

Til: Ringerike kommune
v/ Marius Karlsen
Kopi til: NVE v/Martin Nørman Jespersen
Dato: 2023-08-15
Rev.nr. / Rev.dato: 1 / 2023-08-29
Dokumentnr.: 20230463-01-TN
Prosjekt: Geoteknisk og hydrologisk bistand i forbindelse med flom i Hønefoss
Prosjektleder: Marius Mathisen Søvik
Utarbeidet av: Jørgen Løkken Skaatan, Marius Mathisen Søvik og Ingar Haug Steinholt og Carl Bonnevie Harbitz
Kontrollert av: Håkon Heyerdahl

Vurdering av fare for skred ifm. flom ved Benterud

Innhold

1	Innledning	2
2	Grunnlag	3
3	Nedbør	3
4	Befaring	4
5	Kartlegging av bunnforhold	5
6	Vurdering av skredfare	7
6.1	Mulig skred fra kvikkleiresone <i>Bloms gate</i>	7
6.2	Mulig skred fra skråningen nær Hvelven omsorgssenter	8
7	Følgene av mulig skred i Storelva for Benterud	10
7.1	Grunne overflateglidninger	10
7.2	Større skred fra Bloms gate	10
7.3	Større skred fra Hvelven omsorgssenter	10
8	Konklusjoner og anbefalinger	11
8.1	Risikovurdering	11
8.2	Anbefalinger til videre arbeid	11
9	Referanser	12

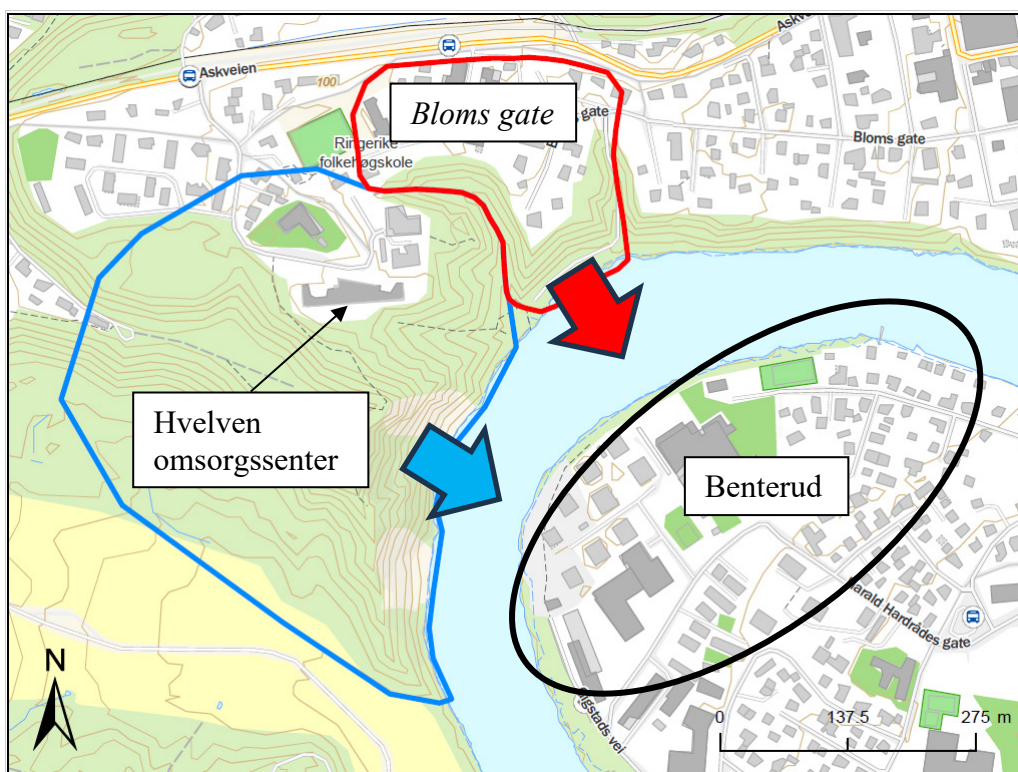
Kontroll- og referanseside

1 Innledning

Ekstremværet «Hans» har herjet Sør-Norge den siste tiden. Lørdag 12. august tok Ringerike kommune kontakt med NGI med ønske om bistand med vurdering av skredfare, hovedsakelig i områdene nær Storelva. Tre medarbeidere fra NGI med hhv. Geoteknisk, geologisk og hydrologisk bakgrunn ble mobilisert og stilte på stedet umiddelbart. Det ble deretter gjennomført befaringer i skredutsatte områder. NGI bisto videre med vurderinger av skred- og flomfare i samråd med geologer fra Ringerike kommune.

Deler av Benterud har vært evakuert siden 9. august som følge av flom. Før det kan anbefales tilbakeflytting ved Benterud, ønsker Ringerike kommune at NGI vurderer faren for skred ned mot Storelva i området vist på Figur 1, med mulig påvirkning mot boligområdet på den andre siden av elva (Benterud).

Grunnet svært høy vannføring i Storelva er det p.t. ikke mulig å vurdere erosjon basert på visuelle observasjoner fra land eller fra lufta. NVE har derfor bistått med skanning av elvebunn, som grunnlag for å kunne vurdere om flommen har ført til erosjon, og følgelig økt sannsynlighet for skred fra skråningene ned fra kvikkleiresonen *Bloms gate* og området omkring Hvelven omsorgssenter mot Storelva (se Figur 1).



Figur 1: Deler av Benterud er evakuert på bakgrunn av pågående flom. Før det kan anbefales tilbakeflytting må det vurderes om det kan løsne skred med utløp i elva som påvirker det evakuerte området.

2 Grunnlag

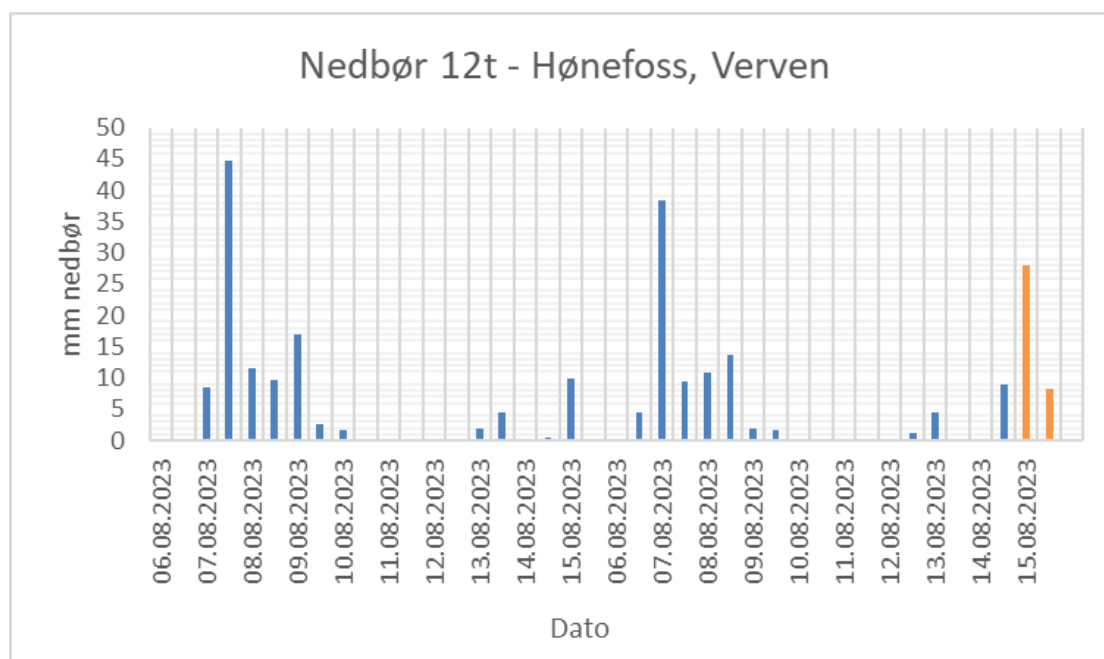
I tidligere prosjekter er det utført felt- og laboratorieundersøkelser i området nær Hvelven omsorgssenter og Ringerike Folkehøgskole. Det er også gjort vurdering av områdestabilitet i området nær Ringerike Folkehøgskole. Følgende datagrunnlag ligger til grunn for vurderingen av skredfare:

- NGI datarapport 810040-2 (NGI, 1994)
- Bane NOR datarapport FRE-00-A-91001 rev 01A (Bane NOR, 2017)
- Bane NOR datarapport FRE-00-A-91008 rev 02A (Bane NOR, 2019)
- NGI datarapport 20220447-01-R (NGI, 2023a)
- NGI datarapport 20220447-02-R (NGI, 2023c)
- NGI-notat vurdering av grunnforhold 20220447-01-TN (NGI, 2022)
- NGI-notat vurdering av områdestabilitet 20220447-02-TN rev 01 (NGI, 2023b)

Tolkning av grunnforhold fremkommer i profiler vist i notat 20220447-02-TN rev 01. I samme notat fremkommer tolkning av grunnforhold hva gjelder kvikkleire, og er vist i Kart 02.

3 Nedbør

Ekstremværet har ført til store nedbørsmengder de siste dagene (blått på Figur 2). Det har regnet mindre de siste par dagene, men i dag (15. august) er det igjen meldt mye regn på Ringerike (oransje på Figur 2). Hovedmengden av vannføringen i Storelva kommer imidlertid fra høy nedbør i dalførene oppstrøms fra elvene Begna og Randselva.



Figur 2: Nedbør i Hønefoss den siste uken (blått), kilde: <https://klimaservicesenter.no/> for målestasjon Hverven. De neste par dagene er det meldt noe nedbør (oransje).

4 Befaring

Det ble gjennomført befaring av skredutsatte områder 12. august 2023.

Grunnet svært høy vannstand er det svært utfordrende å vurdere erosjonsforhold langs elvebredden under befaring. Skråningene ved Bloms gate og Hvelven omsorgssenter ned mot Storelva er filmet med drone.

Kvikkleiresonen *Bloms gate*

Vannhastigheten i elva antas å være et sted mellom 1-2 m/s. Vannstrømmingen er mer turbulent enn vanlig (se Figur 3).

Toppen av skråningen er befart til fots. Ovenfra er det gjort en mulig observasjon av et par trær som har falt. Det er videre ingen tegn på forløp til skred (sprekker, trær som står på skrå etc.).

Skråningen nedenfor Hvelven omsorgssenter

Skråningen mot elva er svært bratt. Det er 2-3 partier med tydelige tegn på skred, se Figur 4. Områdene av skråningen der topplag har skallet av antas å være av eldre art, men det kan ikke utelukkes at noe har skjedd nylig.

Terrengryggen sør for omsorgssenteret er befart til fots. Det er vanskelig å vurdere situasjonen i skråningen, og også risikabelt, grunnet svært bratt terreng lenger ned mot den flomstore elva.



Figur 3: Utklipp fra dronevideo viser turbulent strømning i kanten av elva, på motsatt side av elva fra Benterud (Video: Tom-Erik Bakkely Aasheim, Ringerike kommune).



Figur 4: Utklipp fra dronevideo viser utglidninger (markert med svarte sirkler) i skråningen på nedsiden av Hvelven omsorgssenter. Utglidningene virker å være av eldre dato. Omsorgssenteret kan ses til høyre i bildet (Video: Tom-Erik Bakkely Aasheim, Ringerike kommune).

5 Kartlegging av bunnforhold

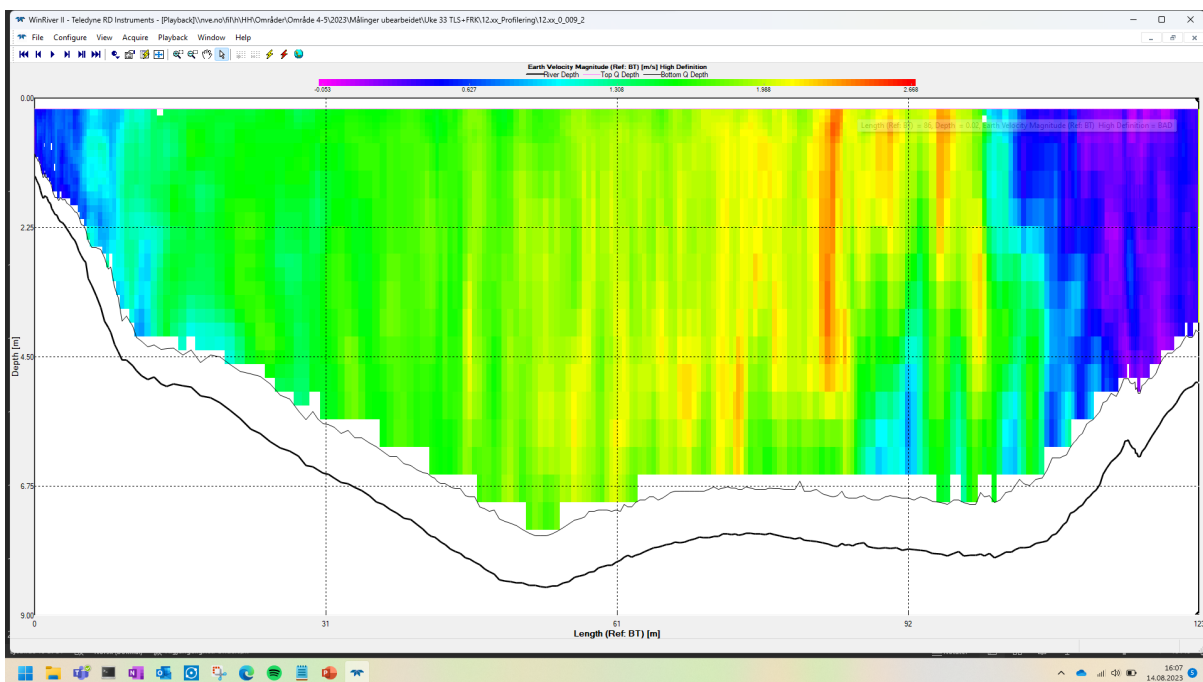
Mandag 14. august har NVE kartlagt bunnforholdene langs Storelva, med den hensikt å kartlegge pågående erosjon (NVE, 2023). Det ble målt inn totalt 14 profiler fra Kvernbergsund bru i nordøst til Gigstads vei 18 i sørvest, se Figur 5. Profilene ble målt inn ved hjelp av ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler), som bruker Dopplereffekten til å kartlegge vanddyb, og -hastighet.

Resultatene av dybdekartleggingen viser at bunnen fortsatt er jevn, og at det ikke er oppstått dype erosjonsgroper. Følgelig er det sannsynlig at ekstremværet har medført lite/ingen erosjon i elvebunnen i Storelva sør for kvikkleiresonen *Bloms gate* og Hvelven omsorgssenter. Det ble derimot observert en god del trær som hadde veltet langs elvebredden, noe som kan tyde på neddriving og/eller erosjon langs- og like under vannlinja. Slike trevelt kan blottlegge underliggende sedimenter, som så lettere kan eroderes som resultat av vannstrømning.

Maksimal vannhastighet langs djupålen ble målt til mellom 2 og 3 m/s (Figur 6). Dette er vannhastigheter høye nok til å potensielt erodere i løsmassedekket, som i dette tilfellet er antatt å bestå av tørrskorpeleire eller fluviale avsetninger som sand og silt. Derimot er målt vannhastighet helt inne ved elvebredden lav (ca. 0.5-1 m/s), noe som er gunstig med tanke på erosjon.



Figur 5: Langs med Storelva er det målt 14 tverrprofiler for kartlegging av erosjon (NVE, 2023). Nummerering indikerer startpunkt for profilene.



Figur 6: Eksempel på målt vannhastighet og vanddybde vha. ADCP i profil 9 (NVE, 2023).

Utstyret på båten NVE benyttet for kartleggingen gir ikke mulighet for absolutt bestemmelse av XYZ-koordinater på elvebunnen under målingene, slik at profilene kun viser relative verdier hhv. avstand på tvers av elveløpet og dybder i forhold til gjeldende vannstand. Det foreligger derfor ikke tilstrekkelig grunnlag for å foreta en direkte sammenligning av tidligere bunndata og dagens bunngeometri.

6 Vurdering av skredfare

6.1 Mulig skred fra kvikkleiresone *Bloms gate*

Kvikkleiresonen *Bloms gate* er nylig vurdert i prosjekt på oppdrag fra Viken fylkeskommune/Ringerike kommune (NGI, 2022; NGI, 2023b). Vurderingene baserer seg på data fra utført felt- og laboratoriarbeid, oppsummert i datarapport 20220447-01-R og 20220447-02-R (NGI, 2023a; NGI, 2023c).

6.1.1 Grunne overflateglidninger

Det er i tidligere prosjekt vurdert stabilitetsforhold i kritisk snitt, innenfor kvikkleiresone *Bloms gate* (NGI, 2023b). Nederst i skråningen mot Storelva er det beregningsmessig lav sikkerhet for grunne, drenerte brudd (se Figur 7, sikkerhetsfaktor = 1.10). Dette virker representativt for grunnere overflateglidninger i de bratte skråningene i området, og innebærer at sikkerhetsmarginen mot grunne skred er relativt liten. Marginen vil reduseres under nedbørsperioder.

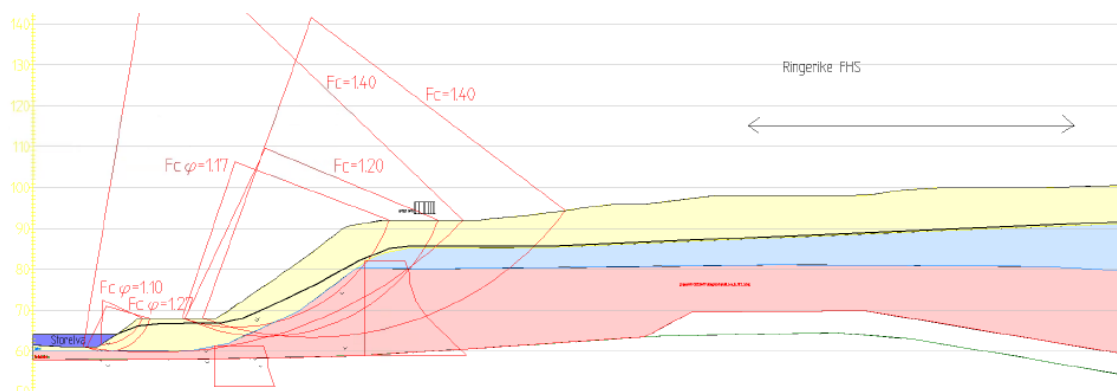
Erosjonskartleggingen utført av NVE tyder på at det så langt under pågående flom-situasjon er skjedd lite/ingen erosjon av elvebunn som resultat av økt vannføring (og hastighet). I så tilfelle antas det at stabiliteten av skråningen er omtrent uendret fra hva situasjonen var før flommen.

Det vurderes likevel å være en viss sannsynlighet for grunne, drenerte brudd langs Storelva når vannet trekker seg tilbake (lokalt, nederst i skråningen).

6.1.2 Kvikkleireskred

For at det skal gå et naturlig utløst kvikkleireskred må det eroderes bort masser slik at det oppstår et brudd som går ned i kvikkleira. Det er imidlertid ikke en nødvendig forutsetning at erosjonen skjer direkte i kvikkleire, da spenningsendringer i kvikkleire også kan oppstå som resultat av topografiske endringer grunnet erosjon i andre masser.

Det antas at den pågående flomsituasjonen kun eroderer bort masser i nederste del av skråningen. I dette området er det beregnet drenert sikkerhetsfaktor på 1.27 for glide-sirkler som går ned i lag med kvikkleire i foten av skråningen. Det er beregnet noe lavere sikkerhet for andre glideflater, men disse vil ikke berøres av erosjon i dagens situasjon. Det vurderes derfor som lite sannsynlig at erosjon, forårsaket av pågående flom, er nok til å utløse et større kvikkleireskred innenfor kvikkleiresonen *Bloms gate*.



Figur 7: Drenert- og udrenert analyse innenfor kvikkleiresone Bloms gate (NGI, 2023b).

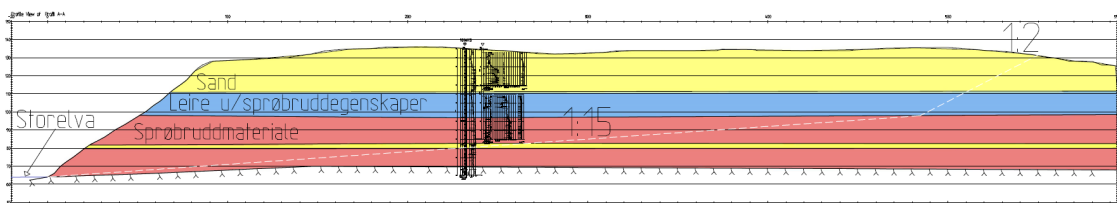
6.2 Mulig skred fra skråningen nær Hvelven omsorgssenter

Det er større usikkerheter relatert til grunnforhold i skråningen sør for Hvelven omsorgssenter, sammenlignet med innenfor kvikkleiresonen *Bloms gate*. Dette skyldes at det er utført få grunnundersøkelser i området omkring omsorgssenteret.

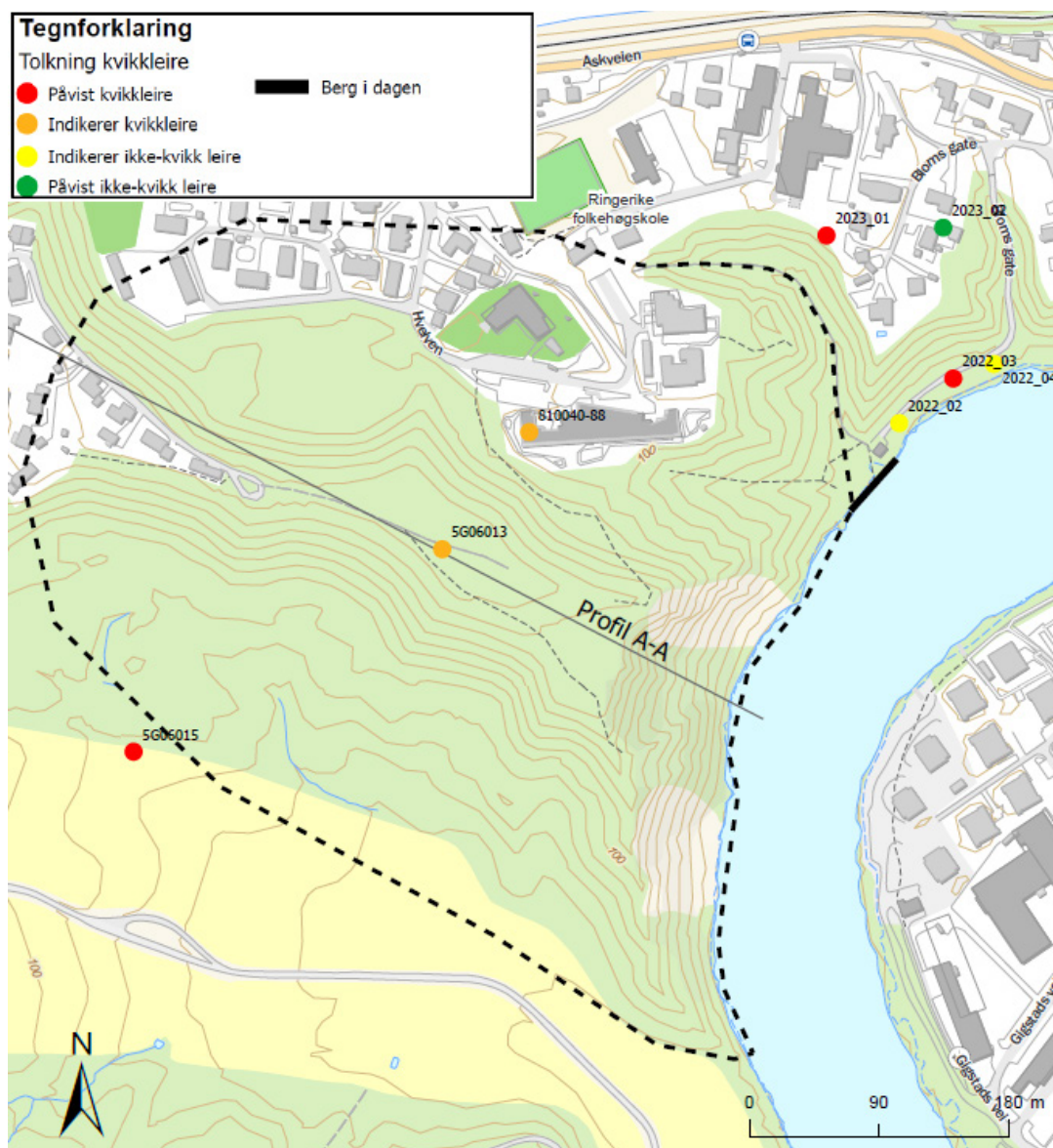
Det foreligger ingen grunnundersøkelser nær elva, og tolkning av lagdeling er derfor usikker (Figur 8). Tolkningen indikerer lagdelt grunn med sandmasser over leire og kvikkleire/sprøbruddmateriale. Beliggenhet av tre borpunkter i området er vist i Figur 9.

Det er hhv. påvist kvikkleire (borpunkt 5G06015) og indikasjoner på kvikkleire (borpunkt 810040-88 og 5G06013). Borpunkt 5G06015 ligger riktignok 200 meter fra elva, men hvis man antar tilsvarende lagdeling ved elva, kan det være kvikkleire rundt elvenivå i profil A-A, dvs. ved ca. kote +68. Topp av kvikkleirelaget ligger på ca. kote +100 i borpunkt 5G06015, slik at mektigheten av evt. kvikkleire kan være betydelig.

Erosjon fra Storelva vil ut fra eksisterende kunnskap om grunnforholdene muligens kunne skje direkte inn i et lag med sprøbruddmateriale/kvikkleire, men antatt lagdeling (Figur 8) i denne delen av skråningen er ikke bekreftet ved grunnundersøkelser langs elva.



Figur 8: Profil A-A med konservativ tolkning av grunnforhold, basert på et fåtall borpunkter. Profilet er vist i kart i Figur 9.



Figur 9: Det er antatt et potensielt løснеområde for kvikkleireskred i nærheten av Hvelven omsorgsbolig (stiplet linje). I de to borpunktene nærmest omsorgssenteret er det indikasjoner på sprøbruddmateriale i grunnen, mens det i borpunkt 5G06015 er påvist kvikkleire.

6.2.1 Grunne overflateglidninger

Det er antatt lav sikkerhet for grunne overflateglidninger, bl.a. basert på at det er påvist tydelige spor etter pågående grunne skred. Skråningen har også en helning på hele 1:1.2 (40°), noe som betyr at mindre utglidninger fortsatt vil forventes å forekomme som resultat av naturlige skråningsprosesser, særlig relatert til kraftig nedbør.

Erosjonskartleggingen utført av NVE tyder på at det er lite/ingen erosjon av elvebunn forårsaket av økt vannføring (og hastighet). Derfor antas det at stabiliteten for grunne overflateglidninger er omtrent uendret fra situasjonen før flommen.

6.2.2 Kvikkleireskred

Dersom det er mektige lag med kvikkleire i grunnen i området ved Hvelven omsorgssenter og ned mot Storelva (slik det konservativt er antatt i Figur 8), kan det i verste fall gå et større skred ned i elva som følge av f.eks. erosjon. Det foreligger imidlertid lite data om grunnforholdene. I borpunkt 5G06015 er det påvist kvikkleire med svært lav omrørt udrenert skjærfasthet. Retrogressiv skredmekanisme kan derfor ikke utelukkes.

Siden det er kartlagt lite/ingen pågående erosjon, antas det at stabiliteten av skråningen er tilnærmet lik det den var før ekstremværet. Sannsynligheten for kvikkleireskred antas da også å være tilnærmet lik det den var før ekstremværet.

7 Følgene av mulig skred i Storelva for Benterud

7.1 Grunne overflateglidninger

Grunne overflateglidninger fra skråningene ved Hvelven omsorgssenter og kvikkleiresone *Bloms gate* kan føre til at små bølger slår innover mot Benterud på motsatt side av elva.

I 2015 foretok NGI en vurdering av konsekvensene for flodbølge og oppdemming av Storelva mot Benterud som følge av grunnere glidninger (NGI, 2015). Konsekvensene av slike grunnere glidninger antas å være små.

7.2 Større skred fra Bloms gate

Som nevnt i avsnitt 6.1.2, anses sannsynligheten for et kvikkleireskred utløst som følge av pågående flom/ekstremvær fra kvikkleiresonen *Bloms gate* som lav. Konsekvensene ved et større skred er dermed ikke vurdert videre her.

7.3 Større skred fra Hvelven omsorgssenter

Ved en kvikkleireskredhendelse, kan et større skred fra området rundt Hvelven omsorgssenter treffe Benterud. Det vil ved en slik hendelse trolig også avsettes mye skredmateriale i elva, som kan medføre fare for oppdemning av elva.

Et evt. skred fra skråningen nær Hvelven omsorgssenter vil også være stort nok og få stor nok hastighet til å kunne skape en flodbølge som kan treffe boligområdet på Benterud.

8 Konklusjoner og anbefalinger

8.1 Risikovurdering

Skredfarevurdering

Basert på at det ikke er kartlagt økt erosjon som følge av den pågående flomsituasjonen, utover hva som kan forventes ved en større flom (noen grunne overflateglidninger og enkelte trær som har veltet), vurderes stabiliteten i skråningene ned fra Hvelven omsorgssenter og kvikkleiresonen *Bloms gate* mot Storelva, som omtrent tilsvarende situasjonen før flommen.

Konsekvenser for Benterud

Evt. grunne overflateglidninger fra skråningene ved Hvelven omsorgssenter og kvikkleiresonen *Bloms gate* er vurdert å kunne føre til små bølger i Storelva. Utover dette vurderes grunne overflateglidninger å ha små umiddelbare konsekvenser for Benterud.

Utløp av skredmasser og/eller flodbølge som resultat av et større skred fra området rundt Hvelven omsorgssenter vil kunne påføre skader på bebyggelse på Benterud. Skredmassene vil dessuten kunne demme opp elva.

Samlet risikovurdering for Benterud

Konsekvensene for bebyggelsen på Benterud av et evt. større skred fra området rundt Hvelven omsorgssenter kan være store, som følge av flodbølge, direkte treff av skred og oppdemming av elva. Sannsynligheten for utløsning av et større skred fra skråningene ved Hvelven omsorgssenter og innenfor kvikkleiresone *Bloms gate* med utløp i Storelva vurderes imidlertid å ikke være vesentlig endret sammenlignet med før flommen/ekstremværet.

8.2 Anbefalinger til videre arbeid

Når vannstanden i Storelva er sunket, bør det gjøres ny befaring av elvebredden for å vurdere erosjonen. (Dette er allerede avtalt med Ringerike kommune).

Selv om sannsynligheten for store skred ikke anses å være nevneverdig større i dag enn før ekstremværet, er stabilitetsforholdene rundt Hvelven omsorgssenter ikke kartlagt iht. NVEs kvikkleireveileder (NVE, 2020). Det foreligger derved ikke oppdaterte stabilitetsvurderinger for dagens situasjon iht. dagens praksis, og datagrunnlaget er sparsomt. Det anbefales derfor supplerende grunnundersøkelser i området som grunnlag for påfølgende revurdering av området.

9 Referanser

- Bane NOR. (2017). *Ringeriksbanen. Sundvollen - Hønefoss. Grunnundersøkelser (Strekning 3, 4 og 5/avrop 08-S3 S4 S5) - Datarapport. Dokumentnr.: FRE-00-A-91001 revisjon 01A.*
- Bane NOR. (2019). *Ringeriksbanen. Geotekniske undersøkelser, Avrop 10-S1 S4 S5) - Datarapport. Dokumentnr.: FRE-00-A-91008 revisjon 02A.*
- NGI. (1994). *Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred - Boreresultater. Dokumentnr.: 810040-2.*
- NGI. (2000). *Geoteknisk vurdering av området Myra og Hvelven, Hønefoss. Dokumentnr. 20001476-1.*
- NGI. (2015). *Skred og farevurdering for flodbølge og oppdemming av Storelva. Teknisk notat 20150105-01-TN.*
- NGI. (2022). *Foreløpig vurdering av grunnforhold og forslag til videre arbeid. Dokumentnr.: 20220447-01-TN.*
- NGI. (2023a). *Vurdering av grunnforhold, Ringerike Folkehøgskole. Datarapport - Grunnundersøkelser. Dokumentnr.: 20220447-01-R.*
- NGI. (2023b). *Vurdering av områdestabilitet ved Ringerike Folkehøgskole. Dokumentnr.: 20220447-02-TN rev 01.*
- NGI. (2023c). *Vurdering av grunnforhold, Ringerike Folkehøgskole. Datarapport - Supplerende grunnundersøkelser. Dokumentnr.: 20220447-02-R.*
- NVE. (2020). *NVE-veileder 1/2019: Sikkerhet mot kvikkleireskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper.*
- NVE. (2023). *E-post "Erosjonskartlegging i Storelva ved Benterud og Bloms gate" med powerpoint "Tverrprofiler NVE Hønefoss 2023".*

Dokumentinformasjon/ <i>Document information</i>		
Dokumenttittel/<i>Document title</i> Vurdering av fare for skred ifm. flom ved Benterud		Dokumentnr./<i>Document no.</i> 20230463-01-TN
Dokumenttype/<i>Type of document</i> Teknisk notat / Technical note	Oppdragsgiver/<i>Client</i> Ringerike kommune	Dato/<i>Date</i> 2023-08-15
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/<i>Proprietary rights to the document according to contract</i> NGI		Rev.nr. & dato/<i>Rev.no. & date</i> 1 / 2023-08-29
Distribusjon/<i>Distribution</i> BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/<i>Keywords</i> Løsmasseskred, kvikkleireskred, flom, flodbølge		

Stedfesting/ <i>Geographical information</i>	
Land, fylke/<i>Country</i> Norge, Viken	Havområde/<i>Offshore area</i>
Kommune/<i>Municipality</i> Ringerike	Feltnavn/<i>Field name</i>
Sted/<i>Location</i> Benterud	Sted/<i>Location</i>
Kartblad/<i>Map</i> 044S	Felt, blokknr./<i>Field, Block No.</i>
UTM-koordinater/<i>UTM-coordinates</i> Sone: 32 Øst: 569286 Nord: 6669906	Koordinater/<i>Coordinates</i> Projeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/ <i>Document control</i> Kvalitetssikring i henhold til/ <i>Quality assurance according to NS-EN ISO9001</i>					
<i>Rev/</i> Rev.	<i>Revisjonsgrunnlag/Reason for revision</i>	<i>Egenkontroll av/ Self review by:</i>	<i>Sidemanns- kontroll av/ Colleague review by:</i>	<i>Uavhengig kontroll av/ Independent review by:</i>	<i>Tverrfaglig kontroll av/ Inter-disciplinary review by:</i>
0	Originaldokument	2023-08-15 Marius Mathisen Søvik	2023-08-15 Håkon Heyerdahl		
1	Referanse til feil dalføre, rettet opp formulering	2023-08-15 Jørgen Løkken Skaatan	2023-08-29 Marius Mathisen Søvik		

Dokument godkjent for utsendelse/ <i>Document approved for release</i>	Dato/<i>Date</i> 29. august 2023	Prosjektleder/<i>Project Manager</i> Marius Mathisen Søvik
---	--	--

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: GeoMiljø – Offshore energi – Naturfare – GeoData og teknologi

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Geotechnics and Environment – Offshore energy – Natural Hazards – GeoData and Technology.

NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentsiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.

