



RAPPORT

Kvikkleirekartlegging Sørlandet

BEFARINGSRAPPORT KVERNDALEN – KJEVIK,
KRISTIANSAND KOMMUNE

DOK.NR. 20150471-07-R
REV.NR. 0 / 2015-12-15

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: Kvikkleirekartlegging Sørlandet
Dokumenttittel: Befaringsrapport Kverndalen – Kjevik, Kristiansand kommune
Dokumentnr.: 20150471-07-R
Dato: 2015-12-15
Rev.nr. / Rev.dato: 0 / -

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: NVE
Kontaktperson: Ingrid Havnen
Kontraktreferanse: Kontrakt mellom NVE og NGI. Regional kvikkleirekartlegging i kommunene Kristiansand, Søgne og Songdalen, datert 9. november 2015.

for NGI

Prosjektleder: Kristine H. H. Ekseth
Utarbeidet av: Kristine H. H. Ekseth og Søren Holm
Kontrollert av: Bjørn Kalsnes

Sammendrag

NGI har utført befaringsrapport i området Kverndalen-Kjevik i Kristiansand kommune i forbindelse med regional kartlegging av potensiale for skredfare på Sørlandet. Befaringsområdet Kverndalen-Kjevik dekker et areal på ca. 12 km². Kartleggingen er ett av i alt syv områder som inngår i oppdraget. Delområdene er definert av Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE).

Forut for befaringsrapport ble det gjort et innledende desk- og kartstudium av delområdet for å lokalisere potensielle fareområder. Under befaringsrapport i Kverndalen – Kjevik er det hovedsakelig påtruffet sand i skråninger og langs elve- og bekkeleier, men det er også påvist leire i dagen på flere lokaliteter under befaringsrapport. Ifølge informasjon fra Statens vegvesen, Jernbaneverket og Multiconsult AS skal det være påtruffet leire ved grunnboringer også i sørlige del av kartleggingsområdet. I nord er det ikke utført grunnboringer som NGI har kjennskap til.

Det er i hovedtrekk lite/moderat erosjon langs Topdalselven og moderat erosjon i bekker i området. [HH1]

Basert på befaringen er det gjort en vurdering av hvilke områder som bør inkluderes for videre kartlegging ("interesseområder"). Som resultat av dette er det foreslått å gå videre med nærmere vurdering av en rekke interesseområder, dvs. potensielle kvikkleirefasesoner. Mange av interesseområdene er relativt små, som følge av at området til dels er sterkt ravinert. Data fra tidligere grunnundersøkelser har ikke vært tilgjengelige, eller er ikke relevante, for vurdering av potensielle faresoner. Det er derfor foreslått å utføre grunnundersøkelser i alle interesseområdene. Generelt er det foreslått å utføre mellom 5 og 25 sonderinger i [HH2]hvert av de 6 overordnede delområdene. Basert på sonderingsresultatene bør det vurderes opptak av evt. prøver.

Områder som ikke foreslås kartlagt videre er generelt ekskludert ut fra topografiske kriterier (for slake skråninger eller liten begrenset skråningshøyde), at det er påvist berg i dagen, eller at det av andre årsaker (som lagdeling) ikke antas å være fare for større områdeskred.

Noenlunde behov for supplerende grunnundersøkelser er angitt i rapporten, men detaljerte borplaner og mengdebeskrivelser vil utarbeides senere. Det vil da tas hensyn til evt. tilgjengelige relevante data fra eksisterende grunnundersøkelsesrapporter innenfor området.

Innhold

1	Innledning	6
2	Kvartærgeologi og topografi	7
2.1	Kvartærgeologiske forhold i Kristiansandsområdet	7
2.2	Kvartærgeologiske forhold i delområde Kverndalen – Kjevik	8
2.3	Topografi	10
2.4	Hovedtrekk fra befarings	11
3	Innledende desk- og kartstudium	12
3.1	Utvalg av analyseområdene i Kristiansand, Søgne og Songdalen kommune – GIS-analyse og kartgrunnlag.	12
3.2	NGIs deskstudium/GIS-analyse før feltarbeid	13
4	Områdevurderinger	16
4.1	Generelt	16
4.2	Foreløpig vurdering av potensielle fareområder	16
4.3	Delområde 7a: "Kroken – Foss"	17
4.4	Delområde 7b: "Bumoen"	19
4.5	Delområde 7c: "Kvalemoen"	21
4.6	Delområde 7d: "Rønnemoen"	24
4.7	Delområde 7e: "Øvre Kjevik"	27
4.8	Delområde 7f: "Kjevik"	29
5	Oppsummering	32
6	Referanser	33

Tegninger

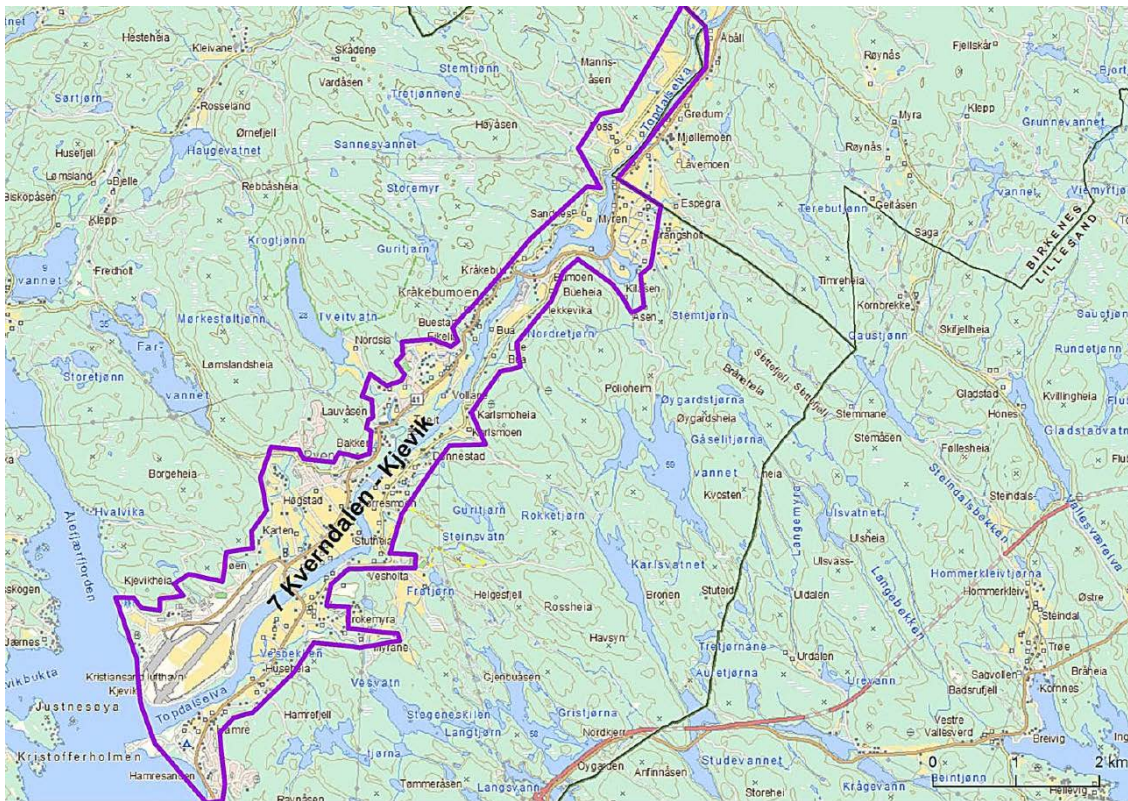
- Oversiktskart nr. 010-1 og -2 Oversiktskart med observasjoner fra befarings
 (1 : 9000)
- Oversiktskart nr. 011-1 og -2 Oversiktskart med utvalgte delområder for videre kartlegging
 (1 : 9000)
- Oversiktskart nr. 012-1 og -2 Oversiktskart med tidligere, relevante rapporter
 (1 : 9000)

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

I forbindelse med regional kvikkleire oversiktskartlegging av i alt syv [områder^{\[HH3\]}](#) i Kristiansand, Søgne og Songdalen kommuner har Norges Geotekniske Institutt (NGI) utført befaringskartlegging i området Kjevik-Kverndalen i Kristiansand kommune. Områder som omfattes av kartleggingen er definert av Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE), ref. /3/.

Kartleggingsområdet er vist på Figur 1 og dekker et areal på ca. 12 km². Befaringen av dette området ble foretatt i to omganger i perioden oktober-november 2015 av Kristine H. H. Ekseth, Søren Holm og Håkon Heyerdahl, alle ansatt ved NGI.



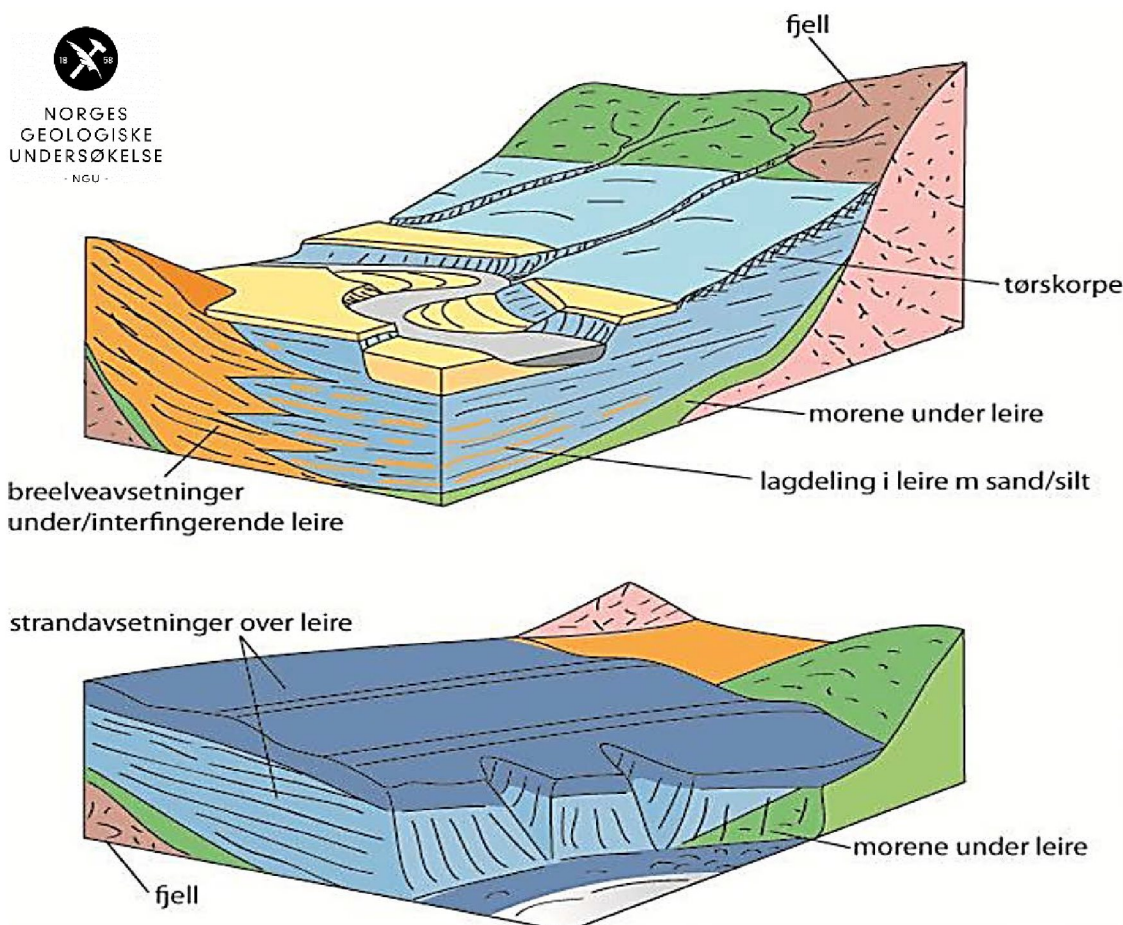
Figur 1 Kartutsnitt av området Kverndalen – Kjevik.

2 Kvartærgeologi og topografi

2.1 Kvartærgeologiske forhold i Kristiansandsområdet

Elve- og bekkeavsetninger er et resultat av bekker eller elvers erosjon, transport og avsetning. Avsetning i vann fører til sortering av materiale og avsetningene i forskjellige områder kan være alt fra grus og sand til leire. Avsetningen av leire foregår primært hvor vannhastigheten er lav. Leire er derfor typisk avsatt i store innsjøer og i havet.

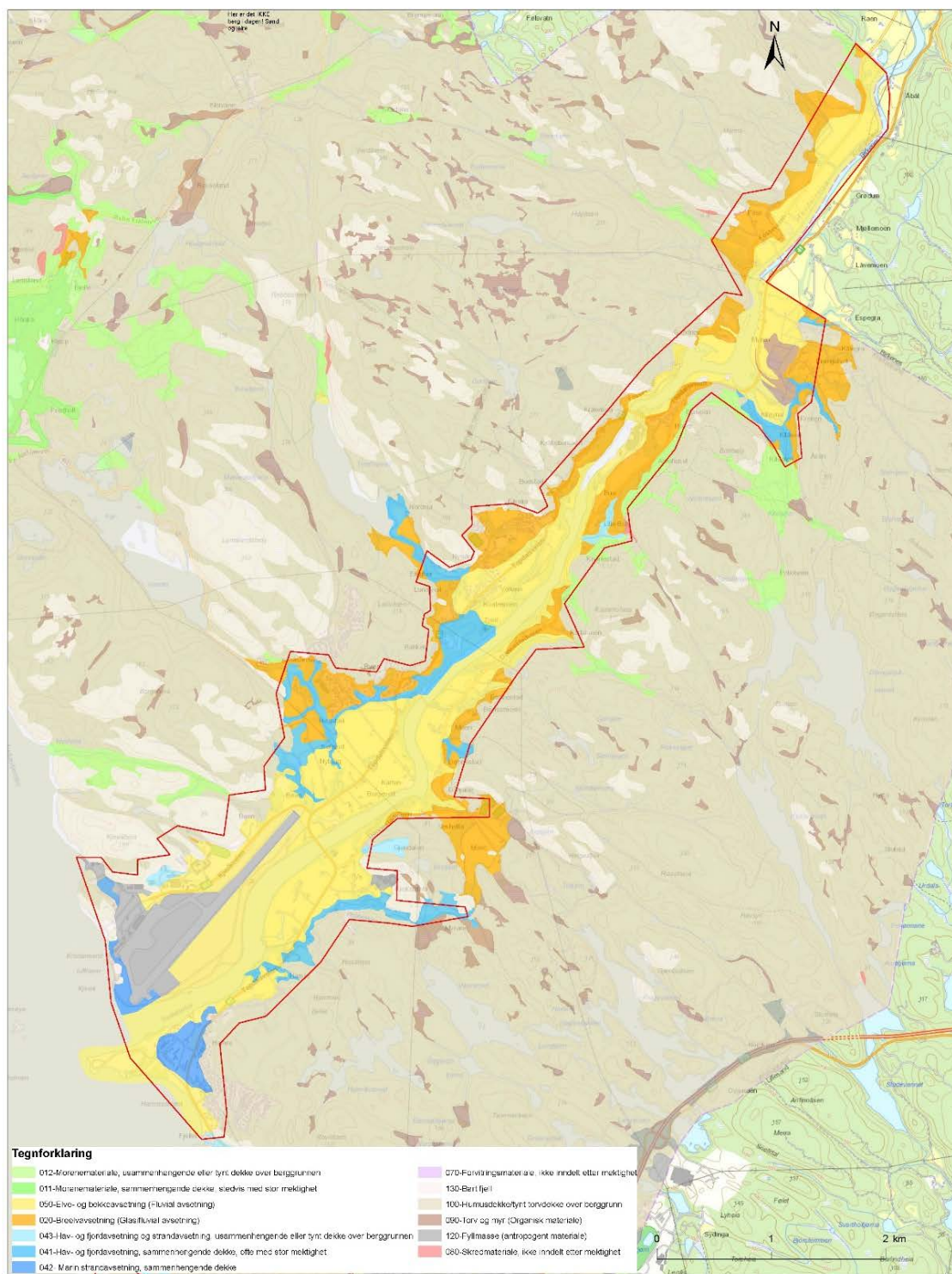
Breelavsetninger er et resultat av nedsmelting av breens isdekke og smeltevannets drenering til havet. Smeltevann rant mot brekanten i en tunnel under isen og på isens overflate og langs iskanten inn mot dalsider. På slake strekninger mellom iskanten og dalsider ble erosjonsmateriale avsatt og det ble bygd opp langstrakte terrasser med grus og sand. Leire ble først avsatt når smeltevannet rant ut i havet. Smeltevannsløp på isens overflate og små bredemte sjøer langs isen kunne bli fylt med breelvmateriale og dette dannet hauger og rygger med breelvmateriale da isen smeltet. For områder under marin grense kan det generelt ligge leire under andre avsetninger.



Figur 2 Tenkt modell over løsmassefordelingen i dybden (fra NGU, www.nqu.no).

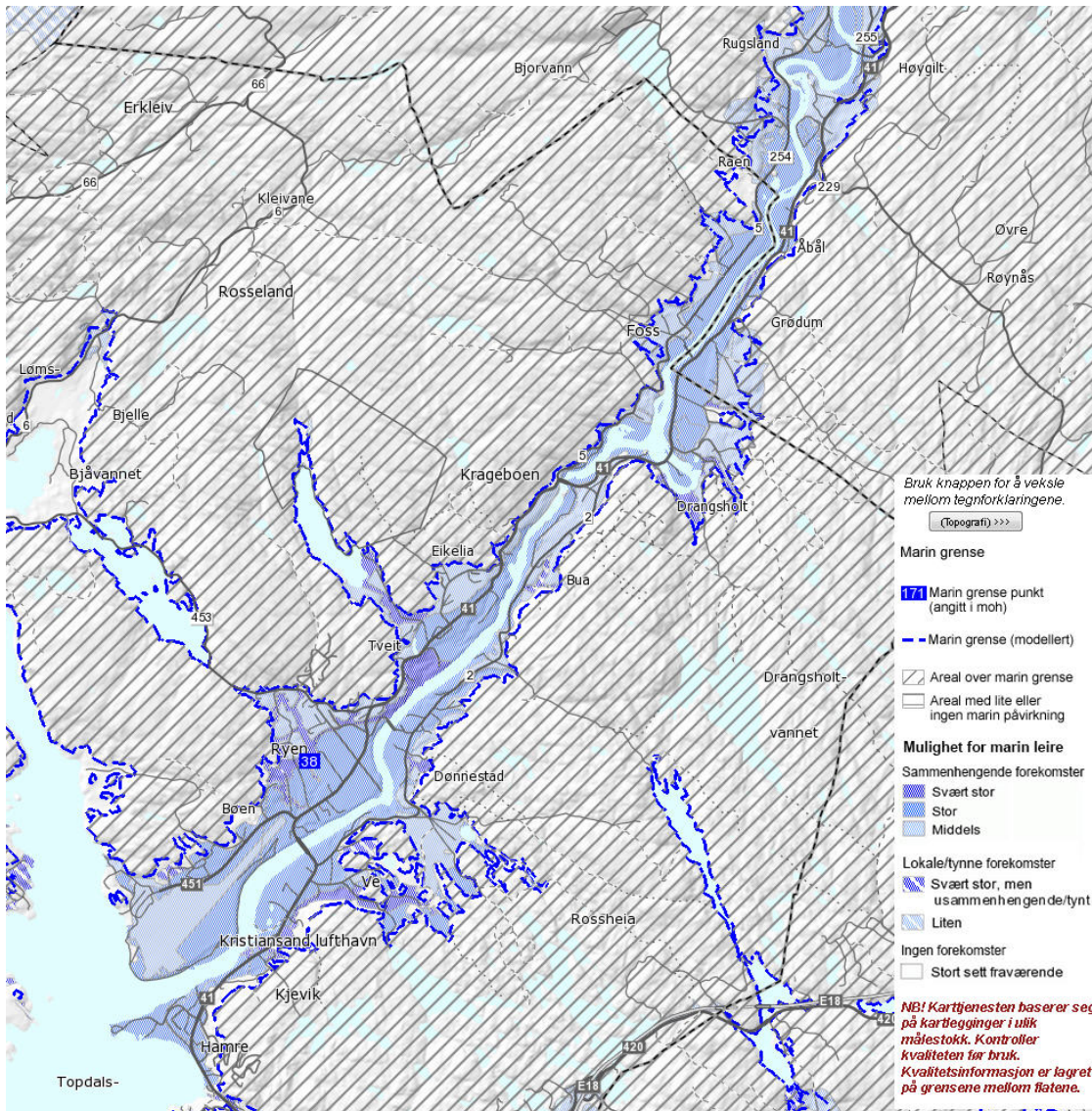
2.2 Kwartærgeologiske forhold i delområde Kverndalen – Kjevik

Løsmassekart for området er vist i Figur 3. Store deler av området er klassifisert som fluviale/glasifluviale avsetninger over naturlige sedimenter eller berg. I ytterkanten av delområdet i sørøst og sørvest skal det finnes marine avsetninger i dagen, noe som også har blitt observert ved befaring. Søndre del av området har noe antropogene masser, hovedsakelig Kristiansand flyplass Kjevik, som ligger på en stor løsmasseterrasse bestående av fluviale/glasifluviale avsetninger og marine avsetninger.



Figur 3 Lømassegeologien i Kverndalen – Kjevik (ref. /1/).

Marin grense i Kverndalen - Kjeviek er vist i Figur 4.



Figur 4 Marin grense i Kverndalen – Kjeviek (ref. /1/).

2.3 Topografi

Området som skal kartlegges omfatter områdene øst og vest for Topdalselven opp til grensen til Aust-Agder. Området inkluderer Kristiansand lufthavn Kjeviek og Hamresanden. Topdalselven er en stor, svakt meanderende elv som eroderer i elveavsetninger i dalen den ligger i.

Sideterenget til elven består av terrasser i ulike nivåer ned mot elven. Løsmassene strekker seg til hver side av elven, flere steder med store skråningshøyder. Ovenfor

løsmasseterrassene stiger berget opp mot dalsidene. Det antas grunt berg under løsmasseavsetningene (fluviale/glasifluviale avsetninger eller marine avsetninger) i de nedre delene av dalsidene.

Generelt ligger løsmasseterrassene mellom kote +20 og +40 i nordre del av området. Skråningshøyden varierer mellom 10-25 m. Nivået avtar gradvis sørover, der løsmasseterrassene ligger opp til maksimalt ca. kote +15 ved flyplassen. Hele området ligger under marin grense, se Figur 4.

2.4 Hovedtrekk fra befaring

Avsetningene i området består i hovedsak av sand over marine avsetninger. Under befaringen ble det påtruffet sand i dagen i terrassene, langs elven og på elvebunn, men flere steder ble det også funnet leire i dagen i bunn av raviner og/eller i bekker. I følge grunnundersøkelser fra Multiconsult A/S og Statens vegvesen skal det være påtruffet sensitivt materiale/kvikkleire i sørligvestlige deler av undersøkelsesområdet. En del av disse rapportene har foreløpig ikke vært tilgjengelige. På østsiden og nordover fra Kvalemoen er vi ikke kjent med noen grunnundersøkelser.

Langs Topdalselven og mindre bekkeløp er det stedvis erosjon, også i leire enkelte steder. Løsmasseterrassene i området er ravinerte, både med og uten bekker (evt. kan det være flombekker i enkelte av de tørre ravinene). Mange raviner er store og med flere sideraviner ut fra en hovedravine. Enkelte steder har det gått løsmasseskred i senere tid. Det er også spor etter gamle skredgroper i terrassene flere steder. I bunn av noen av ravinene er det påvist leire i dagen. [HH4]

Under befaringen ble det gjort observasjoner av skredgroper og pågående skredaktivitet. Eksisterende informasjon fra Skrednett (ref. /2/) gir ingen informasjon om hendelser og det er heller ikke registrert tidligere skredaktivitet relatert til løsmasseskred i dette området.

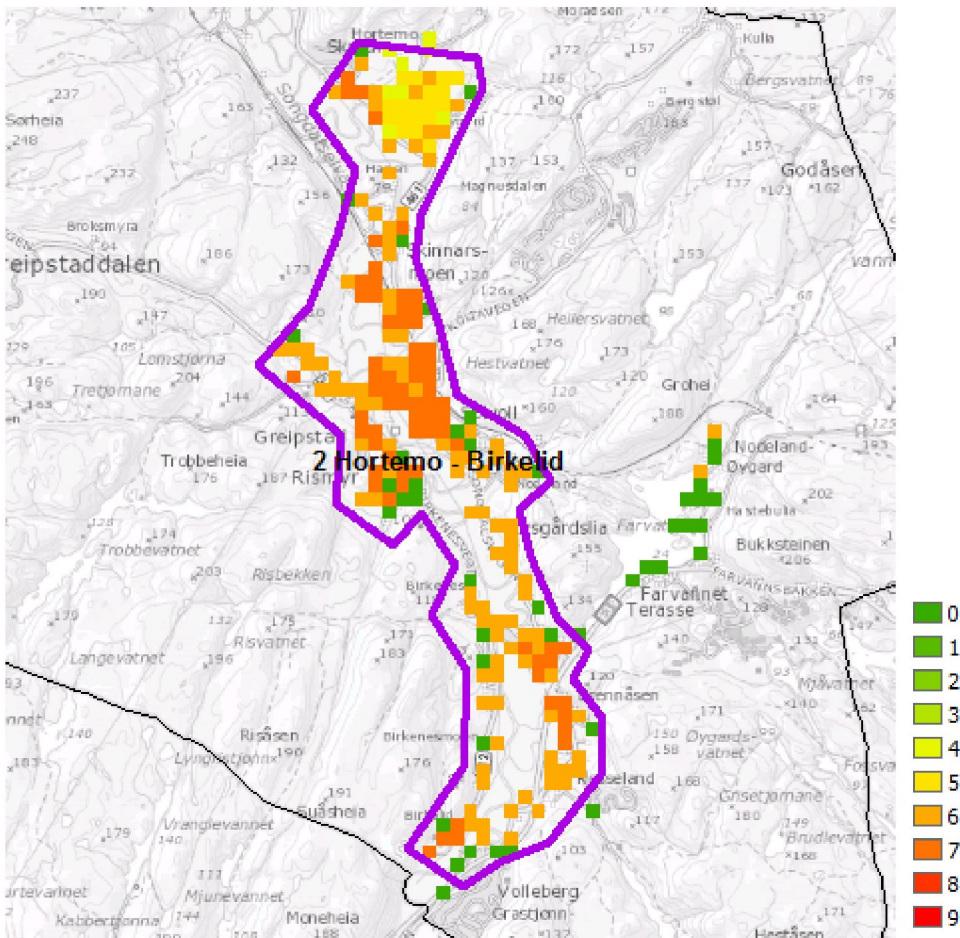
3 Innledende desk- og kartstudium

3.1 Utvalg av analyseområdene i Kristiansand, Søgne og Songdalen kommune – GIS-analyse og kartgrunnlag.

En innledende GIS-analyse er utført av NVE med hensikt å avgrense områder for kartlegging (ref./11/). Denne analysen tar utgangspunkt i NGUs datasett «mulighet for marin leire» i NGUs løsmassekart (ref./1/) samt aggregert informasjon om befolkning og estimert personopphold i bygg utenfor hjemmet. Befolkningsdata og personopphold er aggregert til et felles datasett på 100 x 100 m ruter. «Mulighet for marin leire» er klassifisert i 6 kategorier, rangert fra "ofte" til "stort sett aldri".

Det er gjort en overlay-analyse i GIS der «mulighet for marin leire» er vektet 80 % og befolkning og personopphold er vektet 20 %. I tillegg er verdiene i de to datasettene vektet med økende vekt for økende verdier/ større sannsynlighet for leire og større befolkning innenfor 100 x 100 m ruter.

Resultatet blir at områder med stor mulighet for marin leire og høy befolkning/personopphold vil få en høy verdi og disse danner grunnlaget for utvelgelse av områder for kartlegging, se eksempel Figur 5.



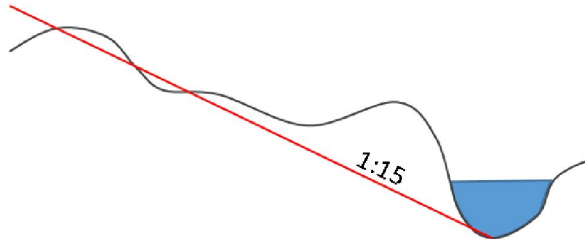
Figur 5 Oversiktskart over analyseområdet 2 Hortemo – Birkeid fra GIS-analysen. [BK5][KHHE6]

På bakgrunn av den innledende analysen er det valgt ut 7 områder med grov avgrensning som den regionale kartleggingen skal ha hovedfokus på.

3.2 NGIs deskstudium/GIS-analyse før feltarbeid

Formålet med den innledende analysen er å finne potensielt skredutsatt terreng før feltarbeid iverksettes. Resultatene fra analysene er tatt med i feltkartene som ble benyttet ved befaring. Som en tommelfingerregel sier man at kvikkleireskred potensielt kan forekomme i terreng som har en gjennomsnittlig helning på over 1:15 regnet ut fra foten av aktuell skrent ("basislinje"). I dette tilfellet ble elver/bekker, innsjøer og foten av kystnære skråninger i havet benyttet som basislinjer.

Figur 6 under viser et snitt gjennom terrenget langs en elv, og den røde linjen representerer en helning på 1:15 fra bunnen av elva. Alt terreng som ligger over den røde linja har da en helning på mer enn 1:15 til bunnen av elva.



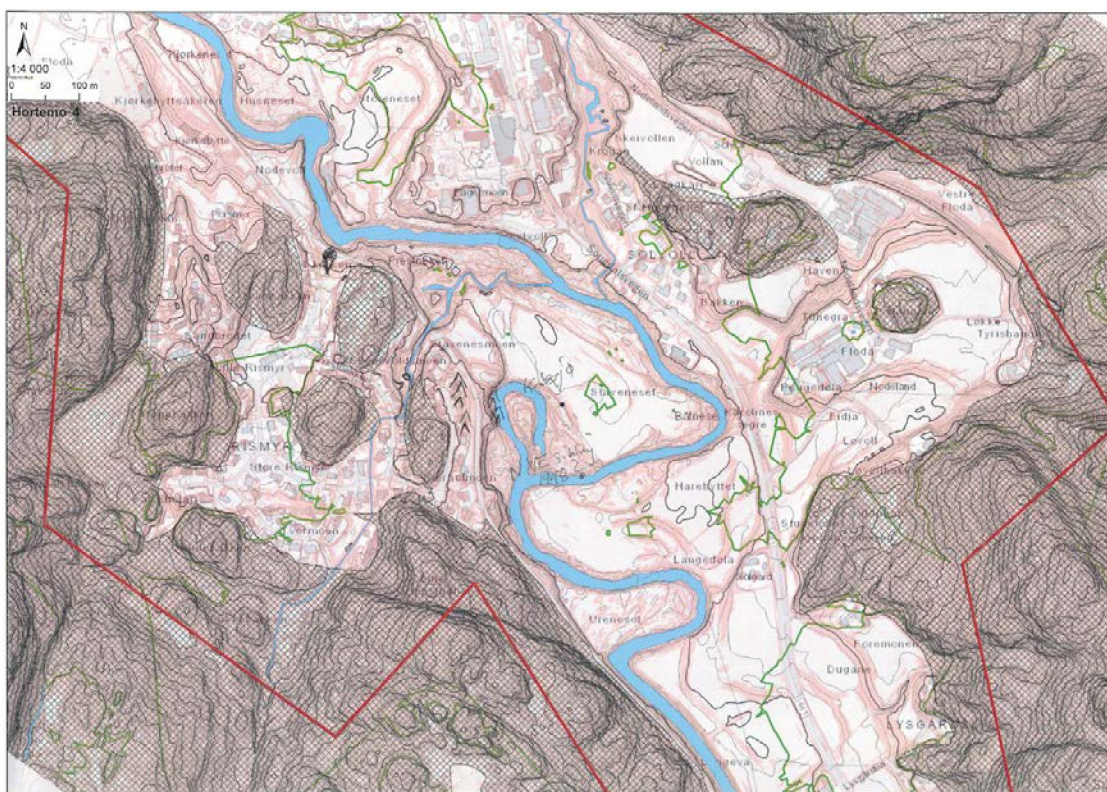
Figur 6 Snitt gjennom terrenget langs en elv, med en helning på 1:15 vist som rød linje.

I analysen ble det konstruert flater med en helning på 1:15 oppover fra basislinjene. For å få dette til var det viktig å finne høyden over havet til alle basislinjer.

For elver og bekker ble høyden beregnet ved å interpolere mot terrengmodellen (basert på Lidardata). Siden basislinjen følger bunnen av elva, ble høyden korrigert for dette ved å bruke egenskapen *Vannbredde*, fordi det ikke finnes noen egenskap for vanddybde. Høyden på elva ble redusert med mellom 0,5 m og 4 m, avhengig av vannbredde. Høyden på innsjøene ble også funnet ved interpolasjon mot terrengmodell, med her ble vanddybden satt fast til 4 meter, slik at basislinjen (innsjøkanten) ble senket med 4 m. I havet ble det benyttet dybdekoter for å identifisere basislinjen, det vil si hvor havbunnen nær land flater ut. Deretter ble det generert flater (raster) ut fra alle basislinjer, stigende med en helning på 1:15

For å identifisere terreng som har en helning over 1:15 til nærmeste basislinje tar man helningsdatasettet og subtraherer terrenghøyden. Da får man et datasett som viser hvor mange meter terrenget er over eller under 1:15 flaten.

For å supplere denne helningsanalysen er det viktig til å ta hensyn til løsmasstype og helningen til selve terrenget. Dette ble derfor også inkludert i feltkartene, se Figur 7.



Figur 7 Eksempel på et befaringskart. Skraverte områder er berg i dagen/tynt morenedekke over berg (NGUs løsmassekart), rosa farge er områder med helning 1:15 eller større og grønn linje viser grenselinje for 1:15-helning fra bunn av vann/elv.

4 Områdevurderinger

4.1 Generelt

Med utgangspunkt i kartanalysen er det utført befarings av områder som tilfredsstillende topografiske kriterier for potensielle fareområder i kombinasjon med mulig forekomst av marine sedimenter. Metodikken er beskrevet i ref. /3/ og ref. /4/. Områder med eksisterende bebyggelse er prioritert.

Ved befaringsen er observasjoner i felt sammenliknet med informasjon fra løsmassekartet, og en viss grad av kontroll er gjennomført. Dette gjelder særlig avgrensning av berg i dagen, men også løsmassetyper. Avvik mellom løsmassekart og feltobservasjoner må sees i lys av at løsmassekart generelt er kartlagt i liten målestokk.

Observasjoner fra befaringsen er dokumentert i form av notater og bilder. Berg i dagen er avmerket på kart (stedfesting er ikke eksakt). Potensielle fareområder er vurdert ut fra topografiske forhold (i første rekke skråningshøyde) og feltobservasjoner av løsmasser, berg i dagen, erosjonsforhold og skredaktivitet, samt menneskelige inngrep.

Oversiktskart 010-1 og -2 (merk; gitt i 2 kart) viser observasjoner fra befaringsen, hvor det er markert for berg i dagen, aktiv erosjon, påvist leirig materiale samt tegn på tidligere skredgrop/utglidning.

4.2 Foreløpig vurdering av potensielle fareområder

For nærmere vurdering av om delområdene utgjør faresoner er det behov for supplerende datagrunnlag i tillegg til observasjonene fra befaringsen. Relevant informasjon kan være eksisterende grunnundersøkelser innenfor delområdet, evt. i nærområdet, eller annen informasjon om skredfare (eksempelvis tidligere skredhendelser). I delområder hvor det ikke foreligger tilgjengelige data fra eksisterende grunnundersøkelser, eller informasjonen ikke gir tilfredsstillende grunnlag for vurdering av potensielle faresoner, bør det foretas nye/supplerende grunnundersøkelser.

Oversiktskart 011-1 og -2 viser delområder innenfor Kverndalen – Kjevik som foreslås inkludert i videre kartlegging (merk; gitt i 2 kart). Hvert av de overordnede delområdene (nummerert fra 7a til 7f) kan potensielt resultere i en (eller flere) kvikkleirefaresone(r), dersom grunnundersøkelser bekrefter forekomst av sprøbruddmateriale med slik beliggenhet at delområdet bør karakteriseres som faresone. Nøyaktig avgrensning av evt. faresoner gjøres når grunnundersøkellesdata er vurdert og sammenstilt. Dersom grunnundersøkelser ikke indikerer sprøbruddmateriale, vil delområdet falle bort som potensiell faresone ved den videre kartleggingen.

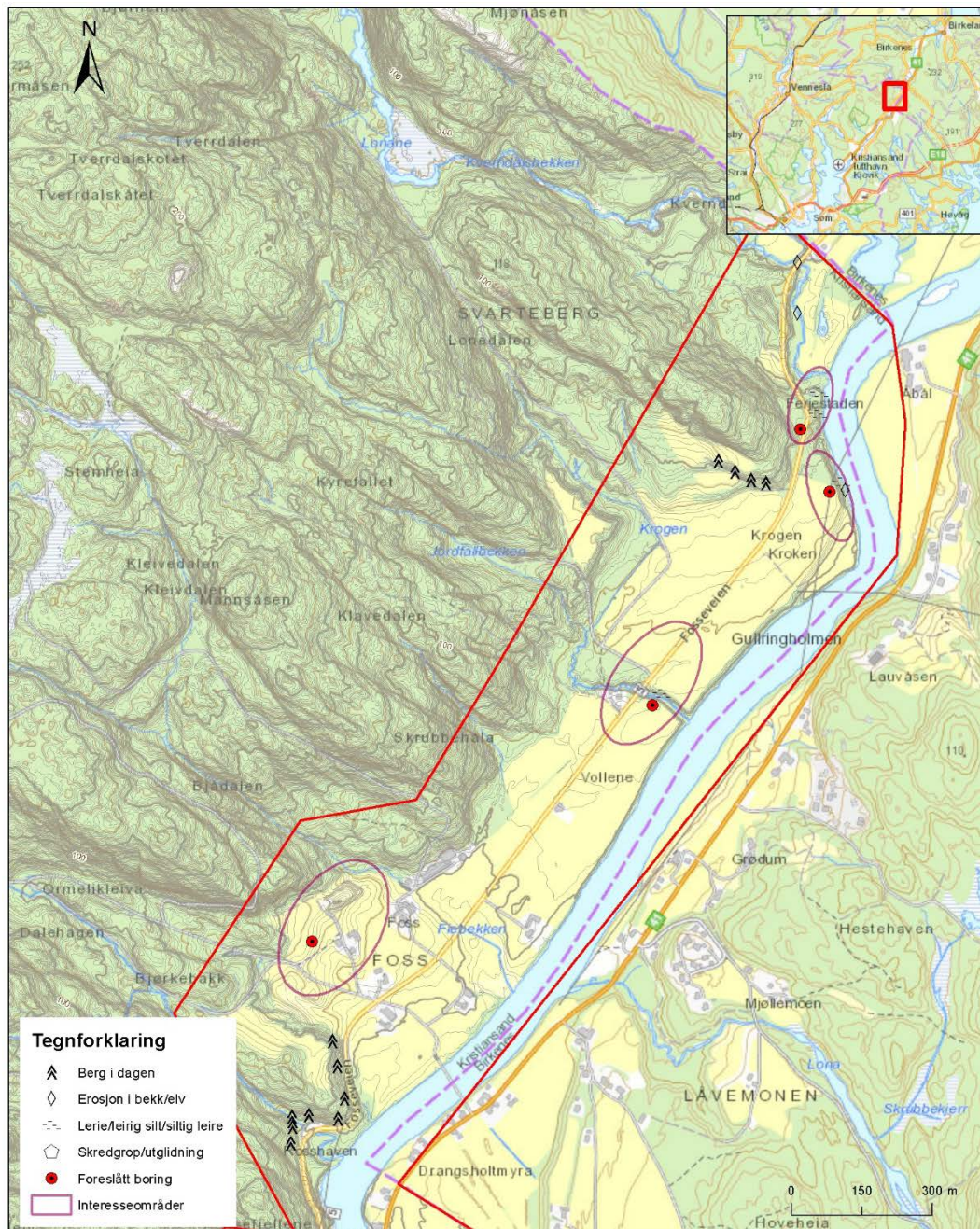
Områder som ikke er foreslått tatt med i videre kartlegging, tilfredsstillende enten ikke de topografiske kriteriene (skråningshøyde/helning), er uaktuelle pga. påvist berg i dagen,

eller andre årsaker som tilsier at skred ikke vil kunne utvikle seg som større områdeskred. Eksempelvis vil sammenhengende moreneavsetning over berg gjøre kvikkleirefaresone uaktuelt.

Leire er påvist i dagen flere steder i området. Leire kan imidlertid også finnes under andre sedimenter (jfr. Figur 4) der leire ikke er observert ved overflaten. Informasjon om tidligere grunnundersøkelser i området indikerer også at dette kan være tilfelle (rapportene har ikke vært tilgjengelige for gjennomgang). I det følgende er gitt en kort beskrivelse for hvert delområde, inkludert observasjoner fra befaringen.

4.3 Delområde 7a: "Kroken – Foss"

Dette overordnede [HH7]delområdet dekker den nordlige delen av Kverndalen – Kjevik på vestsiden av Topdalselven (Figur 8). Løsmassekartet angir glasifluviale avsetninger på løsmasseterrassen og fluviale avsetninger langs elven. Skråningshøydene er fra kartet målt til å være rundt 10 m. Det er generelt erosjon i bekkene og langs elvebredden. Leire ble observert både i nord og i midten av området, både i en sidebekk til Topdalselven og i elvekanten til Topdalselven. Oversiktskartet i Figur 8 viser hvilke interesseområder som bør undersøkes nærmere med grunnundersøkelser.

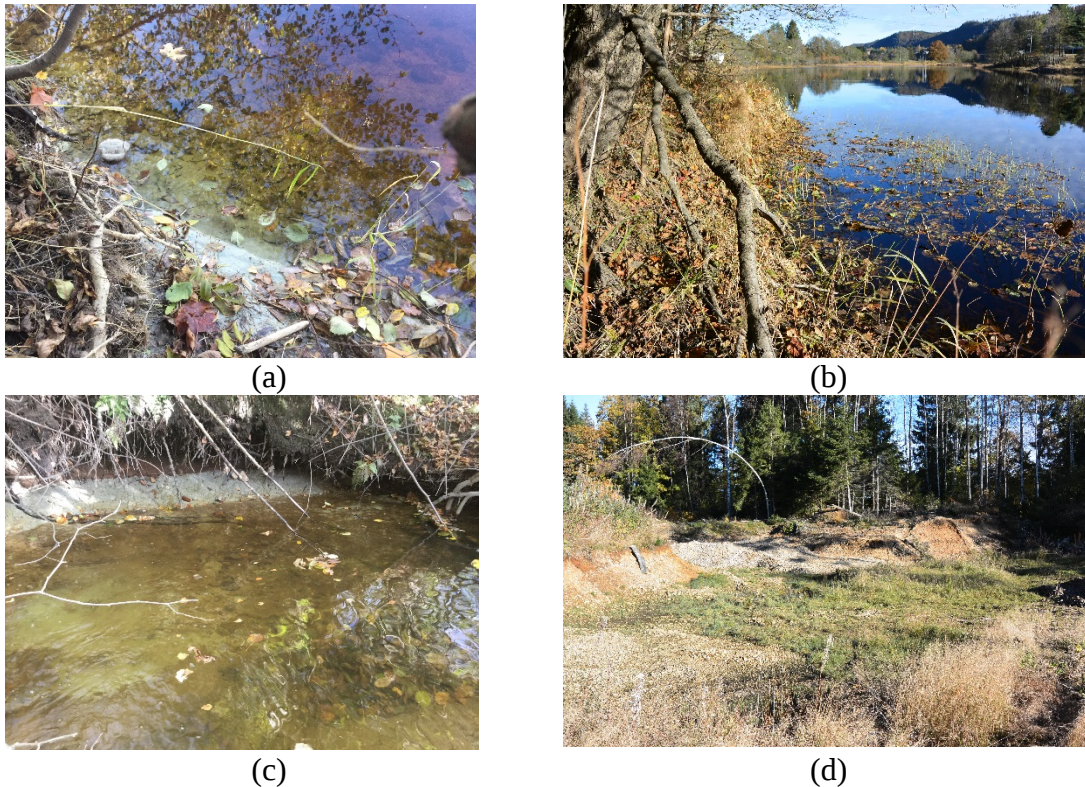


Figur 8 Delområde "7a Kroken – Foss" helt nord i området.

Topdalselven og sidebekkene har ukjent dybde, men antatt dybde i elven antas å være opptil 5 meter [HH8][KHHE9], og sidebekkene er observert fra noen titalls centimeter til ca. 1,5 meter dype.

Området er begrenset i vest av berg i dagen. Ut mot elven er det derimot ikke observert berg i dagen.

Utvalgte fotografier fra befaringen er vist i Figur 9.



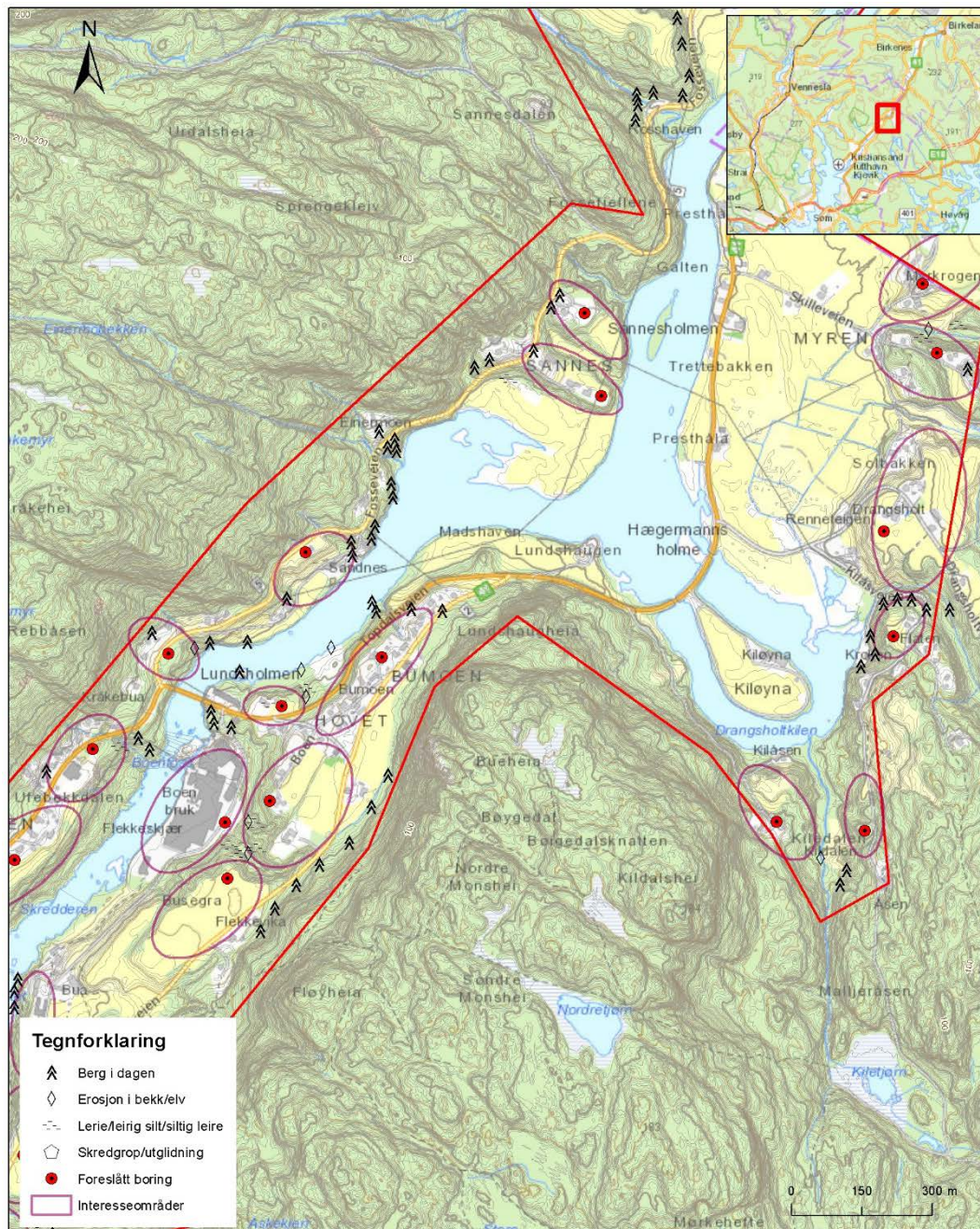
Figur 9 Fotografier fra befaring ved Kroken - Foss; (a) Leire/leirig silt i elvekanten(Topdalselven) ved Ferjestaden; (b) elvekant sett nordover; (c) bekken Krogen eroderer i leire i Jordfallsdalen; (d) Fluviale avsetninger på jorde ved Kroken.

NGI har ikke kjennskap til noen tilgjengelige rapporter med informasjon om grunnforholdene innenfor eller i nærheten av potensielle faresoner, og det er derfor foreslått å utføre nærmere grunnundersøkelser.

NGI anbefaler sonderinger i hver avmerket interesse område, i alt fire sonderinger innen delområde 7a. Avhengig av sonderingsresultatene kan det være hensiktsmessig med prøveserie(r) for å verifisere eller avkrefte kvikkleire.

4.4 Delområde 7b: "Bumoen"

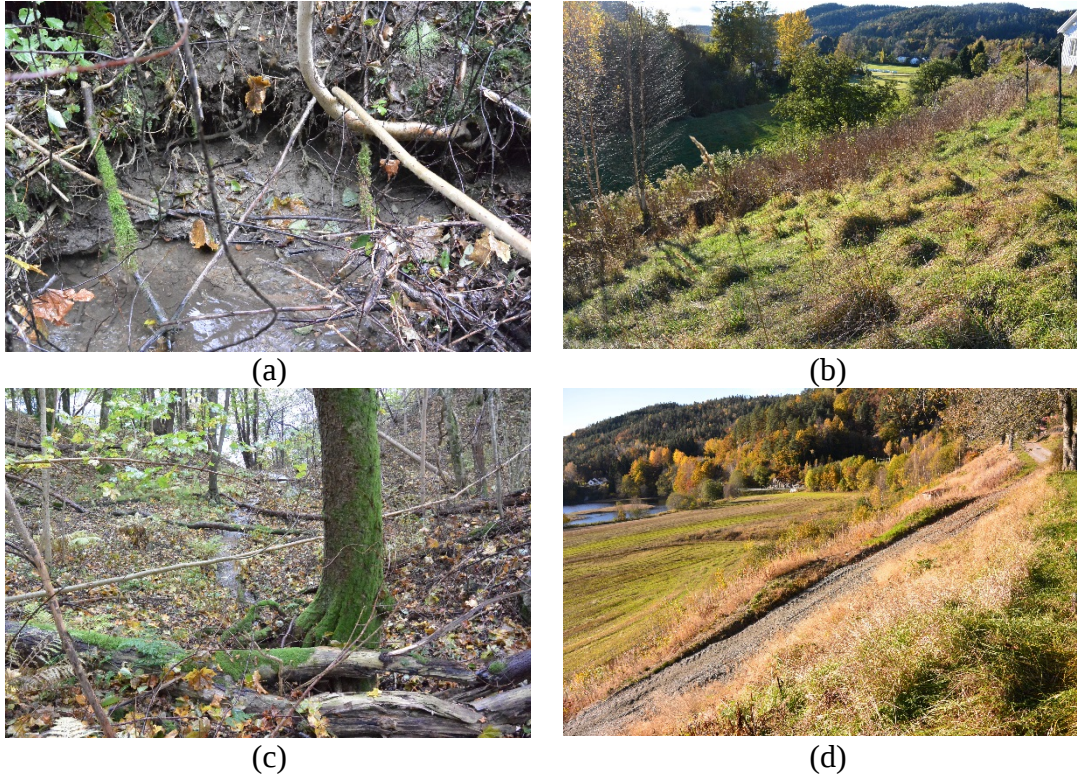
Delområde "Bumoen" omfatter interesseområder ved Myren, Kiledalen, Sannes, Bumoen og Bumoen industriområde, dvs områder på begge sider av Topdalselven (Figur 10). Også her er terrassene avgrenset i vest og i øst av berg i dagen. Det er observert skråningshøyder fra 10 meter til opp mot 25 meter. Særlig østsiden av elven har store terrasser med store skråningshøyder. Området skal hovedsakelig være dominert av glasifluviale og fluviale avsetninger, med marine avsetninger i Kiledalen og ved Myrkroken.



Figur 10 Delområde "7b Bumoen" i Kverndalen – Kjevik.

Flere steder er det observert leire i dagen, blant annet i Myrkroken. Det er observert erosjon både i lokale bekker/vassdrag og i Topdalselven. På Bumoen eroderer en lokal, liten bekk i leire i ravinene ovenfor bruket. Dybde i Topdalselven og sidebekkene er ikke kjent, men Topdalselven kan antas å være opptil 5 meter dyp. Sidebekkene er observert fra noen titalls centimeter til ca. en meter dype.

Utvalgte fotografier fra befaringen av området er vist på Figur 11.



Figur 11 Fotografier fra befaring ved Bumoen; (a) erosjon i leire i liten bekk i ravinene ovenfor bruket; (b) skråning ved Drangsholt nordøst i delområdet; (c) bekken gjennom ravinene ved Bumoen bruk; (d) Sandnes i nordvest .

Potensielle faresoner vil omfatte bebygde områder på terrassene, industriområder og veier, som indikert i Figur 10.

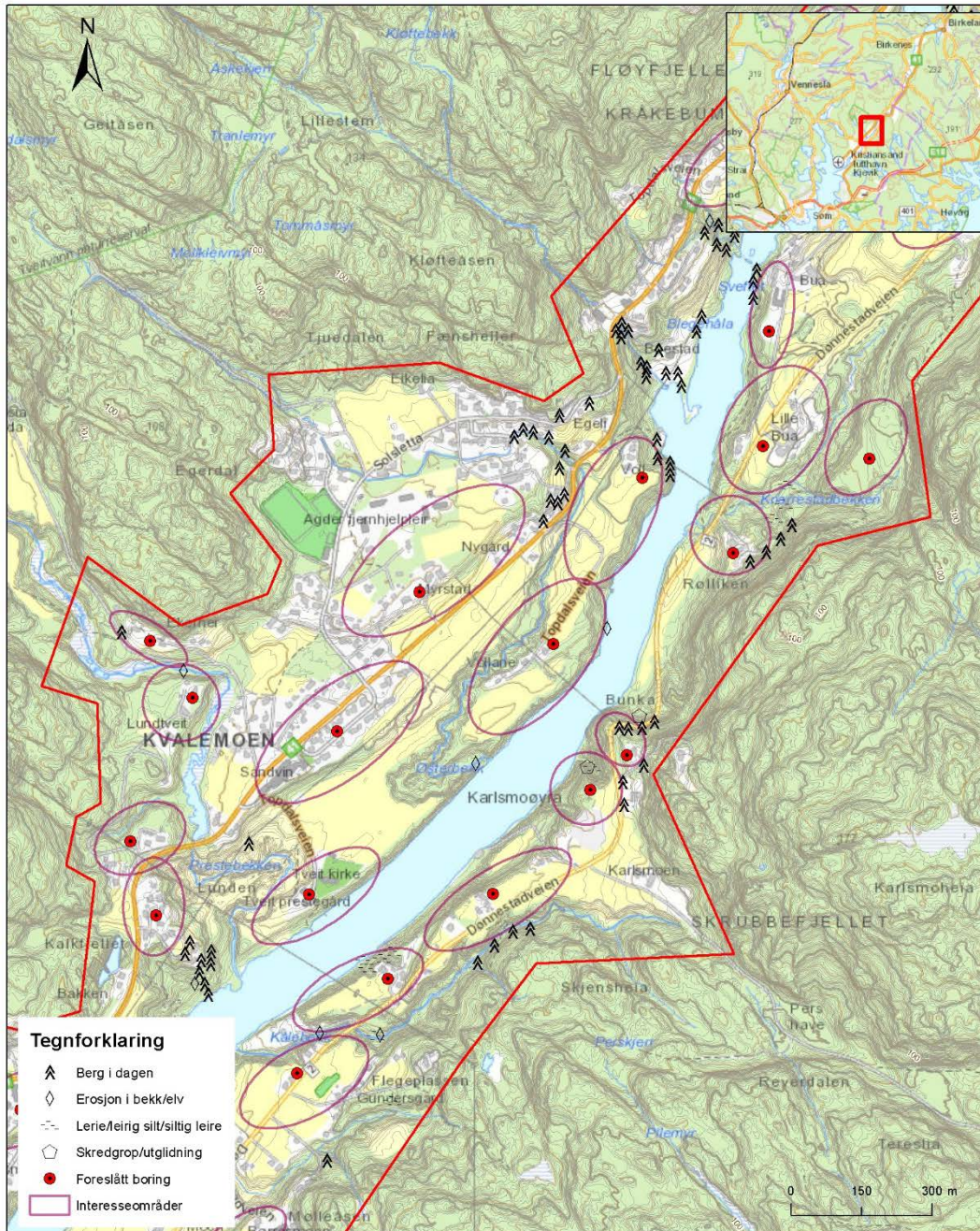
NGI har ikke kjennskap til tilgjengelige rapporter med informasjon om grunnforholdene innenfor eller i nærheten av interesseområdene, og det er derfor foreslått å utføre nærmere grunnundersøkelser i dette delområdet.

NGI anbefaler å få utført sonderinger i hvert avmerket interesseområde , i overkant av 15 sonderinger. Avhengig av sonderingsresultatene kan det være hensiktsmessig med prøveserie(r) for å verifisere eller avkrefte kvikkleire.

4.5 Delområde 7c: "Kvalemoe"

Sørover fra Bumoen ligger delområdet 7c Kvalemoe (omfatter begge sider av elven) (Figur 12). Også her er delområdet begrenset i øst og i vest av berg i dagen, med terrasser ut mot elven og med noen ravinene i ytterkant av terrassene. Ved Tveit prestegård skal

marine avsetninger dominere (ut fra løsmassekartet), mens det langs elven er fluviale avsetninger.

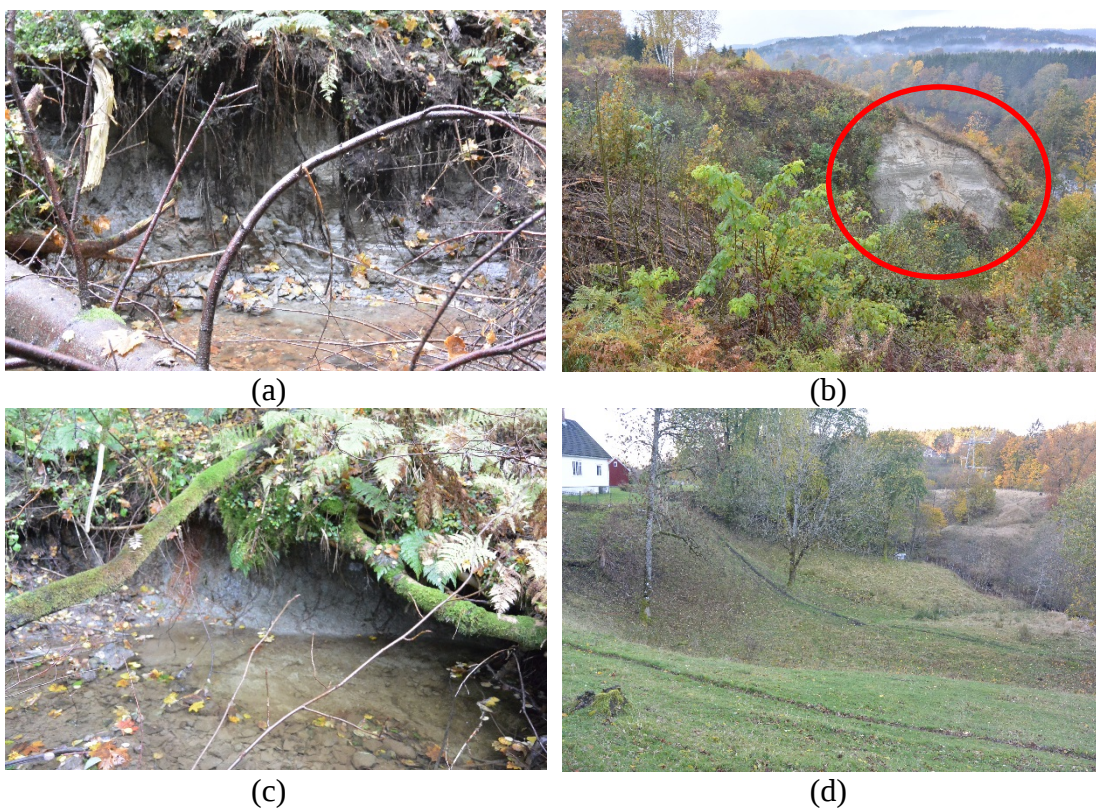


Figur 12 Delområde "7c Kvalemoen" i Kverndalen – Kjevik.

Langs grensen til delområdet er det hovedsakelig glasfluviale avsetninger, med enkelte lommer av marine avsetninger.

Leire er observert i dagen flere steder på østsiden av Topdalselven, både ved elven og i lokale bekker. I resten av delområdet ble det ikke observert annet enn sand i dagen. Bekkene samt Topdalselven eroderer i løsmassene. Ved Karlsmøyra ble det observert en pågående utglidning/skred i sideveggen av en ravine. I bunnen av utglidningen er det et tykt lag av leire. Rett nord for dette området er det en stor, gammel skredgrop. Området tilhører et større ravinesystem. Dybde i Topdalselven og sidebekkene er ikke kjent, men Topdalselven kan antas å være opptil 5 meter dyp, og sidebekkene er observert fra noen titalls centimeter til ca. en meter dype.

Utvalgte fotografier fra befaringen av området er vist på Figur 13



Figur 13 Fotografier fra befaring ved Kvalemoen; (a) leire i dagen ved Knarrestadbekken; (b) aktivt skred ved Karlsmøyra; (c) erosjon i leire ved Kålebekken; (d) bekk og terrasser ved Tveit prestegård.

Faresonene kan komme til å omfatte alle terrassene i området, med bebyggelse og infrastruktur.

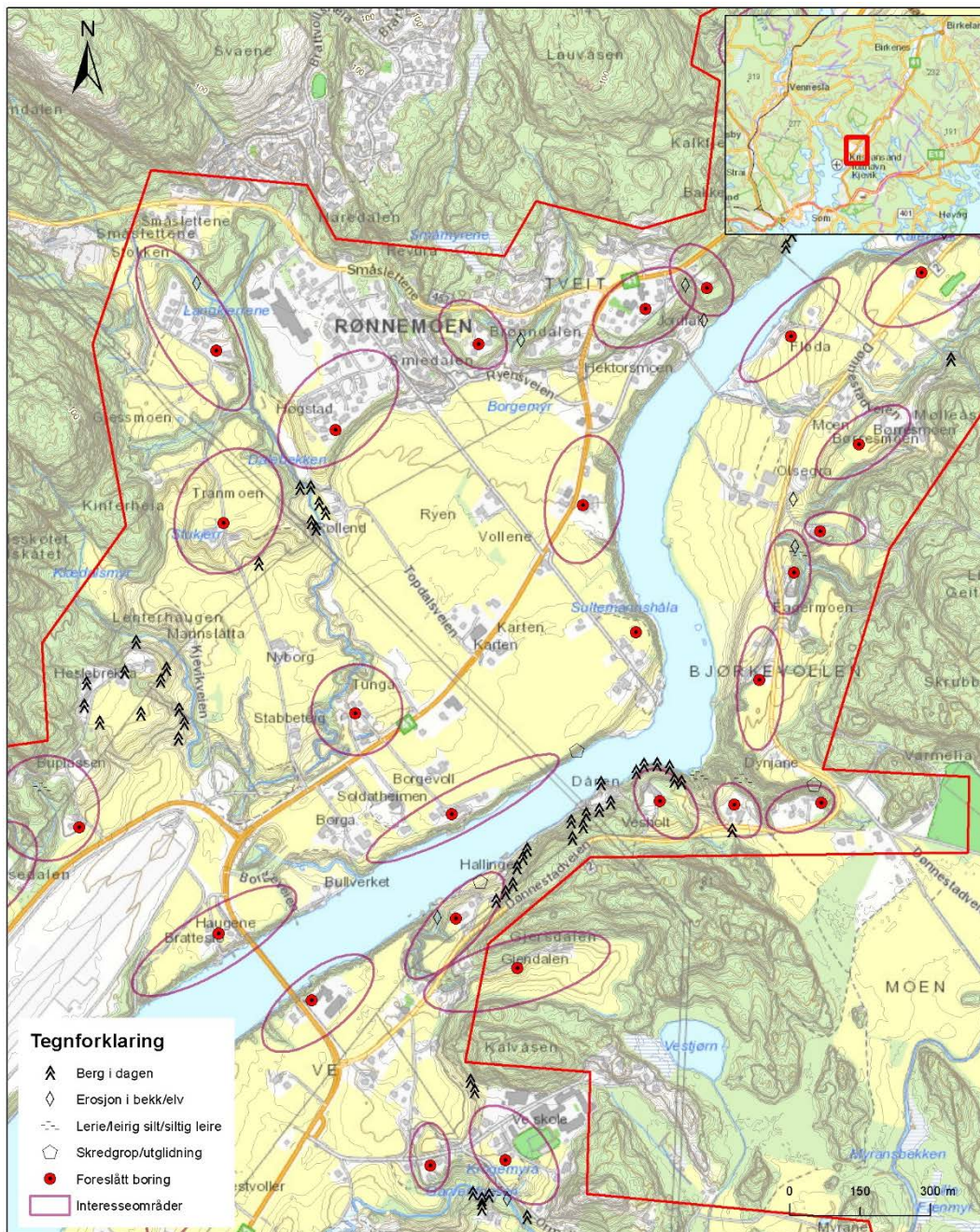
NGI har hatt tilgang på grunnundersøkellesdata i nærheten av ett av interessområdene, ved Tveit prestegård, men for de resterende områdene har NGI ingen kjennskap til tilgjengelige rapporter. Det er derfor foreslått å utføre nærmere grunnundersøkelser i dette delområdet.

Ved Tveit prestegård er det gjort grunnundersøkelser mellom Rv. 41 og Topdalselven, utført av Multiconsult (ref. /6/, /7/, /8/) samt av Statens vegvesens Ressursavdeling (ref. /9/). Disse rapportene viser kvikkleire i dybden i en mektighet på omtrent 10 meter. Multiconsult har også utarbeidet en faresoneklassifisering for området, der det klassifiseres til "lav", risikoklasse 2 (ref. /8/). Ingen sone er tegnet inn på kart som NGI har hatt tilgang til.

NGI anbefaler å få utført sonderinger i hvert avmerket interesseområde, dvs. i overkant av 15 sonderinger. Avhengig av sonderingsresultatene kan det være hensiktsmessig med en prøveserie for å verifisere eller avkrefte kvikkleire.

4.6 Delområde 7d: "Rønnemoen"

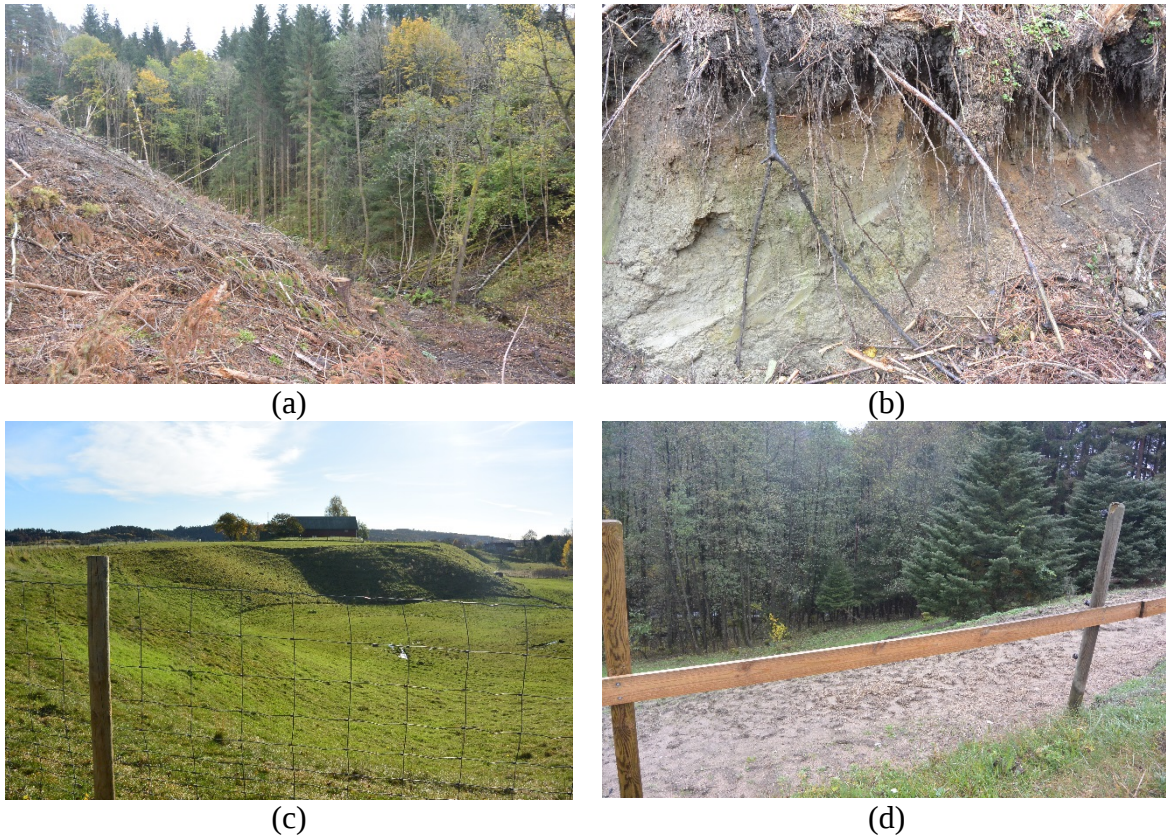
Rønnemoen (Figur 14), omfatter et større område i vest som grenser mot Kjevik Kristiansand flyplass i sør. I tillegg til Rønnemoen består delområde 7d av Bjørkevollen og søndre del av Dønnestad. [BK10][KHHE11] Delområdet dekker begge sider av elva. I den vestlige delen er det kun observert sand i dagen, mens det i øst er observert leire ved Dynjane. På begge sider av elven eroderer lokale bekker og Topdalselven i løsmassene.



Figur 14 Delområde "7d Rønneemoen" i Kverndalen – Kjevik.

Rønneemoen består av glasifluviale avsetninger over marine avsetninger. Langs Topdalselven skal fluviale avsetninger være dominerende i overflaten. Ved Jordfall skal det være marine avsetninger i dagen. Flere bekker går gjennom området, og det er flere ravinesystemer og terrasser i flere nivåer. Skråningshøyder er fra 10 meter til over 25 meter (ved Dynjane).

Utvalgte fotografier fra befaringen av området er vist på Figur 15.



Figur 15 Fotografier fra befaring; (a) terrasse ved Dønnestad; (b) leire i dagen fra bilde a; (c) terrasser med sand i overflaten ved Tranmoen; (d) Bratt skråning med markant skille mellom løvtrær og bartrær [HH12][KHHE13]r ved Garvenfossen.

Ved Ryen skal et løsmasseskred ha gått ut i elven i 2007 eller 2008. Dette skredet var lite og skjedde på vinteren etter hogst i skråningen og mye regn på kort tid. Dybde i Topdalselven og sidebekkene er ikke kjent, men Topdalselven kan antas å være opptil 5 meter dyp, lokalt enda dypere, og sidebekkene er observert fra noen titalls centimeter til en meter dype

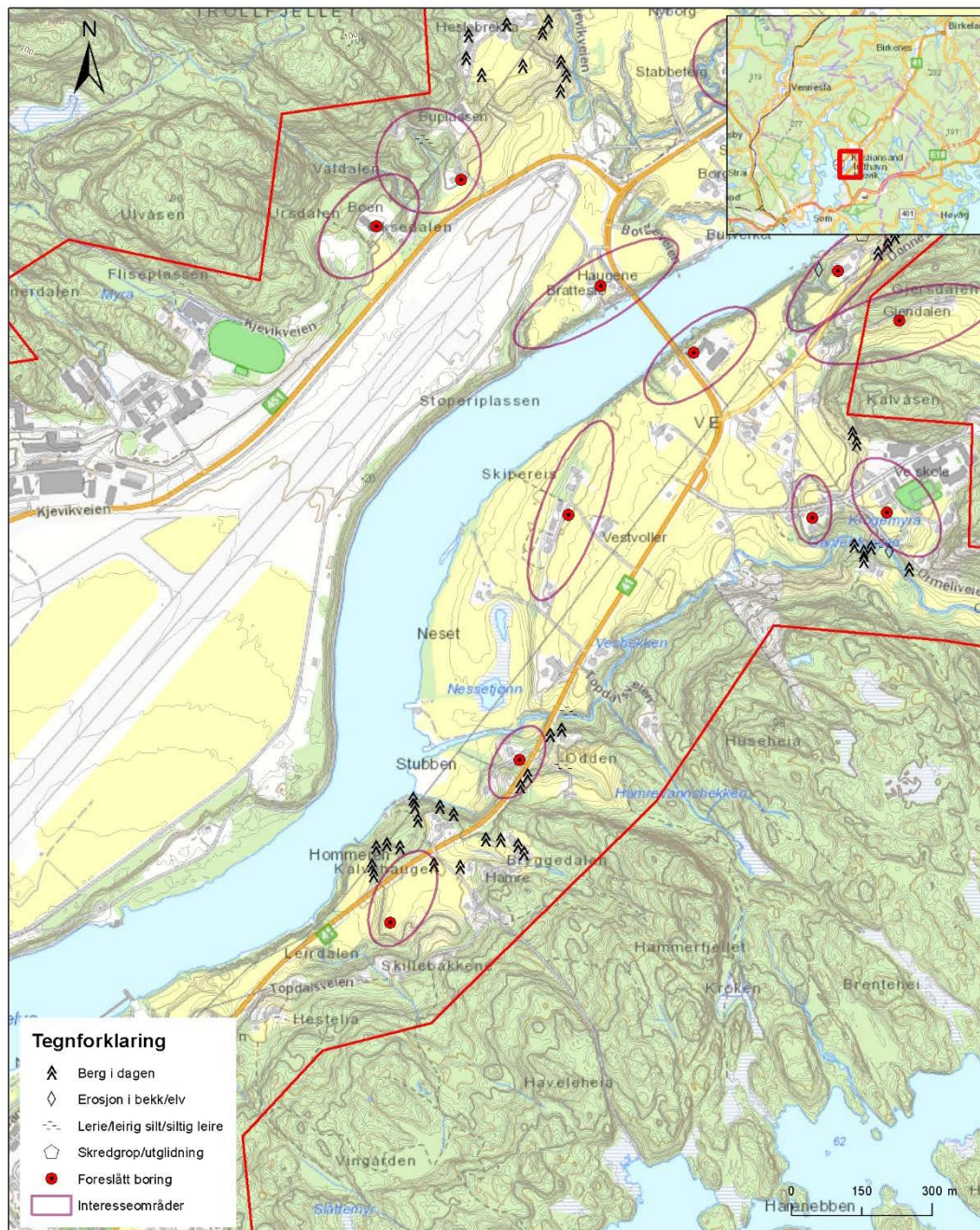
Det er avmerket hele 25 interesseområder innenfor delområde 7d, noe saom skyldes den sterke ravineringen av terrenget. Løsmasseterrassene er oppdelt i mindre deler som hver for seg potensielt kan utgjøre en fremtidig faresone. De avmerkede interessområdene omfatter både bebyggelse og infrastruktur.

NGI har ikke kjennskap til rapporter med informasjon om grunnforholdene innenfor eller i nærheten av interesseområdene, og det er derfor foreslått å utføre nærmere grunnundersøkelser i dette delområdet.

NGI anbefaler i utgangspunktet å utføre sonderinger innenfor hvert avmerket interesseområde, dvs. 20-25 sonderinger innenfor delområde 7d. Avhengig av sonderingsresultatene kan det være hensiktsmessig med prøveserier for å verifisere eller avkrefte kvikkleire.

4.7 Delområde 7e: "Øvre Kjevik"

Helt i sør av delområde 7e er terrenget noe flatere, med lavere skråningshøyder mot Topdalselven (Figur 16). Høydene på terrassene som ligger lengst i øst og vest er opp mot, stedvis over, 20 meter høye. [HH14]Langs elven angir løsmassekartet fluviale avsetninger, mens det skal være marine avsetninger i dagen ut mot berggrensene i øst og i vest.



Figur 16 Delområde "7e Øvre Kjevik" sør i det undersøkte området.

Ved Odden (på østsiden av elva) ble det påvist leire i dagen, både nord og sør for boligene. På Buplassen i nord eroderte bekken i leire sørvest for bebyggelsen. Terrassene i dette området er i større grad enn lengre nord avgrenset av berg i dagen. Dybde i Topdalselven og sidebekkene er ikke kjent, men Topdalselven kan antas å være opptil 5 meter dyp, lokalt kan det være enda dypere. Sidebekkene er observert fra noen desimeter til ca. en meter dype.

Utvalgte fotografier fra befaringen av området er vist på Figur 17.



Figur 17 Fotografier fra befaring ved Øvre Kjevik; (a) leire i dagen ved Odden; (b) bekk eroderer i leire i Oksedalen; (c) Bryggedalen; (d) "støttemur" ved Topdalsveien 112.

Interesseområdene omfatter bebyggelse og infrastruktur.

NGI har ikke kjennskap til tilgjengelige rapporter med informasjon om grunnforholdene innenfor eller i nærheten av interesseområdene, og det er derfor foreslått å utføre nærmere grunnundersøkelser i dette delområdet.

NGI anbefaler å få utført sonderinger i hvert avmerket interesseområde, i overkant av 10 sonderinger innenfor delområde 7e. Avhengig av sonderings-resultatene kan det være hensiktsmessig med prøveserie(r) for å verifisere eller avkrefte kvikkleire.

4.8 Delområde 7f: "Kjevik"

Dette delområdet omfatter Kristiansand flyplass Kjevik, samt noen områder nord for flyplassen og øst for Topdalselven (Figur 18). Langs elven angir løsmassekartet fluviale avsetninger. Ved Langesanden, på Hamre og ved Hommeren er det marine avsetninger.

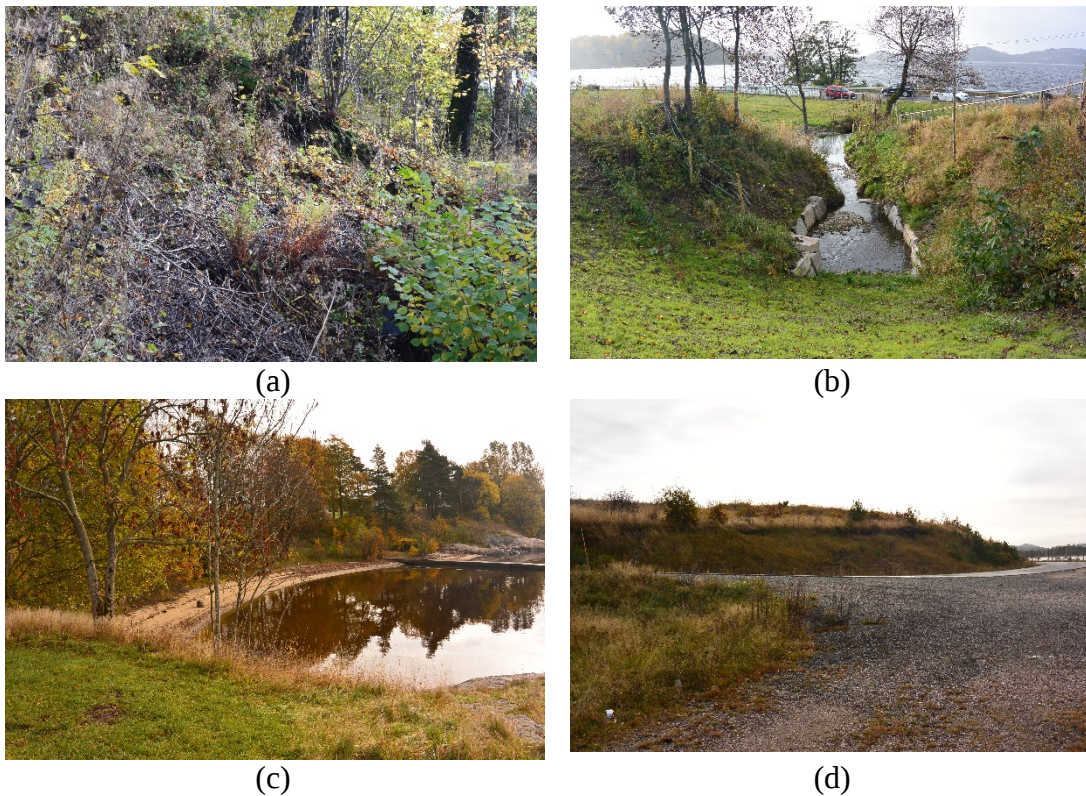


Figur 18 Delområde "Kjevik" helt sør i det undersøkte området.

Området er ellers begrenset av berg i dagen i utkanten av delområdets avgrensning. Skråningshøydene er rett over 10 meter i denne delen av Kverndalen – Kjevik. Det ble ikke observert leire i dagen i dette området, det domineres av sand. Bekken innerst i skredgropen(?)/marinaen ved Ospehaugen (sør for utløpet av Otra) eroderer i sand. Dybde i Topdalselven og sidebekkene er ikke kjent, men Topdalselven kan antas å være opptil 5 meter dyp, stedvis grunnere, og sidebekkene er observert fra noen desimeter til

ca. en meter dype. Sjøen er antatt å være 5 meter dyp i fem meters avstand fra strandkanten, basert på observasjoner gjort i vikene ved flyplassen.

Utvalgte fotografier fra befaringen av området er vist på Figur 19



Figur 19 Fotografier fra befaring ved Kjevik; (a) erosjon ved bekk innerst i marinaen; (b) steinsatt og utbedret bekk i ravine ved Balchens vei; (c) vik ved Strandfjellet nord for flyplassen; (d) enden av rullebanen på flyplassen.

Interessområdene omfatter bebyggelse og infrastruktur.

Dette området er grundig undersøkt ved geoteknikke grunnundersøkelser på den nordlige siden av Tovdalselva i forbindelse med utbygging av flyplassen. NGI har kjennskap til én enkelt tilgjengelig rapport med informasjon om grunnforholdene i dette området (ref./10/, som er utarbeidet i forbindelse med planlegging av nytt kontrolltårn på flyplassen). Grunnundersøkelsene bekrefter sammenhengende kvikkleirelag med stor mektighet i dette området.

Data tilgjengelig fra ref./10/ er ikke tilstrekkelig for nærmere vurdering av potensielle faresoner i dette delområdet, og det er derfor foreslått å utføre nærmere grunnundersøkelser (alternativt skaffe tilgang på andre eksisterende rapporter).

NGI anbefaler å få utført sondering i hver avmerket del av området, dvs. 6 sonderinger. Avhengig av sonderings-resultatene kan det være hensiktsmessig med en prøveserie for å verifisere eller avkrefte kvikkleire.

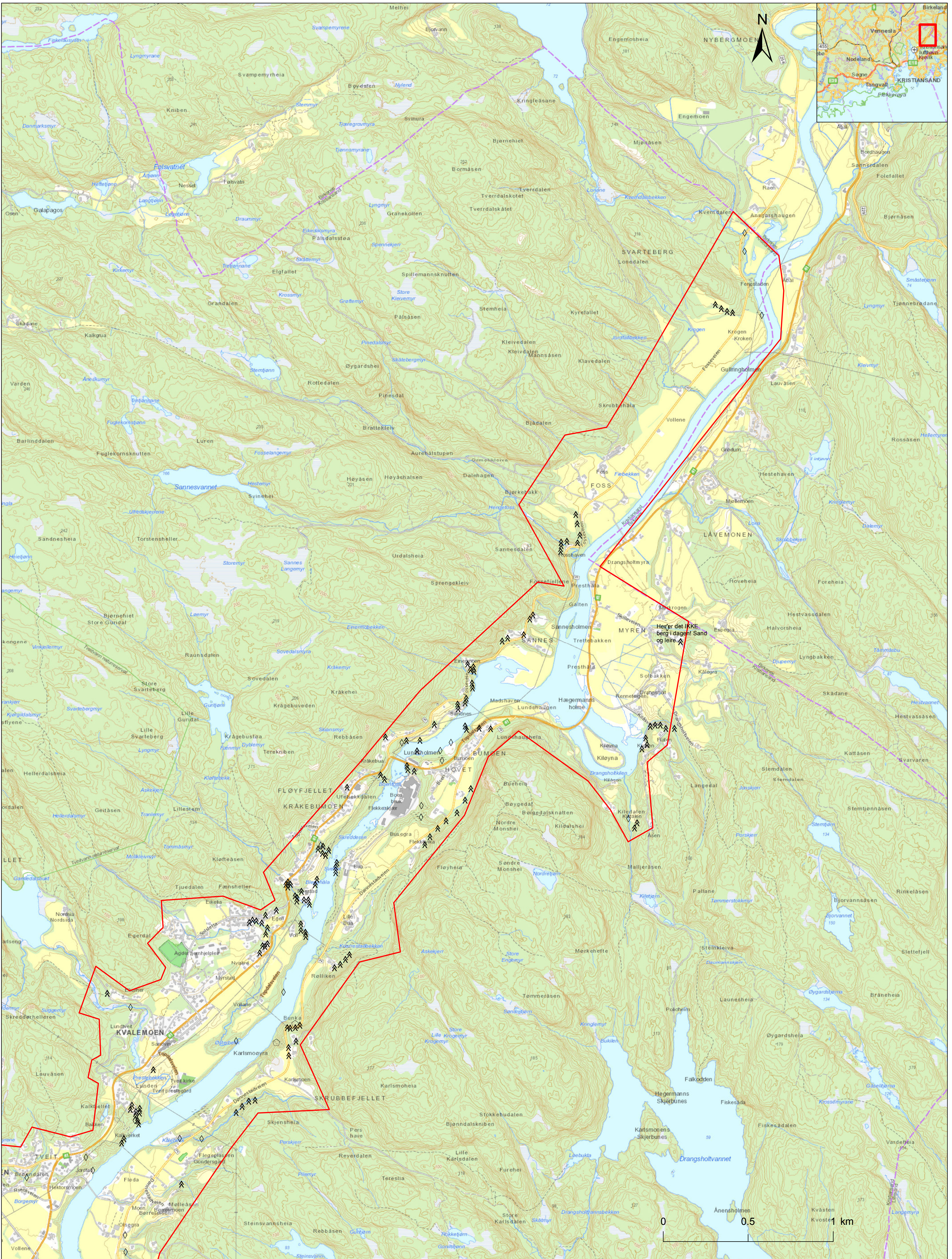
5 Oppsummering

NGI har utført befaringsrapport i området Kverndalen – Kjevik i Kristiansand kommune i forbindelse med regional kartlegging av potensiale for skredfare på Sørlandet. Kartleggingen er ett av i alt syv delområder som inngår i oppdrag med regional kartlegging av kvikkleireskredfare. Delområdene er definert av Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE).

Basert på den innledende befaringsrapport og tilhørende rapport, vil NGI utarbeide grunnlag for grunnundersøkelser, inkludert utarbeidelse av borplan for feltundersøkelser. Før mengdeoppsett skal NVE og NGI møtes for å avtale forslag til borplan og foreløpige kvikkleireområder. Disse skal følges opp av NGI [HH15] for å sikre gode resultater. Resultatene fra disse grunnundersøkelsene danner grunnlaget for videre arbeid: utarbeide eventuelle kvikkleiresoner med innledende faregrad- og konsekvensvurdering, eventuelle supplerende grunnundersøkelser for å til slutt bestemme endelige soner (inkludert faregrads-, konsekvens- og risikovurderinger). Sluttrapport, med tilhørende endelige soner som SOSI- og shape-fil, er siste leveranse i prosjektet.

6 Referanser

- /1/ NGU (2015): Løsmassekart <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>
- /2/ NVE (2015): Skrednett <http://www.skrednett.no/>
- /3/ NVE (2014): Veiledning nr. 7-2014. Sikkerhet mot leirskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper.
- /4/ NGI (2008): Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rapport nr. 20001008-2, rev. 3, datert 8. oktober 2008.
- /5/ Kartverket (2015): Norgeskart <http://www.norgeskart.no>
- /6/ Multiconsult (2012): Topdalsveien 230-236, Ryen, Kristiansand kommune. Kvikkleireområde. Stabilitet. Oppdrag-/rapportnr. 312880-1, datert 11. oktober 2012.
- /7/ Multiconsult (2014): Topdalsveien 230-236, Ryen. Geotekniske grunnundersøkelser – Datarapport. Oppdrag-/rapportnr. 312880-2, datert 13. mars 2014.
- /8/ Multiconsult (2014): Topdalsveien 230-236, Ryen. Reviderte stabilitetsberegninger og –vurderinger. Oppdrag-/rapportnr. 312880-3, datert 11. september 2014.
- /9/ Statens vegvesen, Ressursavdelingen (2011): Geoteknikk. Rv 41 Ryen – Solsletta. Geoteknisk datarapport. Oppdrag nr. 204218-046, datert 16. juni 2011.
- /10/ Multiconsult (2010): Nytt kontrolltårn Kjevik. Kvikkleirekartlegging. Oppdrag nr. 312198-1, Notat RIG-01, rev. 01, datert 13. september 2010.
- /11/ NVE (2015): Minikonkurrans. Ihht. rammeavtale for geotekniske og geologiske tjenester – kvikkleire. Oversiktskartlegging av områder med potensiell fare for skred i kvikkleire og andre sprøbruddmaterialer, saksnr. 201303108. Tilbudsgrunnlag. Kristiansand, Søgne og Songdalen kommune, datert 09.06.2015.



Målestokk (A1): 1:10 000 Datum: ETRS89, Kartprosjekt: UTM32N

Kvikklekartlegging			
Kverdalen Kjøvik	Prosjekt 20150471	Plan 010-1	
Oversiktskart befarig	Utvalgt	KEK	2015-12-15
	Kontrollert	HfE	KEK

Tegnforklaring

- ▲ Berg i dagen
- ◇ Erosjon i bekkeliv
- Leneleiring siltsiltig leire
- Skredgrop/utgirdning



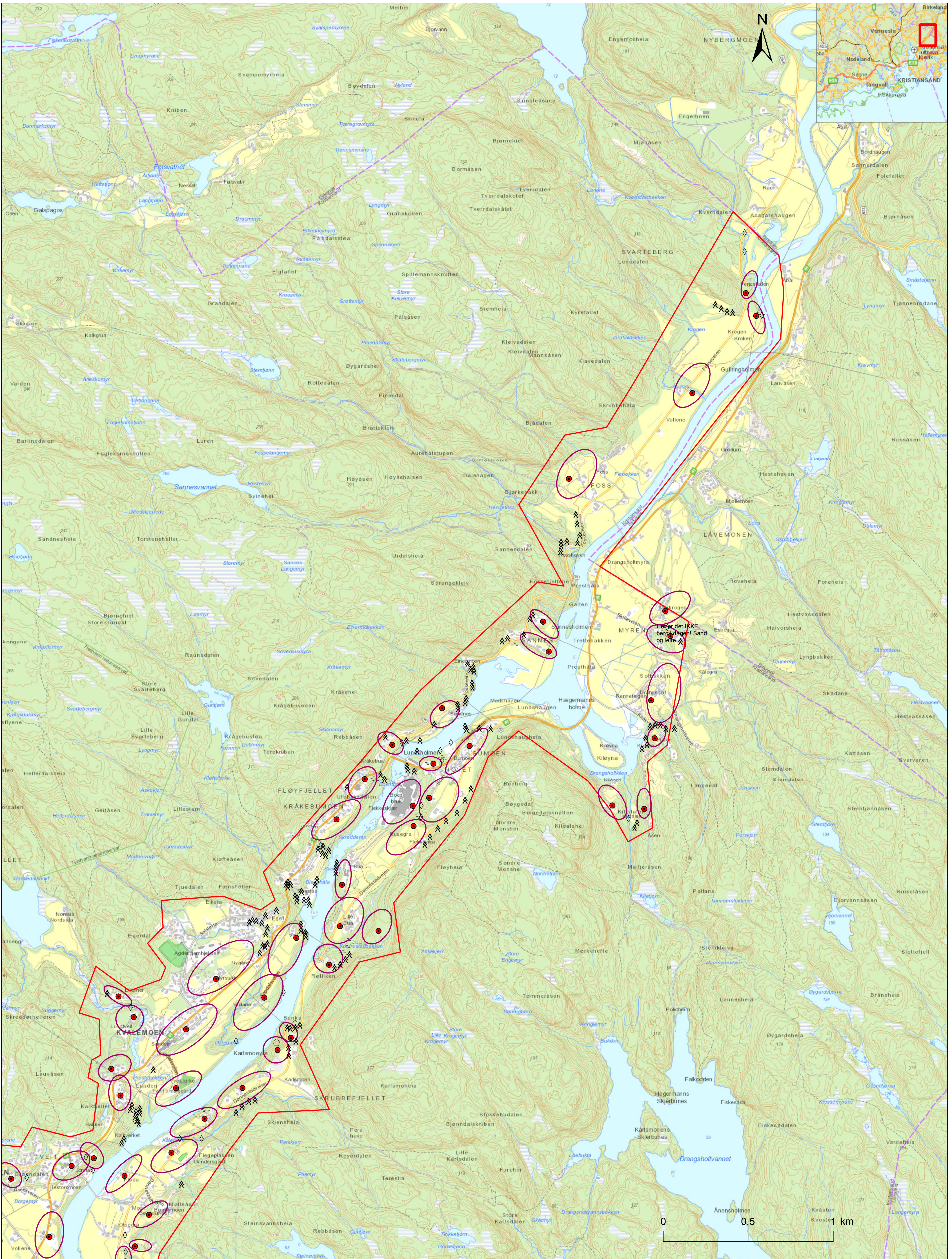


Tegnforklaring

- ▲ Berg i dagen
- ◇ Erosjon i bekkeliv
- Leneleing siltsiltig leire
- Skredgrup/utgåning

Målestokk (A1): 1:10 000 Datum: ETRS89, Kartprosjekt: UTM30N

Kvikkleirkartlegging			
Kværdalen Kjvik	Prosjekt 20150471	Kart 010-2	
Oversiktskart beforing:	Urett	KEK	2015-12-15
	Kontrollert	HfE	KEK
NGI			

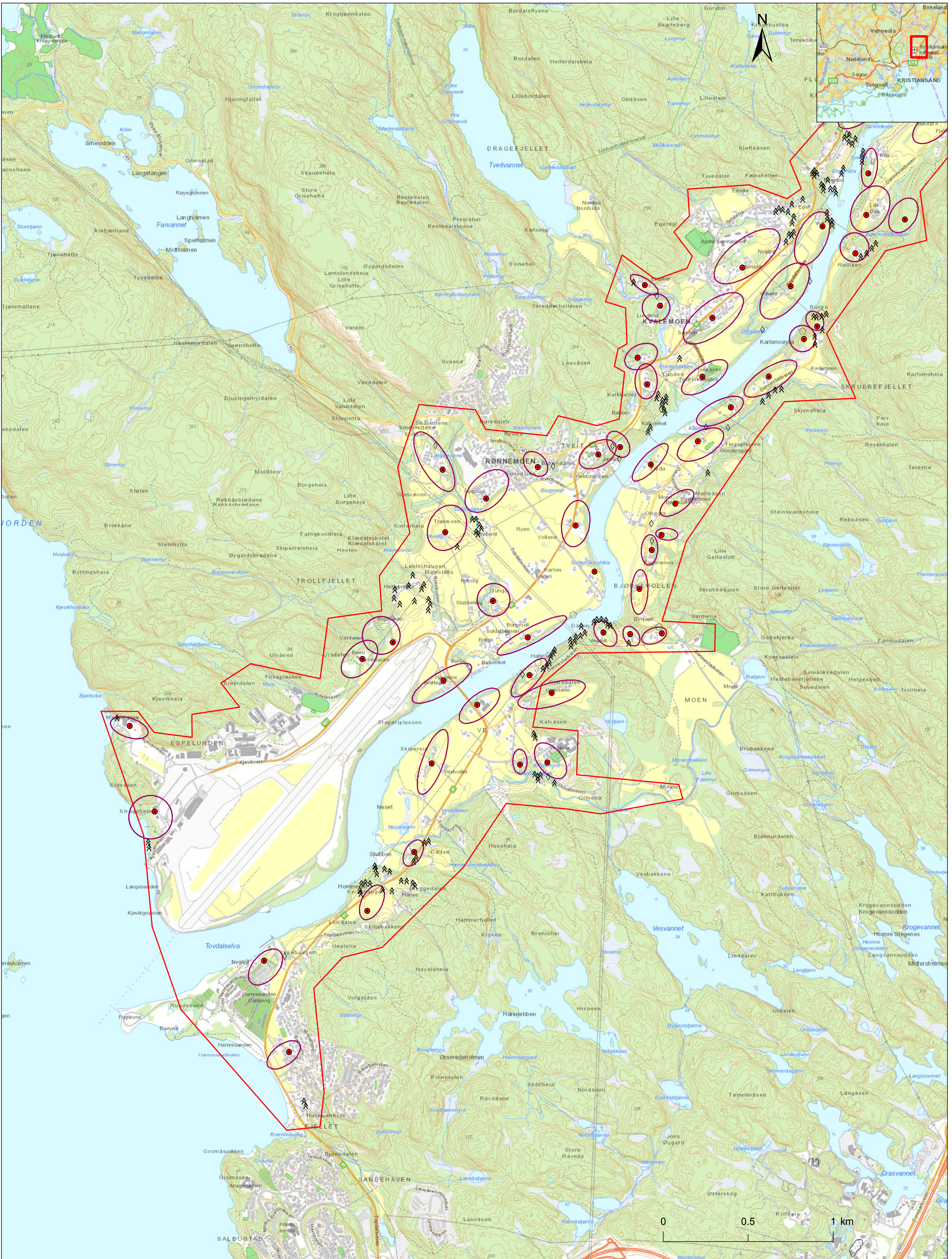


Tegnforklaring

- ▲ Berg i dagen
- ◇ Erosjon i bekkeliv
- Lette/leirig siltsiltig leire
- Skredgrop/utglidning
- Foreslått boring
- Interesseområder

Målestokk (A1): 1:10 000 Datum: ETRS89, Kartprosjekt: UTM32N

Kvikkleirekartlegging			
Kvardalen Kjøvik	Prosjekt nr: 20150471	Dato: 2015-12-15	Blatt nr: 011-1
Oversiktskart tidligere grunnboringer:	KEK	HE	KEK
	HE	KEK	KEK



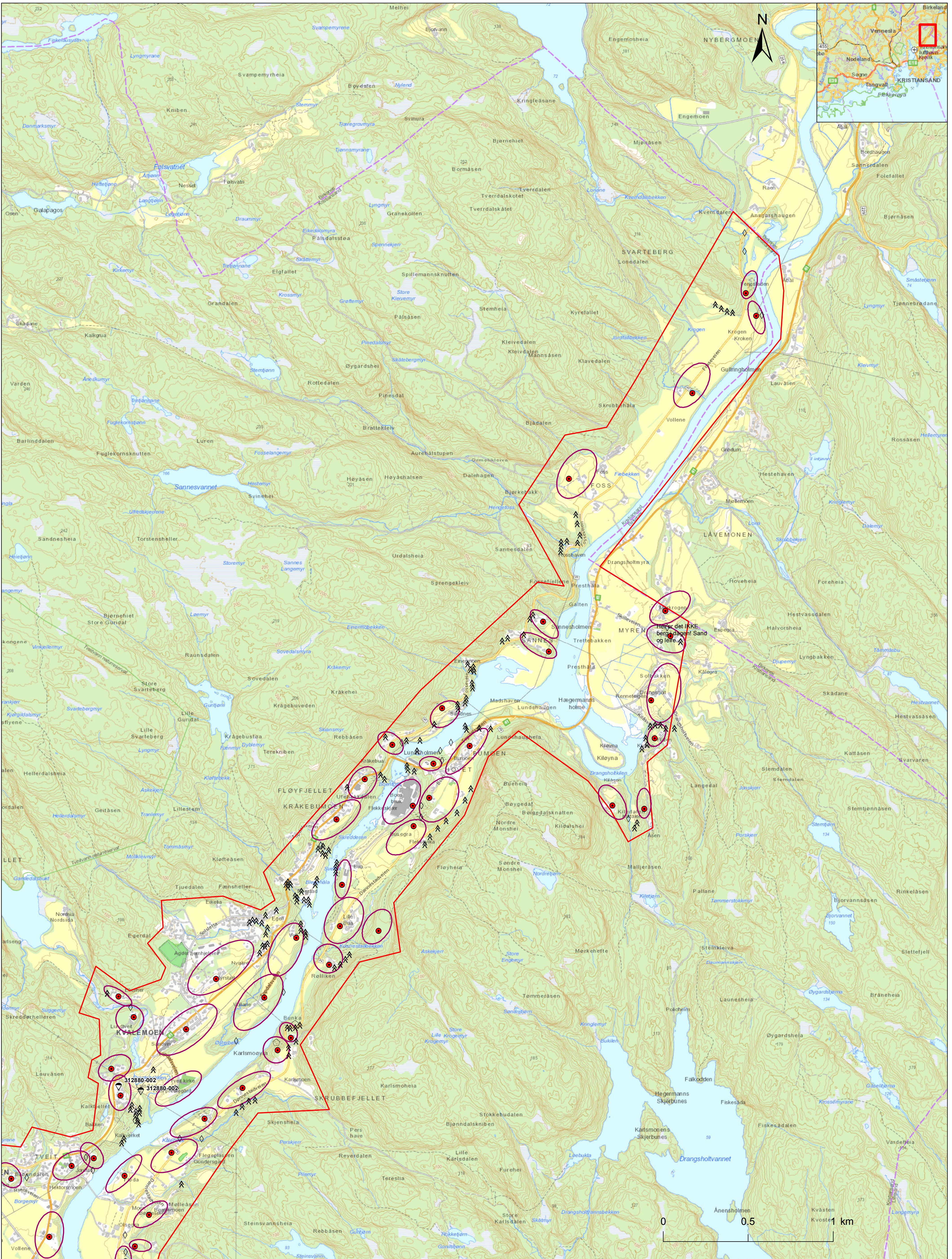
Tegnforklaring

- ▲ Berg i dagen
- ◇ Erosjon i bekkeliv
- Letteleirig siltsiltig leire
- Skredgrop/utgledning
- Foreslått boring
- Interessemråder

Målestokk (A1): 1:10 000 Datum: ETRS89, Kartprosjekt: UTM32N

Kvikkleirkartlegging			
Kværdalen Kjvik	Prosjekt 20150471	Blatt 011-2	
Overviktskart foreslåtte grunnlegg	Utrett 2015-12-15		
	Kontrollert HfE	Godkjent KEK	

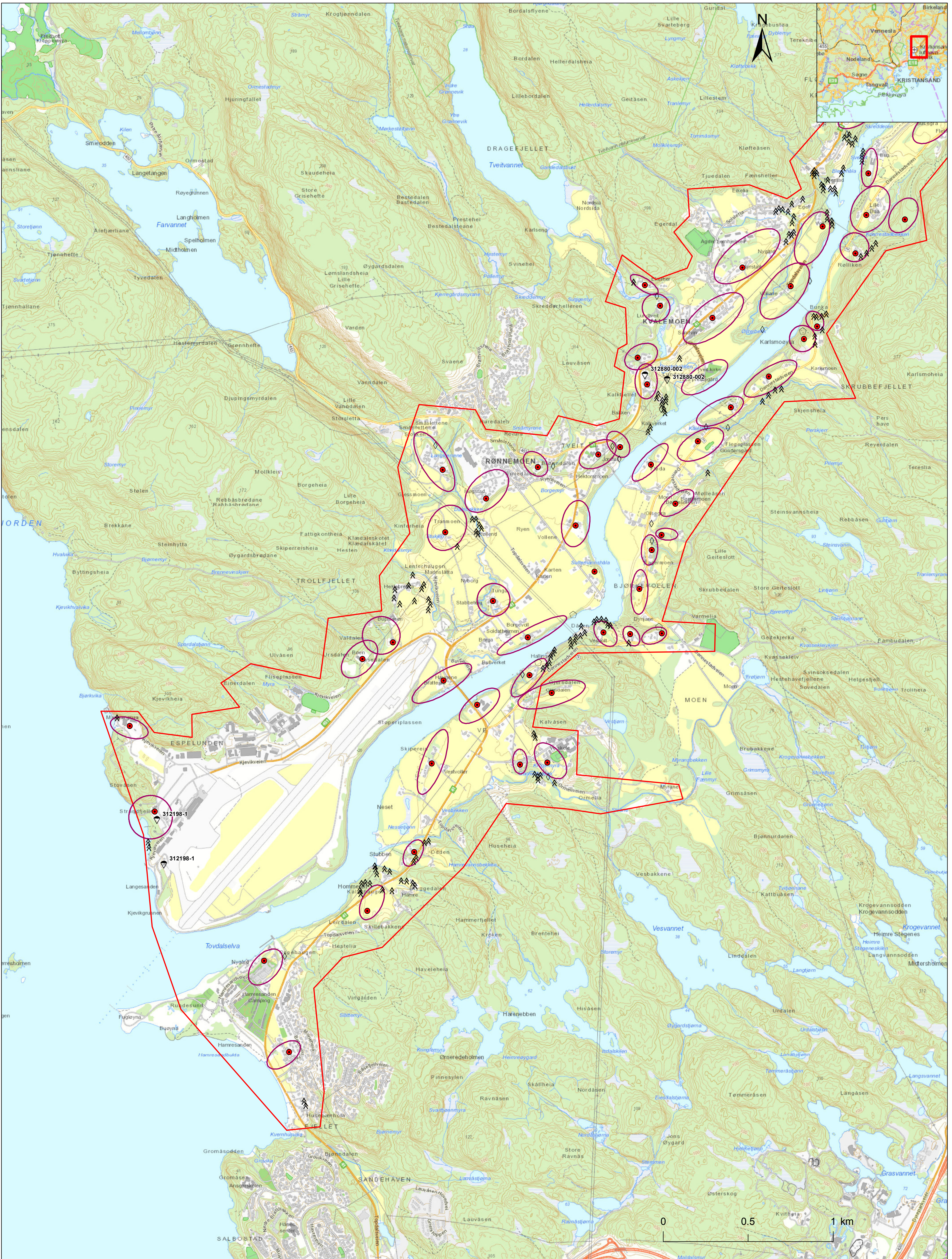
NGI



- Tegnforklaring**
- Tidligere grunnboring
 - Berg i dagen
 - Erosjon i bekkeliv
 - Leire/leirig siltsiltig leire
 - Skredgrop/utglidning
 - Foreslått boring
 - Interesseområder

Målestokk (A1): 1:10 000 Datum: ETRS89, Kartprosjekt: UTM32N

Kvikkleirekartlegging			
Kvardalen Kjøvik	Prosjekt nr. 20150471	Blatt nr. 012-1	
Oversiktskart foreslåtte og tidligere grunnboringer.	Utvalgt	KEK	2015-12-15
	Kontrollert	HfE	KEK



- Tegnforklaring**
- Tidligere grunnboring
 - Berg i dagen
 - Erosjon i bekkeliv
 - Letteleirig siltsiltig leire
 - Skredgrop/utgledning
 - Foreslått boring
 - Interessesområder

Målestokk (A1): 1:10 000 Datum: ETRS89, Kartprosjekt: UTM30N

Kvikkleirekartlegging			
Kværdalen Kjøvik	Prosjekt 20150471	Blatt 012-2	
Overviktskart forelåtte og tidligere grunnboringer.	KEK	2016-12-15	
	HfE	Godkjent	
	KEK		

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Kvikkleirekartlegging. Befaringsrapport Kverndalen – Kjevik, Kristiansand kommune		Dokumentnr./Document no. 20150471-07-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Distribusjon/Distribution Begrenset/Limited	Dato/Date 2015-12-15
		Rev.nr.&dato/Rev.no.&date 0 / -
Oppdragsgiver/Client NVE		
Emneord/Keywords Kvikkleire, kvikkleirekartlegging, Sørlandet		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Norge, Vest-Agder	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Kristiansand	Felt navn/Field name
Sted/Location Kverndalen - Kjevik	Sted/Location
Kartblad/Map	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: 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	2015-12-08 Kristine H H Ekseth	2015-12-11 Bjørn Kalsnes		

Dokument godkjent for utsendelse/Document approved for release	Dato/Date 15. desember 2015	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

