



RAPPORT

Befaring av kvikkleiresoner etter flommen, Kristiansand kommune

BEFARINGSRAPPORT 6.-7. NOVEMBER 2017

DOK.NR. 20170862-01-R
REV.NR. 0 / 2017-12-22

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten 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.

Prosjekt

Prosjekttittel: Befaring av kvikkleiresoner etter flommen, Kristiansand kommune
Dokumenttittel: Befaringsrapport 6.-7. november 2017
Dokumentnr.: 20170862-01-R
Dato: 2017-12-22
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: NVE
Kontaktperson: Ellen Davis Haugen
Kontraktreferanse: Kontrakt datert 19.10.2017

for NGI

Prosjektleder: Kristine H. H. Ekseth
Utarbeidet av: Kristine H. H. Ekseth
Kontrollert av: Carsten Hauser

Sammendrag

NVE har gitt NGI i oppdrag å befare 12 kvikkleiresoner i Kristiansand kommune etter storflommen 1.-3. oktober 2017 med hensyn til erosjon og skredfare. Arbeidet besto i å befare disse 12 sonene samt eventuelle ekstra områder Kristiansand kommune måtte ønske å få kartlagt og eventuelt finne mulige forbedrende tiltak i soner der det er aktuelt.

Generelt har det vært noen overflateskred i svært bratte skråninger og lite/ingen erosjon etter flommen. Enkelte soner trenger tiltak, men disse tiltakene er enkle slik som plastring i elvekant eller avlastning i topp av skråning og eventuell fylling i bunn av skråning.

Innhold

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Innledning | 5 |
| 2 | Generelt om sonene/hovedtrekk fra befaringen | 5 |
| 3 | Observasjoner | 6 |
| 3.1 | 1911 Mørevollen | 6 |
| 3.2 | 1919 Sandbakken | 7 |
| 3.3 | 1920 Lillebekk | 8 |
| 3.4 | 1925 Ferjestaden | 9 |
| 3.5 | 1926 Kroken | 9 |
| 3.6 | 1931 Boen bruk | 10 |
| 3.7 | 1932 Lille Bua | 10 |
| 3.8 | 1933 Knarrestad | 11 |
| 3.9 | 1934 Vollane | 11 |
| 3.10 | 1935 Kvalemoen | 12 |
| 3.11 | 1936 Dyrskueplassen | 13 |
| 3.12 | 1947 Ve skole | 14 |
| 3.13 | 1949 Vesbekken | 14 |
| 3.14 | Befarte områder som ikke er kvikkleiresoner | 14 |
| 4 | Foreslåtte tiltak | 15 |
| 5 | Referanser | 15 |

Vedlegg

Vedlegg A Oversiktskart over sonene

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

NGI har på oppdrag fra NVE befart 12 kvikkleiresoner i Kristiansand kommune etter flommen 1.-3. oktober. Sonene er presentert i Tabell 1. På befaring 6. og 7. november 2017 stilte Carsten Hauser og Kristine H. H. Ekseth fra NGI, fra Kristiansand kommune stilte Terje Kvarsten. Oversiktskart over befarte soner finnes i vedlegg A.

Tabell 1 Soner befart av NGI 6. og 7. november 2017.

| Sonenummer | Sonenavn | Faregrad | Konsekvens | Risiko |
|------------|----------------|----------|----------------|---------|
| 1911 | Mørevollen | Lav | Alvorlig | Lav |
| 1919 | Sandbakken | Lav | Meget alvorlig | Middels |
| 1920 | Lillebekk | Lav | Alvorlig | Middels |
| 1925 | Ferjestaden | Lav | Alvorlig | Lav |
| 1926 | Kroken | Lav | Alvorlig | Lav |
| 1931 | Boen bruk | Lav | Meget alvorlig | Middels |
| 1932 | Lille Bua | Lav | Alvorlig | Lav |
| 1933 | Knarrestad | Lav | Alvorlig | Middels |
| 1934 | Vollane | Middels | Alvorlig | Middels |
| 1935 | Kvalemoen | Middels | Meget alvorlig | Høy |
| 1936 | Dyrskueplassen | Lav | Alvorlig | Middels |
| 1947 | Ve skole | Middels | Meget alvorlig | Høy |
| 1949 | Vesbekken | Lav | Alvorlig | Middels |

2 Generelt om sonene/hovedtrekk fra befaringen

Generelt ble det observert mange overflateskred i områdene som skulle befares etter flommen, både i og utenfor kartlagte soner. Befaringen har foregått langs elvene Otra og Tovdalselven, i sonene nevnt i Tabell 1. I tillegg til sonene nevnt over, har også andre lokaliteter blitt besøkt, se kapittel 3.14.

Geomorfologien i området består hovedsakelig av fluviale og glasifluviale avsetninger, men som grunnundersøkelser har vist (ref. /1/, /2/) er det som oftest marine avsetninger under disse lagene. Som regel er det ikke leire i dagen, men sand/løsmasser over leiren også i områder der det kan forventes at leiren er synlig. Generelt er det observert lite erosjon langs bekker og vassdrag. Vannet i vassdragene er ikke blakket og det er et fåtall steder det er leire i dagen i bekker og elver.

Observasjoner under befaring har omfattet fyllinger på skråningskant, skred i sonen 1911 Mørevollen, erosjon i sonen 1926 Kroken og en del overflateskred i bratte skråninger.

3 Observasjoner

3.1 1911 Mørevollen

Sone 1911 Mørevollen har ikke beskrevet nevneverdig erosjon i befarringsrapport fra høsten 2015 (ref. /3/), annet enn elveerosjon over tid fra Ravnåsbekken. Bildene viser heller ingen erosjon i fot av skråningene. Ravnåsveien øst for sonen er lagt på fylling en gang på 1970-tallet.

Under flommen 1.-3. oktober 2017 har det gått et skred i sonen. Skredet er et lite, lokalt skred i størrelsesorden ca. 30-40 m³. Bruddkanten er ca. 10 m lang og 3-4 m høy, antatt utstrekning bakover på terrassen der skredet har gått er ca. 2-2.5 m (se Figur 1). NVE ved Jan Erik Hønsi har satt ut stikk langs skredkanten etter skredet. Det ble ikke observert tegn på manglende stabilitet eller bevegelser i massene bakover på terrassen ved befaring 6. november 2017. Fra grunnundersøkelser (ref. /1/) fremkommer det at terrassen antageligvis består av tynne lag av finsand, silt og leire til ca. 8 m under terreng, deretter antatt kvikkleire/sprøbruddsmateriale til minst 18 m dybde, der sonderingen ble avsluttet. Skredmassene består av fin, leirig sand, enkelte leirklumper. Skredet har ikke gått ned i antatt kvikkleirelag. Vannet har stått relativt høyt under flommen, antageligvis opp til foten av skråningen der skredet har gått. Vannføringen i Ravnåsbekken har antageligvis vært stor, og vannmetting av massene på terrassen i kombinasjon med økt erosjon fra elv/bekk har antageligvis utløst skredet.



Figur 1: T.v. Skredgropen. T.h. Eksponerte masser i skredkanten.

Sørvest i sonen, ut mot Ravnåsbekken, står skråningen svært bratt. Her er det et område på ca. 1x2 m som har sunket noen titalls centimeter (Figur 2) – og som ikke fremkommer på bilder eller beskrivelser i /3/. Det er ikke tegn på at disse bevegelsene har oppstått i forbindelse med flommen, men det kan heller ikke utelukkes at de oppstod i samme tidsperiode.



Figur 2: Område med nedsunken skråningskant. Svært bratt skråning ned til bekken.

Grunneier har dumpet mye hageavfall ned langs skråningene både i øst og i sør, dette bør ikke videreføres. Over tid (25-30 år?) blir det en ekstra vektbelastning på skråningskant som ikke er ideell i en kvikkleiresone. Det er ikke observert erosjon verken i bekken (som er delvis steinsatt) eller langs Otra i denne sonen.

Et foreslått tiltak i sonen for å unngå videre utvikling bakover i eksisterende skredgrop er å avlaste i toppen av terrassen, ved å slake ut terrenget bak skredkant, og fylle opp i foten av skråningen, for å slik stabilisere situasjonen. Dette må detaljutredes før arbeid iverksettes.

Skråningen i sør står brattere og er høyere enn i skråningen der det har gått skred. Bekken er steinsatt i foten av denne skråningen, men det bør allikevel vurderes om det kan gjøres noe i toppen av skråningen der den begynnende utglidningen befinner seg.

3.2 1919 Sandbakken

Sonen ligger på vestsiden av Otra, sonen avgrenses ved jernbanen i vest og berg i sør. Fra befaringsrapport (ref. /3/) er det ingen beskrivelser av erosjon verken i bekken i nord eller langs Otra.

På befaring ble det observert et avløpsrør som eroderer inn i bekkekanten i nordenden av sonen, men dette utgjør ikke en risiko for sonen per dags dato (Figur 3). Vannet har stått høyt under flommen, ut fra merker på pumpehus, men det ble ikke observert erosjon i sonen.



Figur 3: Erosjon fra avløpsrør (t.v.) inn i bekkekant (t.h.)

Lenger sør i sonen, i strandkanten langs Otra, ble det observert erosjon i skråningen rundt et avløpsrør. Som vist i Figur 4 kommer det vann ut av skråningskanten ved siden av avløpsrøret som har gravd seg ned i massene. Dette anses som et problem som grunneier selv må løse.



Figur 4: Erosjon rundt avløpsrør (t.v.), samt beliggenhet i skråningen (t.h.)

3.3 1920 Lillebekk

Sonen ligger ved Lillebekk, en liten sidebekk til Otra. Sonen avgrenses av Lillebekk i vest og berg i øst.

Det har under befaringen blitt observert endringer i bekkeløp og erosjonsforhold, jf. Figur 5. Lillebekk har blitt demmet opp av en beverdam som må renskes og bekken tilbakeføres til opprinnelig løp. Erosjonsforholdene er endret av bekkens nye løp, og

jernbanefyllingen kan påvirkes av bekken om det kommer en fremtidig flomsituasjon. Kommunen avtalte å kontakte BaneNOR for å avklare ansvarsfordelingen i området før det blir satt i gang tiltak for å tilbakeføre bekken til tidligere situasjon.



Figur 5: Endrede erosjonsforhold og bekkeløp på grunn av beverdam. Jernbanefylling i bakgrunnen.

3.4 1925 Ferjestaden

Sonen ligger langs Tovdalselven, lengst nord i interesseområdet "Kverndalen - Kjevik" fra opprinnelig kartlegging, ref. /4/. Også her har vannet stått høyt under flommen, men erosjonsforholdene er uendret.



Figur 6: Uendrede erosjonsforhold. Sjøppel fra flommen i greinene på trærne.

3.5 1926 Kroken

Befaringsrapporten fra 2015 (/4/) har avmerket erosjon langs elvebredden i denne sonen, men erosjonen beskrives som lite-moderat. Det ble observert eksponert leire i elvebredden og erosjon. Erosjonen i elvebredden går inn under skråningen, opptil 1 m. flere steder er det tegn til at erosjonen har utløst små skred og utglidninger, men ingen av disse har utviklet seg til større, retrogressive skred. Parallelt med elven, på topp av terrassen/elvebredden, går det en sprekk i søndre del av sonen.



Figur 7: T.v.: sprekk langs topp av terrasse.
 T.h.: Leire i dagen i elvbredden (ø), erosjon og veltet tre (n).

Flommen har ikke bidratt til økt erosjon i denne sonen, erosjonen er fra vannstand på normalnivå. Dersom det vurderes som nødvendig med sikringstiltak i sonen vil plastring av skråningsfot være det mest effektive tiltaket.

3.6 1931 Boen bruk

Befaringen avdekket ingen erosjon eller andre hendelser som følge av flommen.

3.7 1932 Lille Bua

Befaringen avdekket ingen erosjon eller andre hendelser som følge av flommen, men noe pågående erosjon ble oppdaget i bekken sørøst i sonen (Knarrestadbekken).



Figur 8: Erosjon i Knarrestadbekken.

3.8 1933 Knarrestad

I denne sonen er det ikke observert erosjon langs elvekanten til Tovdalselven etter flommen. Et stykke inn i sonen, ved bolighuset i Dønnestadveien 324, har det gått et overflateskred i terrassen. Skredet har gått i sandige masser, og skredkanten er noen meter fra boligen. Det er ikke observert leire i dagen her, men grunnundersøkelser fra Rambøll (ref. /2/) indikerer finsand/silt i toppen over bløtere masser (antatt kvikkleire). Mulig tiltak kan være en liten motfylling i fot av skråningen, eventuelt i kombinasjon med avlastning i toppen (om mulig).



Figur 9: Overflateskred ved Dønnestadveien 324.

3.9 1934 Vollane

Vollane er avgrenset av Tovdalselven i øst og Østerbekk i vest. Erosjonsforholdene er uendret i begge vassdragene etter flommen, og befaringen avdekket ingen forhold som må følges opp. Utløpet til Østerbekk har mye avsatt leire og silt etter flommen, noe som tyder på at det har vært stillestående vann over lengre tid her.



Figur 10: Siltige, leirige avsetninger etter flommen.

3.10 1935 Kvalemoen

Sonen var ikke en del av den opprinnelige bestillingen, men ble befart da det fra østbredden av elven ble observert et overflateskred i sonen.

Overflateskredet har gått midt i sonen, ut mot Tovdalselven, i en svært bratt rygg som står igjen etter et tidligere skred i sonen. Skredet har gått i det sandige topplaget, og det ble ikke observert erosjon eller utglidninger i leire. Dersom skredet utvikler seg videre vil det antageligvis ikke utløse et større, retrogressivt skred, men kan medføre oppdemning lokalt i Østerbekk.



Figur 11: Overflateskred på rygg. Merk hvor bratt skråningen er.

Nord-øst i sonen, ved Topdalsveien 282, er det en stor fylling ut mot skråningskanten. Fyllingen har antageligvis vært der en stund, men på generelt grunnlag er det ikke anbefalt med fyllinger på skråningskant. Mulige tiltak bør vurderes, blant annet å fjerne noe av massene.

3.11 1936 Dyrskueplassen

Helt nord i denne sonen er det et eksisterende overflateskred som har økt i utbredelse fra første til andre befaring i kvikkleirekartleggingsprosjektet som har pågått 2015-2017 (ref. /4/ for rapport fra første befaring). Etter flommen har skredet økt enda mer i utbredelse, og det har også gått overflateskred i skråningen ut mot Tovdalselven. Det er eksponert leire under sand, og grunnundersøkelsene utført av Rambøll (ref. /2/) viser ca.7 m med sand/finsand over antatt kvikkleire/bløte masser. Terrassen har generelt svært bratte skråninger, 1:1 opp mot 2:1, noe som gjør tilkomst til elvebredden svært vanskelig. Vi kan ikke se noen tiltak som vil være praktisk gjennomførbare i denne sonen, annet enn noe rydding i ravinen nedenfor skredområdet, for å se etter erosjon i bekken her. For å komme til må det antageligvis brukes båt, eventuelt klatrere fra et firma som har erfaring med arbeid i bratt terreng.



Figur 12: Overflateskredet i sonen "Dyrskueplassen". Overflateutglidningene fortsetter videre parallelt med elven. Merk de tydelige, horisontale avsetningshorisontene i den marine leiren og den svært finkornede sanden som ligger over.

3.12 1947 Ve skole

Befaringen avdekket ingen erosjon eller andre hendelser etter flommen. Det ble observert mer berg i dagen enn ved foregående befaringer – sonen kan eventuelt innskrenkes noe i vest.

3.13 1949 Vesbekken

Befaringen avdekket ingen erosjon eller andre hendelser etter flommen. Eksponert leire i bekken er ikke erodert i flomhendelsen.

3.14 Befarte områder som ikke er kvikkleiresoner

Området mellom kvikkleiresonene 1939 Jordfall og 1944 Soldatheimen har mange overflateutglidninger fra flommen. Her skal NVE blant annet ha fått utført dronedeflyvninger med terrengmodell som slutt mål, og området anses som å være under kontroll.

Kommunen ønsket å få en vurdering av Topdalsveien 308, som ligger nord for sonene 1934 Vollane og 1935 Kvalemoen. Her er det observert setninger i skråningen, ca. 50

cm ved befaringstidspunktet. Det er berg i dagen i fot av skråning ut mot Tovdalselven og ingen tegn til erosjon. Deformasjonene ansees å skyldes sig i overflatemasser i bratt terreng. Mulige tiltak er begrenset av svært bratt skråning og liten plass på topp av terrassen, slik at slaking av skråningskant ved avlastning i toppen og oppfylling i foten vil være vanskelig og dyrt. anbefalte tiltak er generelt å ikke etablere fyllinger på terrassekant, samt beplante/la gro til i skråningen/på sauebeitet for å forhindre videre utvikling. Sauetråkk kan være med på å forverre situasjonen, der dyretråkkene fungerer som veier parallelt med skråningen hvor vann kommer til og eroderer fra toppen i tillegg til vannstrømmen i løsmassene. Flytting av sauebeitet kan også være et tiltak for å forbedre forholdene på lang sikt.



Figur 13: Skråning der det har vært setninger. Merk stubber fra trær som har stått der tidligere og som er hugget.

4 Foreslåtte tiltak

På generell basis bør elvebreddene i de store vassdragene (Tovdalselven og Otra) befares. Grunnforholdene består av marine avsetninger med fluviale/glasifluviale avsetninger over, og elvene befinner seg i nivå med de marine avsetningene. Dette medfører at erosjon i elvenivå er erosjon i marine avsetninger. Skråningene står ofte svært bratt og er tett bevokst, så det vil være hensiktsmessig at befaringen utføres fra båt. I sonene der det er avmerket erosjon i referanse /3/ og /4/ kan det også med fordel plastres – erosjon ved store flommer ser ikke ut til å være hovedproblemet i området, men erosjon over tid ved normal vannstand.

5 Referanser

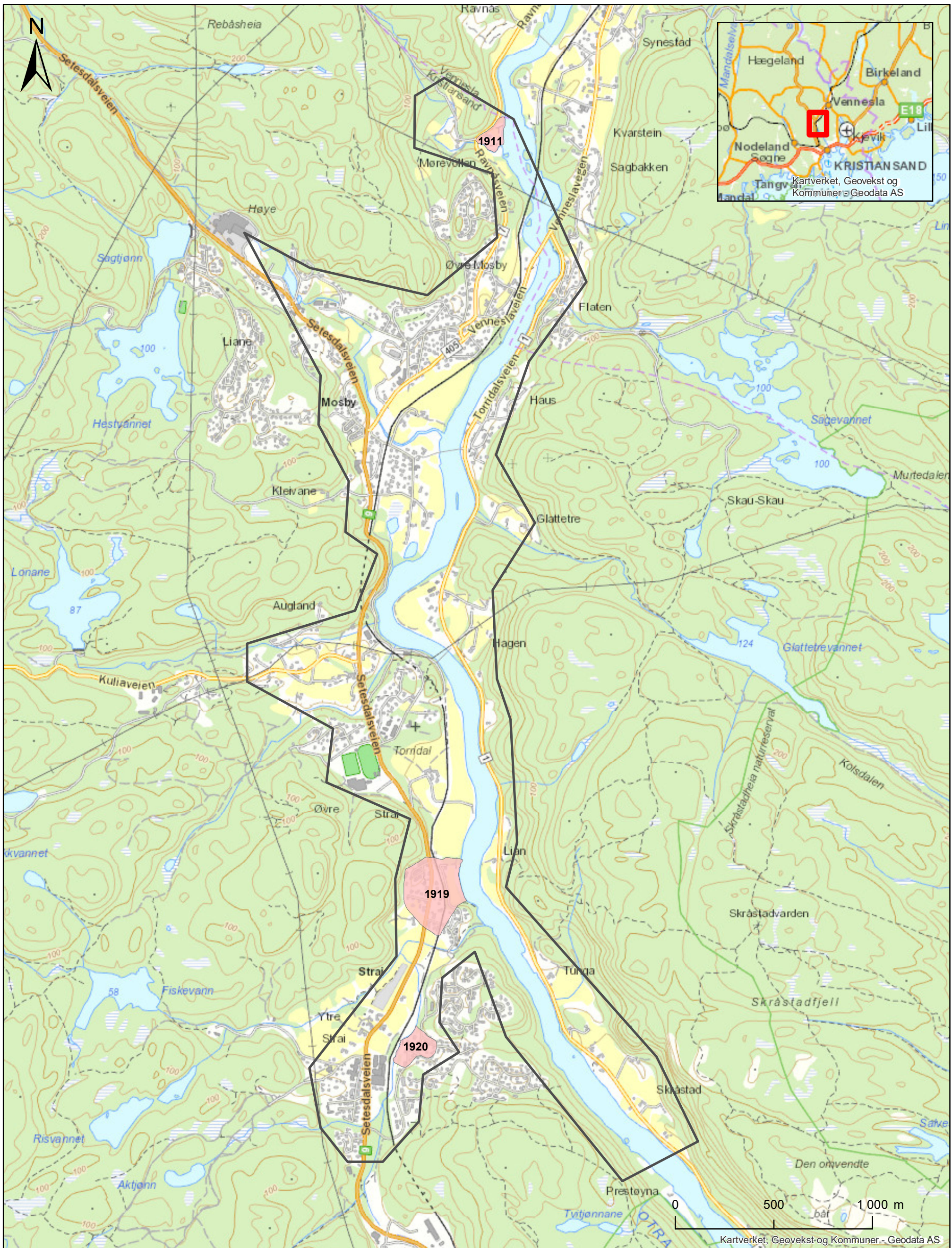
- /1/ Rambøll (2017a) Datarapport fra grunnundersøkelse. Kvikkleirekartlegging Mosby-Strai, delområde 3. Oppdragsnr. 130014266, G-rap-008, rev.1.
- /2/ Rambøll (2017b) Datarapport fra grunnundersøkelse. Kvikkleirekartlegging Kristiansand, delområde 7. Oppdragsnr. 130014266, G-rap-008, rev.1.
- /3/ NGI (2015a) Befaringsrapport Mosby-Strai 20150471-03-R
- /4/ NGI (2015b) Befaringsrapport Kverndalen-Kjevik 20150471-07-R

Vedlegg A

OVERSIKTSKART

Innhold

| | | |
|----|---------------------|---|
| A1 | Mosby-Strai | 2 |
| A2 | Kverndalen - Kjevik | 3 |






Målestokk (A3): 1:18 113

Tegnforklaring

 Kartleggingsområder

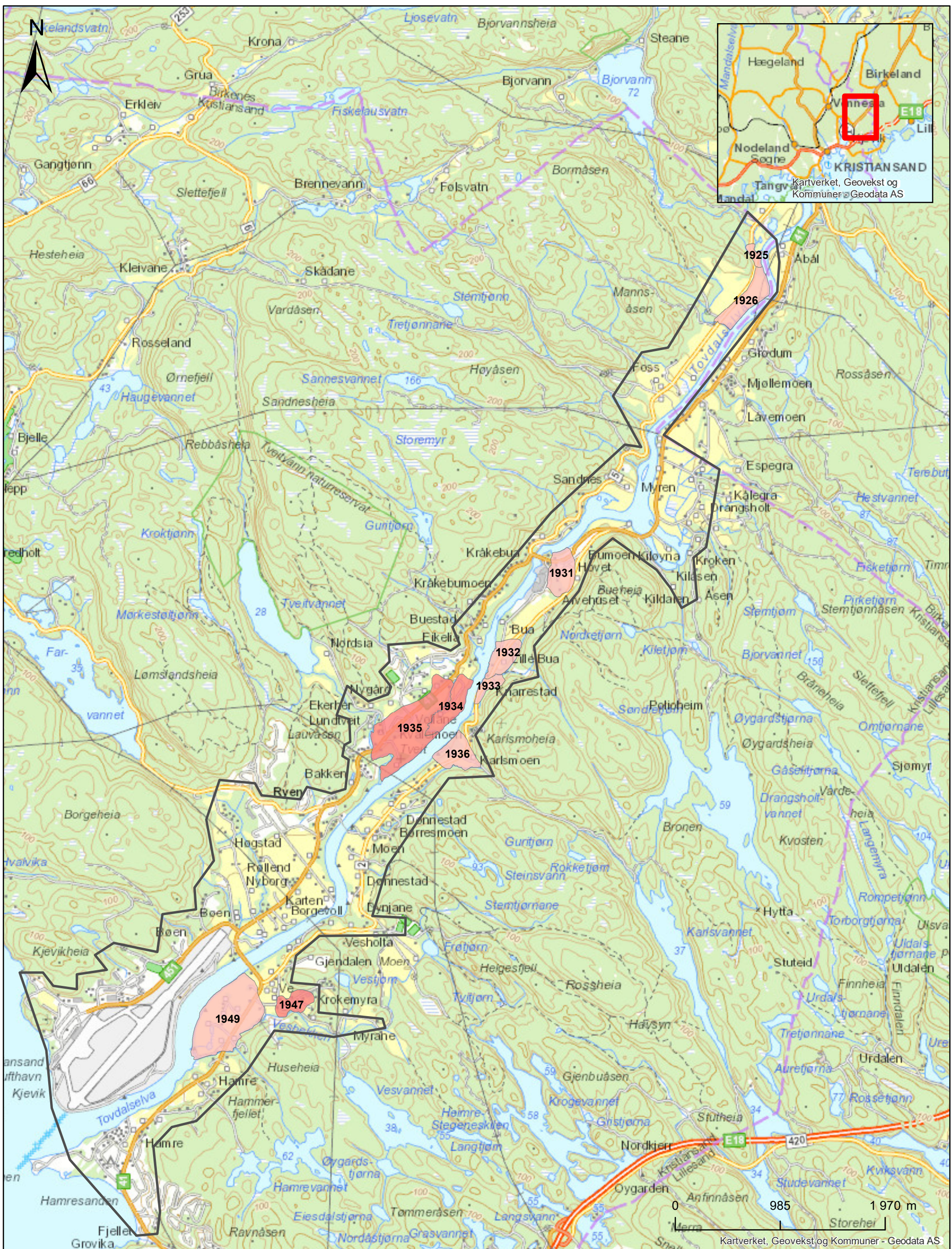
Faregradklasse

-  1 - Lav
-  2 - Middels
-  3 - Høy

Kartlagte faresoner

| Mosby-Strai | Prosjektnr. 20170862 | Kart nr. 01 |
|-----------------------------------|-------------------------|--------------------|
| Soner befart 6.-7. november 2017. | Utført KEK | Dato 2017-12-21 |
| | Kontrollert CHa | Godkjent KEK |





Kartverket, Geovekst og Kommuner - Geodata AS

Målestokk (A3): 1:33 507

Tegnforklaring

Kartleggingsområder

Faregradklasse

- 1 - Lav
- 2 - Middels
- 3 - Høy

Kartlagte faresoner

| | | |
|-----------------------------------|-------------------------|--------------------|
| Kverndalen-Kjevik | Prosjektnr. 20170862 | Kart nr. 02 |
| | Utført KEK | Dato 2017-12-21 |
| Soner befart 6.-7. november 2017. | Kontrollert CHa | Godkjent KEK |
| | | |

| Dokumentinformasjon/Document information | | |
|--|------------------------------------|--|
| Dokumenttittel/Document title Befaringsrapport 6.-7. november 2017 | | Dokumentnr./Document no. 20170862-01-R |
| Dokumenttype/Type of document Rapport / Report | Oppdragsgiver/Client NVE | Dato/Date 2017-12-22 |
| Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract NGI | | Rev.nr.&dato/Rev.no.&date 0 / |
| Distribusjon/Distribution BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees | | |
| Emneord/Keywords kvikkleirekartlegging, kvikkleiresoner, løsmasseskred, erosjon, kartlegging | | |

| Stedfesting/Geographical information | |
|--|---|
| Land, fylke/Country Norge, Aust-Agder | Havområde/Offshore area |
| Kommune/Municipality Kristiansand commune | Feltnavn/Field name |
| Sted/Location Mosby-Strai, Kverndalen-Kjevik | Sted/Location |
| Kartblad/Map | Felt, blokknr./Field, Block No. |
| UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: Øst: Nord: | Koordinater/Coordinates Projeksjon, datum: Øst: Nord: |

| Dokumentkontroll/Document control Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001 | | | | | |
|---|--|---|---|--|--|
| Rev/Rev. | Revisjonsgrunnlag/Reason for revision | Egenkontroll av/ Self review by: | Sidemanns- kontroll av/ Colleague review by: | Uavhengig kontroll av/ Independent review by: | Tverrfaglig kontroll av/ Inter- disciplinary review by: |
| 0 | Originaldokument | 2017-12-21 Kristine H H Ekseth | 2017-12-21 Carsten Hauser | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| | | |
|--|---------------------------------------|---|
| Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release | Dato/Date 22. desember 2017 | Prosjektleder/Project Manager Kristine H H Ekseth |
|--|---------------------------------------|---|

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: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskaper 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: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

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

www.ngi.no

