2

Resultater fra NIFS

Regional flomberegning

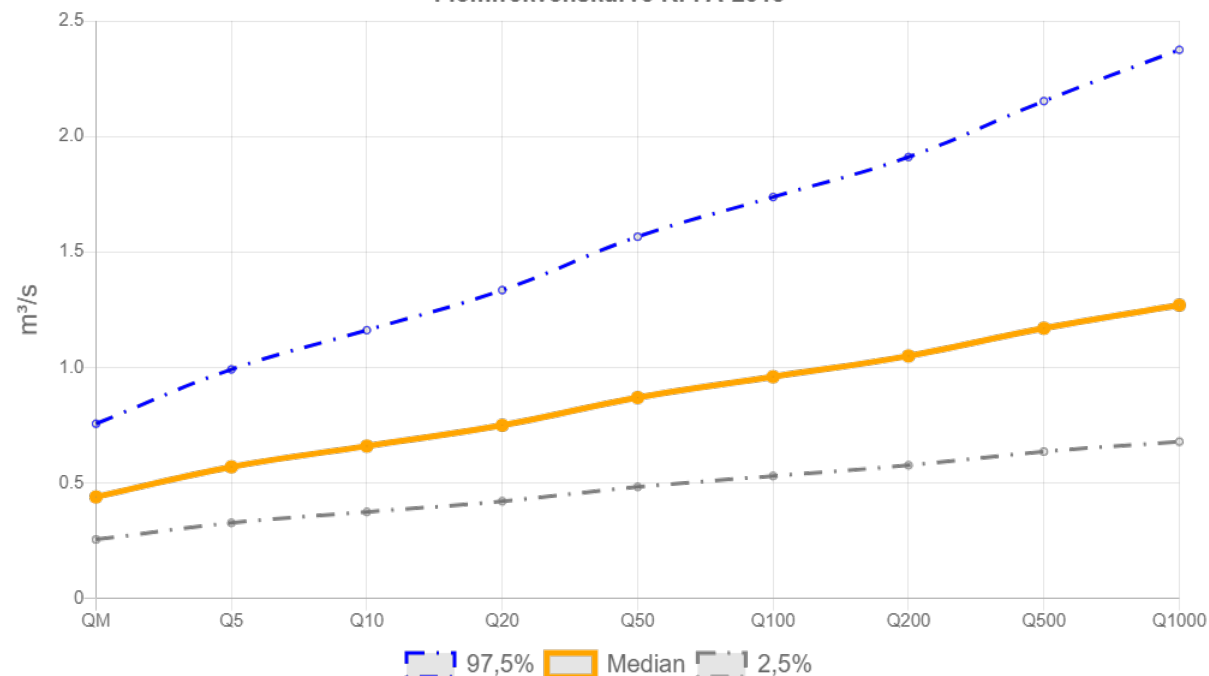
Vassdragsnr.: 011.A0
 Kommune.: Lier
 Fylke.: Viken
 Vassdrag.: Lierelva
 Nedbørfeltareal: 2.00 km²

Flomestimer er beregnet basert på «Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)». Om nedbørfeltet er mindre enn 60 km², er det alternativt beregnet kulminasjonsflommer basert på NIFS-formelverk (2015).

Anbefalinger om klimapåslag er gitt i NVE rapport nr. 81-2016 og klimaprofiler for fylker (se www.klimaservicesenter.no).

Hvordan bruke resultatene fra rapporten, se her.

Flomfrekvenskurve RFFA-2018



RFFA-2018

Tidsoppløsning	Døgn	-
Indeksflom (QM): Medianflom	220	l/s*km ²
Klimapåslag	0	%
Kulminasjonsfaktor	1.78	-

NIFS-2015

Tidsoppløsning	Kulminasjon	-
Indeksflom (QM): Middelflom	465	l/s*km ²
Klimapåslag	40	%

Annet

Tilløpsflom	Nei	-
-------------	-----	---

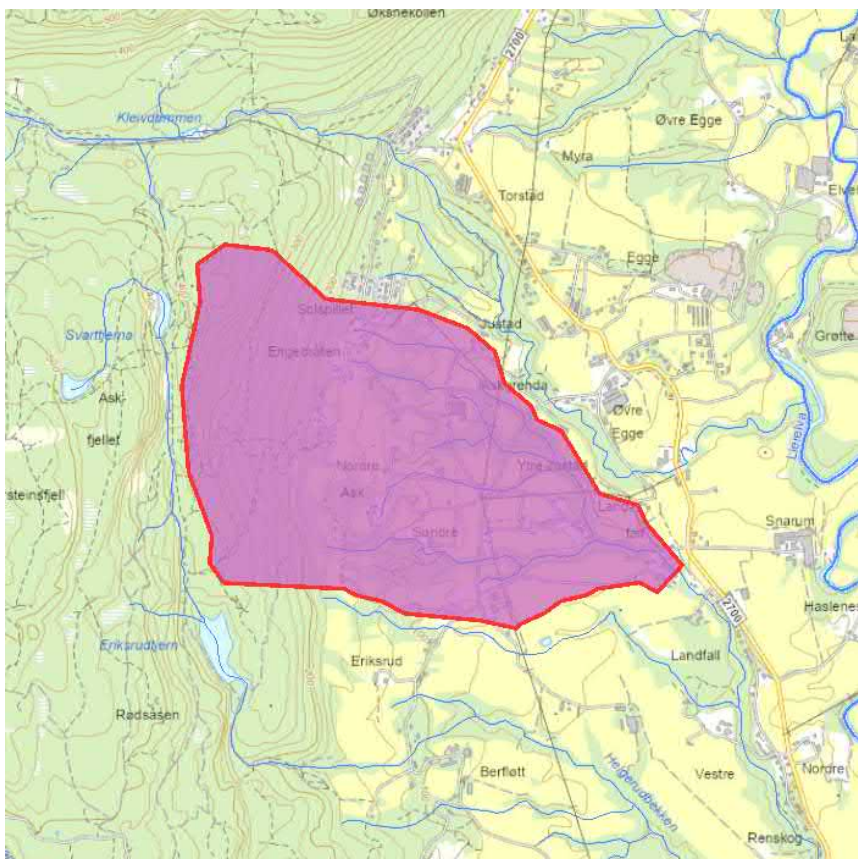
RFFA-2018 (døgnmiddel)

	Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q _{200-klima}
Flomfrekvensfaktor (Q _T /Q _M)	1	1.30	1.5	1.70	1.98	2.18	2.39	2.66	2.89	-
Flomverdier, m ³ /s	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.1
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s	0.8	1.0	1.2	1.3	1.6	1.7	1.9	2.2	2.4	-
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	-

NIFS (kulminasjon)

	Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q _{200-klima}
Flomfrekvensfaktor (Q _T /Q _M)	1	1.26	1.51	1.76	2.15	2.49	2.87	3.46	3.99	-
Flomverdier, m ³ /s	0.9	1.2	1.4	1.6	2	2.3	2.7	3.2	3.7	3.7
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s	1.6	2.1	2.6	3.1	3.9	4.6	5.3	6.4	7.4	-
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s	0.5	0.6	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.6	1.9	-

Flomverdier er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres. Verdiene kan ikke benyttes direkte, men må sammenlignes med andre metoder, sammenligningsstasjoner og/eller egne data.



Nedbørfeltgrenser og feltparametere er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Feltparametere

Areal (A)	2.00	km ²
Effektiv sjø (A _{SE})	0	%
Elvleengde uten sjø (E _{TL,net})	5.5	km
Elvegradient (E _G)	58.8	m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	37.1	m/km
Helning	11.7	°
Dreneringstetthet (D _T)	2.8	km ⁻¹
Feltlengde (F _L)	2.4	km

Arealklasse

Bre (A _{BRE})	0	%
Dyrket mark (A _{JORD})	36.7	%
Myr (A _{MYR})	0	%
Leire (A _{LEIRE})	64.2	%
Skog (A _{SKOG})	57.7	%
Sjø (A _{SJO})	0	%
Snaufjell (A _{SF})	0	%
Urban (A _U)	0	%
Uklassifisert areal (A _{REST})	5.4	%

Hypsografisk kurve

Høyde _{MIN}	41	m
Høyde ₁₀	60	m
Høyde ₂₅	72	m
Høyde ₅₀	124	m
Høyde ₇₅	224	m
Høyde _{MAX}	414	m

Klima- /hydrologiske parametere

Avrenning 1961-90 (Q _N)	15.2	l/s*km ²
Nedbør juni	68	mm
Nedbør juli	78	mm
Regn og snøsmelting mai	96	mm
Regn og snøsmelting juni	73	mm
Regn og snøsmelting årlig 4d	80	mm
Regn og snøsmelting november	69	mm
Temperatur februar	-6.0	°C
Temperatur mars	-1.9	°C

Vedlegg 3

Erosjonsvurdering

Erosjonsvurdering Vellingbekken ved Landfall

Opprettet av Anne Johanne Rognstad
 Prosjektnummer 10224893
 Prosjekt Landfallbakken - Vellingbekken - RIG
 Kunde Lier kommune
 Prosjektleder Øivind Martin Hasle

Revisjonshistorikk

Rev	Dato	Beskrivelse av endringen	Utarbeidet av	Kontrollert av
01	11.5.2023	Erosjonsvurdering	Anne Johanne Rognstad	Kjetil Sandsbråten

Sweco er engasjert som rådgiver av Lier kommune i forbindelse med sikringstiltak langs Vellingbekken i Lier på grunn av rasaktivitet vinteren 2021. Kommunen har fått delvis tilskudd fra NVE for å gjøre grunnundersøkelser, utrede sonen og vurdere behov for tiltakene. Det skal nå søkes tilskudd for å gjøre sikringstiltak.

De utførte grunnundersøkelsene viser sammliknbare resultater som tidligere grunnundersøkelser. Kvikkleiren ligger dypt slik at rotasjonskred er aktuell bruddform. Kvikkleiren ligger ca.3 meter under bekkenivå.

Utførte stabilitetsberegninger viser at stabiliteten oppstrøms kulverten ved Landfallgård står med lav udrenert sikkerhet, beregnet til 1,01. Nedstrøms kulverten er det noe bedre udrenert sikkerhet fra 1,11 og bedre. Den drenerte sikkerheten er i alle snitt 1,2 eller bedre.

På grunn av nylig ras ved Landfallbakken 3 fra 2021 og generelt lavt ikke betryggende sikkerhetsnivå og pågående erosjon anbefales det å søke tilskudd om delvis stabilisering med fylling i bekken samt erosjonssikring.

I forbindelse med vurderingene av omfanget av sikringstiltaket gjøres en erosjonsvurdering av Vellingbekken ved Landfall.

Metode

Kartleggingen og beskrivelsene er utført iht. til gjeldende metodikk beskrevet i NVE rapport 9/2020 *Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred.*

Befaring av området ble foretatt 28.04.2022 av Øivind Wien og Anne Johanne Rognstad, begge hydrologer fra Sweco. Befaringsruten er vist i Figur 1.

Feltobservasjoner er en viktig del av grunnlaget for kartlegging av potensiell fare som kan forårsakes av vann i bevegelse, og befaringen vil ha flere formål (NGI, 2020)

Ett av formålene med befaring er å avdekke erosjon som forverrer stabiliteten for områdene ned mot vassdragene. Kartleggingen må avdekke hvorvidt det finnes bunnsenkning/djupåler, graving i yttersving, sedimentasjon, erosjonsbeskyttelse, terskler, glidninger etc. Pågående erosjon som har medført dypere utglidninger (rotasjonsglidninger) gir høyeste score. Erosjonsforholdene er en av de viktigste faktorene for bestemmelse av faregraden for en faresone for kvikkleireskred.

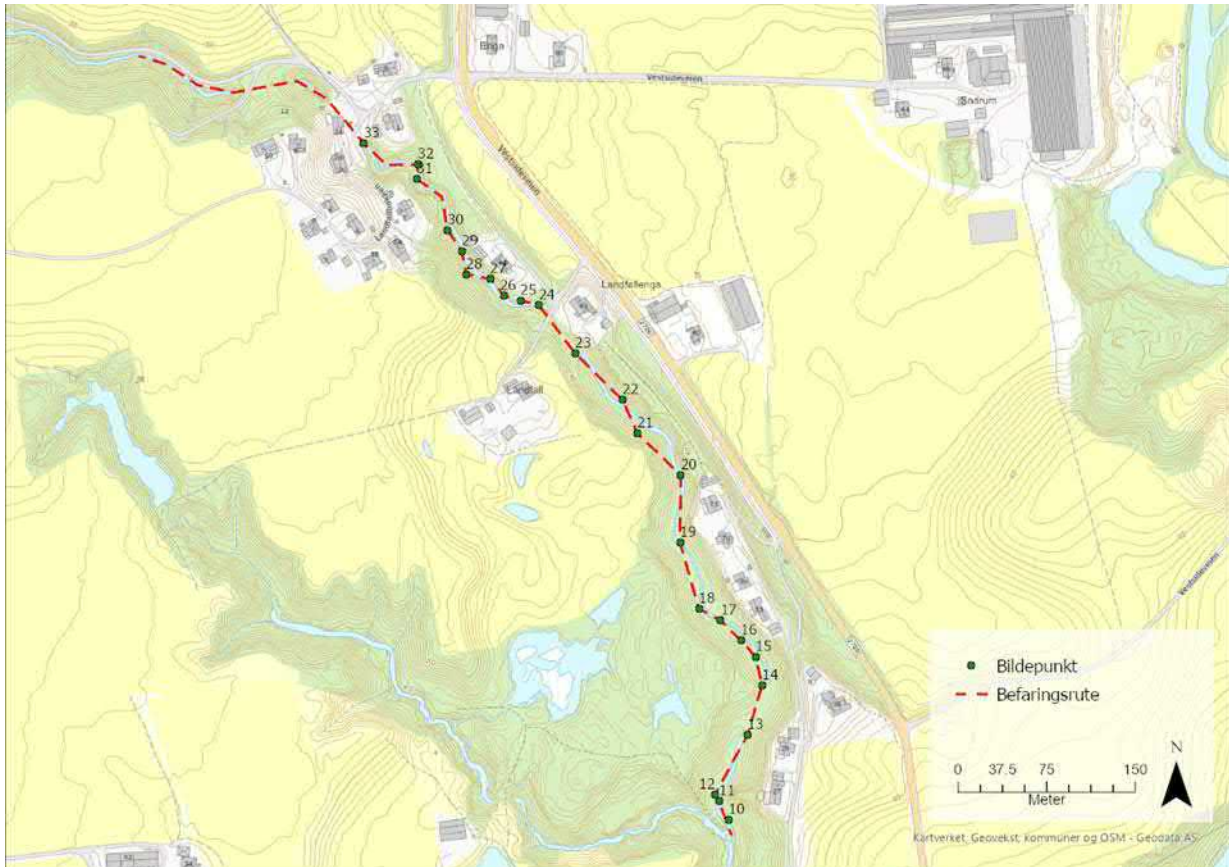
Strekningen klassifiseres iht. til tabell (NGI, 2020) gjengitt Tabell 1.

Tabell 1 Kjennetegnene til de ulike gradene erosjon og tilhørende klassifiseringsgrad.

	Vurderingspunkt	Kraftig erosjon (score 3)	Noe erosjon (score 2)	Lite erosjon (score 1)	Ingen erosjon (0)
	Skred og overflateglidninger i løpet av de siste årene	Dyperegående rotasjoner > 1-2 meter, store overflateglidninger, bredde og lengde > 10 m	Lokale overflateglidninger (bredde og lengde < ca. 10 m)	Ingen skred eller overflateutglidninger har blitt utløst pga. begrenset erosjon. Grunnvanterrosjon som ikke har utviklet seg videre til overflateutglidninger og skred.	Finnes ikke
	Naturlig erosjonssikring	Lite eller ingen	Lite eller ingen	Lite eller ingen	I bunn og sider
	Observasjoner av gradient, helning m.v.	Oftest betydelig gradient i elva og bunnsenkning (vannet graver vertikalt). Noen tilfeller med graving i yttersving selv ved gunstigere gradient.	Graving i yttersvinger i perioder med flom. I noen tilfeller blir også overflateutglidninger utløst pga. bunnsenkning.	Gradientforholdene tilsier at erosjon kan oppstå.	Lav naturlig gradient eller ev. terskler
	Nye skred og glidninger i fremtiden	Vil bli utløst	Vil kunne bli utløst	Kan ikke utelukkes	Lite sannsynlig
Kohesjonsjordarter	Leire i elve-/bekkeleiet	Ja. Skred og utglidninger har avdekt underliggende leire/silt	Ja	Ja	Nei
	Kjennetegn for bevegelser i bakken	Trær står på skakke	Trær kan stå på skakke	Trær står i hovedsak vertikalt	Ikke tegn
	Vannet	Oftest misfarget grått (ved normal vannføring)	Ofte misfarget grått (typisk ved høy vannføring), men kan også være klart (typisk ved lav vannføring)	Klart eller noe misfarget grått	Klart
Friksjonsjordarter		Erosjon har blottlagt store områder med lett eroderbare masser. Må ha medført avlasting av foten av kvikkleireavsetning slik at stabilitetsforholdene er forverret	Blottlagt lett eroderbare masser i mindre områder. Må ha medført avlasting av foten av kvikkleireavsetning slik at stabilitetsforholdene er forverret	Partikkelerosjon av lett eroderbare masser i elve-/bekkeleiet. Erosjon har ikke medført stabilitetsforverring eller leirmassene under er ikke avdekket	

Erosjonsvurderinger

Den befarte strekningen er markert i Figur 1 og er på ca. 850 meter i luftlinje. Befart område strekker seg langs Vellingbekken fra Linjeveien 27 opp mot Askveien 11. Bildene er vist i vedlegg 1.



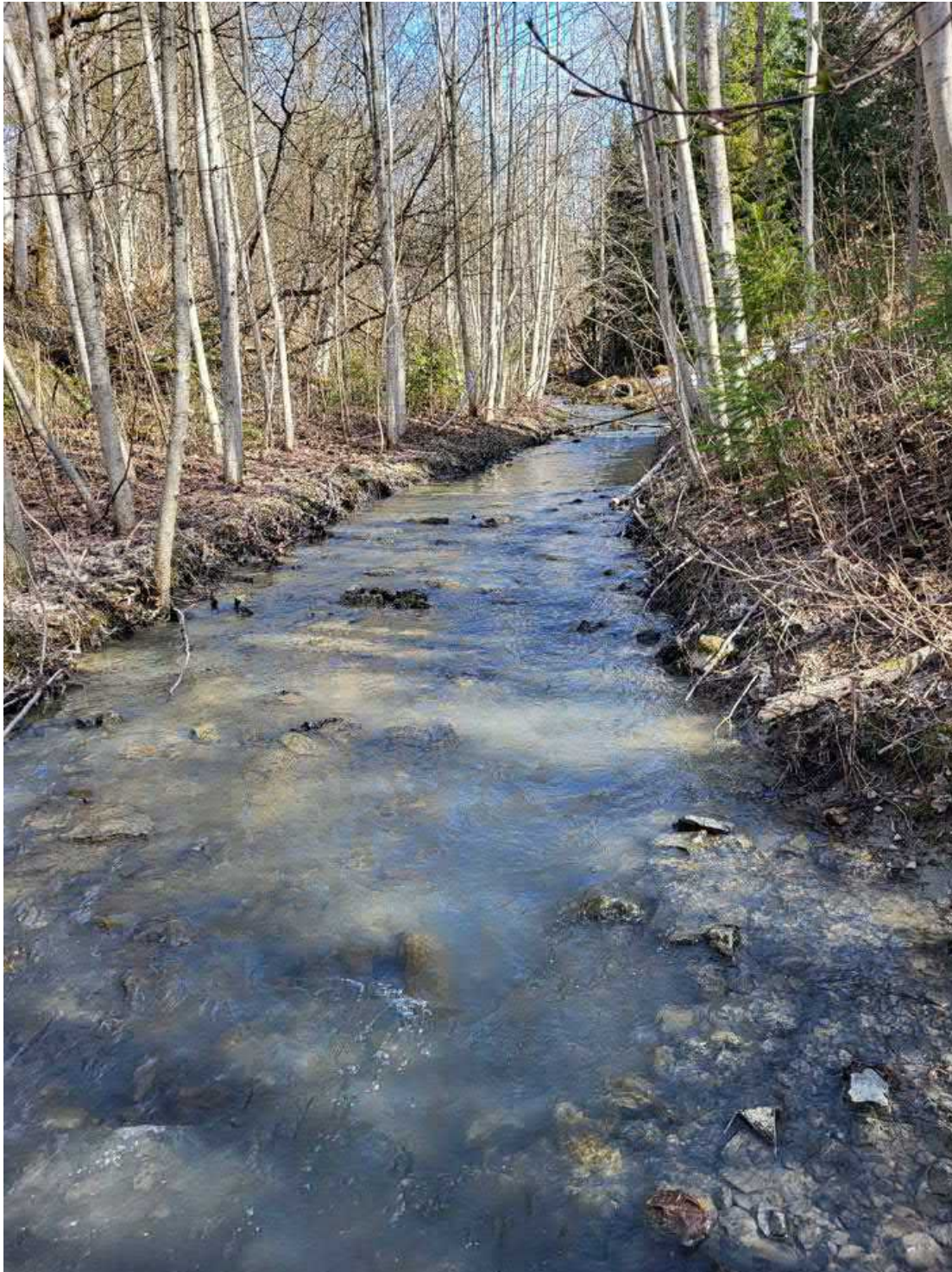
Figur 1 Befaringsrute med bildepunkt

Erosjonsvurdering fra punkt 10 til punkt 14

Fra punkt 10 til punkt 14 er det registrert lite erosjon. Det er grovt bunnsstrat/sprengstein i bekken på denne strekningen. Bekkebunnen er erosjonssikret på denne strekningen. Det er ikke registrert trær på skakke og vannet var relativt klart. Farget vann på denne strekningen skyldes i stor grad sedimenter fra oppstrøms områder.

Mellom punkt 13 og 14 er bekken lukket og går i rør. Det er ikke spor av erosjon i terrenget som er lukket.

Typiske forhold langs bekken mellom punkt 10 og 14 er vist i Figur 2.



Figur 2 Typiske forhold langs Vellingbekken mellom punkt 10 og 14

Erosjonsvurdering fra punkt 14 og 33

Mellom punkt 14 og 33 er det varierende med naturlig erosjonssikring. Bekken drenerer gjennom et område som består av tett skog fra punkt 33 til 19. Fra punkt 19 til 14 er det mer sparsomt med kantvegetasjon, og området kan ha vært brukt til beiting. Kantvegetasjonen består her mer av lavere gress- og buskvegetasjon. Bunnsubstratet består i hovedsak av lett eroderbart materiale som sand, silt og leire. Det er innslag av noe grus og stein på enkelte steder i bekken.

Under befaring var det middels vannføring i bekken, og vannet var noe uklart. Bunnsubstratet består av mye silt, sand og noe leire. Det var allikevel mulig å se bunnforholdene ved flere punkter i bekken

hvor vannstanden var lav. På grunn av tilstedeværelse av mye eroderbart materiale er det forventet partikkeltransport under økende vannføring. Det er funnet innslag av leire ved enkelte punkter hvor det er erosjon i kanten av bekken.

Det er pågående erosjon langs hele den befarte elvestrekningen. Bildet som er vist i Figur 3 illustrerer typiske forhold mellom punkt 14 og 19 langs bekken. Her pågår det i dag naturlige erosjonsprosesser, med erosjon i yttersving og avsetninger i innersving og stilleflytende partier. Slik situasjonen er i dag er det ingen erosjon i skråningsfoten ved dette partiet. Det er tydelig at mye av erosjonen foregår på normale til middels høye vannføringer, siden erosjonen i størst grad er i elveleiet. Ved flom vil elven bre seg utover flomslettene, og hastigheten på vannet vil være lav i disse områdene. Det er ikke avdekket aktiv erosjon i skråningsfoten av flomslettene. Det er ingen synlige tegn til vertikal graving og bunnsenkning i denne delen av vassdraget.



Figur 3 Typiske forhold langs Vellingbekken mellom punkt 14 og 19.

På strekningen mellom punkt 19 og 23 ble det observert trær som vokste på skakke. Bildene er vist i vedlegg 1. Det er tydelig at det er sig i skråningene i dette partiet.

Overfor kulvert ved Landfall fra punkt 24 og oppover i vassdraget er det registrert noen større utglidninger. Den ene utglidningen er knyttet til raset som gikk i mars 2021. Dette er en kraftig utglidning med en størrelse på over 10 meter i bredde. Det er blottlagt leire i bunnen av utglidningen, og det pågår aktiv erosjon langs bekken, se Figur 4.



Figur 4 Kraftig erosjon og utglidning ved Landfallbakken 3.

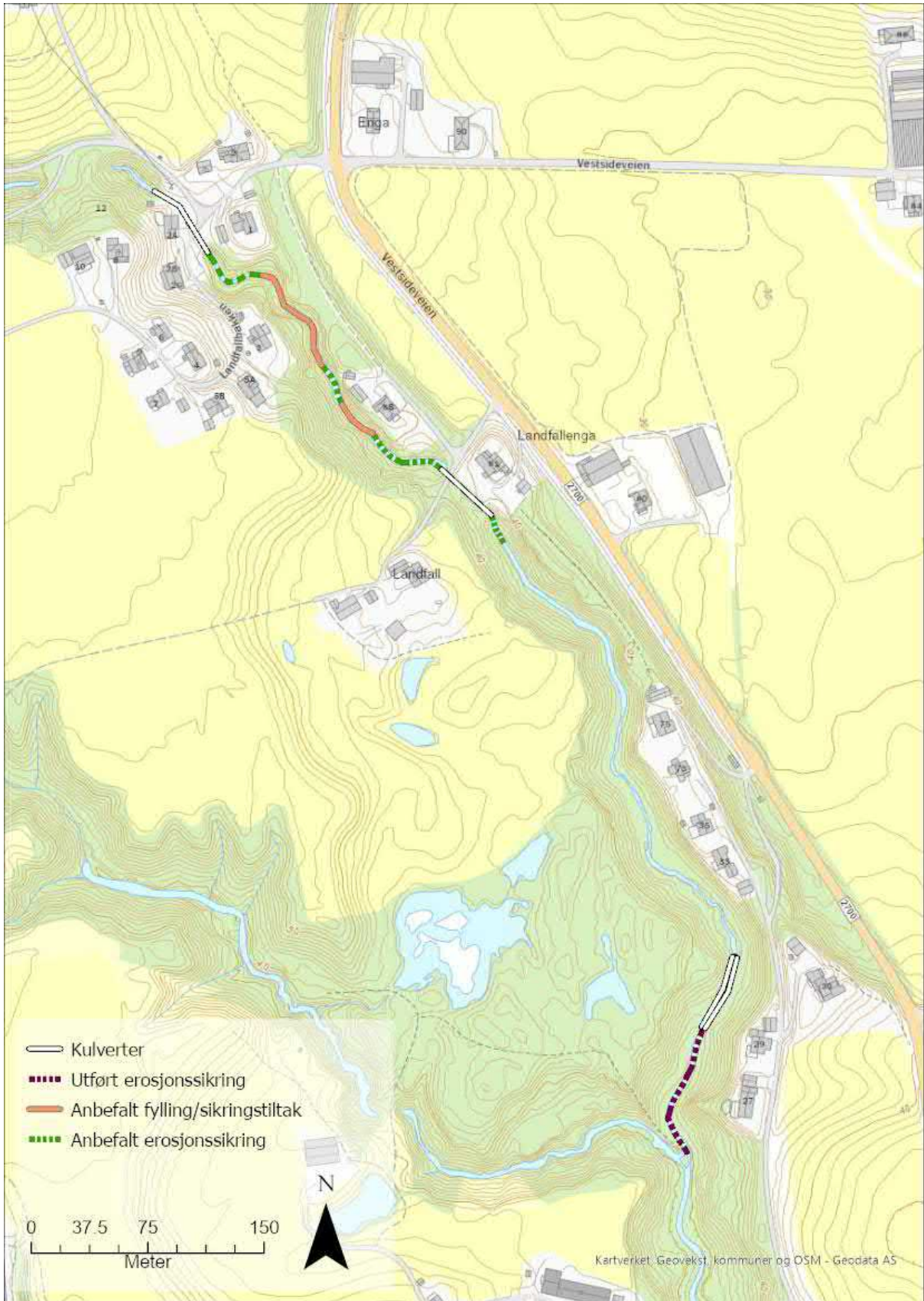
I tillegg er det registrert noen mindre utrasinger (under 10 meter) og blottlagt leire ved punkt 25 til 28. Bilder ligger i vedlegg 1. Nedenfor dette området krysser veien som går opp til Landfall, og bekken går under veien i en eldre kulvert. Kulvertkapasiteten under veien er for liten, og gir oppstuvning av vannstanden oppstrøms under flom. Når vannstanden synker, blir det rask endring i porevannstrykket, som kan forårsake grunnvannsbrudd. I tillegg foregår det erosjon på middels høye vannføringer. Vannhastighetene på denne strekningen er lav ved flom på grunn av oppstuvning fra kulverten. Derfor tolker vi det dithen at erosjonen er knyttet til situasjoner med middels vannføringer og til endringer i porevannstrykket.

Det er blottlagt lett eroderbare masser flere steder på strekningen og mellom punkt 23 og 31 har erosjonen medført avlastning av foten.

I Tabell 2 er det vist en sammenstilt vurdering av erosjonen i Vellingbekken. Erosjonen varierer svært mye i langs bekken, fra kraftig erosjon ved den store utglidningen ved Landfallbakken 3 til lite erosjon i nedre delen av befaringstrekingen mellom punkt 10 og 14. Allikevel er hovedinntrykket at det foregår en del erosjon på strekningen, men stor sett uten større utglidninger (med unntak av landfallbakken) Score for erosjonsvurderingene er noe erosjon (2).

Vurderingspunkt	Score noe erosjon (2)
Skred og overflateglidninger i løpet av de siste årene	Det finnes lokale overflateglidninger som er av nyere dato. Det er registrert en større rotasjonsutglidning ved Landfallbakken. De registrerte overlateutglidningene som forøvrig er registrert er under 10 m. Det foregår aktiv erosjon i bekken.
Naturlig erosjonssikring	Den naturlige erosjonssikringen består i størst grad av vegetasjon og noe stein. Det er ikke registrert berg i dagen. Elveleiet består av mye lett eroderbare masser.
Observasjoner av gradient, helning m.v	Det er gjort registreringer av hvor utglidninger er resultat av graving i yttersving.
Nye skred, glidninger i fremtiden	Nye skred og utglidninger vil kunne bli utløst i fremtiden.
Leire i elve-/bekkeleiet	Det er registrert leire ved begge utglidningene. Noe leire i bekkeleiet, men mest silt og sand.
Kjennetegn for bevegelser i bakken	Noen trær står på skakke, særlig mellom punkt 19 og 24 i befaringskartet,
Vannet	Vannet var relativt klart under lav vannføring, men antas å være farget ved flomhendelser. Det er mye eroderbare masser i elveleiet.
Friksjonsjordarter	Det er blottlagt lett eroderbare masser flere steder på strekningen. Mellom punkt 23 og 31 har erosjonen medført avlastning av foten.

Det er pågående og aktiv erosjon i Vellingbekken ved Landfall. Erosjonssikringer bidrar til inngrep langs vassdragene og har innvirkning på miljøet. Derfor bør det kun erosjonssikres i de områdene som er vurdert som nødvendig for å sikre området etter gjeldende sikkerhetskrav. Mellom Landfallbakken og Landfall planlegges det sikringstiltak. Bekkeleiet skal fylles igjen med en motfylling på 3 meter. Plassering er vist i Figur 5. På denne strekningen må bekken legges i rør. Her er også mye av den kraftigste erosjonen kartlagt. I tillegg til sikringstiltakene så anbefales det å erosjonssikre bekken fra Landfallbakken til Landfall, og utløpet av kulverten ved Landfall.



Figur 5

Vedlegg 1

Bildepunkt 10

Grov stein i bunnen av bekken og i sidekanter. Klarere vann på denne delen av strekningen. Lite erosjon.



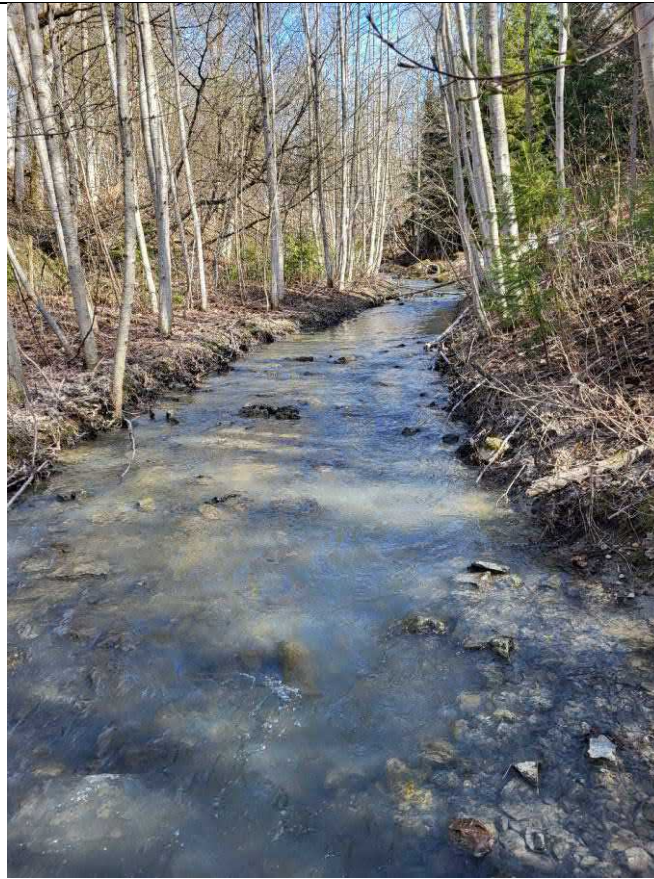
Bildepunkt 11

Typisk bunnsstrat mellom punkt 10 og 13. Grov stein.



Bildepunkt12

Grov stein i bunnen av bekken og i sidekanter. Klarere vann på denne delen av strekningen. Lite erosjon.



Bildepunkt 13

Nedenfor kulvert mellom punkt 13 og 14. Lite erosjon. Grovt substrat





Bildepunkt 14

Noe erosjon i bekkeleiet. Ikke registrert erosjon i skråningsfot.





Bildepunkt 15

Eldre konstruksjon med stolper som fører til oppstuvning av vannet. Flomvann renner ut på sidene.



Bildepunkt 16

Registrert
terrengendring. Kan
være en eldre
utglidning. Ingen
aktiv erosjon i dag.



Bildepunkt 17

Erosjonssikring i
yttersving



Bildepunkt 18

Erosjonssikring i
ytersving

Erosjon i
bekkeleiet.

Trør som vokser på
skakke i skråningen
ovenfor bekken.





Bildepunkt 19
 Erosjon i yttersving.
 Trær som vokser
 på skakke





Bildepunkt 20



Bildepunkt 21

Erosjon i bekken.
Trær vokser på
skakke.



Bildepunkt 22

Trær vokser på
skakke.



Bildepunkt 23

Utløp kulvert under vei til Landfall.
Erosjon nedenfor de grove massene ved utløpet. Ca 3*3 meter.



Bildepunkt 24

Kulvert under vei opp til Landfall.
Sport etter høy flomvannstand.



Bildepunkt 25



Bildepunkt 26
Erosjon i yttersving



Bildepunkt 27

Utglidning.
Vanskelig å si om denne er nyttet til erosjon i elva eller andre forhold i skråningen.



Bildepunkt 28

Mindre utglidning a
nyere date.



Bildepunkt 29

Hastigheten i vannet øker noe og erosjon er registrert.



Bildepunkt 30

Området rett nedstrøms skredet ved Landfallbakken 3.



Bildepunkt 31

Kraftig erosjon ved
Landfallbakken 3



Bildepunkt 32

Område oppstrlms
Landfallbakken 3.
noe erosjon i
bekkeleiet. Ingen
større utglidninger
kartlagt her.



Bildepunkt 33

Utløp kulvert ved
Landfallbakken.
Utløp erosjonssikret
med grov stein.



