



RAPPORT

Sikkerhet og risiko langs Remmenbekken og Schultzebekken i Halden

FARE- OG AKTSOMHETSKARTLEGGING FOR
KOMMUNEPLAN

DOK.NR. 20190841-01-R
REV.NR. 0 / 2020-02-28

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: Sikkerhet og risiko langs Remmenbekken og Schultzebekken i Halden
Dokumenttittel: Fare- og aktsomhetskartlegging for kommuneplan
Dokumentnr.: 20190841-01-R
Dato: 2020-02-28
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Halden kommune
Kontaktperson: Anneli Nesbakken
Kontraktreferanse: Kontrakt signert 17. desember 2019.

for NGI

Prosjektleder: Unni Eidsvig
Utarbeidet av: Christina Ekeheien, Øyvind Høydal, Kjetil Sverdrup-Thygeson, Unni Eidsvig
Kontrollert av: Bjørn Kalsnes

Sammendrag

I forbindelse med rullering av kommuneplanens arealdel har Halden kommune behov for mer kunnskap om sikkerhet og risiko langs to bekkedrag som renner gjennom Halden sentrum; Remmenbekken og Schultzebekken.

NGI har blitt engasjert av Halden kommune for å gjøre en innledende undersøkelse og kartlegging av sikkerhet og risiko knyttet til følgende naturfarer:

- ↗ Flom
- ↗ Jord- og flomskred
- ↗ Kvikkleireskred

Bakgrunnsmateriale for undersøkelsene og kartleggingen har bestått av tilgjengelig nedbørsdata, terrengdata, løsmassekart, aktsomhetskart og fareområder for skred, historiske flom- og skredhendelser, eksisterende grunnundersøkelser og FKB-data. I tillegg har kommunen bidratt med data knyttet til ledningsnett i Halden samt innspillsområder for ny utbygging.

Vurderingene har bestått av flere typer undersøkelser; Hydrologisk analyse og modellering av flom og overvann, GIS-analyser, vurdering av grunnlagsmateriale, befaringer og vurdering av historiske hendelser. Begge bekkedragene er blitt befart for å kartlegge eventuelle kritiske punkter, lavpunkter, aktiv erosjon/skredaktivitet langs hovedbekker og sidebekker, forekomst av løsmasser og berg i dagen, samt i en viss grad størrelser på stikkrenner og kulverter der disse mangler i datagrunnlaget. De endelige aktsomhets- og flomsonekartene kombinerer resultater fra analyser og observasjoner fra felt.

Langs de åpne bekkene er det få bygg som ligger direkte flomutsatt. Inne i landbruksområdene langs Remmenbekken er det store flomområder som virker som fordrøyningsområder og dermed demper vannføringen lengre ned. Langs bekkene som er lukket vurderes det å være større potensial for flomskade enn langs de åpne bekkene, selv om det ikke er satt sannsynlighet for disse lavpunktene eller flomområdene.

Det er foreslått aktsomhetsområder for jordskred langs en rekke områder med raviner, mot bekkedaler og i boligområder. Disse områdene må vurderes i henhold til TEK17 ved ny utbygging. Eksisterende bebyggelse bør vurderes med hensyn til stabilitet og grunnforhold, og konsekvenskartene kan benyttes for prioritering av områder. Jordskredfaren øker generelt med økende nedbør og vannføring i bekkedragene (som følge av flere tette flater i nærheten av bekkedragene og klimaendringer). Med økt hyppighet av ekstreme nedbørshendelser vil også hyppighet av jordskredhendelser langs Remmenbekken og Schultzebekken øke.

Det er av NGU kartlagt marine sedimenter i hele undersøkelsesområdet. Følgelig er det dermed store aktsomhetsområder for kvikkleireskred. Det anbefales at aktsomhetskart for kvikkleireskred følges opp med videre undersøkelser. Konsekvenskartet kan brukes ved prioritering av grunnundersøkelser i området.

Når det gjelder innspillsområder for ny utbygging, vil alle oppstrøms inngrep i et vassdrag føre til endringer i vannføring nedstrøms. Hvor store endringer vil avhenge av eksisterende og ny infiltrasjonskapasitet, samt hvordan vannet ledes gjennom området. Der det er grunt til berg vil endringene være begrenset i forhold til infiltrasjon, samtidig som mellomliggende områder med myr, torv og skog kan forsvinne. Veier som representerer tette sammenhengende flater gir rask transport av vann. God og helhetlig overvannshåndtering bør ha stort fokus i alle utbyggingssaker.

Utbygging av mulige utbyggingssområder i Grønlia vil sannsynligvis medføre at vannmengder fra Grønlia området til Remmenbekken øker. Ved eventuell utbygging er det viktig at avrenning og håndtering av bekker tas inn på et tidlig stadium i planleggingen, for å sikre en åpen og helhetlig overvannsløsning.

Mulig utbyggingssområde ved Håkon Melbergs vei ligger delvis innenfor nedbørfeltet til Remmenbekken, mens mesteparten fra feltet drenerer mer i retning sør-vest. Området har kort vei til berg, med enkelte blotninger og berg i dagen. Utbyggingen vil trolig ikke gjøre en markant endring for drenering til Remmenbekken, men kan påvirke områder i nedbørfeltene sør og sør-vest for området.

Rapporten inneholder også anbefalinger for bruk av kart og videre arbeid.

Innhold

1	Innledning	7
1.1	Innhold og organisering av rapporten	7
1.2	Studieområdet	8
2	Kartlegging av sikkerhet og risiko	10
2.1	Farekartlegging flom	11
2.2	Kartlegging av aktsomhetsområder for jordskred og kvikkleireskred	13
2.3	Konsekvenskart jordskred og kvikkleireskred	13
3	Resultater av kartleggingen	14
3.1	Flom	14
3.2	Jord- og flomskred	17
3.3	Kvikkleire	22
3.4	Samlede hensynssoner	25
4	Spesifikke områder	26
4.1	Spesielt utsatte områder	26
4.2	Innspill til nye boligområder	27
5	Konklusjoner	31
6	Anbefalinger for videre arbeid	33
6.1	Hensynssoner	33
6.2	Prioritering av videre undersøkelser i aktsomhetsområder med eksisterende bebyggelse	34
6.3	Bruk av flomsonekart og aktsomhetskart i videre planfaser	34
7	Referanser	35

Vedlegg

Vedlegg A	Kartserier
Vedlegg B	Beskrivelse av studieområdet og dokumentasjon av feltarbeidet
Vedlegg C	Metodikk
Vedlegg D	Naturfarer og klimaendringer

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

I forbindelse med rullering av kommuneplanens arealdel har Halden kommune behov for mer kunnskap om sikkerhet og risiko langs to bekkedrag som renner gjennom Halden sentrum; Remmenbekken og Schultzebekken.

Begrepet sikkerhet brukes på samme måte som i NVEs veiledere, f.eks. NVE (2014). For å kunne dokumentere sikkerhet kartlegges fare eller potensiell fare (aktsomhet). Med begrepet risiko menes kombinasjonen av sannsynlighet for en hendelse og konsekvensen av at denne hendelsen inntreffer. I dagligtale benyttes imidlertid oftest risiko som et synonym til fare.

For arealplanlegging med sikte på utbygging må det tas hensyn til sikkerhetskravene i TEK17, først og fremst ved å unngå utbygging i områder som ikke har god nok sikkerhet mot naturfarer. Dersom kommunen likevel velger å godta utbygging i fareutsatte områder, må kommunen vurdere hvordan god nok sikkerhet kan oppnås for bebyggelsen og gi forutsetninger som tar vare på sikkerheten. Dette kan for eksempel være krav om risikoreducerende tiltak (NVE (2011)).

Halden kommune har gitt innspill om potensielle nye boligområder i nærhet av bekkedragene, og det er generelt en intensjon om økt fortetting. Kommunen har behov for mer kunnskap om hvordan eventuell utbygging av de ulike arealene vil påvirke skred- og flomrisikoen. Nybygg og økt andel tette flater, vil føre til at mer vann vil ledes til bekkedragene.

1.1 Innhold og organisering av rapporten

NGI har blitt engasjert av Halden kommune for å gjøre en innledende undersøkelse og kartlegging av sikkerhet og risiko knyttet til følgende naturfarer:

- ↗ Flom
- ↗ Jord- og flomskred
- ↗ Kvikkleireskred

Steinsprang er ikke vurdert i denne omgang. For vurdering av flom er vurdering av overvann og kritiske punkt i vassdragene en del av undersøkelsen. Det er i tillegg vurdert hvilke konsekvenser mer vann tilført vassdragene vil medføre, for eksempel som resultat av økt andel tette flater grunnet fortetting i nærhet til bekkedragene. Effekter av klimaendringer er også tatt med i vurderingene.

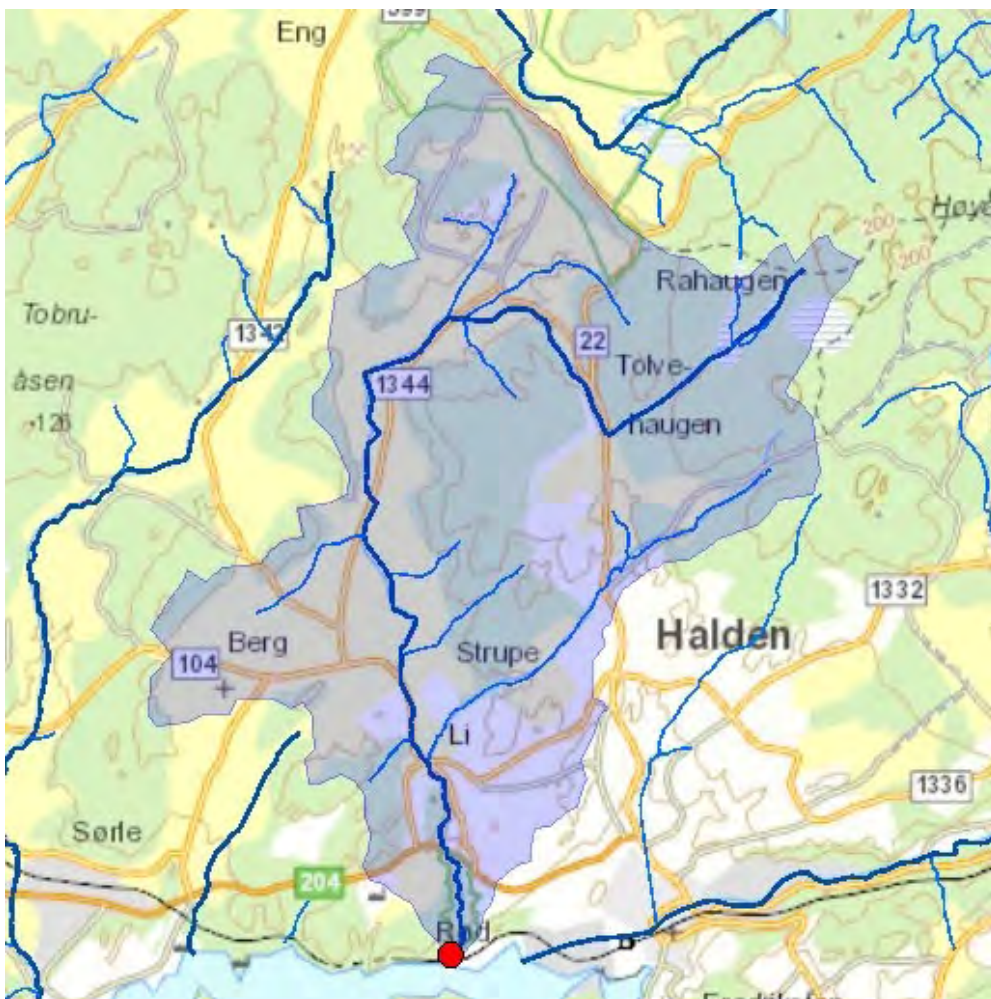
Hovedrapporten fokuserer på resultater og konklusjoner. De produserte kartene er inkludert i vedlegg A. Bakgrunns materialet, som våre kartlegginger og konklusjoner er basert på, er plassert i videre vedlegg:

- ↗ Vedlegg B gir nærmere beskrivelse av studieområdet og dokumenterer befaringene.
- ↗ Vedlegg C beskriver metodikk og arbeidsflyt benyttet for å produsere de ulike kartene.

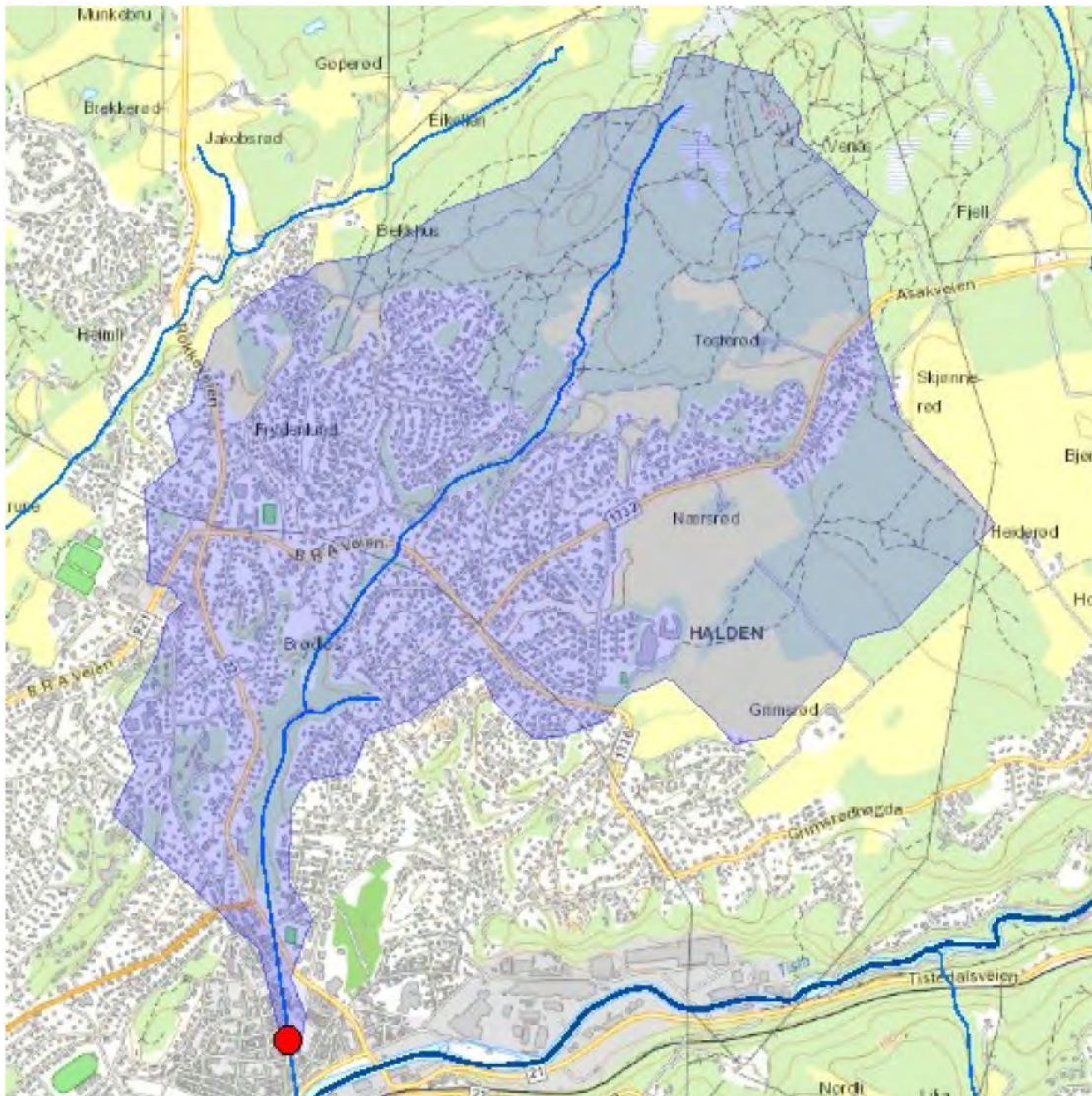
- Vedlegg D gir en generell beskrivelse av de aktuelle naturfarene, effekt av klimaendringer på disse naturfarene, samt klimaprogner for Østfold.

1.2 Studieområdet

De to bekkedragene Remmenbekken og Schultzebekken går gjennom landskap dominert av knauser med innfylte leirområder og raviner. Det er bratte side-skrånninger og høydeforskjeller på opptil 40 meter. Det har tidligere vært flommer, det har gått leir- og jordskred i området, og det er påvist kvikkleire flere steder. Remmenbekken renner fra Rahaugen, langs Brødenveien, gjennom Brenneridalen, krysser Svinesundveien og går via Remmendalen ut i Iddefjorden. Bekken har flere sidebekker og vassdraget har et nedbørsfelt på 19,3 km². Schultzebekken renner fra Venås og delvis i rør gjennom bebyggelse ned til Schultzedalen hvor den går åpen. I enden av Schultzedalen lukkes bekken og går i rør ned til Tista. Bekken har flere sidebekker (noen lukket) og vassdraget har et nedbørsfelt på 5,3 km². Nedbørsfeltene til Remmenbekken og Schultzebekken er vist i henholdsvis Figur 1 og Figur 2. Det er ingen meteorologiske målestasjoner i disse eller nærliggende lignende vassdrag.

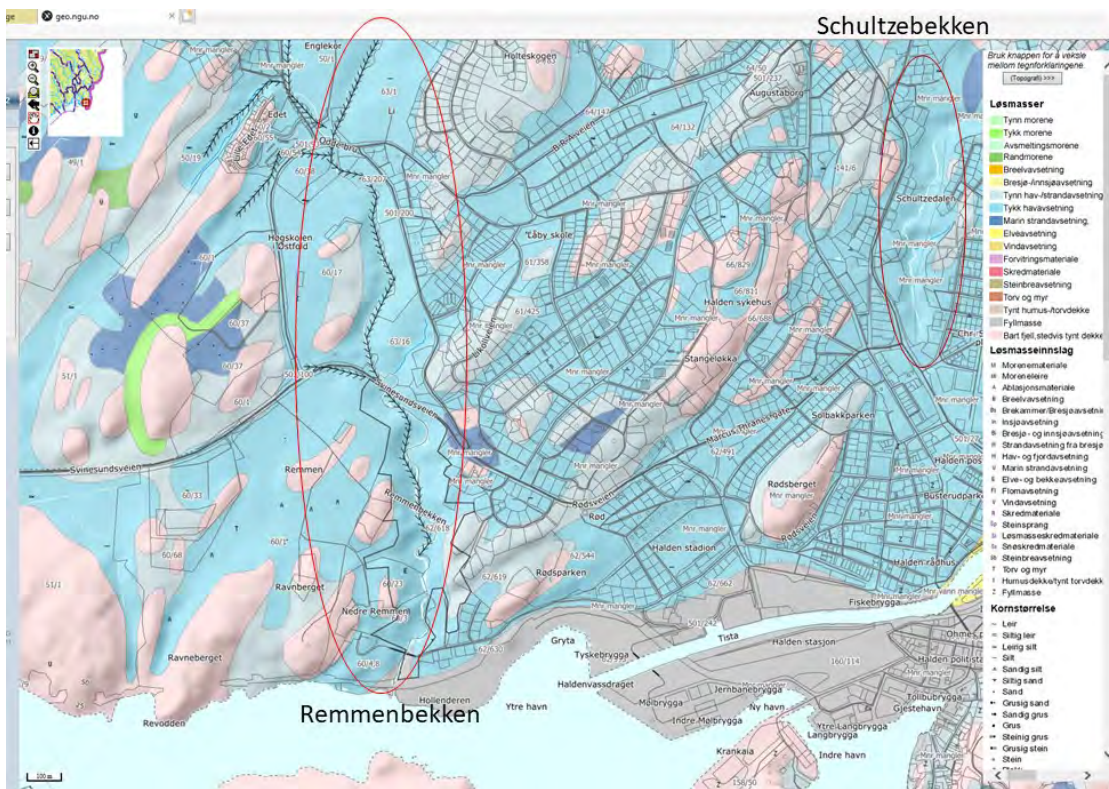


Figur 1 Remmenbekkens nedbørsfelt. Hentet fra NVEs karttjeneste NEVINA.



Figur 2 Schultzebekkens nedbørfelt. Hentet fra NVEs karttjeneste NEVINA.

Området har 3 små fareområder for kvikkleire i NVEs database (www.atlas.nve.no): Nordbrøden, Harbo og Herrebrøden. Store deler av studieområdet er i NGU's løsmassekart kategorisert som områder med marine sedimenter (tykk havavsetning), det vil si områder hvor det potensielt kan være kvikkleire. Figur 3 viser et utsnitt av løsmassekart for området.



Figur 3 Løsmassekart for deler av studieområdet. Blått er marine sedimenter. Hentet fra: www.ngu.no

Begge bekkedragene er undersøkt i sin helhet, med hovedvekt på strekningene gjennom bebygde områder. Bekkedragene ble befart 16. og 17. desember av Øyvind A. Høydal og Christina Ekeheien. Espen Sørås og Driftsleder på VA, Roy Prang var også med på deler av befaringen. Dokumentasjon fra befaringen, ytterligere informasjon om studieområdet, samt mer detaljert om områdene ved Remmenbekken og Schultzebekken er beskrevet i Vedlegg B.

2 Kartlegging av sikkerhet og risiko

Det er ulike krav til dokumentasjon av sikkerhet i forhold til plannivå. På kommuneplannivå er hensikten normalt å identifisere og avgrense aktsomhetsområder og det er ikke påkrevd med en nærmere kvantifisering av faregraden.

NVE (2011) anbefaler en trinnvis prosedyre for kartlegging av sikkerhet mot naturfarer med økende detaljeringsnivå, fra kommuneplan via reguleringsplan til byggesak. For Arealdelen til kommuneplan/kommunedelplan for arealbruk er beskrivelsen som følger: "Område med potensiell fare (aktsemdsområde) blir identifisert. Arealbruken blir vurdert med sikte på å unngå utbygging i aktsemdsområde i størst mulig grad. Aktsemdsområde blir i nødvendig grad merket av som omsynssooner med føresegner som forbyr eller set vilkår for tiltak og/eller verksemder. Arealplankartet med arealføremål,

omsynssoner og føresegner skal sikre god nok tryggleik på oversiktsplannivå i kommunen." (NVE; 2011).

NGI har produsert kart som er tilpasset bruk i kommuneplanens arealdel. I forbindelse med prosjektet er følgende kartserier produsert:

- ↗ Farekart flom
- ↗ Aktsomhetsområder jordskred
- ↗ Aktsomhetsområder kvikkleireskred
- ↗ Konsekvenskart jordskred
- ↗ Konsekvenskart kvikkleireskred
- ↗ Samlede hensynssoner for samtlige farer

Det er for hver faretype produsert den mest detaljerte type kart som grunnlagsmaterialet og omfanget av feltarbeidet tillater. Aktsomhetskartene viser områder hvor det potensielt kan være fare, men uten en kvantifisering av sannsynligheten. Farekartene viser hvor de ulike naturfarene kan forekomme og hvor sannsynlig det er at det skjer. Sannsynlighet beskrives gjerne med en returperiode eller en sannsynlighet per år. Et skred med returperiode på 100 år skjer i gjennomsnitt hvert 100. år og har en sannsynlighet på 0.01 per år. Farekart er mer nøyaktig enn aktsomhetskartene og det krever mer detaljerte undersøkelser å produsere dem. Som oversikten viser er det valgt å produsere farekart for flom, mens vi for skred kun produserer aktsomhetskart (potensiell fare). For å avklare jordskredfare i forhold til TEK17, må en inn på geoteknisk stabilitet, noe som krever informasjon om geotekniske styrkeparametre og poretrykk i grunnen. Dette er utenfor rammen av dette prosjektet. For flom er de nødvendige data lettere tilgjengelige og vi har nok data til å også kunne si noe om sannsynligheter. Konsekvenskartene viser områder der skred kan ramme bebyggelse. Konsekvensen vurderes ut fra antall bygninger og viktighet av bygningene, slik det også gjøres i beskrivelse av konsekvensklassene i Byggteknisk forskrift, TEK 17, kapittel 7. Det er utarbeidet konsekvenskart for kvikkleireskred og for jordskred. Det er ulik alvorlighet av konsekvens for skred og flom. Mens skred kan innebære fare for menneskeliv, vil saktevoksende flommer normalt ikke innebære fare for menneskeliv, kun materielle skader. Langs de åpne bekkene er det få bygg som ligger direkte flomutsatt. Det er derfor ikke produsert konsekvenskart for flom.

Kartseriene er vist i Vedlegg A. Metodikk og arbeidsflyt benyttet for å produsere de ulike kartene er oppsummert kort nedenfor og beskrevet mer utfyllende i Vedlegg C. De ulike naturfaretypene er forklart i Vedlegg D, sammen med forventede klimaendringer i området.

2.1 Farekartlegging flom

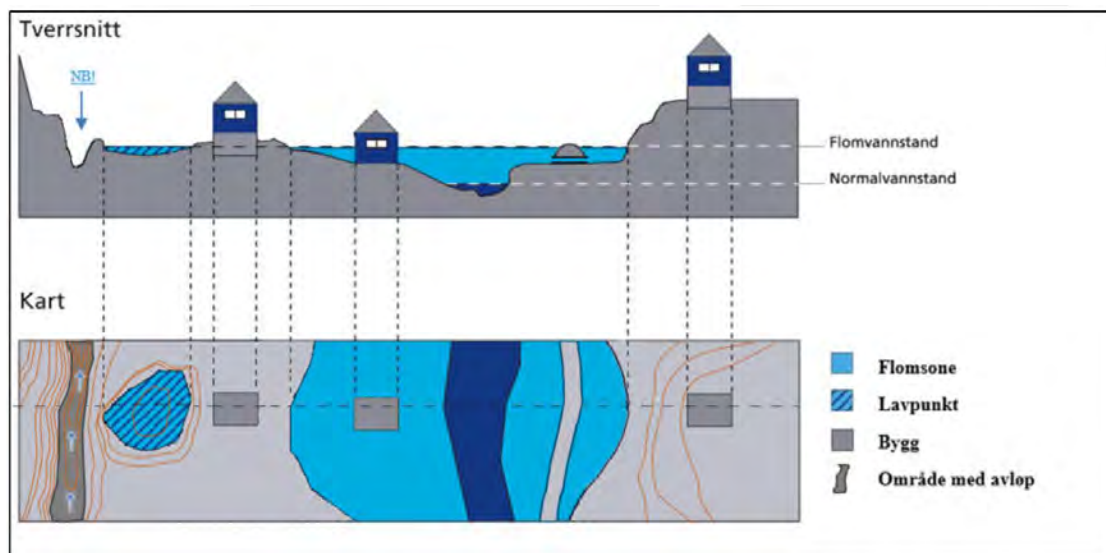
For å simulere ulike flomhendelser er det satt opp en hydraulisk modell i modelleringsverktøyet HEC-RAS. Detaljer rundt modelleringen er beskrevet i vedlegg C.

Basert på modellen er det produsert farekart for flom for tre ulike gjentakintervall:

- ↗ 20-årsflom
- ↗ 200-årsflom
- ↗ 1000-årsflom

Gjentaksintervallet sier noe om hvor ofte man statistisk kan forvente å få en flom av denne størrelsen. Eksempelvis vil en 100-årsflom opptre i gjennomsnitt hvert 100. år. Likevel kan to 100-årsflommer opptre med kort tids mellomrom. Det er beregnet at en 200-årsflom med klimapåslag (påslag grunnet forventede klimaendringer) omtrent vil tilsvare en 1000-årsflom.

Kartene viser i tillegg områder definert som lavpunkt. NVE har i sine flomsonekart-rapporter forklart lavpunkt slik: *En del steder vil det være areal som ligger lavere enn de beregnede flomvannstandene, men uten direkte forbindelse til elva (Figur 4). Dette kan være områder som ligger bak flomverk, eller veier/fyllinger, men også lavpunkt som har forbindelse via en kulvert eller via grunnvannet. Disse områdene er markert med egen skraver, fordi de vil ha en annen sannsynlighet for oversvømmelse og må håndteres særskilt. Spesielt utsatt vil disse områdene være ved intenst lokalt regn, ved stor flom i sidebekker eller ved tetting av kulverter. En må være oppmerksom på at det vannet som er markert som lavpunkt, ikke har noen direkte sammenheng med den vannstanden som er gitt for selve elva. Her kan det stå vann selv om det ikke er flom i elva, for eksempel ved intens nedbør.*



Figur 4 Prinsippskisse lavpunkt. Området lengst til venstre i figuren er ikke et lavpunkt, fordi dette området har helning, som gjør at vann vil renne bort herifra slik som de blå pilene viser. Flomsonen lengst til høyre er heller ikke et lavpunkt, fordi det har forbindelse til flomsonen via en kulvert. Hentet fra NVE rapport 23/2019. I denne rapporten er også overflateavrenning over lukkede bekker tatt med som lavpunkt. Her vil det kunne gå vann både i rør og på overflaten uten at en kjenner kapasiteten til rørsystemene og sannsynligheten til flomarealet er dermed usikker.

Lavpunktene i dette prosjektet er generert ved å simulere en 200-årsflom, og sortere ut områder mer enn 50 meter fra elvenettet uten direkte forbindelse til elv eller bekk. For områder med lukkede bekker hvor det er drenert via rister og lukkede rørsystemer vil ikke sannsynligheten beregnet av modellen være representativ for lavpunktene. "Lavpunktene" viser hvor en kan få ansamling av vann ved blokkering av drencsystemer eller for lite kapasitet i de lukkede rørsystemene.

2.2 Kartlegging av aktsomhetsområder for jordskred og kvikkleireskred

Kartlegging av aktsomhetsområder for kvikkleireskred og jord- og flomskred er kort oppsummert basert på:

- GIS analyser for innledende kartlegging av aktsomhetsområdene ut fra geometriske betingelser
- Feltbefaringer for å verifisere GIS analysene, samt å skaffe nødvendig informasjon til produksjon av endelige kart. Observasjoner fra feltarbeidet benyttes også for å supplere informasjonen som er gitt i kartene.
- Manuell justering av GIS kartene basert på observasjoner i felt, flyfoto og tidligere hendelser.

Aktsomhetsområder for kvikkleire er tegnet opp med bruk av geometriske kriterier knyttet til utbredelse av kvikkleireskred. De omfatter både naturlig utløste skred og skred utløst av menneskelig aktivitet. De aller fleste områdene har ikke informasjon om grunnundersøkelser. Det er fare for kvikkleireskred i aktsomhetsområder der det er påvist kvikkleire gjennom grunnundersøkelser. Området har ikke fare for klassiske flomskred. Aktsomhetsområder for jordskred er basert på helning, geologiske kart, feltbefaring og flyfoto. Befaringen foretatt i dette prosjektet er ikke en detaljbefaring av enkeltskrenter, men er en områdebefaring der en ser på type terreng og jorddekke. I noen områder er det trolig grunt til berg, slik at dypere jordskred ikke er sannsynlig. Aktsomhetskart for jordskred håndteres ved at det gjøres geoteknisk vurdering av lokaliteten før tiltak settes i verk. Detaljer om metodikk for kartlegging finnes i Vedlegg C.

2.3 Konsekvenskart jordskred og kvikkleireskred

Som nevnt innledningsvis er risiko kombinasjonen av sannsynlighet for en hendelse og konsekvensen av at denne hendelsen inntreffer. Første steg i risikovurderingen er å definere de uønskede hendelsene som skal analyseres og bestemme hvilke konsekvenstyper som skal vurderes. Konsekvenstyper kan være relatert til liv og helse, materielle verdier, økonomi og miljø. I arbeidet presentert i denne rapporten er de uønskede hendelsene omfattet av skade på bebyggelse/befolkning forårsaket av de tre naturfaretypene. I risikovurderingen inkluderes også konsekvens. Vi har her vurdert konsekvenstypene tap av menneskeliv/helse og materielle skader, som vurderes ut fra antall eksponerte samt omfanget av naturhendelsene. Vårt arbeid for vurdering av konsekvens er utført som en GIS-analyse. Konsekvenskartene viser gradering av aktsomhetsområdene for skred i forhold til antall bygninger og type bebyggelse i aktsomhetsområdet. Antall bygninger i ulike bygningsklasser er talt opp, og vektet etter viktighet.

Opptellingen gir et tall for hvert konekvensområde, som divideres med arealet som opptellingen ble gjort i. Denne verdien er brukt for inndeling i klassene lav, middels og høy.

Risiko er altså en kombinasjon av sannsynlighet og konsekvens. Da de produserte aktsomhetskartene for jordskred og kvikkleireskred ikke differensierer på sannsynlighet eller på skadepotensialet (intensitet) av potensielle flom- og skredhendelser innen aktsomhetsområdet, er det ikke laget egne risikokart som kombinerer sannsynlighet, skadepotensial og utsatt bebyggelse. Det er funnet mer hensiktsmessig på dette detaljnivå å produsere konsekvenskart som differensierer på antall og type bebyggelse innenfor aktsomhetsområdene. Disse kan benyttes for prioritering av videre oppfølging. Ved mer detaljerte undersøkelser kan mer spesifikke risikoanalyser gjennomføres, enten det er i form av kvantitative eller semi-kvantitative analyser.

3 Resultater av kartleggingen

For alle kartseriene er det produsert kart i fem ulike utsnitt:

- ↗ Remmenbekken sør
- ↗ Remmenbekken midtre
- ↗ Remmenbekken nord
- ↗ Schultzebekken sør
- ↗ Schultzebekken nord

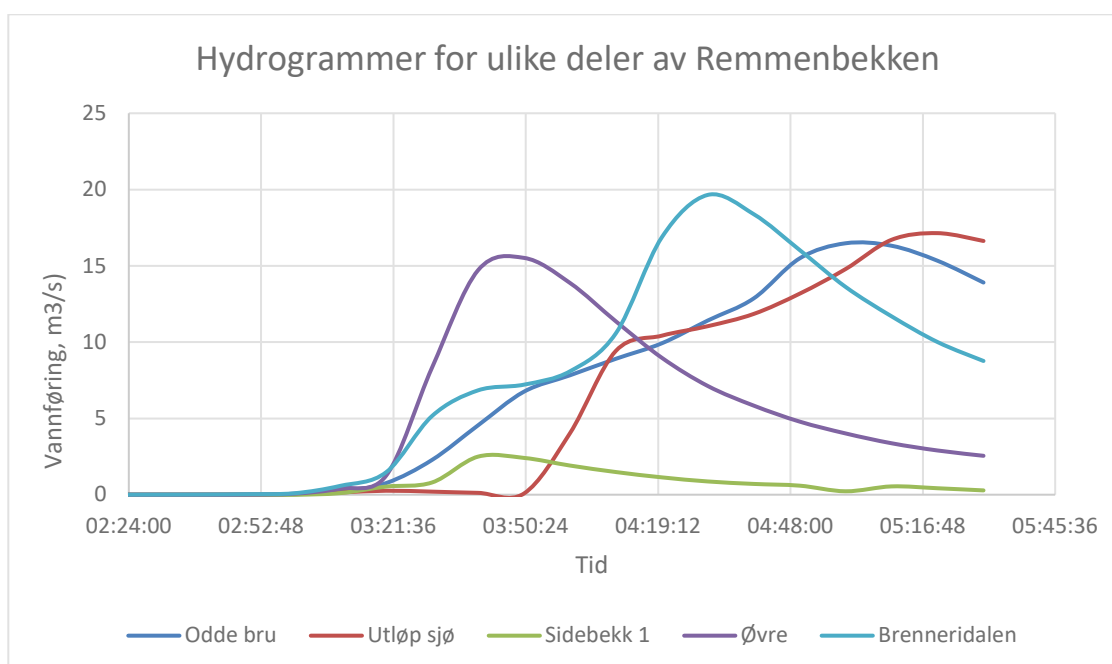
Kartseriene er presentert i Vedlegg A. Nedenfor kommer en kort oppsummering av hovedfunnene knyttet til de ulike karttypene. For ytterligere informasjon om flom, jord- og flomskred, kvikkleire, samt effekter av klimaendringer, henvises det til Vedlegg D.

3.1 Flom

Ved å simulere ulike flomhendelser i en hydraulisk modell kan man se hvordan vannet beveger seg gjennom vassdraget, samt hvor mye vann som befinner seg i de ulike delene av bekken gjennom hendelsen. Dette benyttes for å lage flomkartene, men kan også si noe om hvilke deler av bekken som er spesielt viktig med hensyn til for eksempel fordrøyning. En kort oppsummering av hovedfunn følger under, mens flere detaljer om modelleringen, samt begrensninger og usikkerheter finnes i Vedlegg C.

Modellert flomforløp (hydrogram) for ulike deler av Remmenbekken er vist i Figur 5. Flomforløpet sier noe om hvordan vannføringen endres med tid, for ulike deler av vassdraget. For Remmenbekken er det omtrent samme flomstørrelse for Odde bru og ved utløpet i sjøen, hvor maks vannføring tilsvarer en 200-årsflom. Ser man på "Øvre", altså der Brødenvegen krysser bekken, har denne også omtrent samme forløp, men vesentlig mindre vann. "Øvre" ligger etter samløp av flere sidebækker, og vil derfor representere et område med kort responstid (altså at området raskt får mye vann fra nærliggende områder).

Langs Remmenbekken kommer det inn flere sidebekker, særlig fra øst. I Brenneridalen viser modellen at flommen først stiger ganske raskt. Dette er lokalt vann fra nærliggende områder. Deretter kommer flomtoppen ovenfra, forskjøvet ca. 40 minutter. Når vannet når Odde bru og videre til sjøen, er flomtoppen ytterligere flatet ut. Årsaken til dette er at flomvannet fordrøyes i øvre deler, slik at vannets hastighet reduseres og vannmengdene fordeles ut. Dette kommer også frem i flomsonekartet (Vedlegg A). Flomforløpet fremhever at de øvre delene av Remmenbekken er spesielt viktige fordrøyningsmessig, for å beskytte områdene nedstrøms mot flom. Dette betyr at eventuelle inngrep i et område som dette kan medføre større flomfare for nedre del av vassdraget, hvor det allerede er utfordringer knyttet til flom, erosjon og utglidninger.

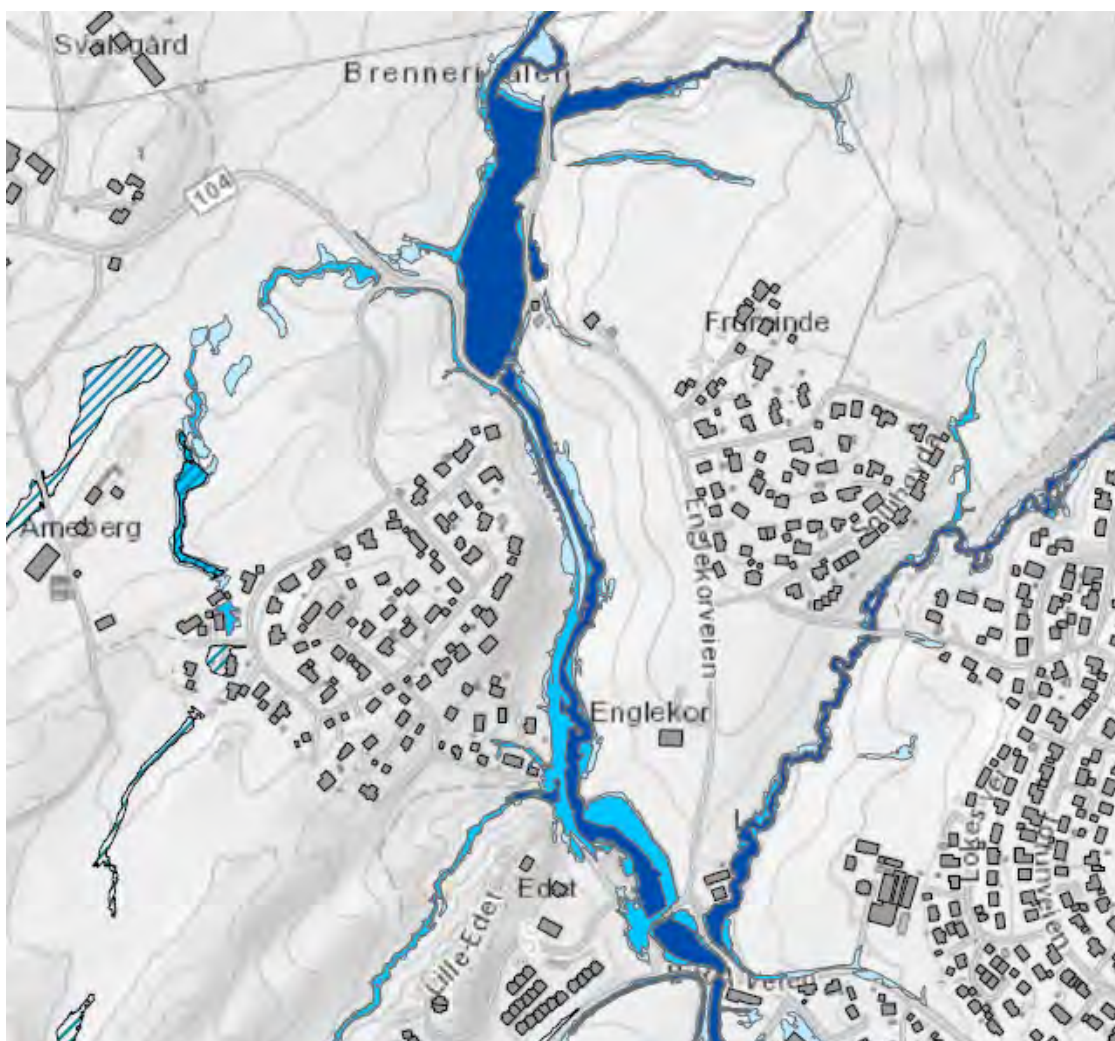


Figur 5 Modellert flomforløp i Remmenbekken ved en gitt nedbørhendelse. x-aksen viser tid, mens y-aksen viser vannføring.

3.1.1 Farekart flom

Farekart flom viser hvilke områder som blir dekket av vann ved en gitt flomhendelse, men forteller ikke noe om dybde eller vannhastighet. I tillegg vises lavpunktene. Resultatene viser at det er det få bygg som ligger direkte flomutsatt.

For Remmenbekken sør kommer det tydelig frem at Remmendalen tar unna mye vann, selv ved en 20-årshendelse. Vannet stuver seg opp ved Refneveien 33, samt ved rensenanlegget nært utløpet. Videre oppstrøms samler det seg typisk vann før bruer og kulverter. I Brenneridalen stuver det seg opp spesielt mye vann (Figur 6), som diskutert over.



Figur 6 Utsnitt av flomfarekart for Remmenbekken sør. Tydelig vannansamling i Remmenbekken, og videre nedstrøms oppstuvning før bruer og kulverter. Mørk blå representerer en 10-årsflom, turkisblå en 200-årsflom og lyseblå en 1000-årsflom/200-årsflom med klimapåslag. Skraverte områder markerer lavpunkt.

For Remmenbekken midtre og Remmenbekken sør er det flere flatere landbruksområder der bekken går utover sine bredder under en flomhendelse. Disse områdene bidrar til å dempe vannføringen lengre ned, ved å fordrøye og senke vannets hastighet.

I de sørlige delene av Schultzebekken går bekken delvis i rør. Her er derfor en stor del av områdene der bekken opprinnelig ville gå, markert som lavpunkt (Figur 7). I Schultzedalen samles det vann, noe som historisk også har vært et problem. Her er det spesielt viktig med vedlikehold av rist, slik at rusk og rask ikke hindrer vannet i å renne videre. Med forventet økt vanntilførsel til Schultzebekken er det spesielt viktig å ivareta god overvannshåndtering oppstrøms. For kartutsnittet Schultzebekken nord utpeker området ved Frydenlund seg, hvor det allerede ved en 20-årsflom samler seg vann. Her er enkelte bygg flomutsatt.



Figur 7 Utsnitt fra Schultzebekken sør. Flere områder der bekken går i rør er markert som lavpunkt, hvor det kan samles vann dersom ledningsnettet ikke klarer å ta unna vannmengdene.

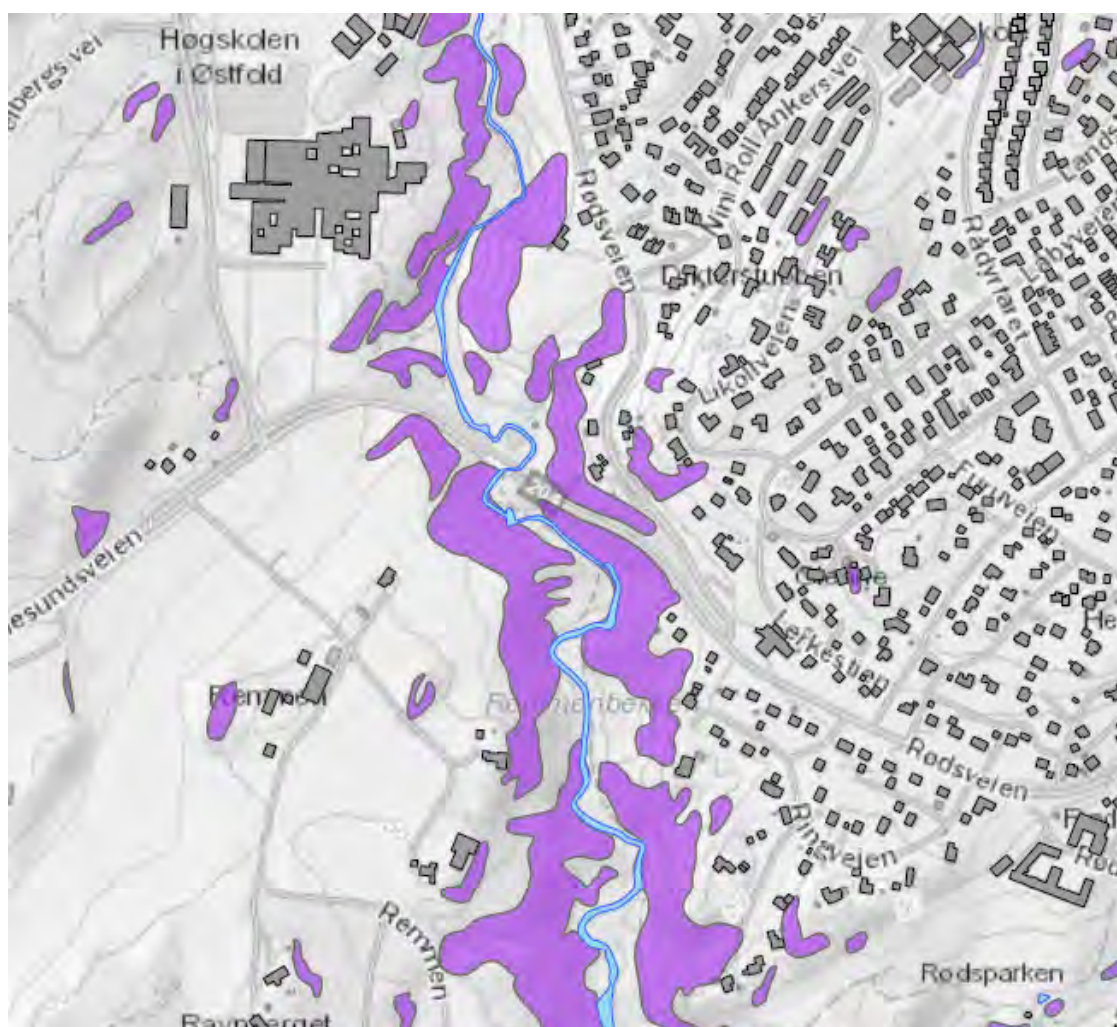
Generelt vurderes det å være større potensial for flomskade langs bekkene som er lukket enn der bekkene går åpent, selv om det ikke er gitt en sannsynlighet disse lavpunktene eller flomområdene. Langs bekkelukninger i bebygde områder der det er markert lavpunkt, er det spesielt viktig med vedlikehold på rister og innløp for å unngå oversvømmelse. Der det er mulig bør disse bekkene åpnes.

3.2 Jord- og flomskred

Flomskred er en lite aktuell problemstilling for disse to områdene, da det ikke er bekker som eroderer og transporterer i grovere sedimenter. Det er heller ikke observert flomskredvifter i området som kan vitne om historiske hendelser. Under marin grense der en ikke har andre sedimenter enn strandavsatt og strandvasket materiale eller marin leire, er det hovedsakelig jordskred som utgjør fare. Løsmassene i området er i all hovedsak marine avsetninger, hvilket innebærer finere avsetninger. Finsand, silt og leire vil gå i suspensjon og avsettes i Iddefjorden eller lengre ut. Rene flomepisoder vil vaske med seg drivgods av løv, kvist og annet materiale i bekker og gater. Dette regnes ikke som flomskred. I brattere områder vil bekkene gå på berg der sikringer ikke er lagt ut.

3.2.1 Aktsomhetskart jordskred

Jordskred kan typisk forekomme langs en rekke områder i raviner, mot bekkedaler og i boligområder. Aktsomhetskartene for jordskred (Vedlegg A) markerer områdene hvor forholdene ligger til rette for at et jordskred skal kunne inntreffe. Resultatene viser flere aktsomhetsområder i Remmendalen (Figur 8), hvor det under befarings også ble observert flere utglidninger og mindre skred. Det er ellers bratte skråninger ned mot bekk som markerer seg i kartene. Enkelte steder, som ved for eksempel Torpumveien og Sollihøyda ligger aktsomhetssonene nært bebyggelse, og det bør i disse områdene vises særskilt aktsomhet. Det samme gjelder for bebyggelse nær Schultzedalen, der det er bratte skrenter nær bebyggelse (Figur 9).



Figur 8 Aktsomhetssoner for jordskred. Utsnitt fra Remmenbekken sør. Aktsomhetssoner i lilla.



Figur 9 Aktsomhetssoner for jordskred. Utsnitt fra Schultzedalen. Aktsomhetssoner i lilla.

De kartlagte aktsomhetsområdene kan ha berg i dagen som ikke ble fanget opp under befaring, kontroll av flybilde eller fra tilgjengelig kartgrunnlag. Et område med berg i dagen vil uten løsmasser vanligvis være stabilt med de helningene benyttet for å markere aktsomhetssonene for jordskred (Vedlegg C). Men løsmasser på berg utgjør også potensiell fare. Flere av de tidligere skredhendelsene i Halden har bestått av løsmasser, både naturlige og forflyttede masser, som enten har glidd på berg, eller ligger nært berg. Bergflater kan være tette og glatte, noe som gjør at jorda får høyt vanninnhold og lav friksjon mot underlaget.

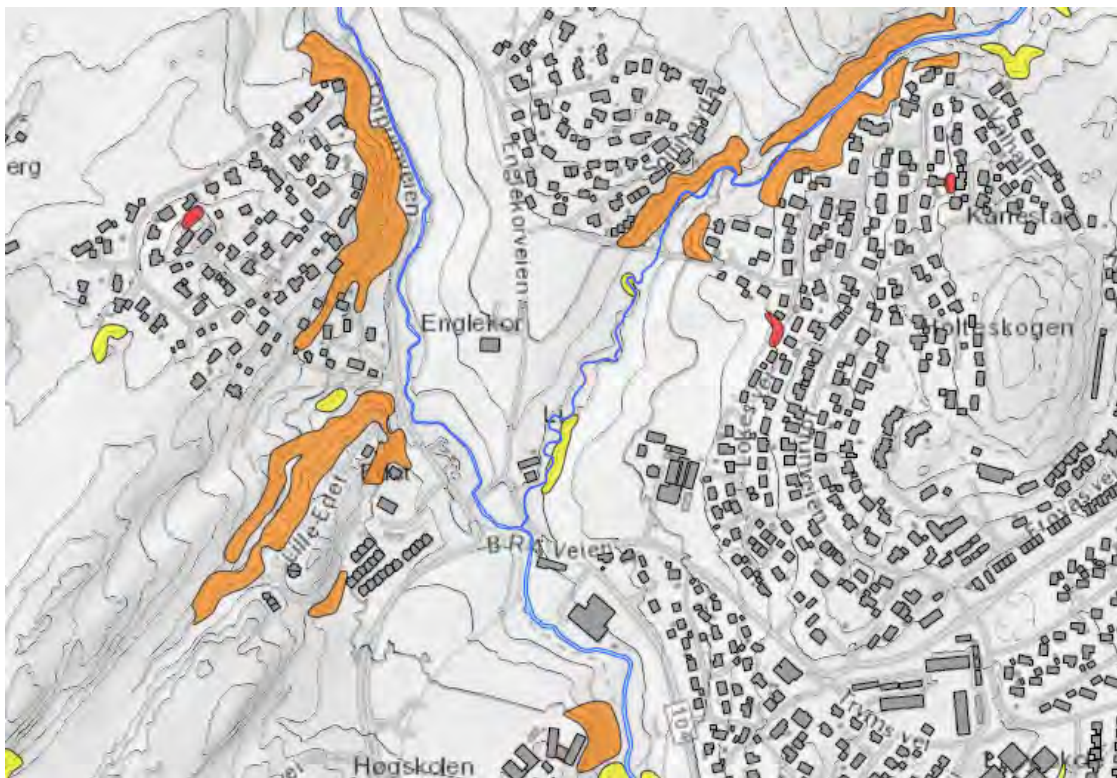
Aktsomhetsområdene må undersøkes nærmere ved planlegging av ny bebyggelse i videre planfaser som reguleringsplan og byggesak. TEK17, § 10-1, sier at byggverk skal plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet for personer og husdyr, og slik at det ikke oppstår sammenbrudd eller ulykke som fører til uakseptabelt store materielle eller samfunnsmessige skader. § 10-2 angir konstruksjons-sikkerhet. Bygging eller regulering i områder med løsmasser utløser derfor krav om geoteknisk vurdering.

Jordskredfaren øker generelt med økende nedbør og vannføring i bekkedragene. Dette vil igjen øke som følge av flere tette flater i nærheten av bekkedragene og forventede klimaendringer. Med økt hyppighet av ekstreme nedbørshendelser forventes dermed også økt hyppighet av jordskredhendelser, noe som allerede er observert i Remmenbekken og Schultzebekken, samt sidebekker.

3.2.2 Konsekvenskart jordskred

Konsekvenskartene for jordskred (Vedlegg A) gir en oversikt over bebyggelse som potensielt kan være utsatt for jordskred. Hensiktene med kartene er å ha et verktøy for prioritering av videre undersøkelser. Graderingen av konsekvens i klassene lav, middels og høy er relatert til antall og type bygg innenfor hver sone (samt i en buffer sone på 5 meter rundt) per flateenhet. Kartene viser potensielle utløsningsområder, og forventede utløpsområder for jordskredene. De aller fleste jordskred har en rotasjon eller glidning som fører til at skredmassene blir liggende i fot av skråning eller i skredgropa. De mest ekstreme skredutløpene er imidlertid ikke inkludert. Konsekvensgraderingen kan være påvirket av bebyggelse som ligger helt eller delvis innenfor en sone på 5 m rundt disse områdene. Områdene som kommer ut med høy konsekvens er gjerne mindre områder, slik som vist i Figur 10, hvor enkelte aktsomhetsområder ligger blant bebyggelse. De gule områdene er uten bebyggelse, men er tatt med for helhetens skyld, for ikke å "glemme" disse aktsomhetsområdene ved fremtidig regulering. Eksisterende bebyggelse bør sjekkes ut for stabilitet og grunnforhold og konsekvenskartene kan benyttes for prioritering av områder.

Områdene ved Englekor og Sollihøgda langs Remmenbekken peker seg spesielt ut (Figur 10), hvor det både er flere store soner med middels konsekvens, hvor de enkelte sonene i tillegg ligger nært hverandre. Langs Schultzebekken er det Schultzedalen som er spesielt utsatt, der bebyggelsen ligger tett på ravinen (Figur 11).



Figur 10 Konsekvenskart jordskred. Utsnitt fra Remmenbekken sør ved Englekor. Konsekvensklasse lav i gult, middels i oransje og høy i rød.



Figur 11 Konsekvenskart for jordskred. Utsnitt fra Schultzebekken sør ved Schultzedalen.

3.3 Kvikkleire

Hele det studerte området ligger under marin grense, noe som betyr at det potensielt kan forekomme kvikkleire. Det eksisterer 3 kartlagte kvikkleire faresoner i området i NVEs database (oppunder raet, ved Nordbrøden), og minst 2 områder der det er påvist arealer med kvikkleire som også har geometriske forhold som ligger til rette for kvikkleireskred. Det er liten del av Halden kommune som er undersøkt ved boringer for påvisning av kvikkleire. Forekomst av kvikkleire i seg selv er ikke alene et kriterie for faresone for kvikkleireskred. Topografiske kriterier må i tillegg være oppfylt. I flatere områder med kvikkleire, blir det ikke lagt faresoner for kvikkleireskred. Det presiseres at det må alltid utvises aktsomhet, selv utenfor kartlagte kvikkleiresoner, så lenge man befinner seg under marin grense.

Kvikkleireskred kan skje uten forvarsel, ha stort omfang og medføre store skader på bebyggelse og være til fare for liv og helse. Det er derfor av stor betydning å vise varsomhet, aktsomhet og respekt for områder som ligger i områder med fare for kvikkleireskred. I kvikkleireområder kan selv små terrenginngrep (også terrenginngrep som ikke trenger byggetillatelse) utløse skred med dramatiske konsekvenser. Veiledningsmaterieell fra NVE er tydelige på at restriksjoner mot terrenginngrep i områder med fare for kvikkleireskred også må gjelde for små tiltak som ikke trenger søknad. Retningslinjer for små inngrep i kvikkleiresoner finnes i NGI/NVE (2000).

3.3.1 Aktsomhetskart kvikkleireskred

Aktsomhetskartene for kvikkleireskred (Vedlegg A) viser områder der det er tykkere avsetninger av marin leire og terrengforholdene tilsier at et større leirskred som kvikkleireskred er mulig (Vedlegg C). Det er kartlagt marine sedimenter i hele undersøkelsesområdet (av NGU). Følgelig er det kartlagt store aktsomhetsområder for kvikkleireskred. Aktsomhetsområdene for kvikkleireskred har potensial for kvikkleireskred dersom grunnen skulle inneholde kvikkleire. NGI er kjent med at det er påvist kvikkleire flere steder i området i forbindelse med tiltak rundt Høgskulen, samt i veiprosjekter for Statens Vegvesen (Vedlegg C). Det er ikke funnet dokumentasjon på at det har forekommet kvikkleireskred tidligere i området.

Hvert aktsomhetsområde markerer et område som kan bli berørt av ett eller flere kvikkleireskred. Sonene er i tillegg tegnet hovedsakelig langs ravinedaler og elve- og bekkeløp, da sannsynligheten for skred er størst i disse områdene. Det kan trolig også forekomme kvikkleire i områdene rundt aktsomhetsområdene, men grunnet terrengets høydeforskjeller og helning er det lite sannsynlig at et kvikkleireskred skal kunne utløses. Figur 12 viser et eksempel på dette, hvor aktsomhetssonen følger ravinen og nærliggende bebyggelse. Der bekken avsluttes ned mot sentrum slutter aktsomhetsområdet, da terrengets helning ikke oppfyller de kriterier som legges til grunn for at et kvikkleireskred skal utløses. Det er trolig områder i tilknytning til disse områdene som har kvikkleire, men som ut fra helning og høydeforskjell gir lav sannsynlighet for utløsning av større kvikkleireskred.



Figur 12 Aksomhetssone kvikkleireskred. Utsnitt fra Schultzebekken sør. Aksomhetssone i gult.

Gjenfylte daler og søkk reduserer sannsynlighet for erosjon, samt at bekken tar nye veier. Disse områdene kan likevel ha geotekniske utfordringer og konsekvenser ved sprøbrudd. For mer utfyllende informasjon om kvikkleireskred generelt henvises det til Vedlegg D. Metodikk for å avgrense kvikkleiresoner er dokumentert i Vedlegg C.

3.3.2 Konsekvenskart kvikkleire

Konsekvenskart kvikkleire (Vedlegg A) viser gradering av konsekvens for aktsomhetsområdene for kvikkleireskred. Graderingen av konsekvens i klassene lav, middels og høy er relatert til antall og type bygg innenfor hver sone per flateenhet. Disse kartene kan benyttes ved prioritering av punkt for grunnundersøkelser i området. Supplerende grunnundersøkelser kan bidra til å redusere sonenes omfang, for eksempel dersom det ikke påvises kvikkleire eller det er grunt til berg. Metodikk benyttet for kartlegging av potensielle konsekvenser er beskrevet i vedlegg C, kapittel C3.

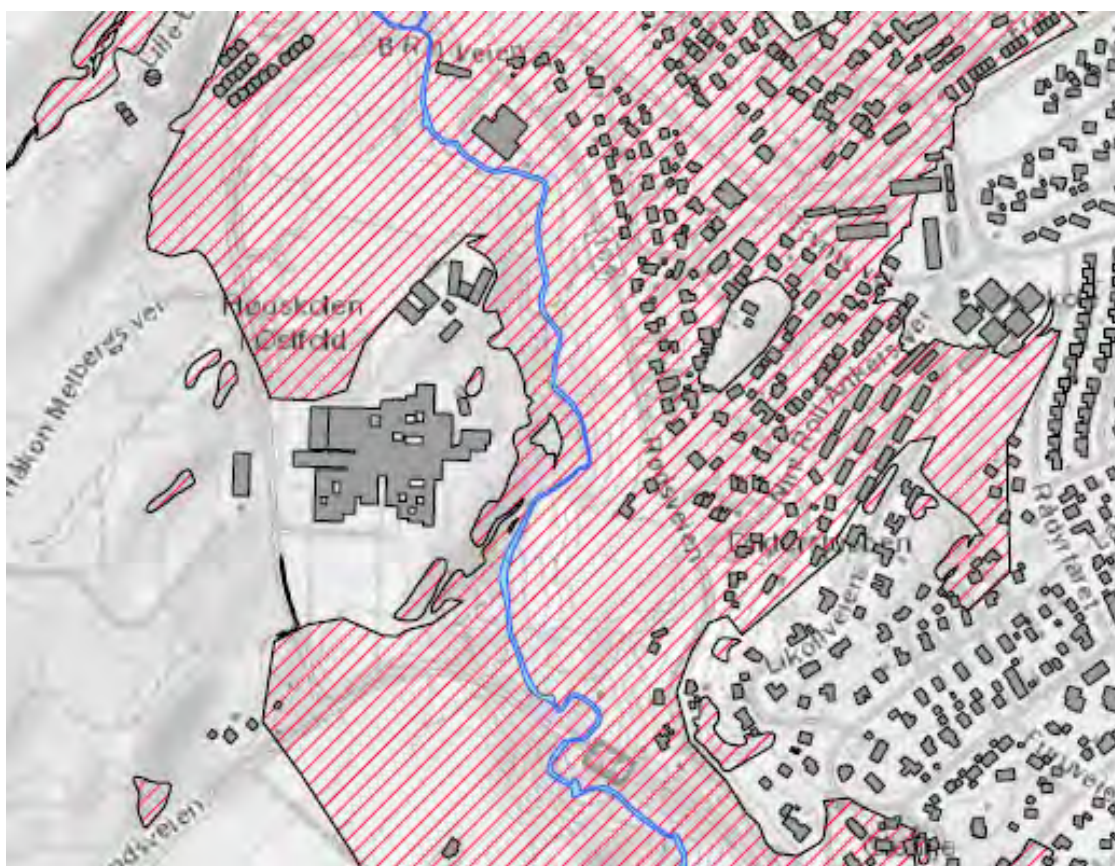
Det er totalt fire områder markert med høy konsekvens; Rødsveien ovenfor Remmendalen, området ved Friggsvei, et lengre strekke langs østre side av Schultzebekken (Figur 13) samt et mindre område ved Grønliveien.



Figur 13 Konsekvenskart for kvikkleireskred. Her utsnitt fra Schultzebekken sør. Rødt er høy konsekvens, oransje middels.

3.4 Samlede hensynssoner

Det er i tillegg laget en kartserie med samlede hensynssoner (Vedlegg A) som er en kombinasjon av aktsomhetssoner for 200-års flom, kvikkleire og jordskred (Figur 14). I praksis består disse av aktsomhetssonene for kvikkleire, inkludert noen få mindre områder med aktsomhet jordskred, da disse områdene også dekker områdene med flomfare. Slik sett gir ikke denne kartserien så mye tilleggsverdi utover de andre kartseriene, men er produsert da det var et ønske fra kommunen med et slikt kartgrunnlag. Kartet kan for eksempel benyttes dersom det er ønskelig å lage en samlet hensynssone for naturfarer i kommuneplanens arealdel.



Figur 14 Samlede aktsomhetssoner. Utsnitt fra Remmendalen ved Høgskulen.

4 Spesifikke områder

4.1 Spesielt utsatte områder

Enkelte områder er naturlig nok mer utsatt enn andre, og skiller seg ut ved å allerede ha utfordringer knyttet til skred og flom. Situasjonen for disse områdene forventes å forverres ved økte vannmengder. Det er typisk ravinene som er mest utsatt for flom, erosjon og skred. Her går det tidvis mye vann og det er bratte skråninger opp fra dalbunnen. Dette gjenspeiler seg også i de ulike kartseriene presentert i kapittel 3. De områdene som er ansett som mest utsatt er:

- Remmendalen naturreservat
- Remmendalen øst for Høgskolen i Østfold
- Schulzedalen

I tillegg til flere aktive prosesser som nevnt over, ligger disse områdene nær tett bebyggelse. Gode overvannstiltak og løsninger lengre opp i vassdraget kan bidra til å redusere mengden vann som havner i disse ravinene, og dermed erosjonsprosesser som fører til skred. Samtidig kan utbygging oppstrøms og klimaendringer forverre dagens

situasjon. Disse områdene er naturlige vannveier, som både bremser og holder på store mengder vann. Det er derfor viktig å huske at disse har en viktig funksjon, selv om det kan være utfordringer for nær bebyggelse. Gjenfylling av raviner, kulverter eller andre inngrep kan gjøre situasjonen mer uforutsigbar, ved at vannet finner nye veier eller forsøker følge sitt historiske bekkeløp.

Områdene er beskrevet nærmere i Vedlegg B, med dokumentasjon fra befarings.

4.2 Innspill til nye boligområder

Kommunen har definert noen innspillsområder for utbygging av nye boligfelt etter en innledende grovsortering, som skal vurderes videre i kommuneplanarbeidet. Det er gjort en overordnet vurdering av disse, samt hva en eventuell utbygging av disse vil kunne ha å si for de to vassdragene. Det er kun sett på de feltene som faller innenfor nedbørfeltet til Remmenbekken og Schultzedalen, da områdene utenfor vil drenere til andre vassdrag.

Alle oppstrøms inngrep i et vassdrag føre til endringer i vannføring nedstrøms. Hvor store endringer vil avhenge av eksisterende og eventuell ny infiltrasjonskapasitet, samt hvordan vannet ledes gjennom området. Vegetasjon eller områder med løsmasser vil kunne gi infiltrasjon i grunn, avhengig av type vegetasjon, type løsmasser, dybde til berg og jordens vannmettetthet. I områder hvor det er grunt til berg er det allerede liten kapasitet for lagring av vann, slik at disse områdene trolig bidrar med mye avrenning til vassdragene ved store nedbørmengder. Eventuelle endringer her vil dermed ha begrenset påvirkning for de virkelig store nedbørhendelsene, hvor mye av vannet uansett renner på overflaten. Utbygging av slike områder vil samtidig kunne fjerne mellomliggende områder med myr, torv og skog. Spesielt myrområder og torv har evnen til å magasinere regnvann og regulere avrenning. Det er derfor viktig å kartlegge enkeltområders funksjon og se det i samspill med vassdraget.

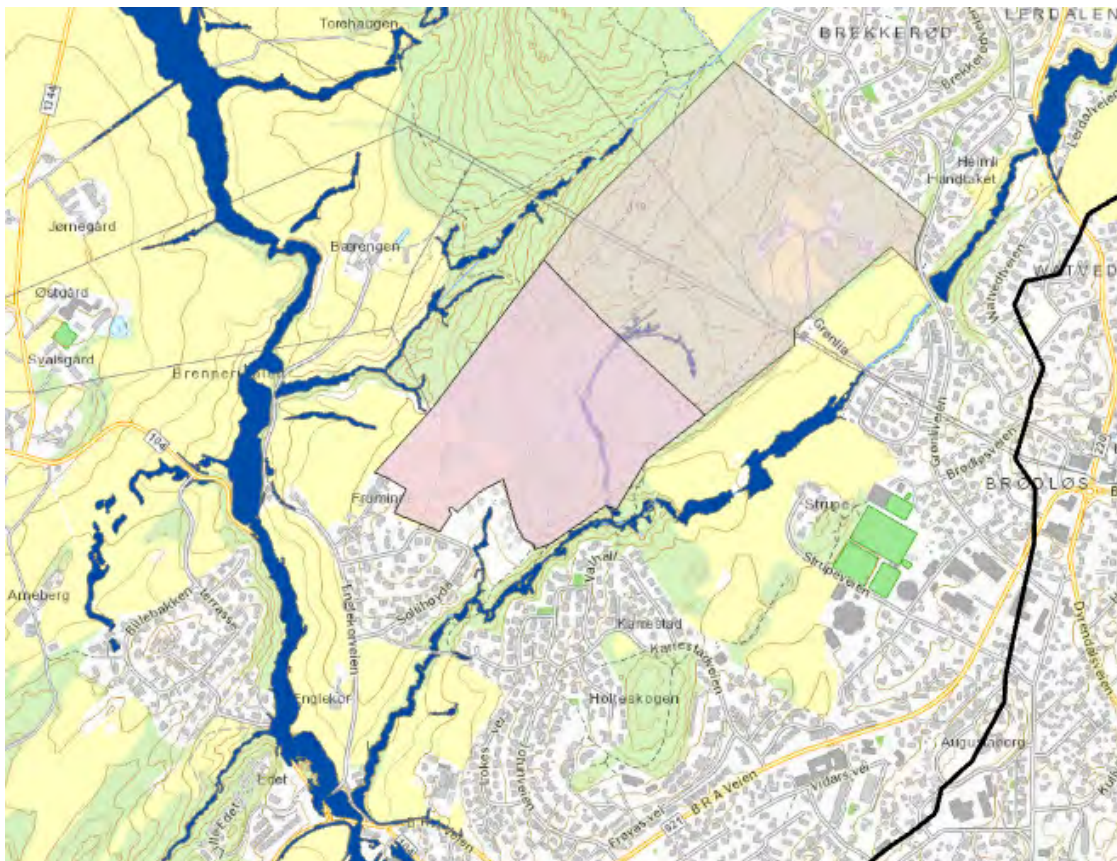
Veier og infrastruktur som representerer tette sammenhengende flater gir rask transport av vann. Ved eventuell utbygging er det viktig at avrenning og håndtering av bekker tas inn på et tidlig stadium i planleggingen, for å sikre en åpen og helhetlig overvannsløsning. Naturbaserte løsninger kan bidra til dette, og samtidig gi miljømessige, sosiale og/eller økonomiske tilleggseffekter (Menon, 2017), og bør vurderes der mulig.

En kort vurdering av de 4 største innspilte utbyggingsområdene innenfor nedbørfeltet kommer nedenfor. For de øvrige innspillsområdene vises det til den generelle vurderingen ovenfor. Vurderingene er beskrevet i mer detalj i Vedlegg B, inkludert dokumentasjon fra befarings.

4.2.1 Grønlia

De to områdene spilt inn som mulige utbyggingsområder i Grønlia, drenerer begge til Remmenbekken. Området er i dag et skogsområde hvor det hovedsakelig grunt til berg. Det er likevel en del vegetasjon, og flatere jord- og torvområder som vil bidra til at vannet forsinkes på sin vei til Remmenbekken. Dybden til berg begrenser likevel infiltra-

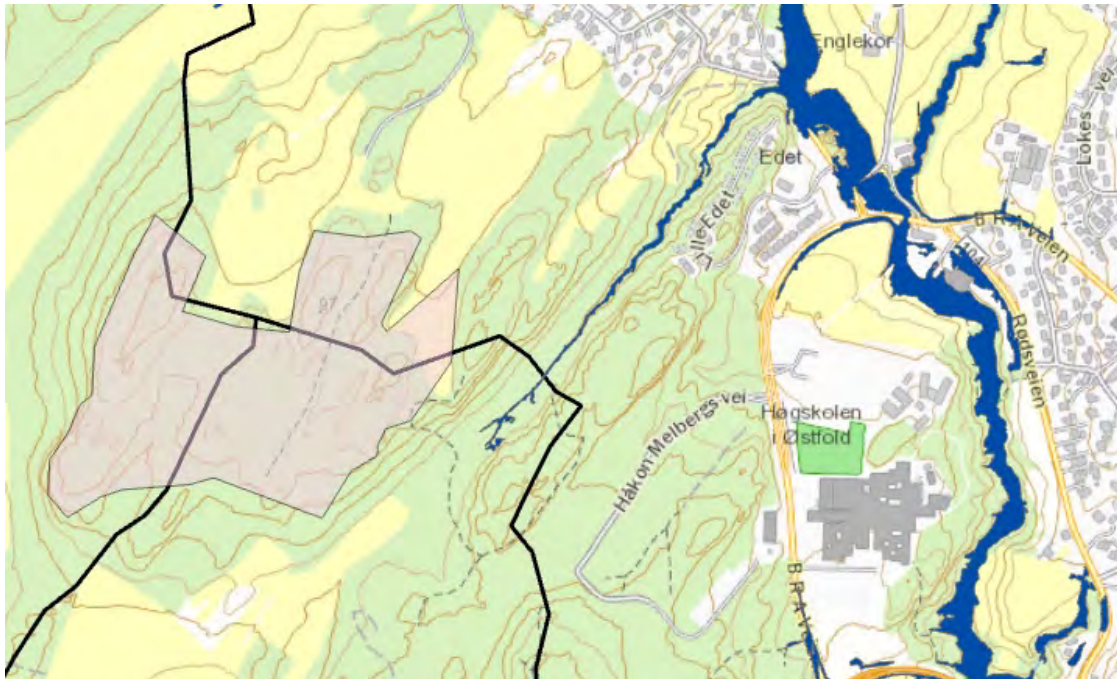
sjonsmulighetene. Utbygging av disse områdene vil medføre at større vannmengder blir tilført Remmenbekken i Brenneridalen og via Libekken til begynnelsen av Remmendalen. Ved eventuell utbygging er det viktig at avrenning og håndtering av bekker tas inn på et tidlig stadium i planleggingen, med klare krav fra kommunen knyttet til reguleringsplan, for å sikre en åpen og helhetlig overvannsløsning.



Figur 15 Utbyggingsområder Grønli i rosa. Blå farge viser 200-årsflom med klimapåslag. Nedbørfelt i området markert med sort strek.

4.2.2 Håkon Melbergs vei

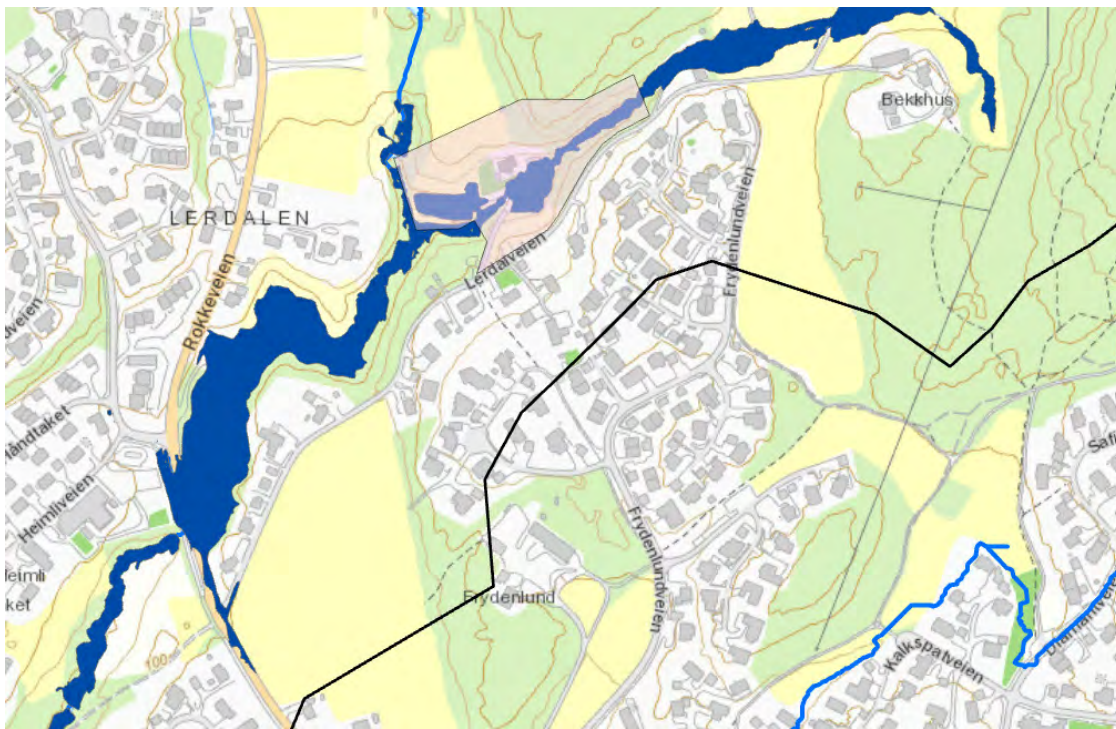
Mulig utbyggingsområde ved Håkon Melbergs vei (Figur 16) ligger delvis innenfor nedbørfeltet til Remmenbekken, mens mesteparten fra feltet drenerer mer i retning sør-vest. Området har kort vei til berg, med enkelte blotninger og berg i dagen. Utbyggingen vil trolig ikke gjøre en markant endring for drenering til Remmenbekken, men kan påvirke områder i nedbørfeltene sør og sør vest for området.



Figur 16 Utbyggingsområdet ved Håkon Melbergs vei i rosa. Nedbørfelt i området markert med sort strek.

4.2.3 Lerdalveien

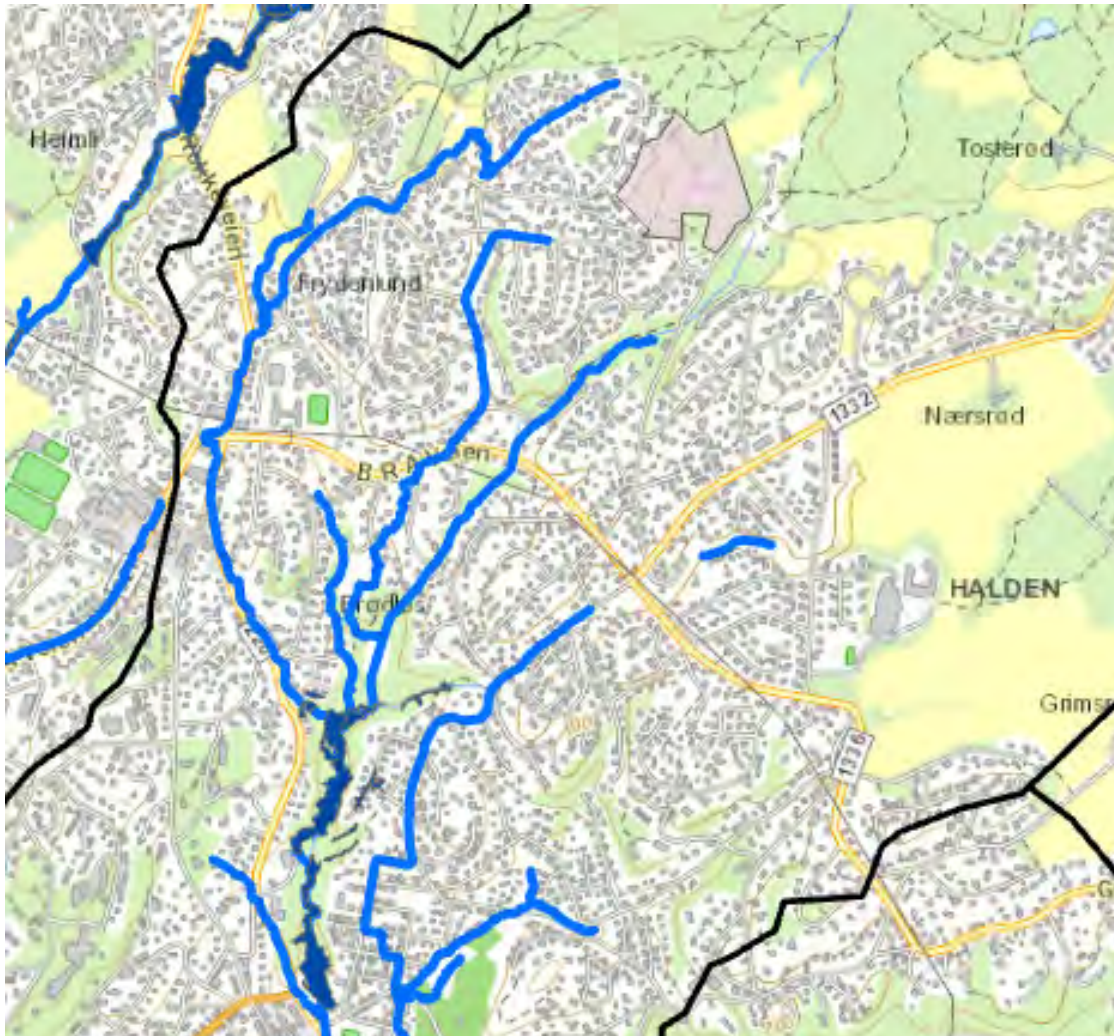
Det noe mindre utbyggingsområdet ved Lerdalsveien (Figur 17) dekker deler av Lerdalsbekken. Tiltak her vil trolig hovedsakelig påvirke situasjonen lokalt, da modelleringene viser at det allerede er flomproblematikk i området. Det er såpass bratt i sideskråningene, samt et relativt lite område, slik at vann trolig allerede renner raskt ned i bekken. Det er trolig kulverten under veien som lager en oppstuvende effekt. Å dimensjonere for større flomstørrelser vil selvsagt løse problemet, men samtidig også føre vann raskere ned til Remmenbekken. Lukking gjennom Rokkeveien påvirker hele bekkedalen.



Figur 17 Utbyggingsområdet ved Lerdalsveien. Nedbørfelt i området markert med sort strek.

4.2.4 Stenrødveien

Området ved Stenrødveien ligger i foten av Gøperødåsen. Området består av en del vegetasjon. Mesteparten av bekkene som drenerer til Schultzebekken går i rør, og eventuell endring i avrenning for området vil gå i disse. Schultzebekken vil allerede motta større vannmengder grunnet separering av avløpsledninger. Selv om utbygging av dette feltet kanskje ikke vil medføre en drastisk forskjell i avrenning, bør god og helhetlig overvannshåndtering ha stort fokus i alle utbyggingssaker innenfor nedbørfeltet.



Figur 18 Utbyggingsområdet ved Stenrødveien. Nedbørfelt i området markert med sort strek.

5 Konklusjoner

NGI har utført en innledende undersøkelse og kartlegging av sikkerhet og risiko knyttet til flom, jord- og flomskred og kvikkleireskred. Det er produsert kartserier som tar for seg farekart for flom, konsekvens- og aktsomhetskart for jordskred og tilsvarende for kvikkleire. Kartleggingen er basert på analyser av eksisterende grunnlagsdata, nye analyser og befaring. Enkelte av kartene kan være relativt konservative, men gir likevel en god indikasjon på hvilke områder som bør prioriteres, samt et grunnlag for å kunne kreve utredninger i regulerings- og byggesaker.

Farekart for flom viser flomutsatte områder for 20-, 100- og 1000-årsflom. 200-årsflom med klimapåslag tilsvarer en 1000-årsflom. Langs de åpne bekkene er det få bygg som ligger direkte flomutsatt. I Brenneridalen og ved landbruksområdene langs Remmenbekken kan det tidvis samle seg store mengder vann, men disse områdene

virker også fordrøyende og demper vannføringen lengre ned. Dette kommer også frem av modellert flomforløp. Det samme gjelder for områdene ved Frydenlund for Schultzebekken nord. Områder som dette har en viktig funksjon, og må ivaretas for å ikke forverre flomsituasjonen nedstrøms.

I ravinene, typisk Remmendalen og Schultzedalen, samt ved innløp broer/kulverter, kan det samle seg mye vann ved flomhendelser. I ravinene vil vannet erodere og øke faren for skred, og vannet bør i størst mulig grad håndteres oppstrøms for å begrense mengden vann som når ravinene lenger nedstrøms. De forventede klimaendringene vil forverre dagens situasjon. Generelt vurderes det å være større potensial for flomskade langs bekkene som er lukket enn der bekkene går åpent, selv om det ikke er gitt en sannsynlighet for lavpunkt i kartene. Langs bekkelukninger i bebygde områder der det er markert lavpunkt er det spesielt viktig med vedlikehold på rister og innløp for å unngå oversvømmelse. Der mulig bør disse bekkene åpnes.

Det er foreslått aktsomhetsområder for jordskred langs en rekke områder i raviner, mot bekkedaler og i boligområder. Aktsomhetskartene for jordskred markerer områdene hvor forholdene ligger til rette for at et jordskred skal kunne inntreffe. Konsekvenskartene for jordskred gir en oversikt over bebyggelse som potensielt kan være utsatt for jordskred. Områdene ved Englekor og Sollihøgda langs Remmenbekken peker seg spesielt ut, hvor det både er flere store soner med middels konsekvens, og hvor de enkelte sonene i tillegg ligger nært hverandre. Langs Schultzebekken er det Schultzedalen som er spesielt utsatt, der bebyggelsen ligger tett på ravinen. Aktsomhetsområdene for jordskred bør vurderes nærmere ved ny utbygging, og eventuelt sjekkes ut for grunnforhold. Flomskred er en lite aktuell problemstilling for disse to områdene, da det ikke er bekker som eroderer og transporterer i grovere sedimenter.

Hele det studerte området ligger under marin grense, noe som betyr at det potensielt kan forekomme kvikkleire. Aktsomhetskartene for kvikkleire viser områder der det er tykkere avsetninger av marin leire og terrengforholdene tilsier at et større leirskred som kvikkleireskred er mulig. Konsekvenskart for kvikkleire viser gradering av konsekvens for aktsomhetsområdene for kvikkleireskred. Graderingen av konsekvens i klassene lav, middels og høy er relatert til antall og type bygg innenfor hver sone per flateenhet. Det er totalt fire områder markert med høy konsekvens; Rødsveien ovenfor Remmendalen, området ved Friggsvei, et lengre strekke langs østre side av Schultzebekken samt et mindre område ved Grønliveien. I kvikkleireområder kan selv små terrenginngrep (også terrenginngrep som ikke trenger byggetillatelse) utløse farlige skred. Det anbefales at aktsomhetskart for kvikkleireskred følges opp med videre undersøkelser. Konsekvenskartet kan brukes ved prioritering av grunnundersøkelser i området.

Kommunen har definert noen innspillsområder for utbygging, og det er gjort en overordnet vurdering av hvordan eventuell utbygning vil påvirke forholdene nedstrøms i Remmenbekken og Schultzebekken. Alle oppstrøms inngrep i et vassdrag fører til endringer i vannføring nedstrøms. Hvor store endringer det er snakk om vil avhenge av eksisterende og eventuell ny infiltrasjonskapasitet, samt hvordan vannet ledes gjennom området. Der det er grunt til berg er det naturlig lav infiltrasjonskapasitet. For eksempel

sandige masser med dybde til berg, og vegetasjon, spesielt myrområder og torv, har evnen til å magasinere regnvann og regulere avrenning. Det er derfor viktig å kartlegge enkeltområders funksjon og se det i samspill med vassdraget. Ved etablering av nye utbyggingsområder bør bruken av tette flater holdes til et minimum, og mest mulig av infiltrasjonskapasiteten beholdes. Naturbaserte løsninger kan være en mulighet der konsekvens- og farereduserende tiltak må iverksettes, som samtidig kan gi miljømessige, sosiale og/eller økonomiske tilleggseffekter.

De to områdene i Grønlia drenerer begge til Remmenbekken, og utbygging her vil medføre at større vannmengder blir tilført Remmenbekken. Mulig utbyggingsområde ved Håkon Melbergs vei ligger delvis innenfor nedbørfeltet til Remmenbekken, mens mesteparten fra feltet drenerer mer i retning sør-vest. Utbyggingen vil trolig ikke utgjøre en markant endring for drenering til Remmenbekken, men kan påvirke områder i nedbørfeltene sør og sør-vest for området. Ved eventuell utbygging er det viktig at avrenning og håndtering av bekker tas inn på et tidlig stadium i planleggingen, for å sikre en åpen og helhetlig overvannsløsning.

6 anbefalinger for videre arbeid

De produserte kartene, som er beskrevet i denne rapporten kan benyttes for å:

- Definere hensynssoner med tilhørende bestemmelser i kommuneplanens arealdel
- Prioritere videre undersøkelser for å ivareta innbyggernes sikkerhet i ifm beredskap og Helhetlig ROS i hht. Sivilbeskyttelsesloven
- Prioritere områder for utbygging og identifisering av behov for videre og mer detaljerte undersøkelser i videre planarbeid (reguleringsplan og byggesak)

6.1 Hensynssoner

Jf. Plan- og bygningsloven §11-8 skal kommuneplanens arealdel i nødvendig utstrekning vise hensyn og restriksjoner som har betydning for bruken av areal. Hensyn og forhold som inngår i andre ledd bokstav a til e, skal markeres i arealdelen som hensynssoner med tilhørende retningslinjer og bestemmelser. Hensyn til naturfare vil omfattes av andreledd, bokstav a), som omfatter sikrings-, støy- og faresoner med angivelse av fareårsak eller miljørisiko. De samlede aktsomhetssoner, som er produsert i kartserien i vedlegg A, kan inngå i kommuneplan som en del av hensynssonene for naturfare i kommunens arealplaner. For å gi bedre oversikt over hva som er kilden til aktsomhetsområdene kan det differensieres på de enkelte faretyper. De samlede hensynssonene produsert i dette prosjektet er imidlertid ikke dekkende for samtlige naturfarer av følgende grunner:

- Vurderingene som er gjort for flom, jordskred og kvikkleireskred er avgrenset til områdene innenfor nedbørfeltene til Remmenbekken og Schulzebekken.
- De samlede hensynssonene som er produsert i dette prosjektet dekker ikke alle naturfare typer som er aktuelle for Halden. Det anbefales å inkludere aktsom-

hetssoner for steinsprang og stormflo i tillegg, for å lage en hensynssone for samtlige naturfarer. For stormflom anbefales det å gjøre en analyse av lokale effekter av stormflo og vindgenererte bølger, som ikke er inkludert i de regionale beregningene på sehavniva.no.

- Aktsomhetssoner for kvikkleireskred bør vurderes samlet for hele Halden kommune.

Tatt prosjektets omfang i betraktning, var det ikke mulig å gjøre detaljerte skredkartlegginger langs samtlige sideelver. Vi anbefaler derfor i tillegg å gjøre en videre registrering i hensynssonene.

6.2 Prioritering av videre undersøkelser i aktsomhetsområder med eksisterende bebyggelse

Aktsomhetskartene for jordskred og kvikkleireskred viser at det ligger eksisterende bebyggelse innenfor aktsomhetsområdene. De tilhørende konsekvenskartene graderer aktsomhetsområdene etter antall bygninger og type bebyggelse. Hovedhensikten med disse konsekvenskartene er å prioritere videre undersøkelser. Ved videre undersøkelser vil en del av de kartlagte aktsomhetsområdene kunne fjernes, mens for andre vil sannsynligheten for skred innenfor aktsomhetssonen kunne vurderes. Vi anbefaler å gjøre nærmere vurderinger i form av detaljert feltarbeid der store aktsomhetsområder med rød konsekvens bør prioriteres først.

På samme måte kan konsekvenskartene for kvikkleireskred benyttes for å prioritere videre undersøkelser for eksisterende bebyggelse.

6.3 Bruk av flomsonekart og aktsomhetskart i videre planfaser

Krav til dokumentasjon av sikkerhet avhenger av plannivå. På kommuneplannivå er det tilstrekkelig å identifisere og avgrense aktsomhetsområder. For dokumentasjon av sikkerhet på reguleringsplannivå og byggesaksnivå må det dokumenteres at sikkerhetskravene i TEK 17 er oppfylt:

- *På reguleringsplannivå er målet normalt å kartlegge faresoner med de sannsynligheter som er gitt i sikkerhetsklassene og sikkerhetsnivåer i TEK17.*
- *På byggesaksnivå er målet er å avklare at flom- og skredfare ikke er til hinder for bygging, dvs. at tomte tilfredsstiller kravene i TEK17, ev. hvilke sikringstiltak som må gjennomføres for å tilfredsstille kravene.*

Potensielle nye utbyggingsområder er vurdert. Utbygging i disse vil kunne medføre en forverring i situasjonen for det aktuelle området og nedstrøms. Det er en rekke faktorer både knyttet til dagens forhold og den fremtidige utviklingen, som er med å avgjøre konsekvensen dette kan ha for vassdraget. Det må derfor utføres mer detaljerte analyser av dagens overvannssituasjon og effekt av utbygging mht. infiltrasjon og avrenning, for å avgjøre konsekvenser og for eventuelle tiltak.

6.3.1 Flomsonekart

Flomsonekartene inneholder allerede faresoner og kan derfor benyttes direkte på reguleringsplannivå og byggesaksnivå. Unntaket er lavpunktene, der sannsynlighet ikke er spesifisert. Flomsonekartet kan i tillegg bidra til å identifisere områder hvor det er ekstra viktig å holde rister og sluk fri for rusk og rask når det er ventet store nedbørsmengder.

6.3.2 Aktsomhetskart for jordskred og for kvikkleireskred

Aktsomhetsområdene fungerer som en grovkartlegging av faren og aktsomhetsområdene må undersøkes nærmere ved planlegging av ny bebyggelse i videre planfaser, som reguleringsplan og byggesak. Ytterligere analyser kan gjøre aktsomhetsområdene mindre, ved at områder hvor det ikke finnes kvikkleire identifiseres.

For å avklare jordskredfare i henhold til TEK17, må geoteknisk stabilitet vurderes, noe som krever informasjon om geotekniske styrkeparametre og poretrykk i grunnen. Bygging eller regulering i områder med løsmasser utløser krav om geoteknisk vurdering i henhold til TEK17, Kapittel 10, som omhandler konstruksjonssikkerhet

For å avklare kvikkleireskredfare i henhold til TEK17 fordres grunnundersøkelser i aktsomhetsområdene for å avdekke om det er kvikkleire i området. For områder med potensiell fare for kvikkleireskred må det gjennomføres vurderinger av områdestabilitet iht. NVE (2014).

I tillegg anbefaler vi, siden hele området inneholder marine sedimenter, å vise aktsomhet ved gjennomføring av alle typer inngrep/tiltak¹; også utenfor aktsomhetssonene. Retningslinjer for hvordan dette kan gjøres i praksis finnes i NGI/NVE (2000).

7 Referanser

MENON (2017) Naturbaserte løsninger for klimatilpasning. MENON publikasjon 61/2017

NVE(2019) NVE rapport 23/2019

NVE(2015a) Veileder for flomberegninger i uregulerte felt. NVE veileder nr. 7-2015.

NVE(2015b) rettleiar 2015/3 Flaumfare langs bekker, råd og tips om kartlegging

NVE(2014) Veileder 7/2014 Sikkerhet mot kvikkleireskred

NVE(2011) Retningslinje 2011/2 Flaum- og skredfare i arealplanar, Revidert 22. mai 2014

NGI/NVE (2000) Veiledning ved små inngrep i kvikkleiresoner. Tilgjengelig på: <https://www.nve.no/Media/4738/veiledning-ved-sm%C3%A5-inngrep-i-kvikkleiresoner.pdf>

¹ Med tiltak etter loven menes oppføring, riving, endring, herunder fasadeendringer, endret bruk og andre tiltak knyttet til bygninger, konstruksjoner og anlegg, samt terrenginngrep og opprettelse og endring av eiendom

Vedlegg A

KARTSERIER

Innhold

A1 Kartserier

2

Kart 1.1-1.5	Farekart flom
Kart 2.1A-2.5A	Jordskred aktsomhet
Kart 2.1B-2.5B	Jordskred konsekvens
Kart 3.1A-3.5A	Kvikkleire aktsomhet
Kart 3.1B-3.5B	Kvikkleire konsekvens
Kart 4.1-4.5	Samlede hensynssoner for samtlige farer

A1 Kartserier

NGI har produsert kart som er tilpasset bruk i kommuneplanens arealdel. I forbindelse med prosjektet er følgende kartserier produsert:

- ↗ Farekart flom
- ↗ Aktsomhetsområder jordskred
- ↗ Aktsomhetsområder kvikkleire
- ↗ Konsekvenskart jordskred
- ↗ Konsekvenskart kvikkleire
- ↗ Samlede hensynssoner for samtlige farer

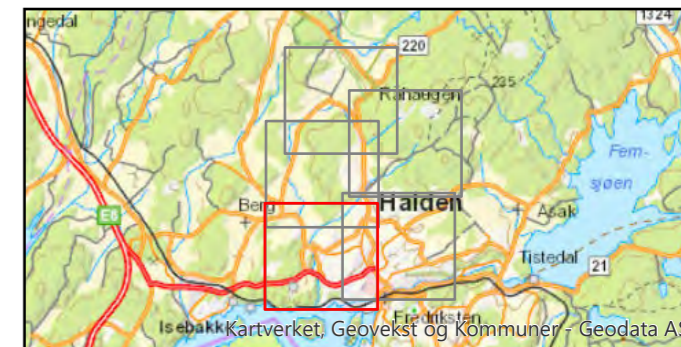
Det er for hver faretype produsert den mest detaljerte type kart som grunnlagsmaterialet og omfanget av feltarbeidet tillater.

Aktsomhetskartene viser områder hvor det potensielt kan være fare, men uten en kvantifisering av sannsynligheten.

Farekartene viser hvor de ulike naturfarene kan forekomme og hvor sannsynlig det er at det skjer. Farekart er mer nøyaktig enn aktsomhetskartene og det krever mer detaljerte undersøkelser å produsere dem.

Konsekvenskartene viser områder der skred kan ramme bebyggelse. Konsekvensen vurderes ut fra antall bygninger og viktighet av bygningene.

Metodikk benyttet for å produsere de ulike kartseriene er beskrevet i vedlegg C. De ulike naturfarene, og effekt av klimaendringer er beskrevet mer generelt i vedlegg D.



Flomsøner, ulike gjentaksintervall

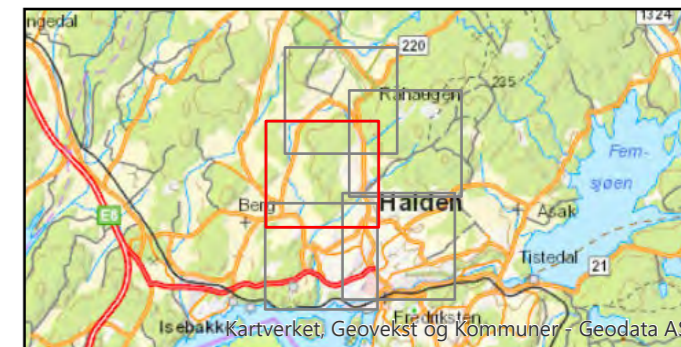


Halden kommune Sikkerhet og risiko langs bekkedrag Remmenbekken sør

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2020-01-21	KST	BGK	UKE
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:10 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190841	1.1	0	

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
 Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO
 Sognsveien 72
 Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48
 www.ngi.no





Flomsøner, ulike gjentaksintervall

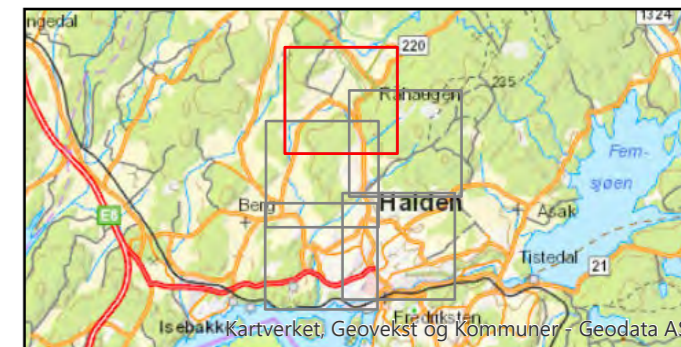
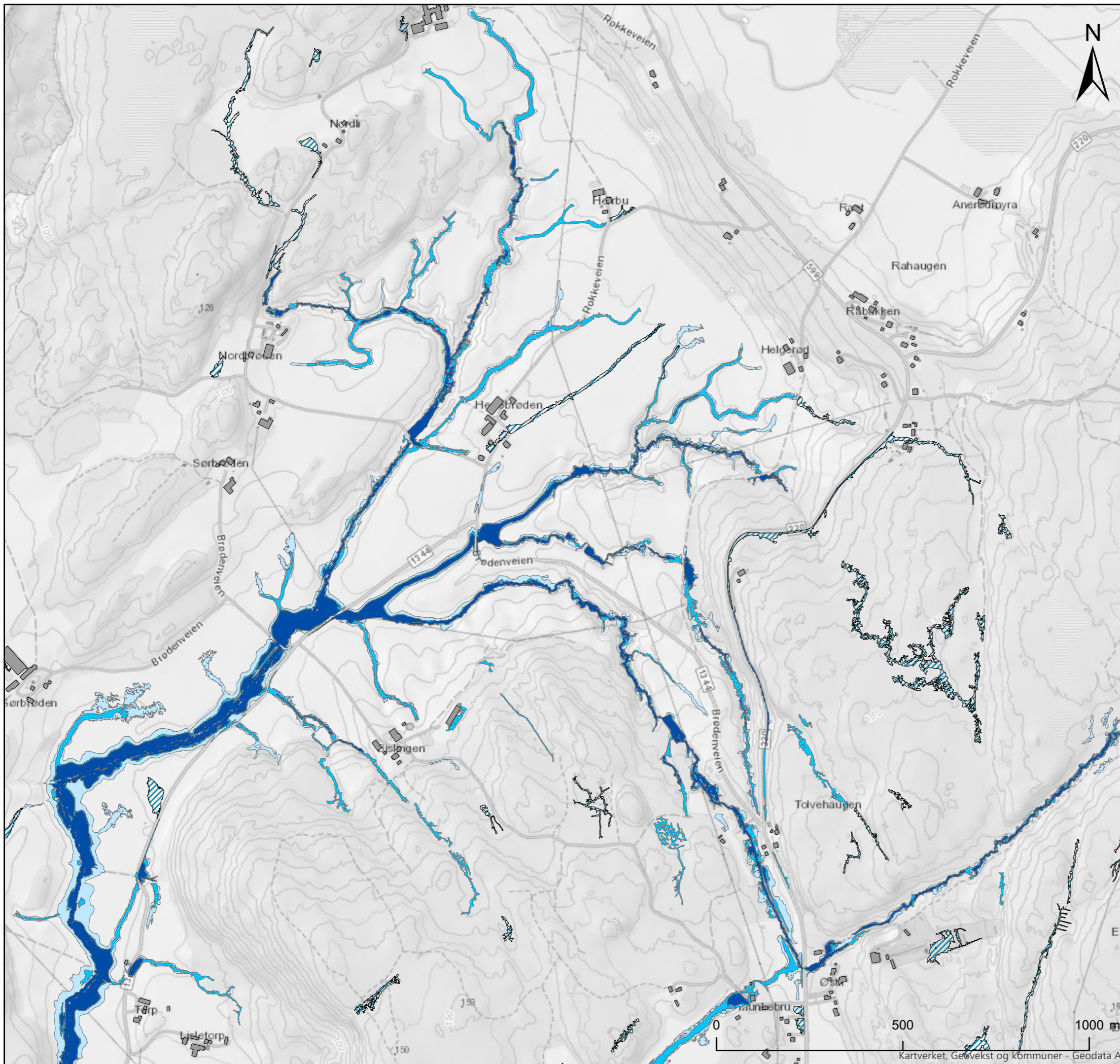


Halden kommune

Sikkerhet og risiko langs bekkedrag

Remmenbekken midtre

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2020-01-21	KST	BGK	UKE
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:10 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190841	1.2	0	



Flomsøner, ulike gjentaksintervall

- 20 år
- 200 år
- 1000 år

Lavpunkt



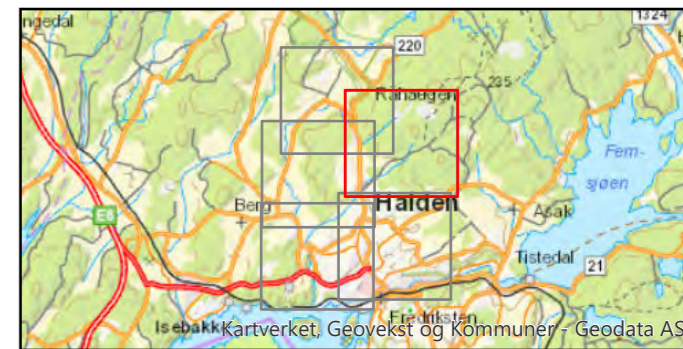
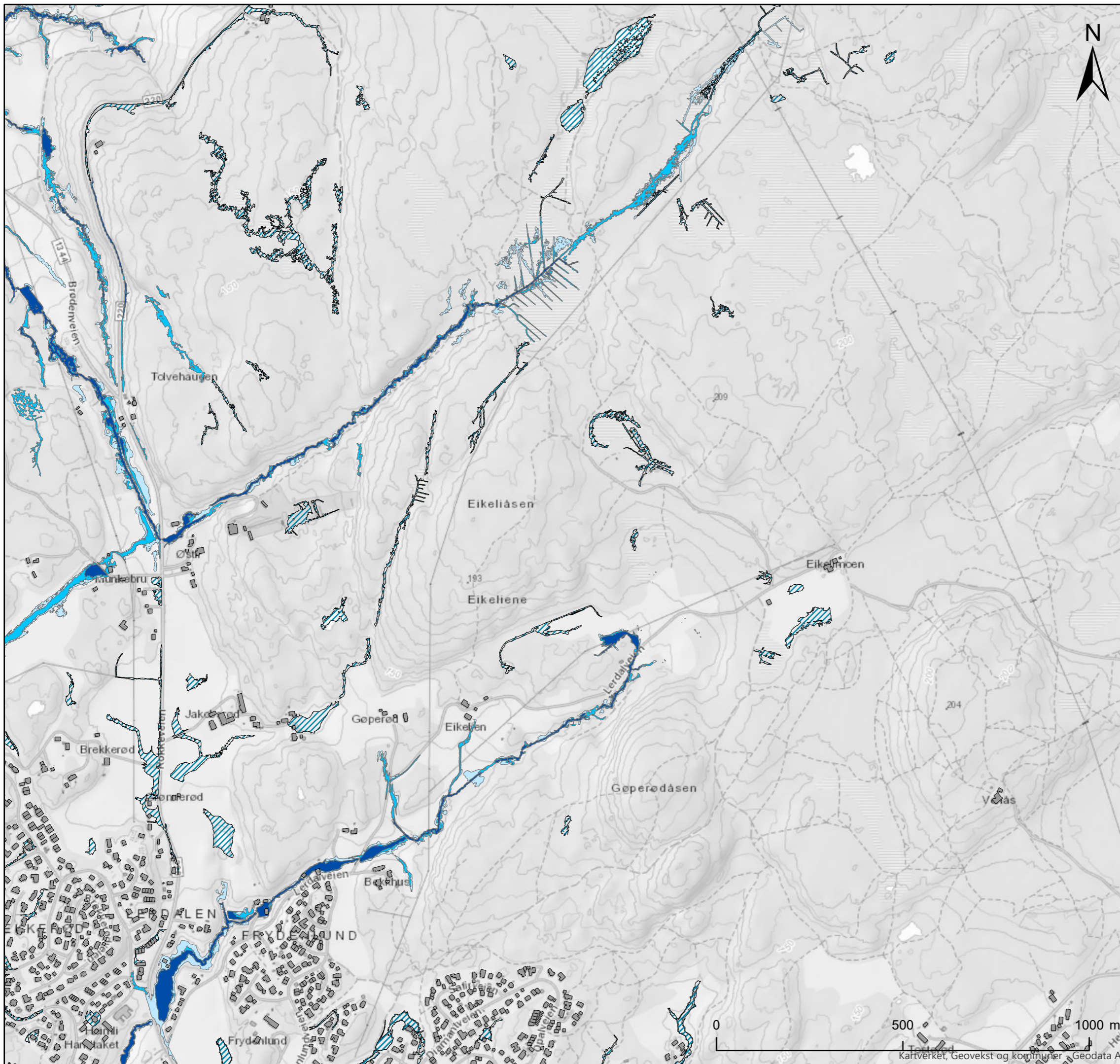
Halden kommune

Sikkerhet og risiko langs bekkedrag
Remmenbekken nord

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2020-01-21	KST	BGK	UKE
Original format og målestokk		Kartprojeksjon	
A3 1:10 000		ETRS 1989 UTM Zone 33N	
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190841	1.3	0	

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
 Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO
 Sognsveien 72
 Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48
 www.ngi.no





Flomsøner, ulike gjentaksintervall

- 20 år
- 200 år
- 1000 år

Lavpunkt



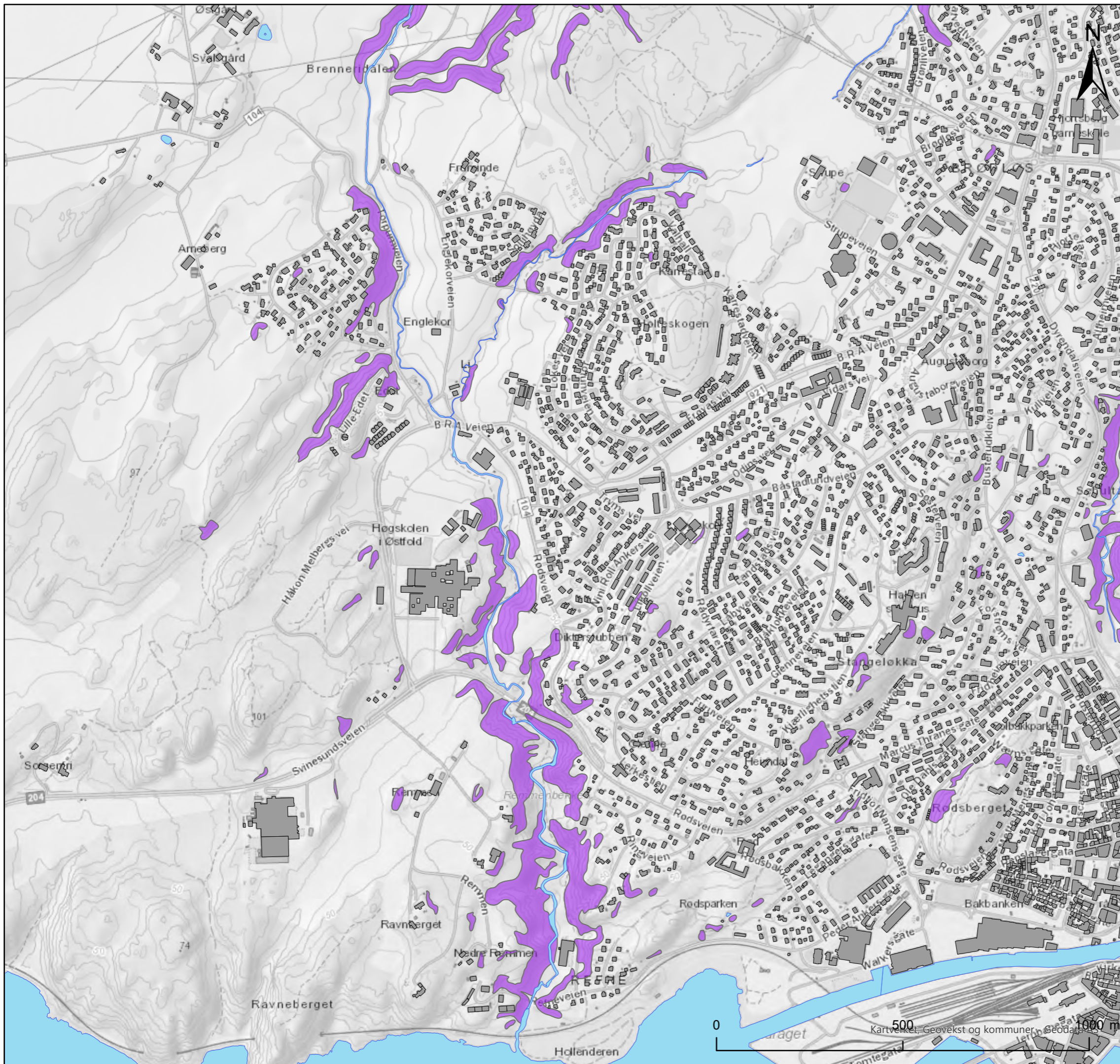
Halden kommune

Sikkerhet og risiko langs bekkedrag
Schultzbekken nord

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2020-01-21	KST	BGK	UKE
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:10 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190841	1.5	0	

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
 Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO
 Sognsveien 72
 Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48
 www.ngi.no



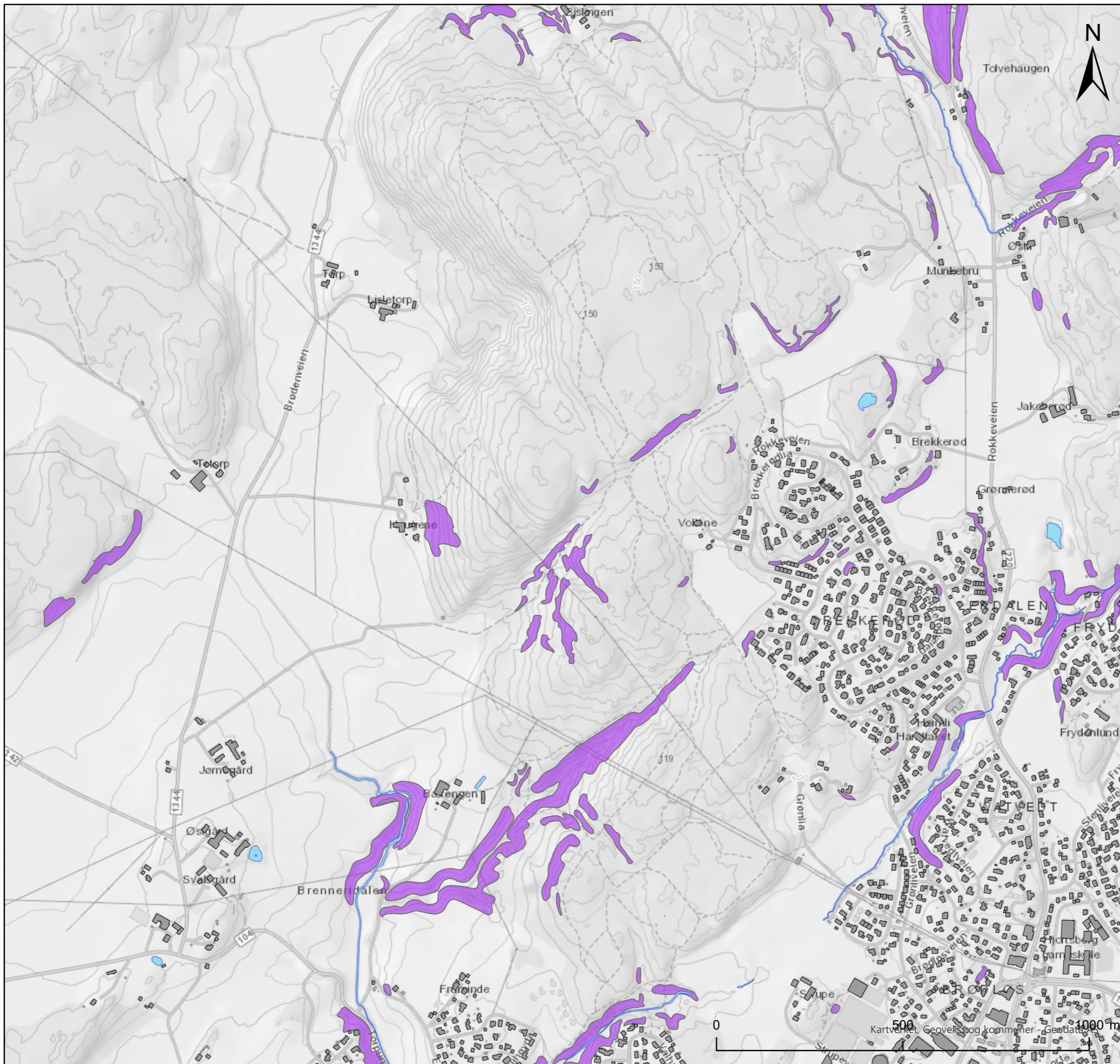


Aktsomhetssoner jordskred



Områder der det potensielt kan være fare for jordskred. Det kan være skredfare i aktsomhetsområder der det er forekomst av løsmasser.

Halden kommune			
Sikkerhet og risiko langs bekkedrag			
Remmenbekken sør			
Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2020-02-24	KST	BGK	UKE
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:10 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190841	2.1A	1	
NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO Sognsveien 72 Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48 www.ngi.no			



Aktsomhetssoner jordskred



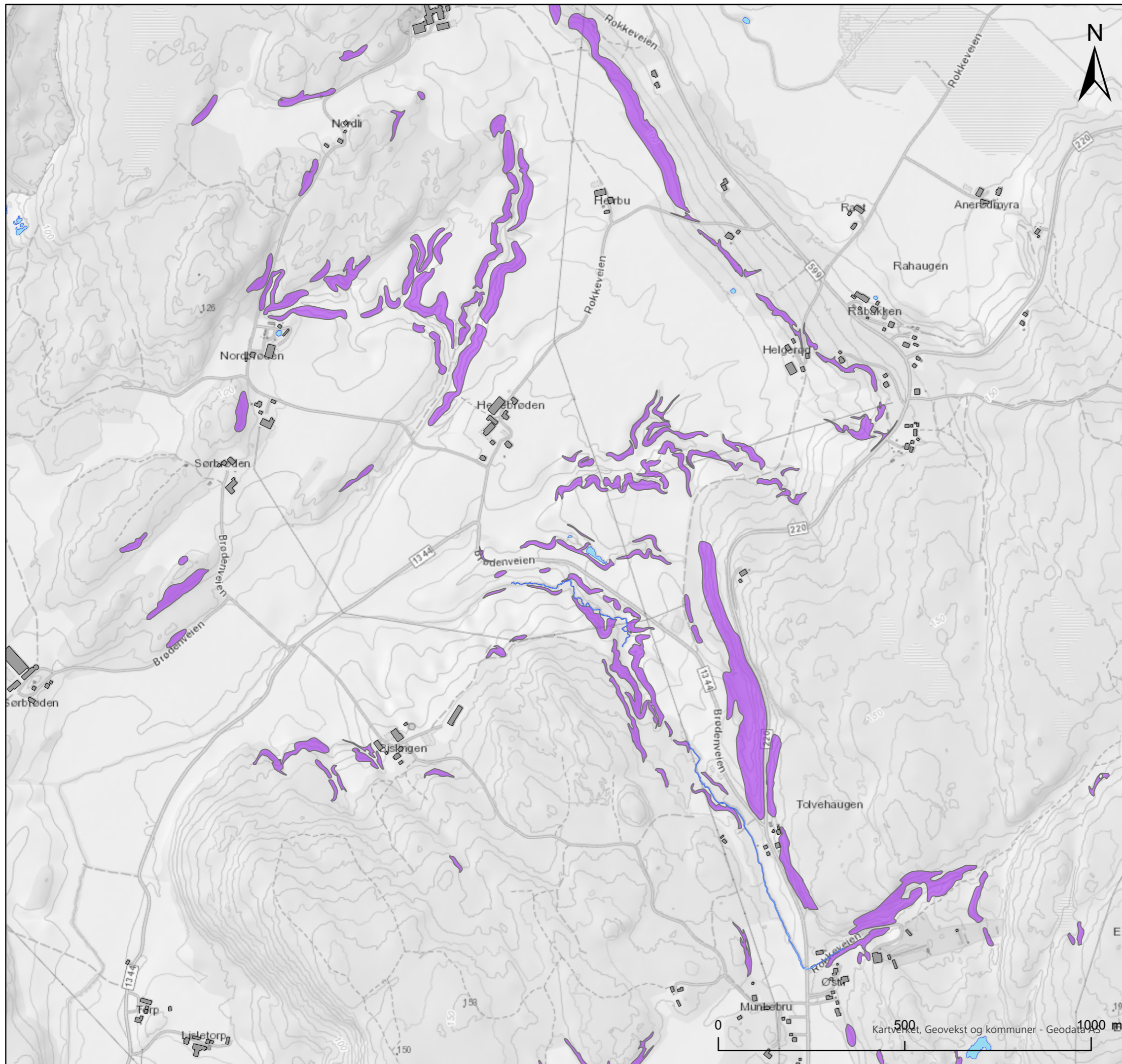
Områder der det potensielt kan være fare for jordskred. Det kan være skredfare i aktsomhetsområder der det er forekomst av løsmasser.

Halden kommune Sikkerhet og risiko langs bekkedrag Remmenbekken midtre

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2020-02-24	KST	BGK	UKE
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:10 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190841	2.2A	1	

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO
Sognsveien 72
Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48
www.ngi.no





Aktsomhetssoner jordskred

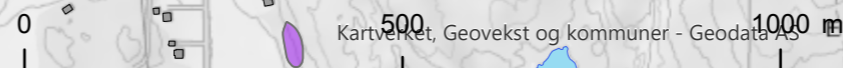


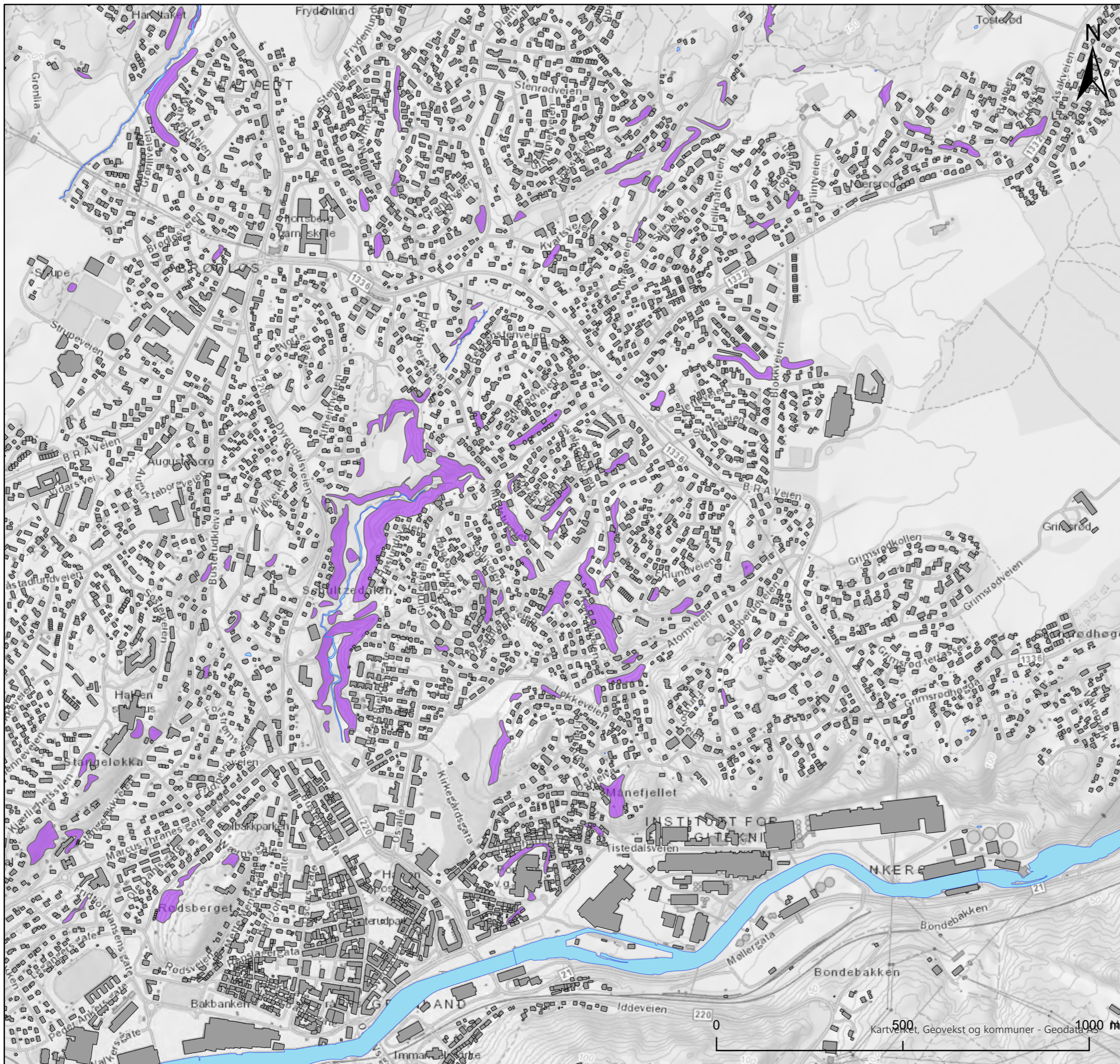
Områder der det potensielt kan være fare for jordskred. Det kan være skredfare i aktsomhetsområder der det er forekomst av løsmasser.

Halden kommune Sikkerhet og risiko langs bekkedrag Remmenbekken nord

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2020-02-24	KST	BGK	UKE
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:10 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190841	2.3A	1	

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO
Sognsveien 72
Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48
www.ngi.no





Aktsomhetssoner jordskred



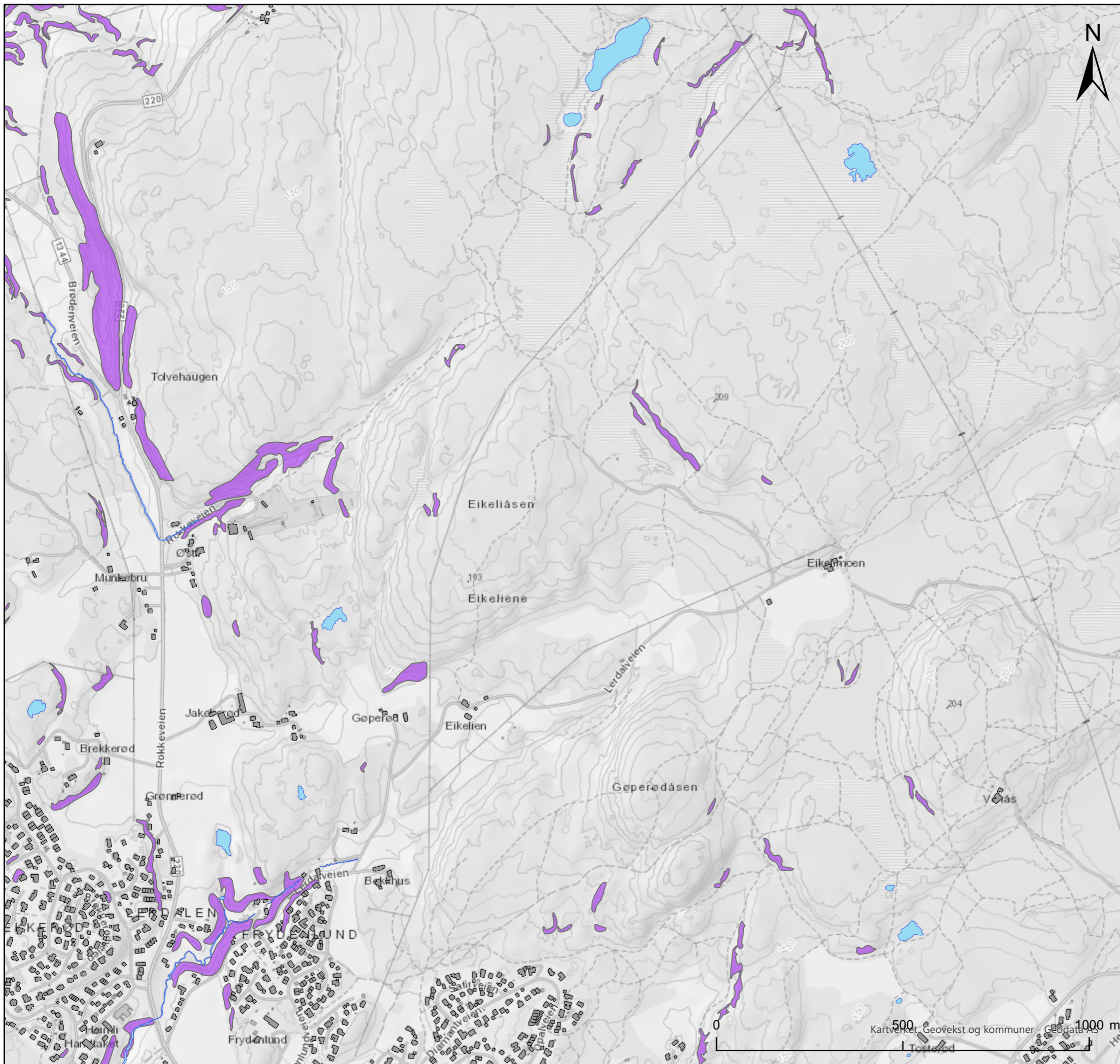
Områder der det potensielt kan være fare for jordskred. Det kan være skredfare i aktsomhetsområder der det er forekomst av løsmasser.

Halden kommune Sikkerhet og risiko langs bekkedrag Schultzebekken sør

Dato 2020-02-24	Utført KST	Kontrollert BGK	Godkjent UKE
Original format og målestokk A3 1:10 000	Kartprojeksjon ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr. 20190841	Kartnr. 2.4A	Rev. 1	

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO
Sognsveien 72
Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48
www.ngi.no





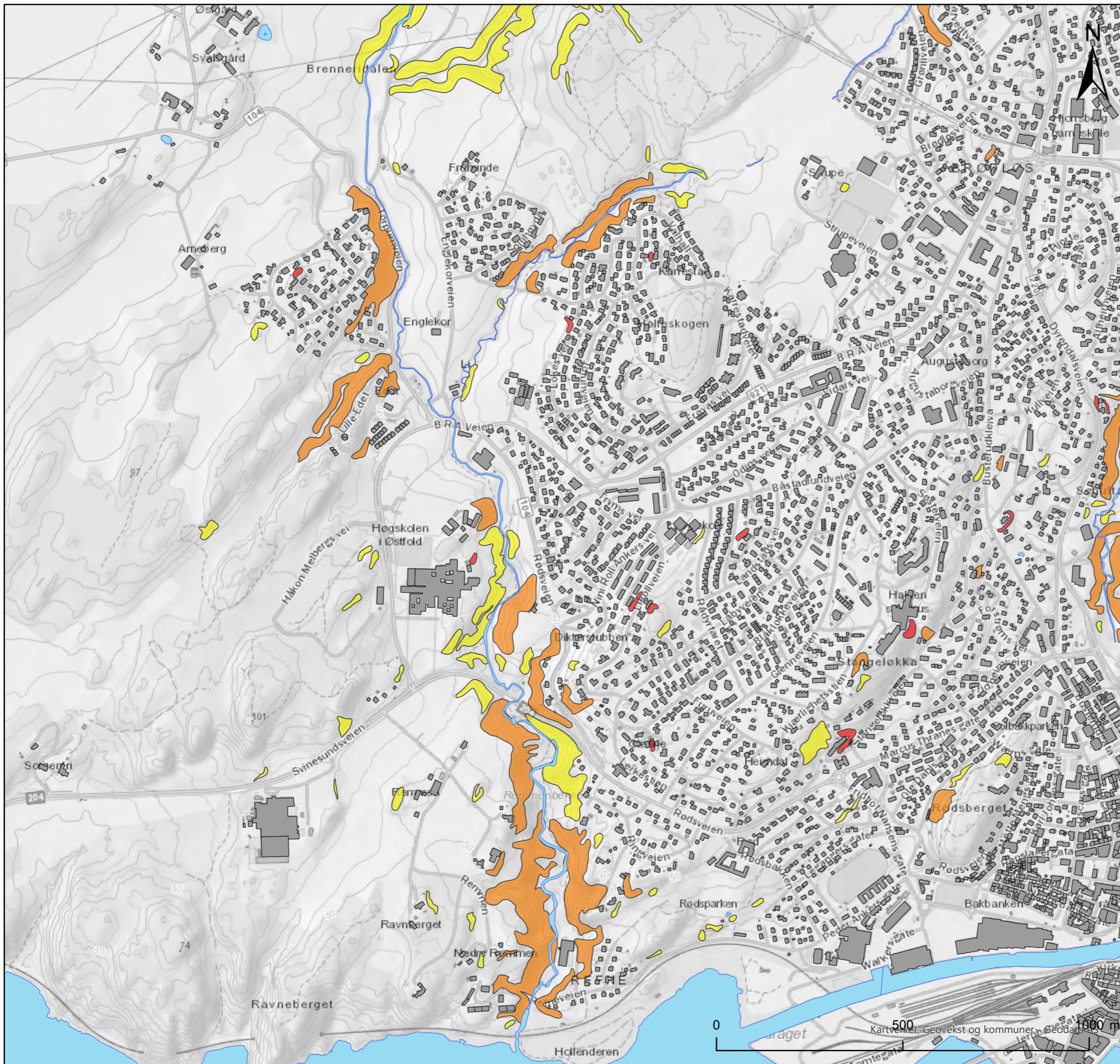
Aktsomhetssoner jordskred



Områder der det potensielt kan være fare for jordskred. Det kan være skredfare i aktsomhetsområder der det er forekomst av løsmasser.

Halden kommune Sikkerhet og risiko langs bekkedrag Schultzebekken nord

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2020-02-24	KST	BGK	UKE
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:10 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190841	2.5A	1	



Jordskred

Konsekvensklasser for prioritering av videre undersøkelser

- Høy
- Middels
- Lav

Områder der jordskred kan ramme bebyggelse.

Konsekvensen settes ut fra følgende kriterier:

- Finner bygninger som er helt eller delvis innenfor en 5m buffer rundt hvert polygon
- Teller opp antall bygninger i sikkerhetsklasse S1, S2 og S3
- Beregner en vektet sum jfr. TEK17:
 $(Ant_S1) + (Ant_S2 * 10) + (Ant_S3 * 50)$
- Normaliserer summen ved å dele på arealet

Hvert polygon får da en score, og disse deles inn i 3 klasser: Høy, middels og lav.

NB: De gule områdene i denne kartserien representerer aktsomhetsområder, men det er ingen bebyggelse i disse.

Halden kommune

Sikkerhet og risiko langs bekkedrag
Rønnenbekken sør

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2020-02-24	KST	BGK	UKE
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:10 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190841	2.1B	1	



Jordskred

Konsekvensklasser for prioritering av videre undersøkelser

- Høy
- Middels
- Lav

Områder der jordskred kan ramme bebyggelse.

Konsekvensen settes ut fra følgende kriterier:

- Finner bygninger som er helt eller delvis innenfor en 5m buffer rundt hvert polygon
- Teller opp antall bygninger i sikkerhetsklasse S1, S2 og S3
- Beregner en vektet sum jfr. TEK17:
 $(Ant_S1) + (Ant_S2 * 10) + (Ant_S3 * 50)$
- Normaliserer summen ved å dele på arealet

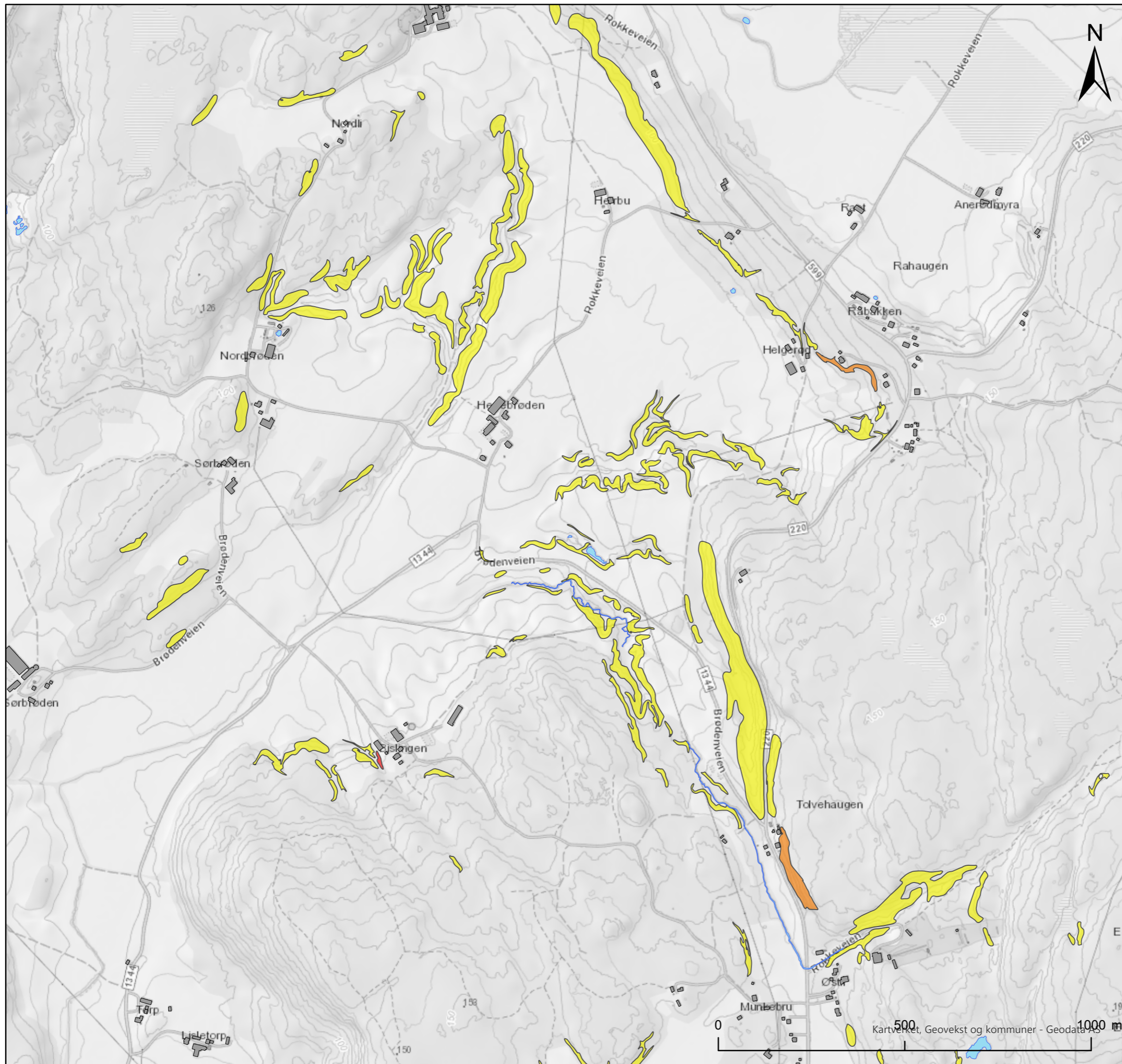
Hvert polygon får da en score, og disse deles inn i 3 klasser: Høy, middels og lav.

NB: De gule områdene i denne kartserien representerer aktsomhetsområder, men det er ingen bebyggelse i disse.

Halden kommune
Sikkerhet og risiko langs bekkedrag
Remmenbekken midtre

Dato 2020-02-24	Utført KST	Kontrollert BGK	Godkjent UKE
Original format og målestokk A3 1:10 000		Kartprojeksjon ETRS 1989 UTM Zone 33N	
Prosjektnr. 20190841	Kartnr. 2.2B	Rev. 1	

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO
 Sognsveien 72
 Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48
 www.ngi.no



Jordskred

Konsekvensklasser for prioritering av videre undersøkelser

- Høy
- Middels
- Lav

Områder der jordskred kan ramme bebyggelse.

Konsekvensen settes ut fra følgende kriterier:

- Finner bygninger som er helt eller delvis innenfor en 5m buffer rundt hvert polygon
- Teller opp antall bygninger i sikkerhetsklasse S1, S2 og S3
- Beregner en vektet sum jfr. TEK17:
 $(Ant_S1) + (Ant_S2 * 10) + (Ant_S3 * 50)$
- Normaliserer summen ved å dele på arealet

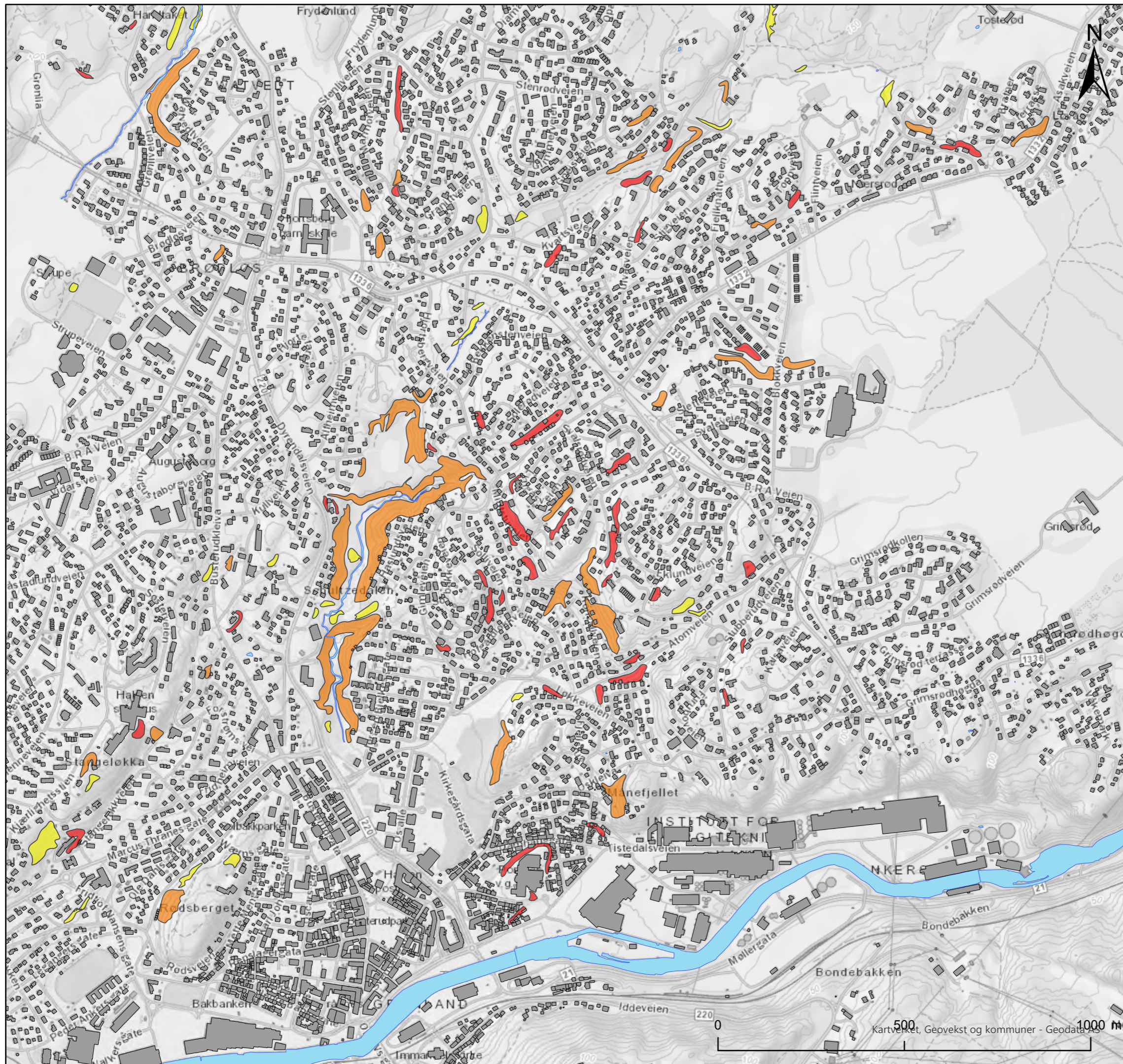
Hvert polygon får da en score, og disse deles inn i 3 klasser: Høy, middels og lav.

NB: De gule områdene i denne kartserien representerer aktsomhetsområder, men det er ingen bebyggelse i disse.

Halden kommune

Sikkerhet og risiko langs bekkedrag
Remmenbekken nord

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2020-02-24	KST	BGK	UKE
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:10 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190841	2.3B	1	
NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO Sognsveien 72 Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48 www.ngi.no			
			



Jordskred

Konsekvensklasser for prioritering av videre undersøkelser

- Høy
- Middels
- Lav

Områder der jordskred kan ramme bebyggelse.

Konsekvensen settes ut fra følgende kriterier:

- Finner bygninger som er helt eller delvis innenfor en 5m buffer rundt hvert polygon
- Teller opp antall bygninger i sikkerhetsklasse S1, S2 og S3
- Beregner en vektet sum jfr. TEK17:
 $(Ant_S1) + (Ant_S2 * 10) + (Ant_S3 * 50)$
- Normaliserer summen ved å dele på arealet

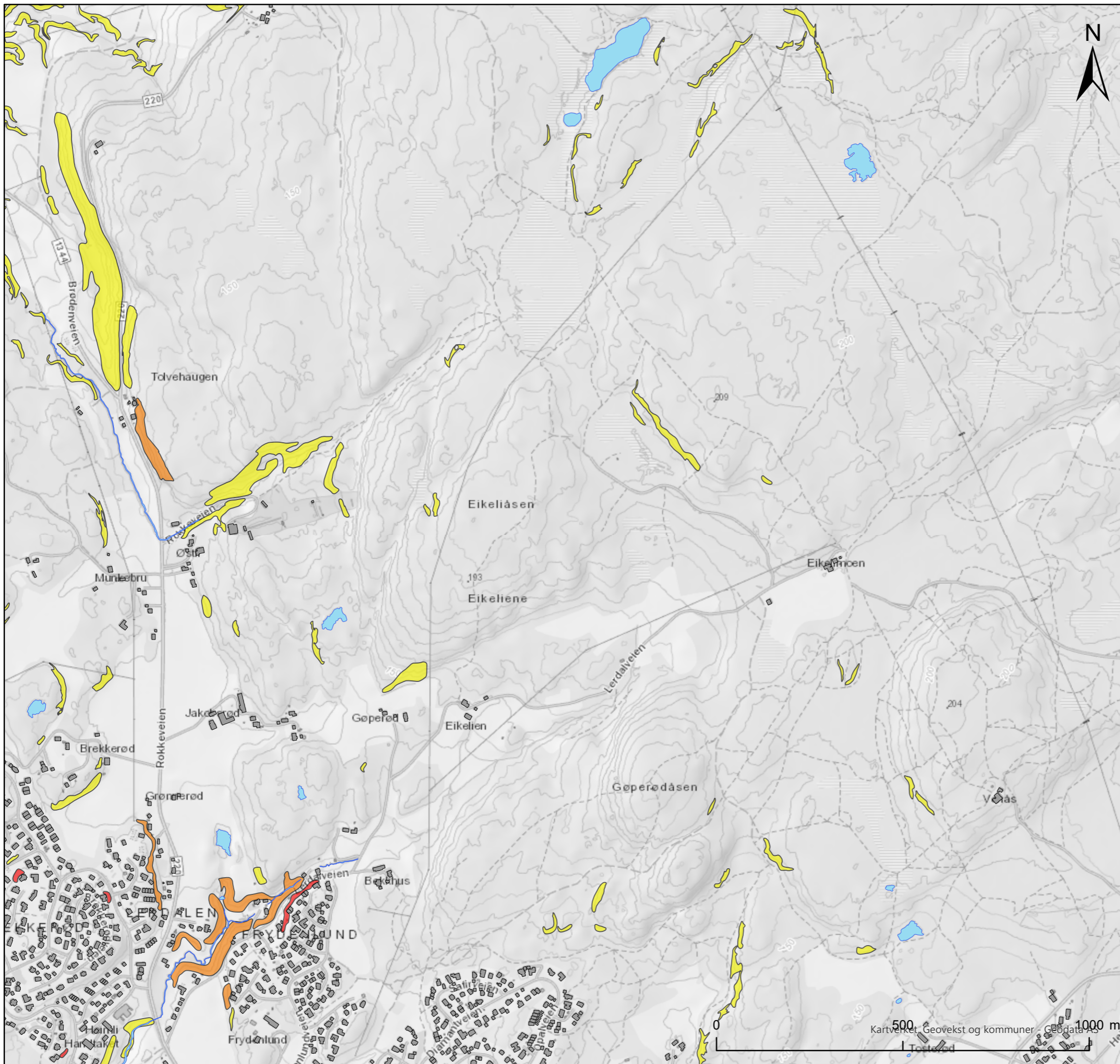
Hvert polygon får da en score, og disse deles inn i 3 klasser: Høy, middels og lav.

NB: De gule områdene i denne kartserien representerer aktsomhetsområder, men det er ingen bebyggelse i disse.

Halden kommune

Sikkerhet og risiko langs bekkedrag
Schultzebekken sør

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2020-02-24	KST	BGK	UKE
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:10 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190841	2.4B	1	



Jordskred

Konsekvensklasser for prioritering av videre undersøkelser

- Høy
- Middels
- Lav

Områder der jordskred kan ramme bebyggelse.

Konsekvensen settes ut fra følgende kriterier:

- Finner bygninger som er helt eller delvis innenfor en 5m buffer rundt hvert polygon
- Teller opp antall bygninger i sikkerhetsklasse S1, S2 og S3
- Beregner en vektet sum jfr. TEK17:
 $(Ant_S1) + (Ant_S2 * 10) + (Ant_S3 * 50)$
- Normaliserer summen ved å dele på arealet

Hvert polygon får da en score, og disse deles inn i 3 klasser: Høy, middels og lav.

NB: De gule områdene i denne kartserien representerer aktsomhetsområder, men det er ingen bebyggelse i disse.

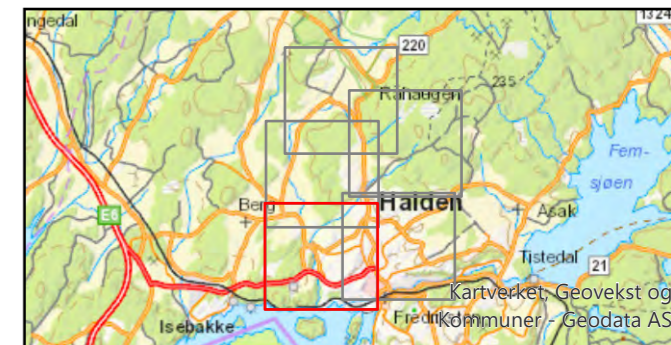
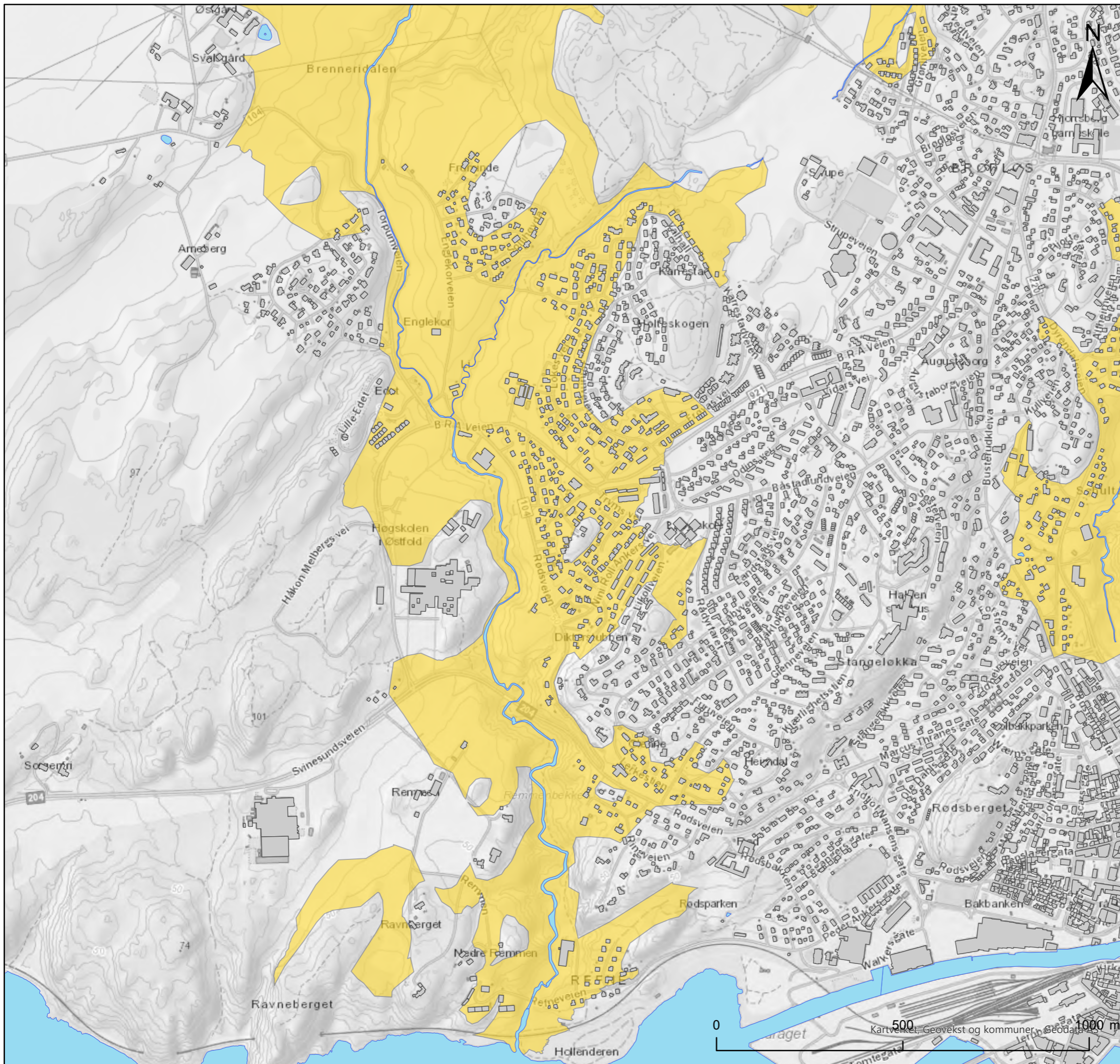
Halden kommune

Sikkerhet og risiko langs bekkedrag
Schultzebekken nord

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2020-02-24	KST	BGK	UKE
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:10 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190841	2.5B	1	

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
 Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO
 Sognsveien 72
 Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48
 www.ngi.no





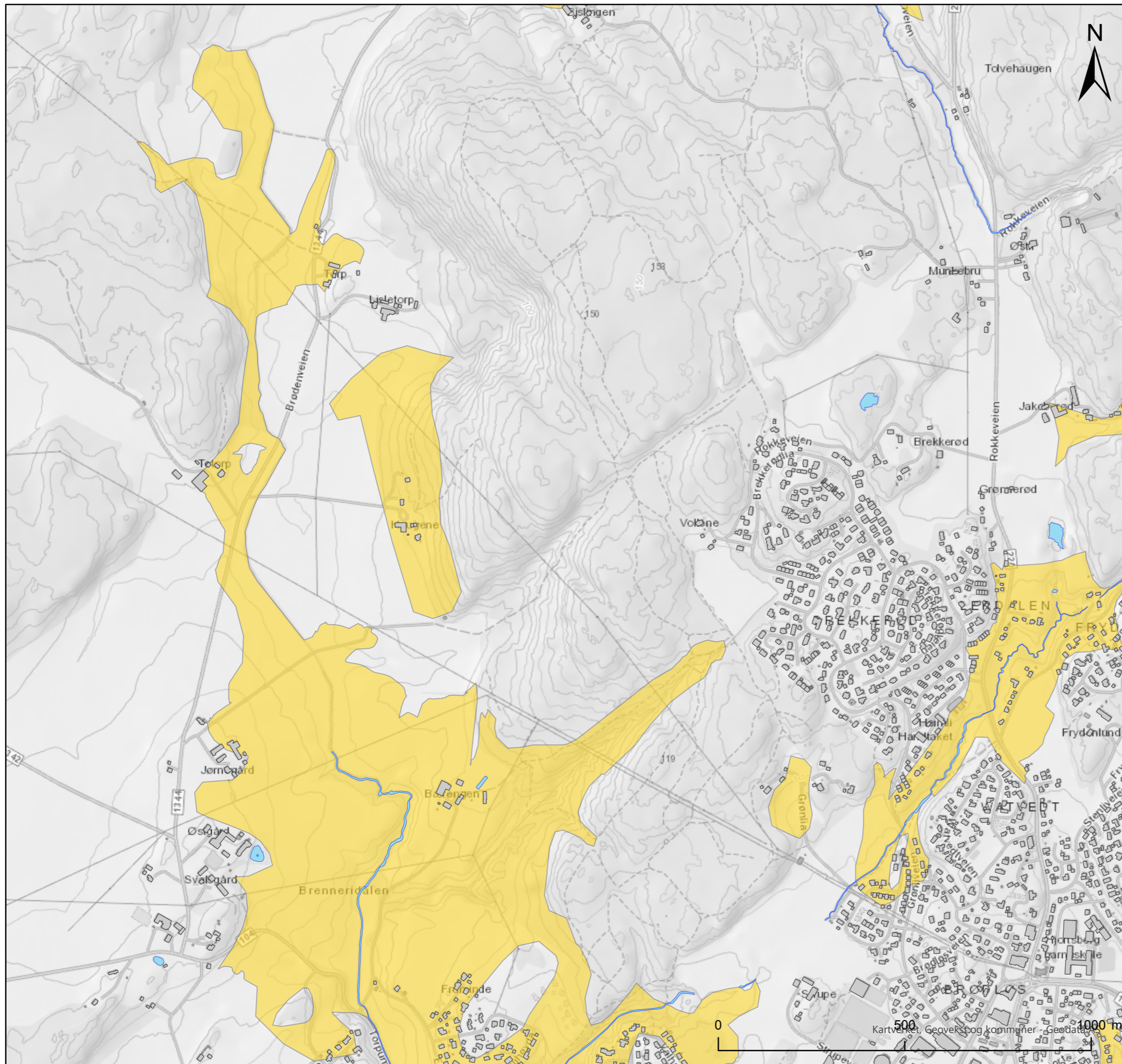
Aktsomhetssoner kvikkleireskred



Områder hvor det potensielt kan være fare for kvikkleireskred. Det fordrer grunnundersøkelser for å avdekke om det er kvikkleire i området.

Halden kommune Sikkerhet og risiko langs bekkedrag Remmenbekken sør

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2020-02-24	KST	BGK	UKE
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:10 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190841	3.1A	1	



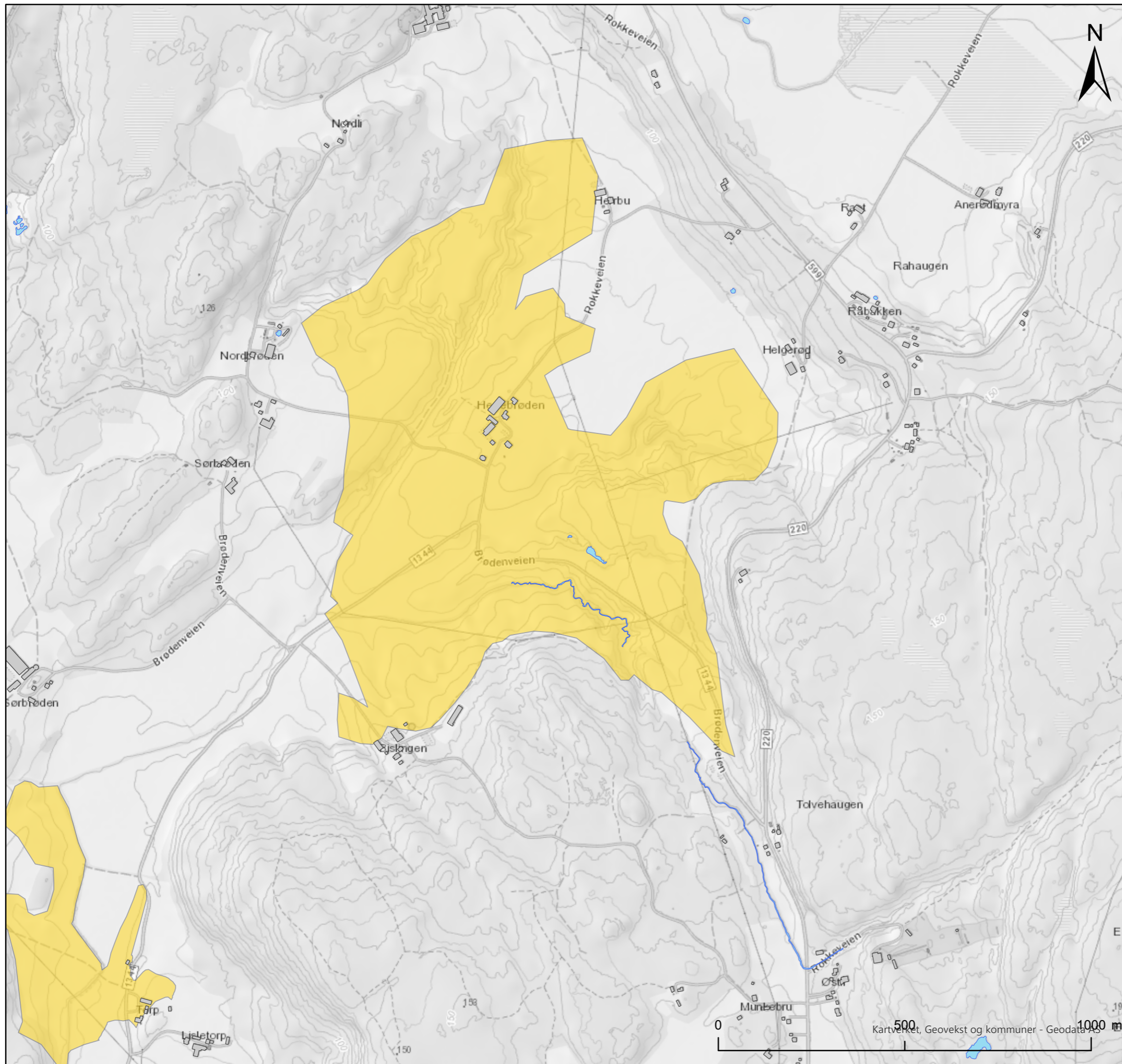
Aktsomhetssoner kvikkleireskred



Områder hvor det potensielt kan være fare for kvikkleireskred. Det fordres grunnundersøkelser for å avdekke om det er kvikkleire i området.

Halden kommune Sikkerhet og risiko langs bekkedrag Remmenbekken midtre

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2020-02-24	KST	BGK	UKE
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:10 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190841	3.2A	1	



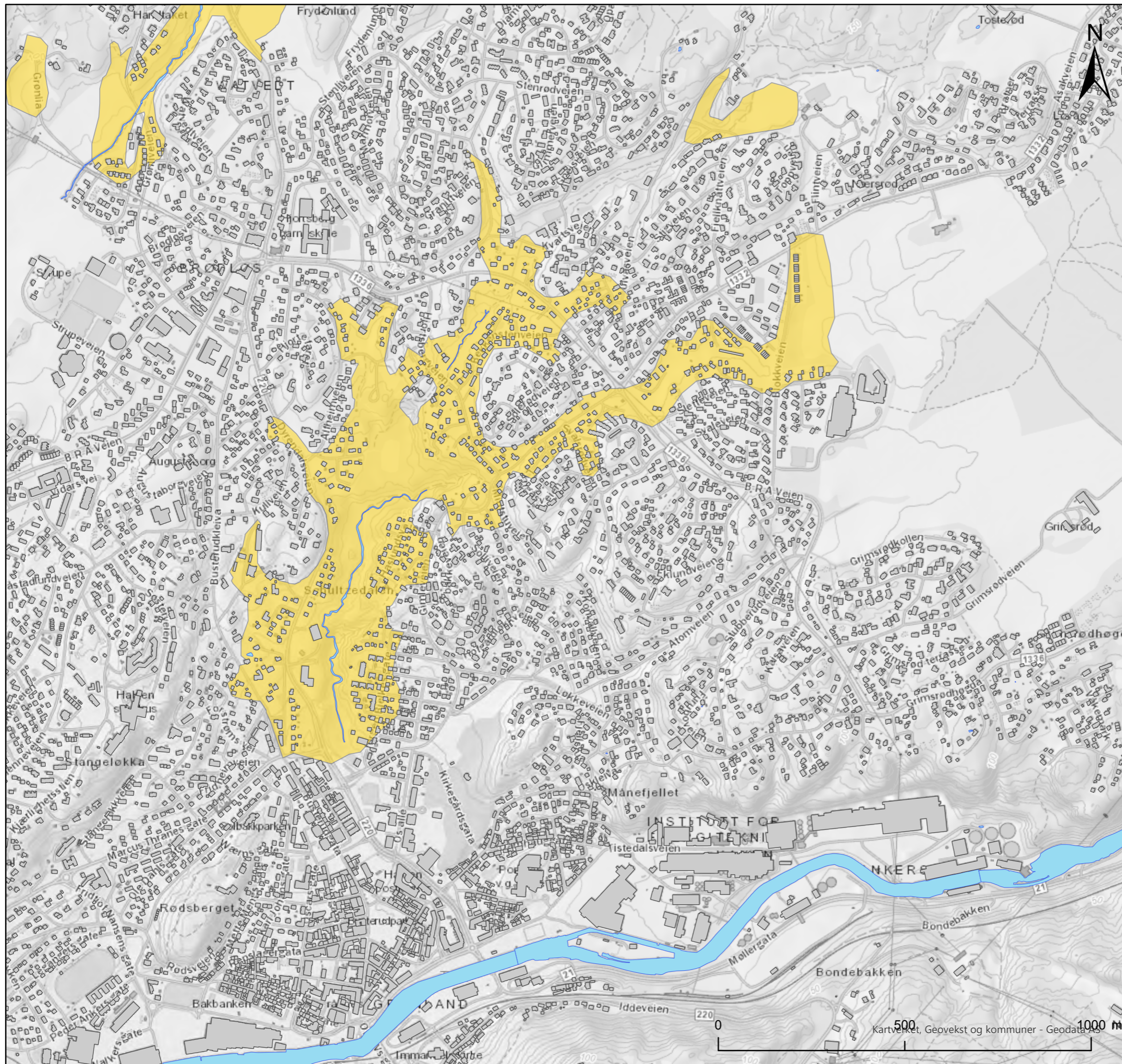
Aktsomhetssoner kvikkleireskred



Områder hvor det potensielt kan være fare for kvikkleireskred. Det fordres grunnundersøkelser for å avdekke om det er kvikkleire i området.

Halden kommune Sikkerhet og risiko langs bekkedrag Remmenbekken nord

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2020-02-24	KST	BGK	UKE
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:10 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190841	3.3A	1	

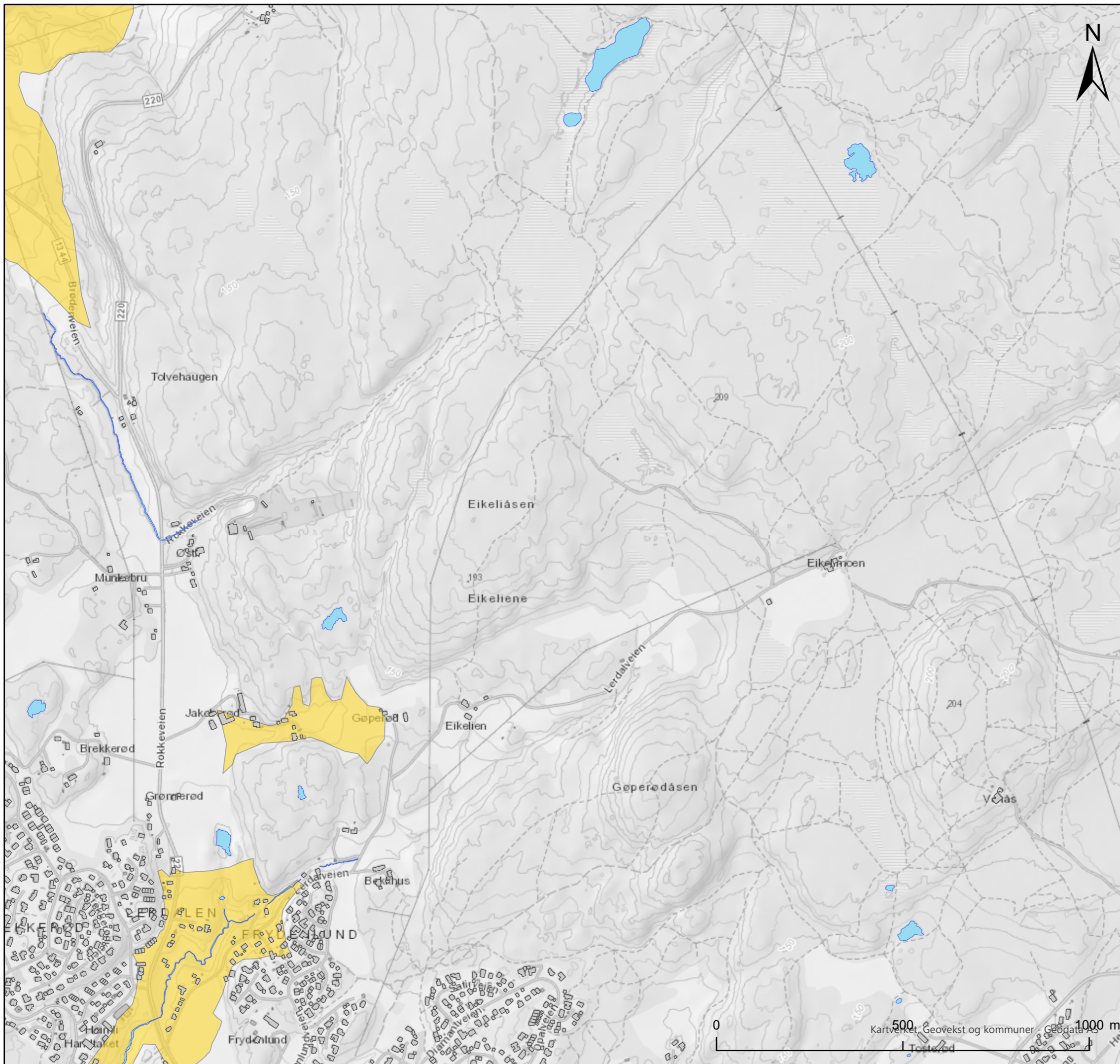


Aktsomhetssoner kvikkleireskred



Områder hvor det potensielt kan være fare for kvikkleireskred. Det fordres grunnundersøkelser for å avdekke om det er kvikkleire i området.

Halden kommune			
Sikkerhet og risiko langs bekkedrag			
Schultzebekken sør			
Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2020-02-24	KST	BGK	UKE
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:10 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190841	3.4A	1	
NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT			
<small>Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO Sognsveien 72 Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48 www.ngi.no</small>			



Aktsomhetssoner kvikkleireskred



Områder hvor det potensielt kan være fare for kvikkleireskred. Det fordres grunnundersøkelser for å avdekke om det er kvikkleire i området.

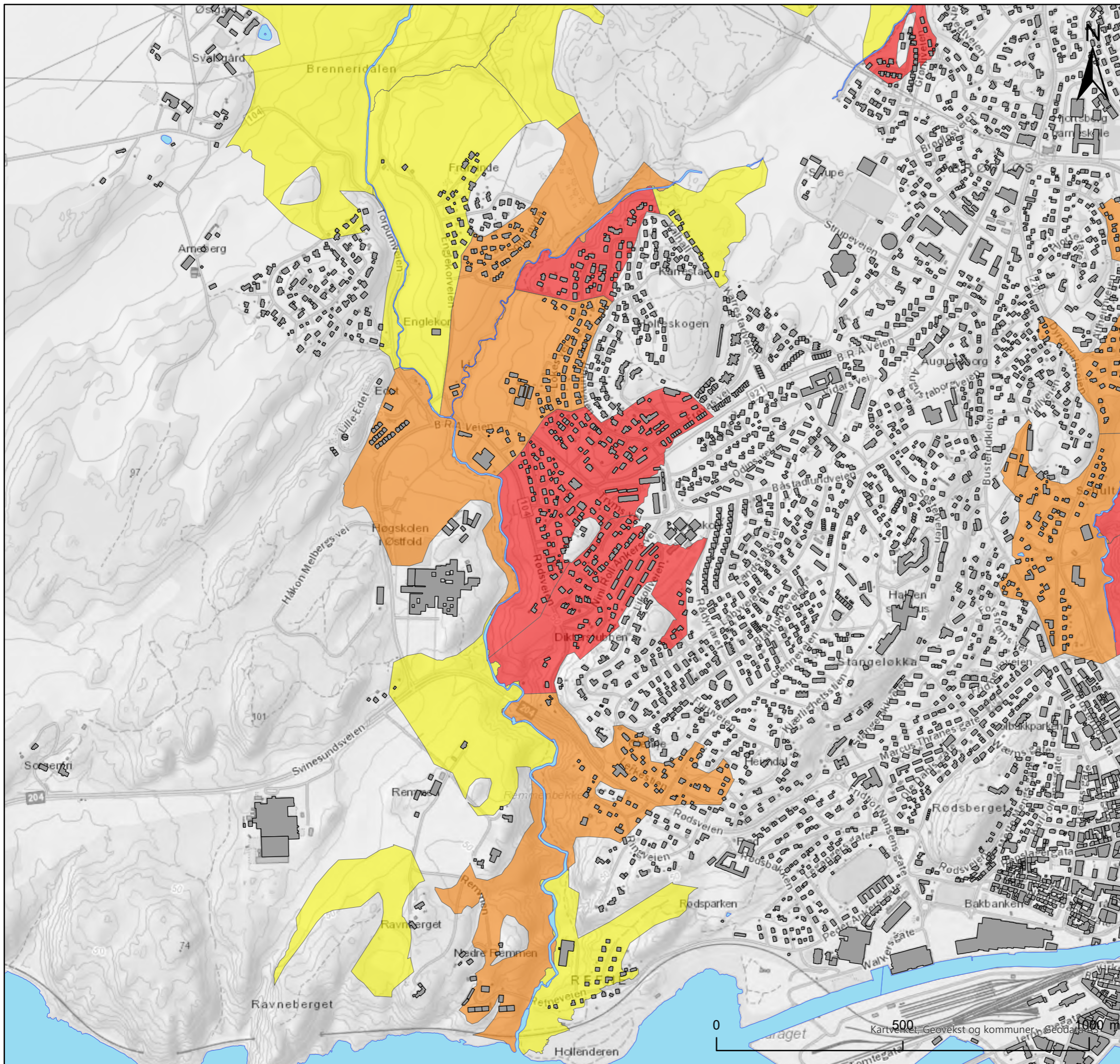
Halden kommune

Sikkerhet og risiko langs bekkedrag
Schultzebekken nord

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2020-02-24	KST	BGK	UKE
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:10 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190841	3.5A	1	

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
 Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO
 Sognsveien 72
 Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48
 www.ngi.no



Kvikkleire

Konsekvensklasser for prioritering av videre undersøkelser

- Høy
- Middels
- Lav

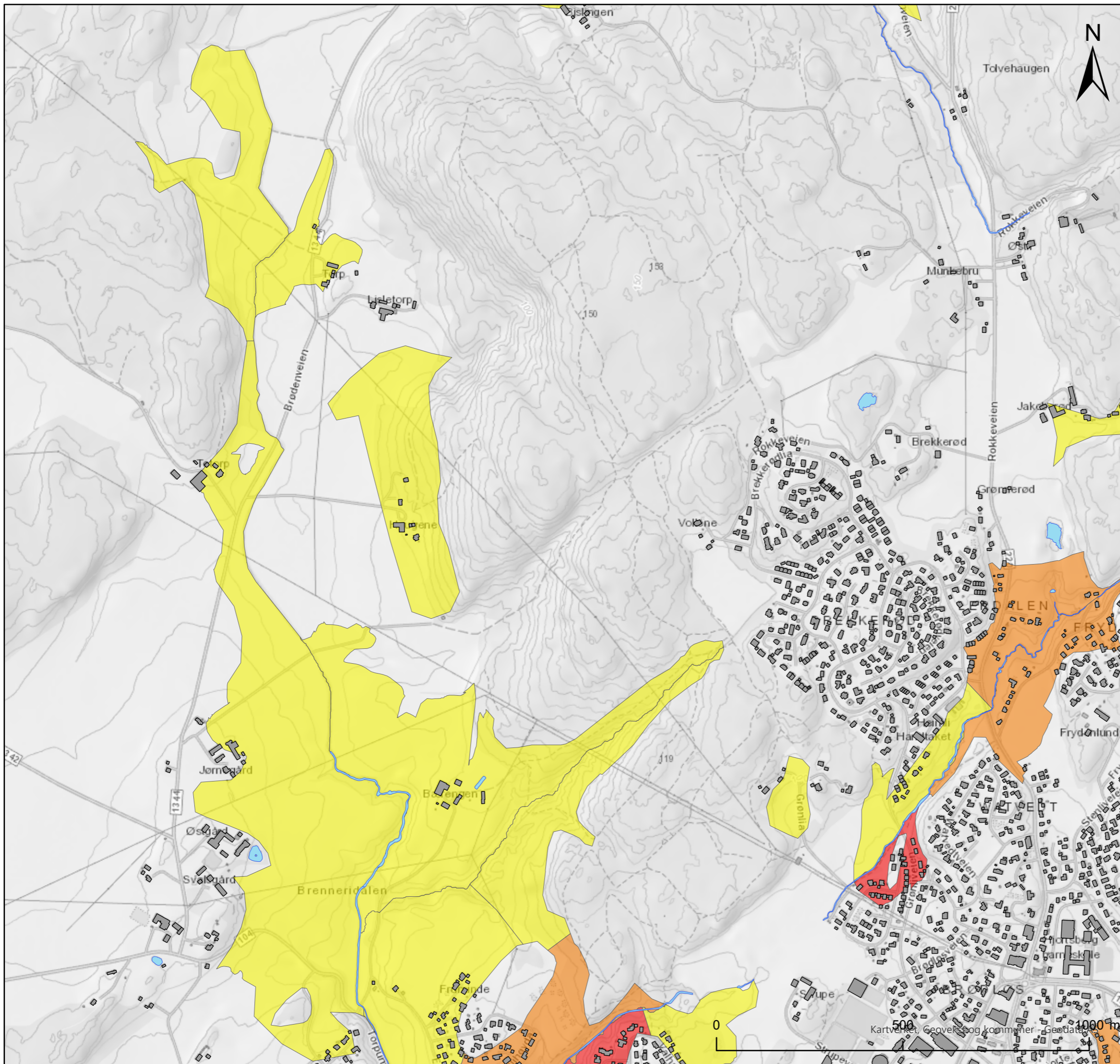
Områder hvor det potensielt kan være fare for kvikkleireskred. Det fordres grunnundersøkelser for å avdekke om det er kvikkleire i området.

Konsekvensen settes ut fra følgende kriterier:

- Finner bygninger som er helt eller delvis innenfor hvert polygon
- Teller opp antall bygninger i sikkerhetsklasse S1, S2 og S3
- Beregner en vektet sum jfr. TEK17: $(Ant_S1) + (Ant_S2 * 10) + (Ant_S3 * 50)$
- Normaliserer summen ved å dele på arealet

Hvert polygon får da en score, og disse deles inn i 3 klasser: Høy, middels og lav.

Halden kommune			
Sikkerhet og risiko langs bekkedrag			
Remmenbekken sør			
Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2020-02-24	KST	BGK	UKE
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:10 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190841	3.1B	1	
NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT			
Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO Sognsveien 72 Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48 www.ngi.no			



Kvikkleire

Konsekvensklasser for prioritering av videre undersøkelser

- Høy
- Middels
- Lav

Områder hvor det potensielt kan være fare for kvikkleireskred.

Det fordres grunnundersøkelser for å avdekke om det er kvikkleire i området.

Konsekvensen settes ut fra følgende kriterier:

- Finner bygninger som er helt eller delvis innenfor hvert polygon
- Teller opp antall bygninger i sikkerhetsklasse S1, S2 og S3
- Beregner en vektet sum jfr. TEK17:
 $(Ant_S1) + (Ant_S2 * 10) + (Ant_S3 * 50)$
- Normaliserer summen ved å dele på arealet

Hvert polygon får da en score, og disse deles inn i 3 klasser: Høy, middels og lav.

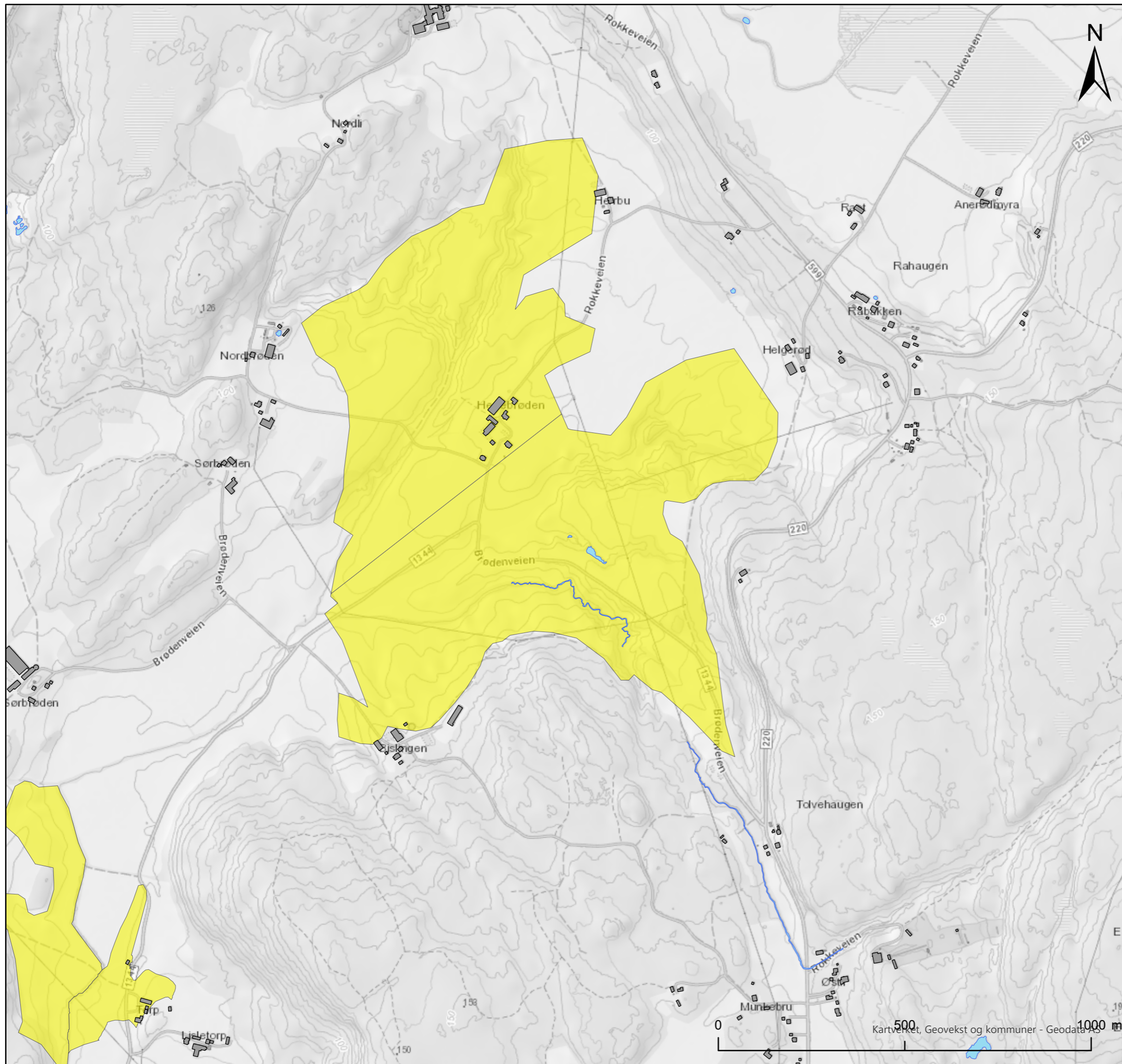
Halden kommune

Sikkerhet og risiko langs bekkedrag
Remmenbekken midtre

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2020-02-24	KST	BGK	UKE
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:10 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190841	3.2B	1	

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
 Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO
 Sognsveien 72
 Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48
 www.ngi.no





Kvikkleire

Konsekvensklasser for prioritering av videre undersøkelser

- Høy
- Middels
- Lav

Områder hvor det potensielt kan være fare for kvikkleireskred.

Det fordres grunnundersøkelser for å avdekke om det er kvikkleire i området.

Konsekvensen settes ut fra følgende kriterier:

- Finner bygninger som er helt eller delvis innenfor hvert polygon
- Teller opp antall bygninger i sikkerhetsklasse S1, S2 og S3
- Beregner en vektet sum jfr. TEK17:
 $(Ant_S1) + (Ant_S2 * 10) + (Ant_S3 * 50)$
- Normaliserer summen ved å dele på arealet

Hvert polygon får da en score, og disse deles inn i 3 klasser: Høy, middels og lav.

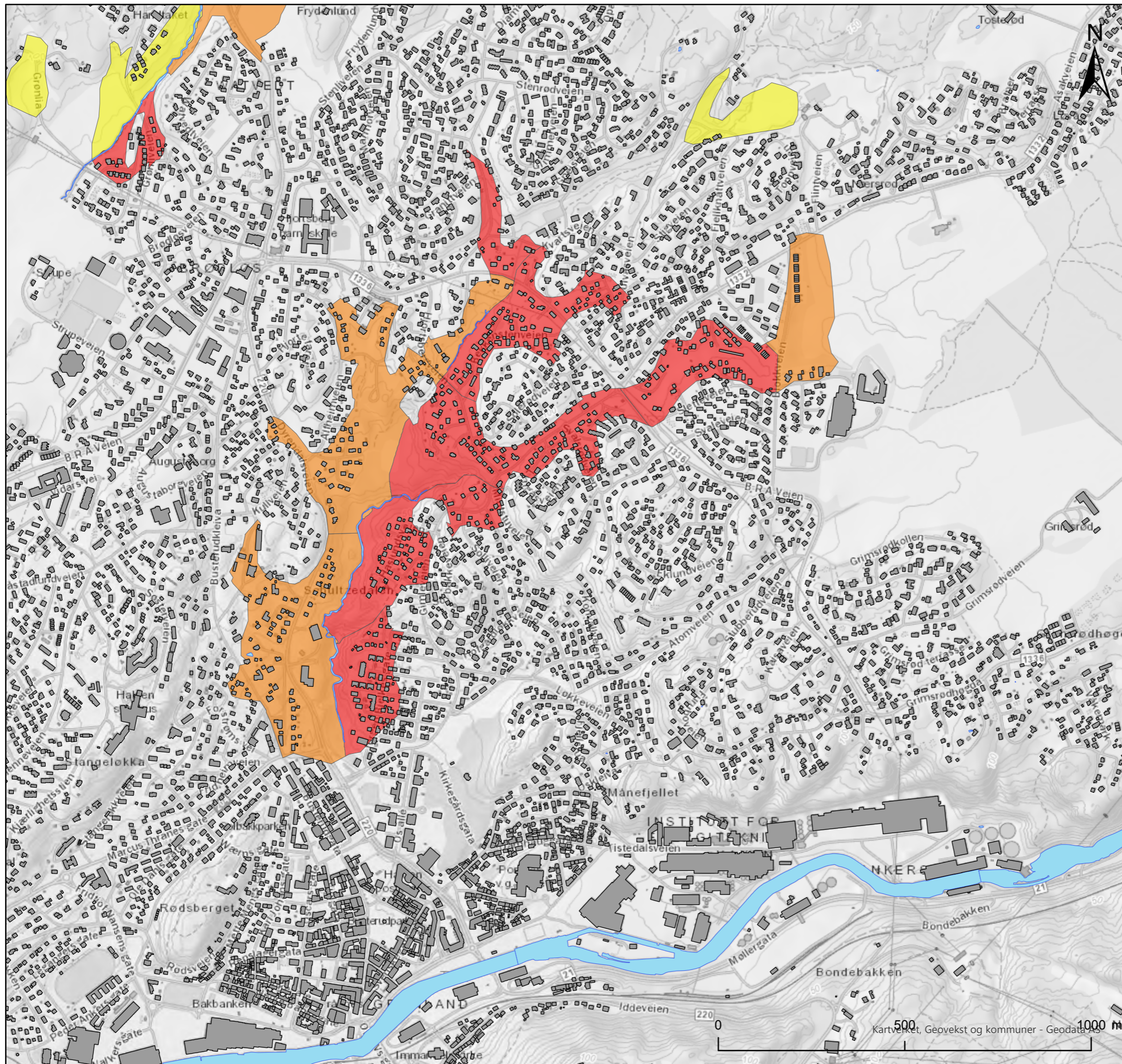
Halden kommune

Sikkerhet og risiko langs bekkedrag
Remmenbekken nord

Dato 2020-02-24	Utført KST	Kontrollert BGK	Godkjent UKE
Original format og målestokk A3 1:10 000	Kartprojeksjon ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr. 20190841	Kartnr. 3.3B	Rev. 1	

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
 Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO
 Sognsveien 72
 Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48
 www.ngi.no





Kvikkleire

Konsekvensklasser for prioritering av videre undersøkelser

- Høy
- Middels
- Lav

Områder hvor det potensielt kan være fare for kvikkleireskred. Det fordres grunnundersøkelser for å avdekke om det er kvikkleire i området.

Konsekvensen settes ut fra følgende kriterier:

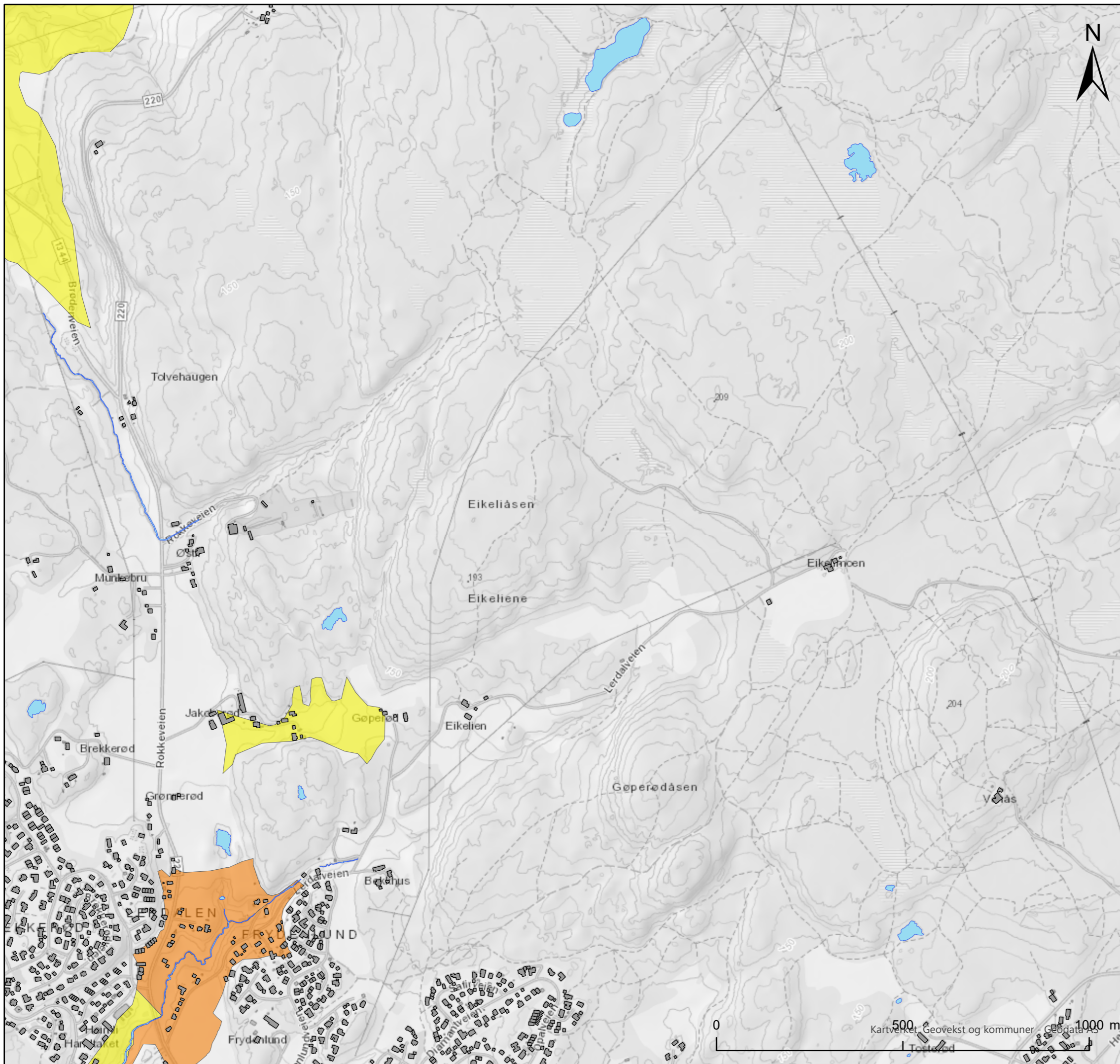
- Finner bygninger som er helt eller delvis innenfor hvert polygon
- Teller opp antall bygninger i sikkerhetsklasse S1, S2 og S3
- Beregner en vektet sum jfr. TEK17:
 $(Ant_S1) + (Ant_S2 * 10) + (Ant_S3 * 50)$
- Normaliserer summen ved å dele på arealet

Hvert polygon får da en score, og disse deles inn i 3 klasser: Høy, middels og lav.

Halden kommune

Sikkerhet og risiko langs bekkedrag
Schultzebekken sør

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2020-02-24	KST	BGK	UKE
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:10 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190841	3.4B	1	



Kvikkleire

Konsekvensklasser for prioritering av videre undersøkelser

- Høy
- Middels
- Lav

Områder hvor det potensielt kan være fare for kvikkleireskred.

Det fordres grunnundersøkelser for å avdekke om det er kvikkleire i området.

Konsekvensen settes ut fra følgende kriterier:

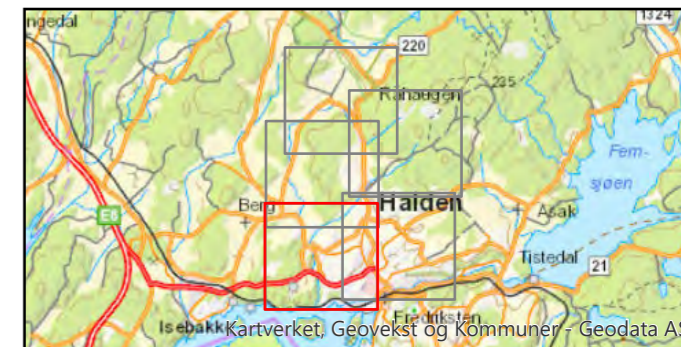
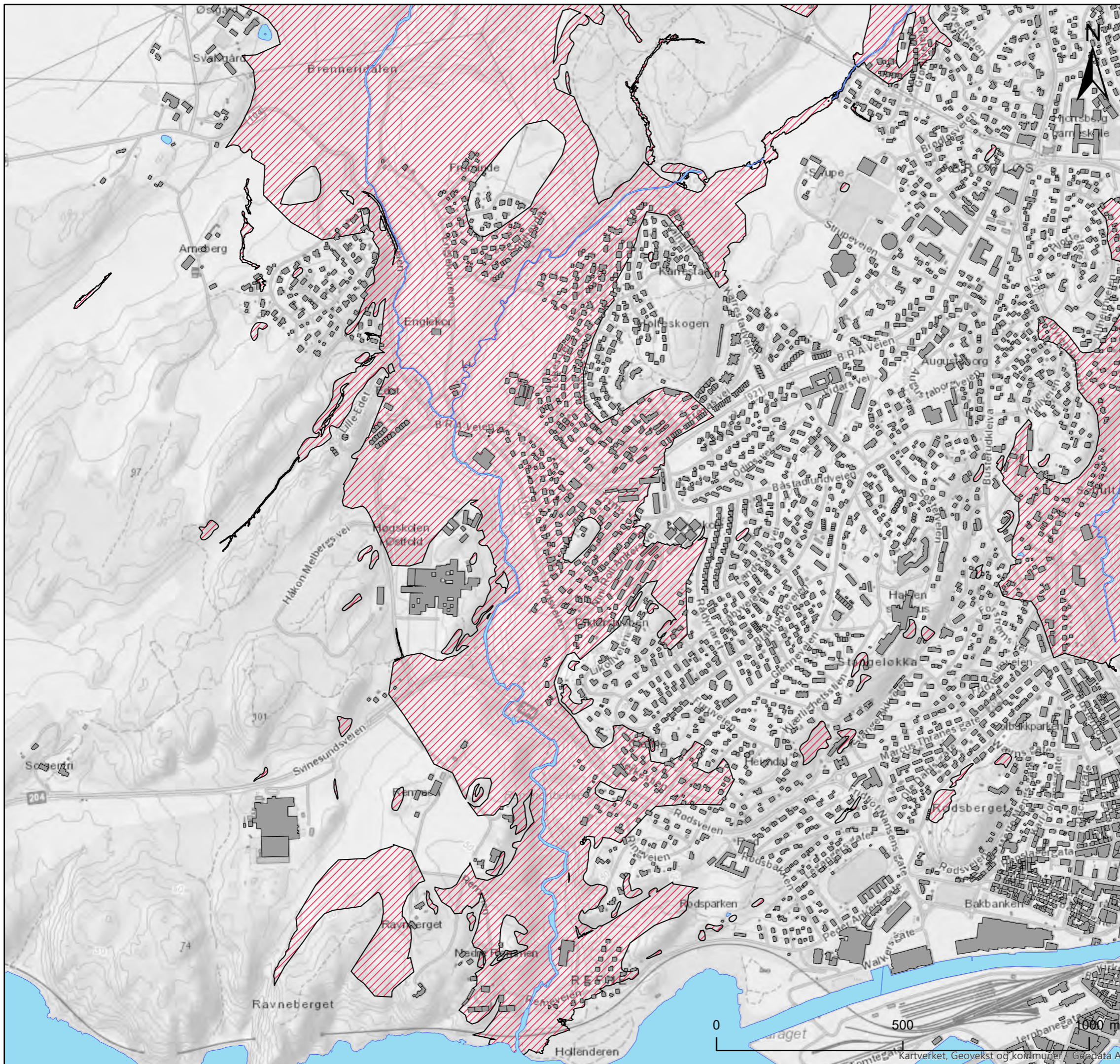
- Finner bygninger som er helt eller delvis innenfor hvert polygon
- Teller opp antall bygninger i sikkerhetsklasse S1, S2 og S3
- Beregner en vektet sum jfr. TEK17: $(Ant_S1) + (Ant_S2 * 10) + (Ant_S3 * 50)$
- Normaliserer summen ved å dele på arealet

Hvert polygon får da en score, og disse deles inn i 3 klasser: Høy, middels og lav.

Halden kommune

Sikkerhet og risiko langs bekkedrag
Schultzebekken nord

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2020-02-24	KST	BGK	UKE
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:10 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190841	3.5B	1	
NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO Sognsveien 72 Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48 www.ngi.no			
			

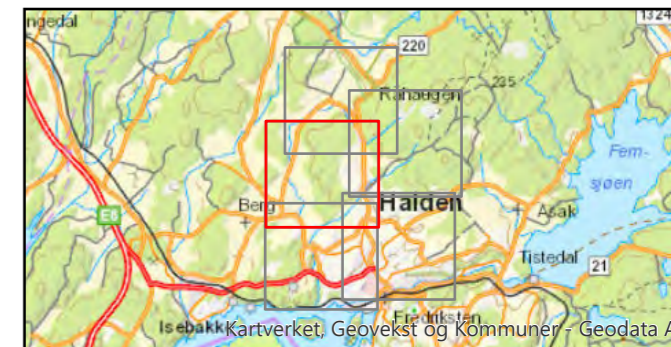
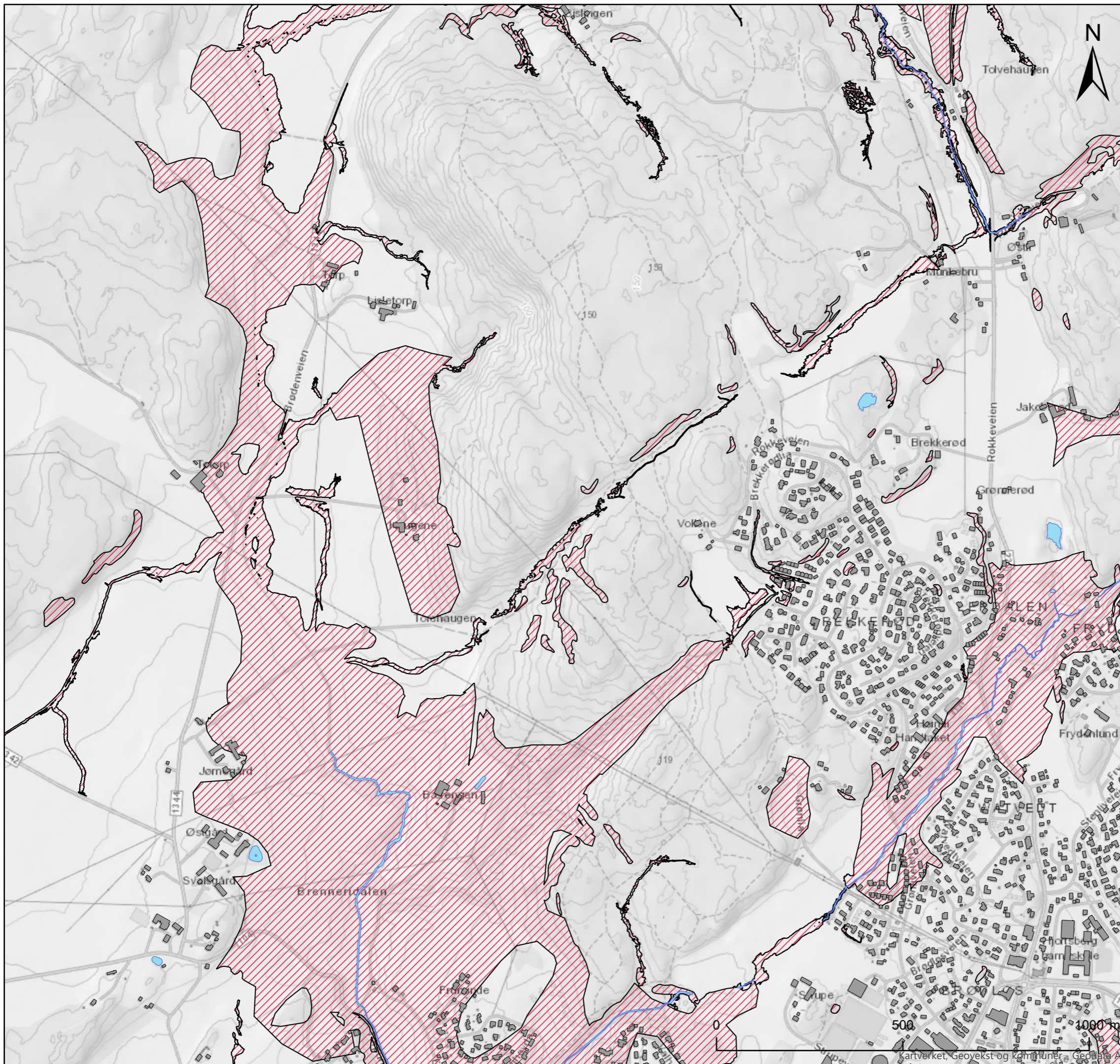


 **Aktsomhetssoner samlet**

Aktsomhetssonene er en kombinasjon av aktsomhetssoner for 200-års flom, kvikkleire og jordskred.

Halden kommune
Sikkerhet og risiko langs bekkedrag
Remmenbekken sør

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2020-01-21	KST	BGK	UKE
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:10 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190841	4.1	0	

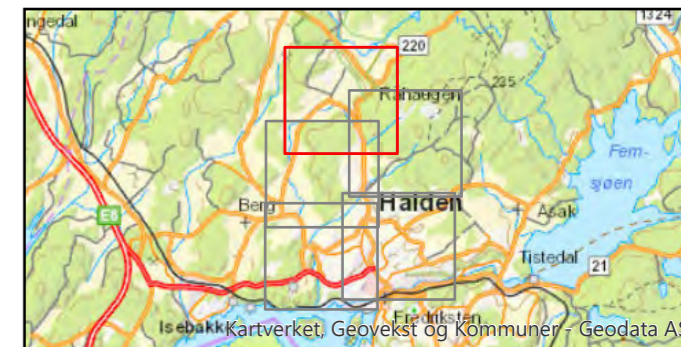
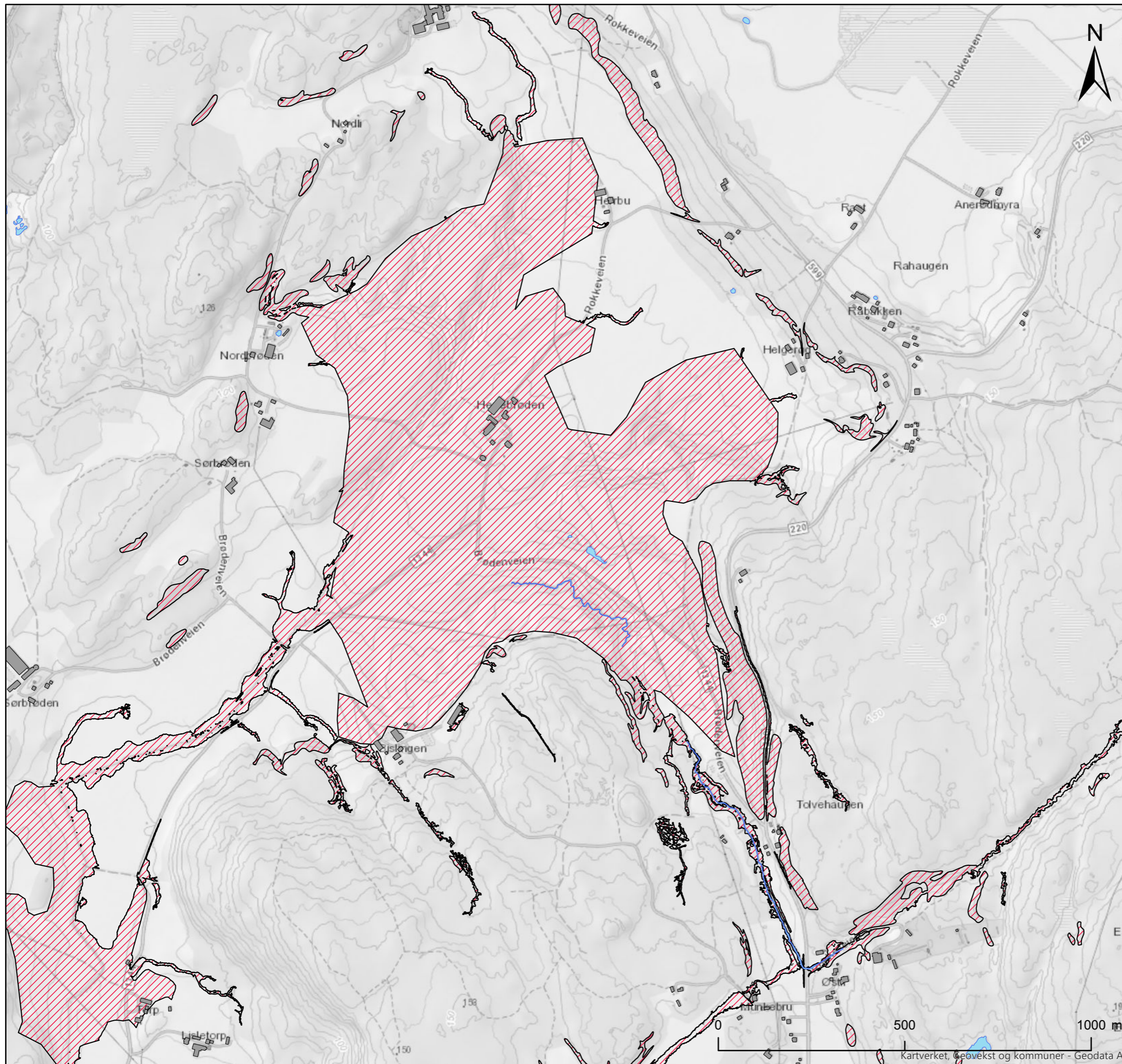


 **Aktsomhetssoner samlet**

Aktsomhetssonene er en kombinasjon av aktsomhetssoner for 200-års flom, kvikkleire og jordskred.

Halden kommune
Sikkerhet og risiko langs bekkedrag
Remmenbekken midtre

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2020-01-21	KST	BGK	UKE
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:10 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190841	4.2	0	



 **Aktsomhetssoner samlet**

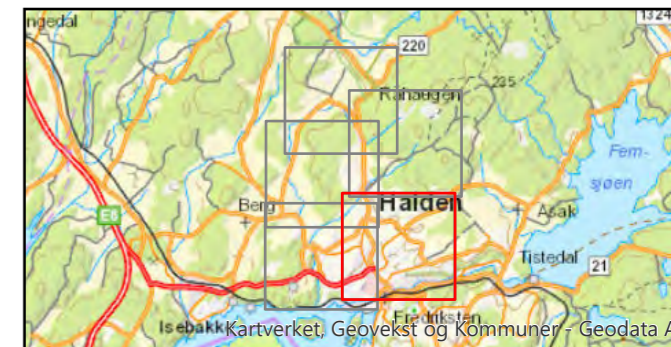
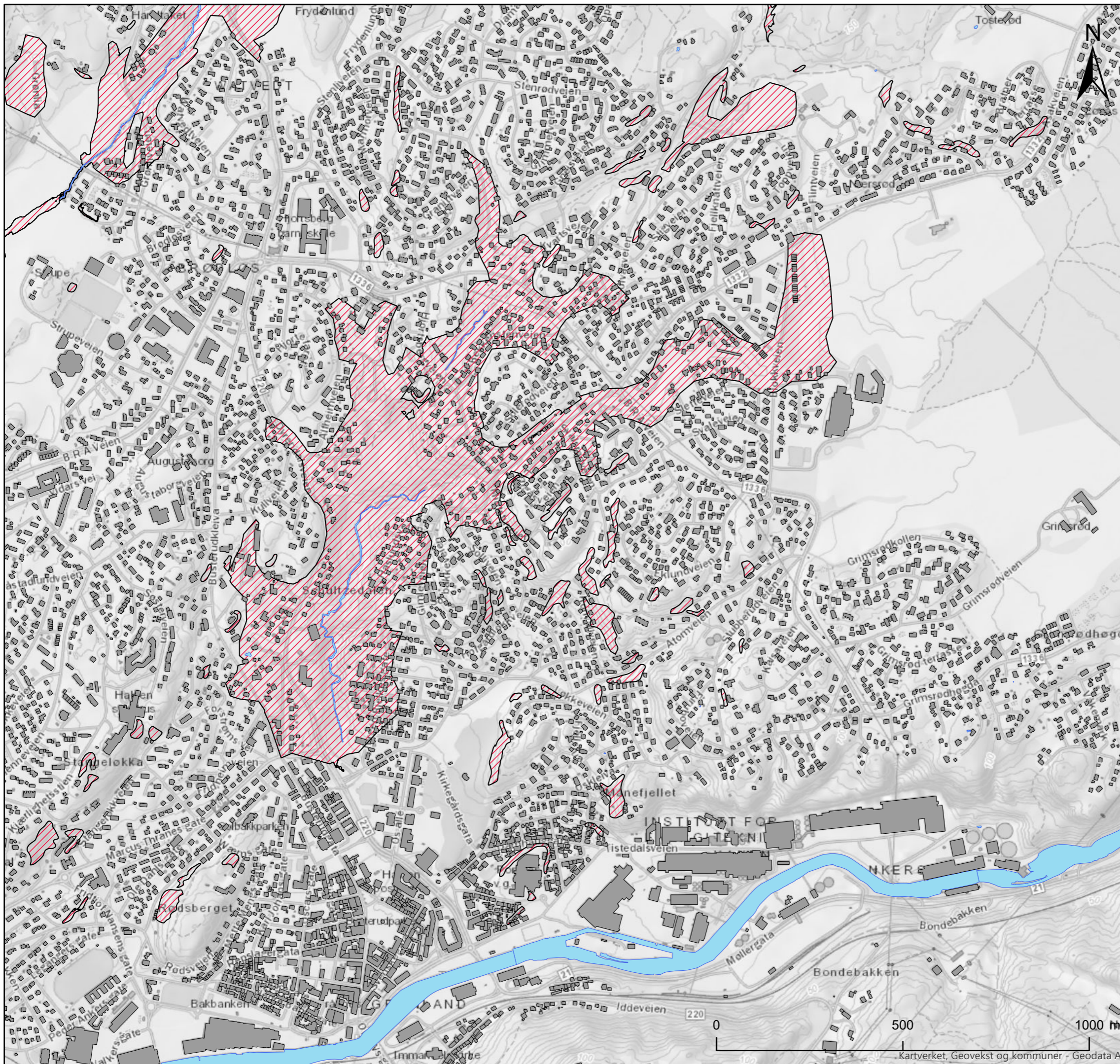
Aktsomhetssonene er en kombinasjon av aktsomhetssoner for 200-års flom, kvikkleire og jordskred.

Halden kommune
Sikkerhet og risiko langs bekkedrag
Remmenbekken nord

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2020-01-21	KST	BGK	UKE
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:10 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190841	4.3	0	

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
 Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO
 Sognsveien 72
 Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48
 www.ngi.no



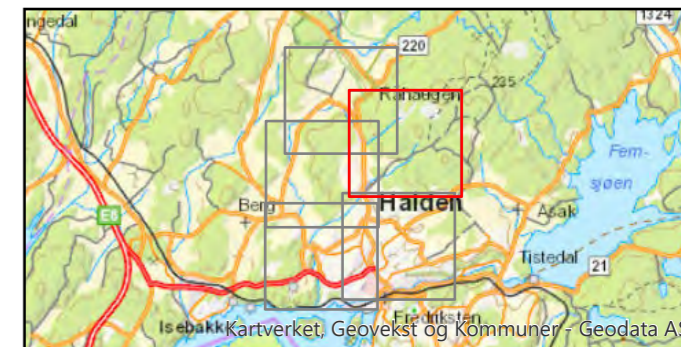
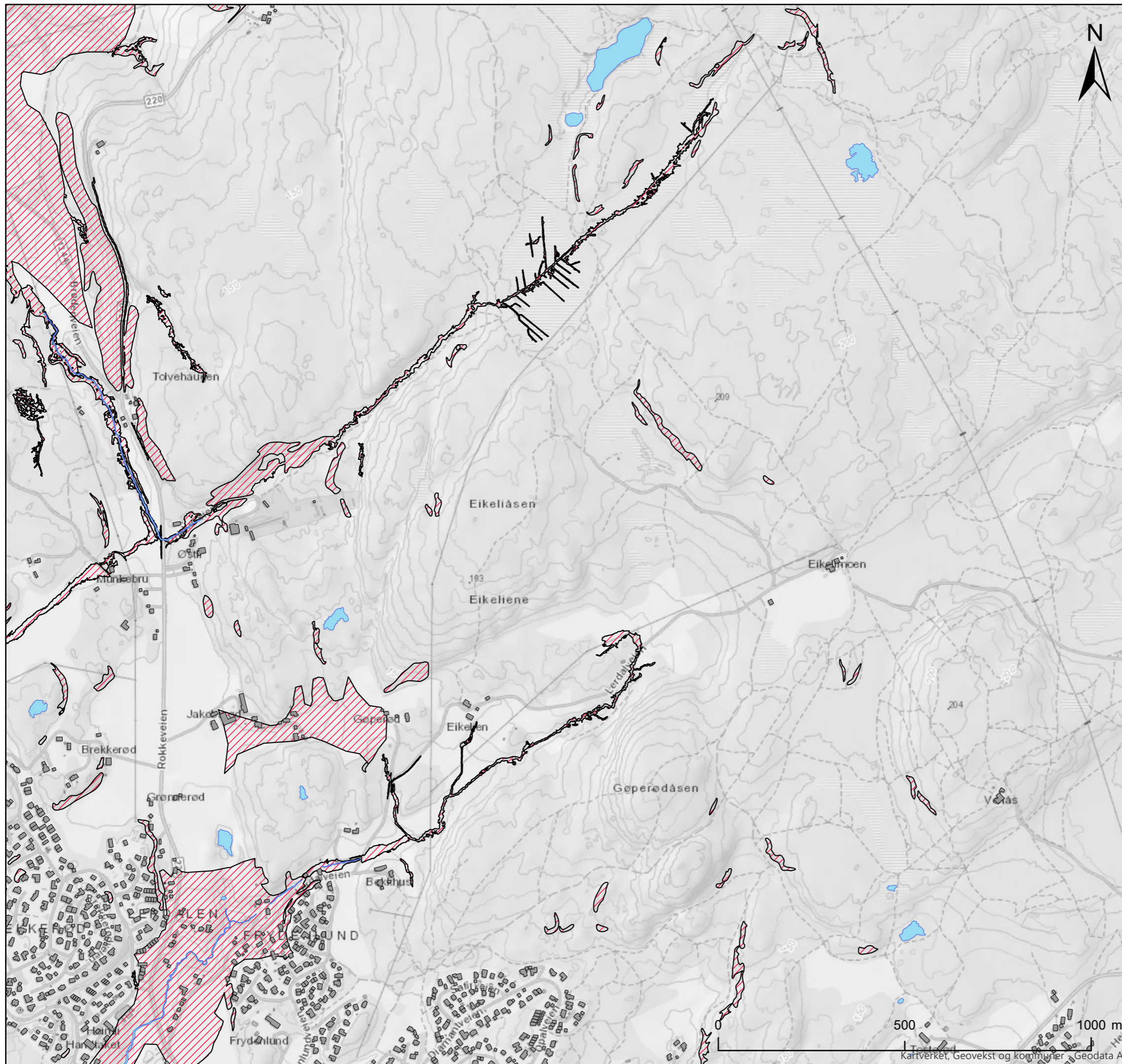


 **Aktsomhetssoner samlet**

Aktsomhetssonene er en kombinasjon av aktsomhetssoner for 200-års flom, kvikkleire og jordskred.

Halden kommune
Sikkerhet og risiko langs bekkedrag
 Schultzebekken sør

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2020-01-21	KST	BGK	UKE
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:10 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190841	4.4	0	



 **Aktsonhetssoner samlet**

Aktsonhetssonene er en kombinasjon av aktsonhetssoner for 200-års flom, kvikkleire og jordskred.

Halden kommune
Sikkerhet og risiko langs bekkedrag
Schultzbekken nord

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2020-01-21	KST	BGK	UKE
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:10 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190841	4.5	0	

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
 Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO
 Sognsveien 72
 Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48
 www.ngi.no



Vedlegg B

BESKRIVELSE AV STUDIEOMRÅDET OG PROBLEMOMRÅDER

Innhold

B1 Innledning	2
B2 Studieområdet	2
B2.1 Remmenbekken	3
B2.2 Schultzebekken	5
B3 Funn fra befaring – spesielt utsatte områder	6
B3.1 Remmendalen naturreservat	6
B3.2 Remmendalen øst for Høgskolen i Østfold	11
B3.3 Schulzedalen	14
B3.4 Andre utfordrende områder	18
B4 Befaring av innspillsområdene for ny utbygging	20
B4.1 Håkon Melbergs vei	20
B4.2 Grønlia	22

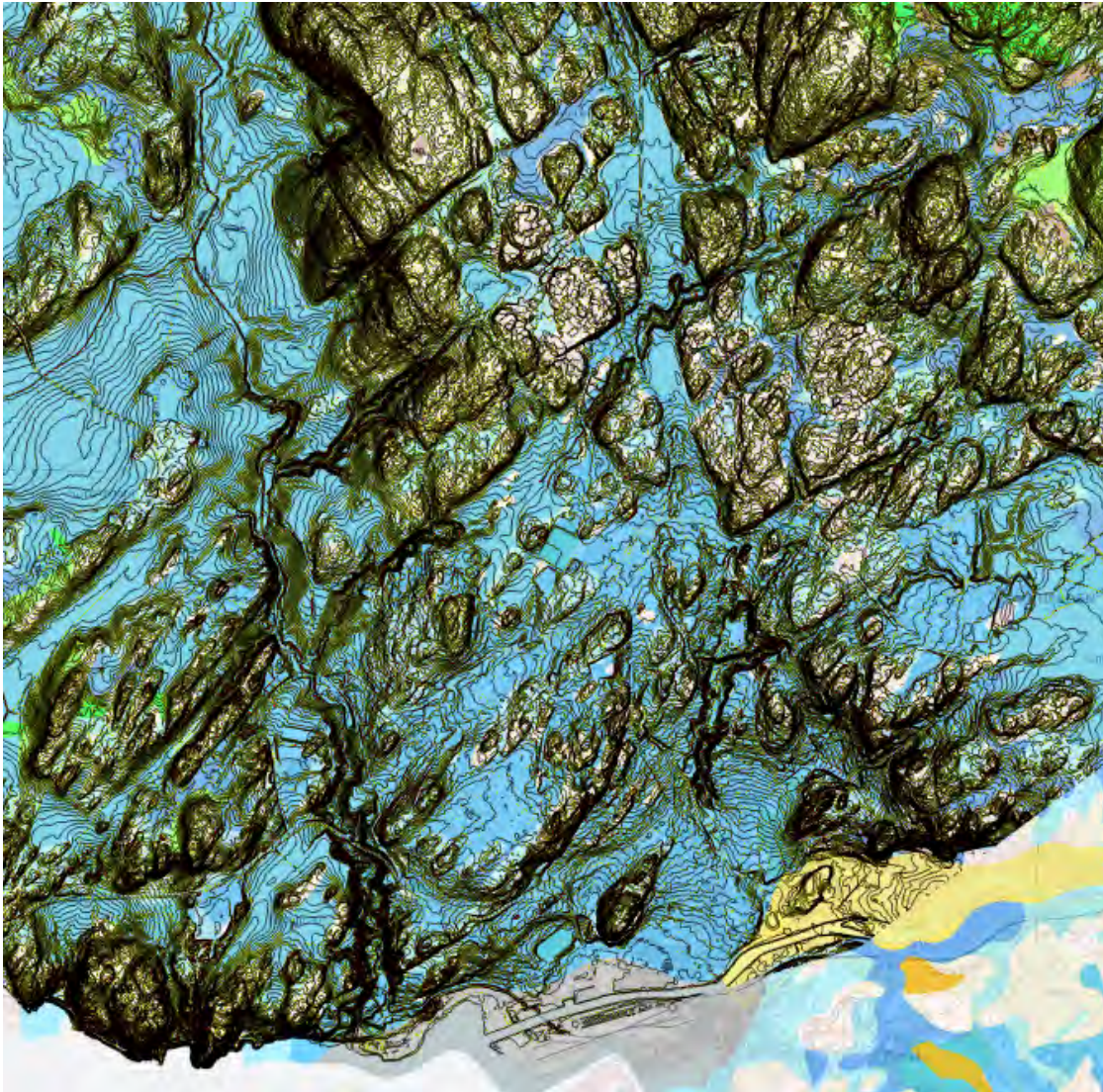
B1 Innledning

Dette vedlegget beskriver studieområdet som omfatter vassdragene Remmenbekken og Shultzebekken i kapittel B2 og dokumenterer befaringene i kapittel B3 og B4. Funnene vist i kapittel B3 supplerer de produserte aktsomhetskartene når det gjelder mindre prosesser. Befaring av innspillsområdene for ny utbygging har vært med i vurderingen av effekt av utbygging i disse områdene.

B2 Studieområdet

Halden kommune ligger i Østfold fylke og grenser til Rakkestad i nord, Aremark i øst og Sarpsborg i nordvest, samt kommunene Strömstad, Tanum og Dals-Eid i Sverige. Kommunen og Halden by deles i to av elva Tista, som utgjør siste etappe i Haldenvassdraget.

Området domineres av berggrunn med forkastninger (sprekker) med retning sørvest-nordøst og nord/nordvest - sør. Halden sentrum ligger under marin grense (ca 180 moh), som vil si at havet har stått høyere, og er dominert av marine sedimenter som ble avsatt under siste istid (NGU). Ræet som avgrenser nordlige delene av nedbørfeltet er avsatt som en submarin avsetning, det vil si at isen skjøv fram masse samtidig som masser ble spylt ut fra under isen sammen med vann. Da isen etter hvert smeltet og landet steg, lå det sedimenter i stor grad oppe på kollene. Når havet trakk seg tilbake ble disse kollene vasket av bølger og tidevann og en fikk utvasking av topplagene. Sedimentene er derfor strandpåvirket i de øvre marine områder (Figur B1).

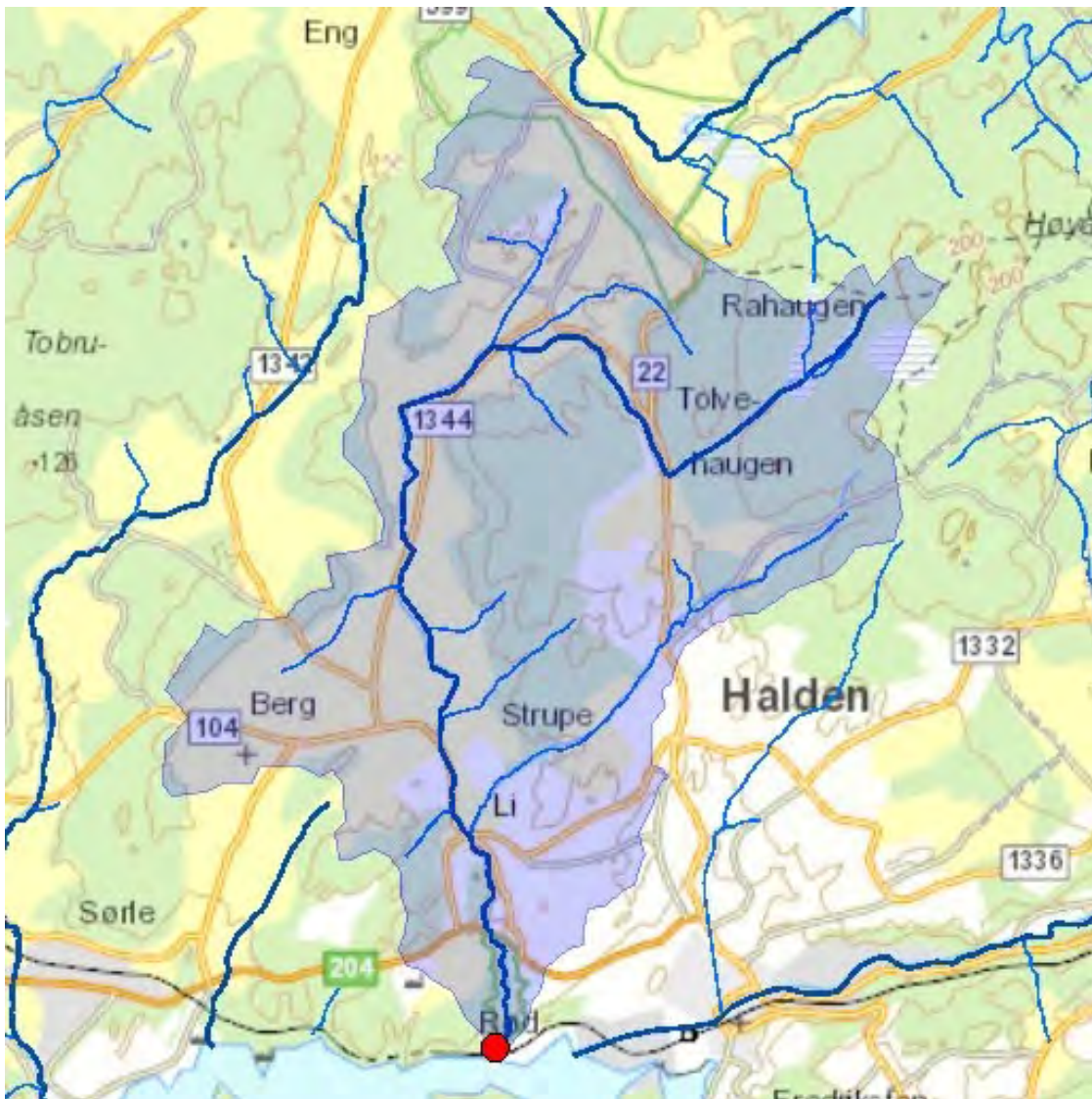


Figur B1 Leira har ligget drapert i hele området, men sjøen har vasket de grunneste områdene i takt med landheving. Blått viser marine sedimenter.

Det er under kartleggingen valgt å fokusere på bebygde områder langs vassdragene. For beregninger knyttet til overvann er hele nedbørfeltet til de respektive vassdragene benyttet. Remmenbekken og Schultzebekken er beskrevet i mer detalj under.

B2.1 Remmenbekken

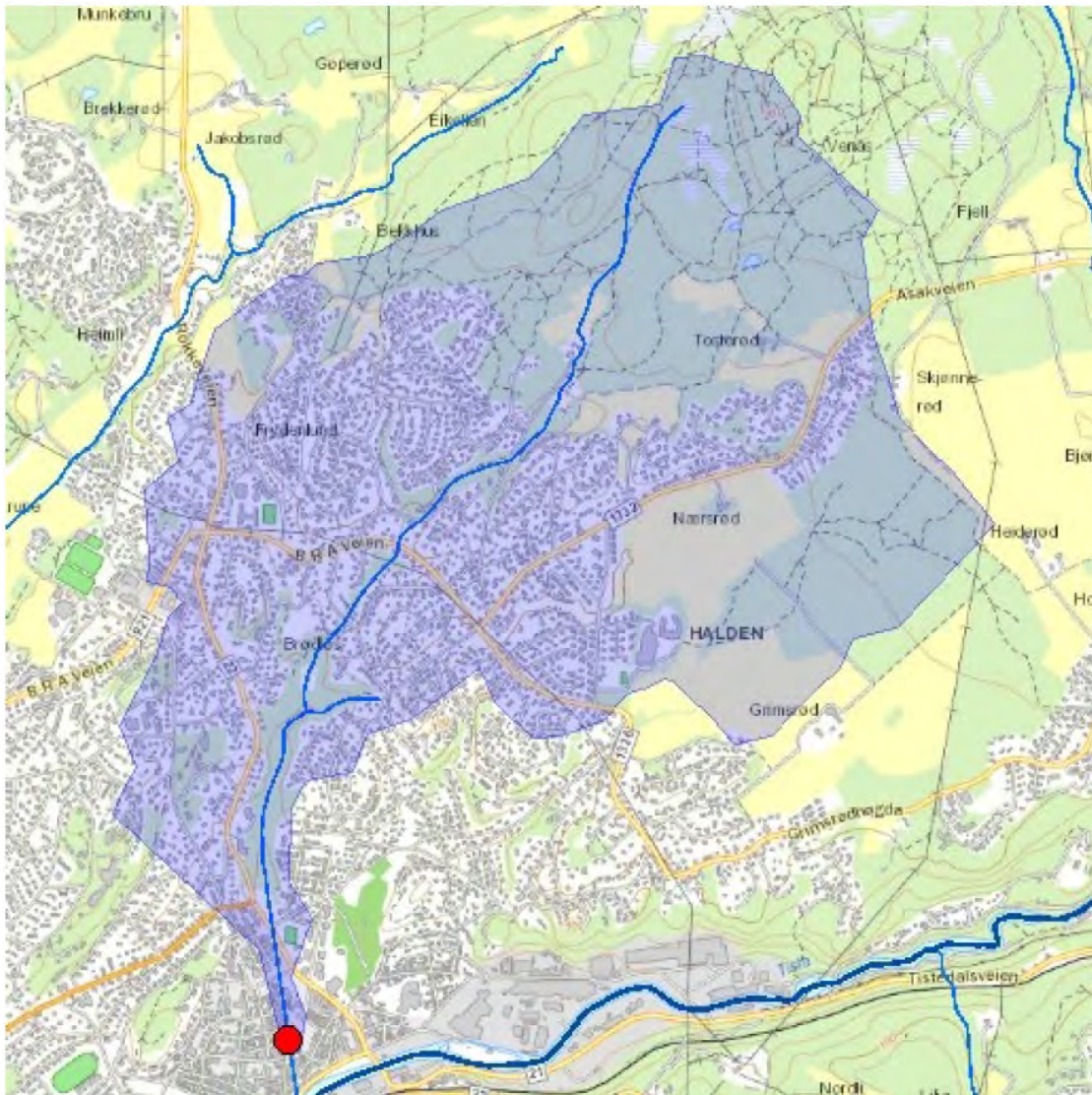
Remmenbekken (Figur B2) renner fra Rahaugen, langs Brødenveien, gjennom Brenneridalen, krysser Svinesundveien og går via Remmendalen ut i Iddefjorden. Bekken har flere sidebekker og vassdraget har et nedbørsfelt på 19,3 km². Det er ingen målestasjon i dette eller nærliggende lignende vassdrag.



Figur B2 Remmenbekkens nedbørfelt. Hentet fra NVEs karttjeneste NEVINA.

B2.2 Schultzebekken

Schultzebekken (Figur B3) renner fra Venås og delvis i rør gjennom bebyggelse ned til Schultzedalen hvor den går åpen. I enden av Schultzedalen lukkes bekken og går i rør ned til Tista. Bekken har flere sidebekker og vassdraget har et nedbørsfelt på 5,3 km².



Figur B3 Schultzebekkens nedbørfelt. Hentet fra NVEs karttjeneste NEVINA.

B3 Funn fra befarings – spesielt utsatte områder

Under befarings er det blant annet sett etter aktive prosesser, spor etter tidligere hendelser og forekomst av løsmasser og berg i dagen. Sistnevnte benyttes som en del av bakgrunnsinformasjonen i produksjon av aktsomhetskartene for jordskred. Grunnet begrenset befaringsstid ble det imidlertid kun gjort en grovkartlegging av berg i dagen. En mer detaljert befarings ville gitt et mer nøyaktig resultat.

Ikke overraskende er de områdene med flest aktive prosesser lokalisert i ravedalene. I de aktive ravinene er erosjon, trevelt og utglidninger en del av de naturlige prosessene som over tid er med på å danne disse unike naturområdene. Til tross for at ravinene kan være utfordrende med tanke på tilgrensede eiendommer og boliger, har disse en viktig funksjon når det gjelder å ta unna og fordrøye store vannmengder. Den tette vegetasjonen og veltede trær er med på å naturlig bremse vannets hastighet. Ravinenes nytteverdi som naturlige flomdemper er derfor viktig å hensynta, og konsekvenser av eventuelle tiltak i disse bør utredes på tvers av flere fagfelt.

B3.1 Remmendalen naturreservat

Denne delen av Remmenbekken er verneområde avgrenset av jernbanen ved fjorden i sør til riksvei 21 i nord, grunnet sin særlige betydning for biologisk mangfold. Dalen er en ravedal, og er dypest i sør. Flere mindre sideraviner er tilknyttet hovedravinen. Noen koller av berg stikker opp av løsmassene i ravinen. I deler av områder er ravinen aktiv, som vil si at de naturlige graveprosessene fremdeles pågår. Flere steder kunne det observeres utglidninger og mindre skred fra ravine knekkpunkt. Store mengder trevelt tyder også på at det er mer langsomme bevegelser i ravinesidene. Flere steder var det tydelig at det i denne ravinen tidvis går store mengder vann, blant annet ved at stien som går i bunn av ravinen var erodert vekk, samt en flomslette som tilsier at enkelte steder dekkes tidvis hele dalbunnen av vann (Figur B7).



Figur B4 Utglidning i løsmasser fra knekkpunkt ravine. Bratt ned mot bekk, noe berg i dagen lengre oppstrøms.



Figur B5 Flere steder knauser med berg i dagen.



Figur B6 Utglidning i løsmasser, svært bratt ned mot bekk.



Figur B7 Sti erodert vekk. Tydelig flomslette i hele ravinebunn.

B3.2 Remmendalen øst for Høgskolen i Østfold

Denne delen av Remmenbekken strekker seg fra riksvei 21 i sør til BRA Veien i Nord, øst for Høgskolen i Østfold. I denne delen av ravedalen var det trolig nylig utført tiltak i form av steinsetting, samt større stein, trolig for å dempe vannets energi, i selve bekkeløpet (Figur B8, B10). Enkelte steder var det nylig utført hogst. Det er tydelig at det er tidvis går store mengder vann, da flomsletta var godt synlig, trolig etter nylig flomhendelse (Figur B9). Flere steder berg i dagen på siden mot Høgskulen.



Figur B8 Spor etter steinsetting som trolig skal fungere som energidempere.



Figur B9 Tydelig flomslette, går enkelte steder over sti.



Figur B10 Energidempere.

B3.3 Schulzedalen

Den delen av Schulzebekken som renner i Schulzedalen renner fra Midstua i nord til Olavs plass i sør. Området er vernet av kommunen etter PBL, med verdi svært viktig, grunnet forekomst av naturtypen rik edellauvskog. Dalen er en aktiv ravine, med erosjon og utglidninger i ravinesidene (Figur B11, B13). Bebyggelsen ligger enkelte steder tett på knekkpunkt ravine, med bratt skråning ned til ravinen. Rester av en gammel søppelfylling og dårlig vannkvalitet (tilførsel av avløpsvann) er andre utfordringer tilknyttet denne ravinen (Figur B14).



Figur B11 Utglidning i bekk.



Figur B12 Bebyggelse tett på knekkpunkt ravine. Synlige sandmasser på bildet er etter grevling, ikke utglidning.



Figur B13 Relativt nylig utglidning, her i flere nivå oppover.



Figur B14 Det er et gammelt søppeldeponi i ravinen. Ved større flomhendelser eller utglidninger vil søppel fraktes nedstrøms.

B3.4 Andre utfordrende områder

I tillegg til de nevnte ravinedalene kom vi under befaringspunktet var utfordringer. Eksempler på dette er vist i Figur B15 og B16.



Figur B15 Lavpunkt i område der bekker er lukket, nedbørfelt Schulzebekken



Figur B16 Blokkert innløp ved kryssing av Rokkeveien, Lerdalveien, Lerdalsbekken. Ansvar og tilsyn er et gjennomgående tema for slike kryssinger.

B4 Befaring av innspillsområdene for ny utbygging

B4.1 Håkon Melbergs vei



Figur B17 Området ved Håkon Melbergs vei er preget av flate områder der det er utført drenering i skog og mark, samt oppstikkende bratt berg.



Figur B18 En av de bratte skrentene som stikker opp i området Håkon Melbergs vei.

B4.2 Grønlia



Figur B19 Grønlia er dominert av oppstikkende bergkoller med mellomliggende løsmasser og torvjord.



Figur B20 Mot nord finnes en terrasse som ender bratt mot bekken. Nede langs bekken er det også berg der løsmassene ligger ut på kanten fra oversiden.



Figur B21 Også på de mellomliggende områder med løsmasser er det indikasjon på berg i dagen. I reguleringsplan bør vannhåndtering inn som tema, slik at en ikke ender opp med et lukket system.



Figur B22 Bekkene følger underliggende bergstrukturer og har sedimenter som ligger bratt på oversiden.

Vedlegg C

METODIKK

Innhold

C1	Grunnlagsdata	2
C2	Farekartlegging	2
	C2.1 Flom	2
	C2.2 Jord- og flomskred	5
	C2.3 Kvikkleireskred	9
C3	Kartlegging av potensielle konsekvenser	12
C4	Referanser	13

C1 Grunnlagsdata

For analysene og modelleringene utført i prosjektet er det benyttet følgende data:

- ↗ Høydedata 1x1 m (hoydedata.no)
- ↗ Landsdekkende løsmassekart (NGU)
- ↗ Arealressurskart AR50
- ↗ IVF data fra Halden Stadion (SN1220)
- ↗ Vannføringsverdier fra NVEs nettjeneste NEVINA

I tillegg er det benyttet kart over nedbørfelt, kart med marine sedimenter, aktsomhetskart for jordskred, tidligere flom- og skredhendelser, kartlagte kvikkleireområder, data og informasjon fra utførte grunnundersøkelser, data om vannledningsnettet i Halden (inkl. Gemini data), detaljerte kartdata (FKB data) og kart over innspillsområder for ny utbygging.

C2 Farekartlegging

Kartlegging av aktsomhetsområder for kvikkleireskred og jord- og flomskred er kort oppsummert basert på:

- ↗ GIS analyser for innledende kartlegging av aktsomhetsområdene ut fra geometriske betingelser
- ↗ Feltbefaringer for å verifisere GIS analysene, samt å skaffe nødvendig informasjon til produksjon av endelige kart. Observasjoner fra feltarbeidet benyttes også for å supplere informasjonen som er gitt i kartene.
- ↗ Manuell justering av GIS kartene basert på observasjoner i felt, flyfoto og tidligere hendelser.

For flom ble det også gjort innledende analyser som ble justert ved hjelp av feltobservasjoner. Analysene utført for de ulike faretypene er beskrevet i detalj nedenfor.

C2.1 Flom

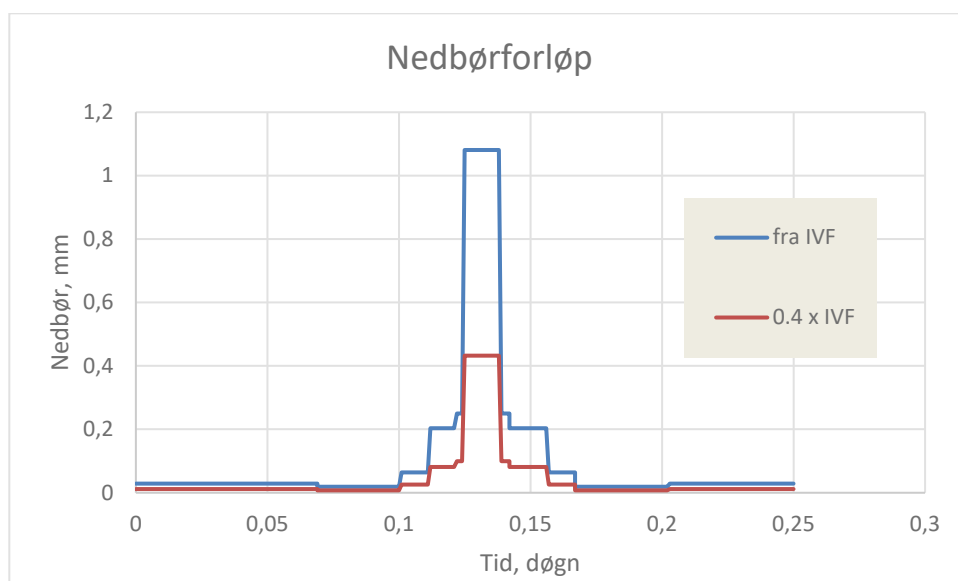
C2.1.1 Flomberegning

I flomberegninger legger man vanligvis til vannføring trinnvis nedover vassdraget ettersom sidebekker renner inn i hovedbekk. I dette prosjektet har vi isteden lagt inn én nedbørhendelse basert på beregnet ekstremnedbør for en 200-årshendelse. Dette betyr at alt areal får samme tilførsel av vann. Det eksisterer ikke målestasjoner i de to vassdragene for sammenligning, men det er sett på vannføringsverdier beregnet av NVEs nettjeneste NEVINA Tabell C1.

Tabell C1 Vannføringsverdier for ulike deler av vassdraget Remmenbekken og Schultzebekken, hentet fra NVEs nettjeneste NEVINA.nve.no.

	Areal (km ²)	Qm (m ³ /s)	Q20 (m ³ /s)	Q200 (m ³ /s)	Q200klima (m ³ /s)
Remmenbekken utløp sjø	19,3	5,5	9,8	16,1	22,6
Odde bru	16,9	4,9	8,8	14,5	20,3
Lerbekken	3,1	1,2	2,1	3,4	4,7
Øvre del, Bislingen	6,4	2,2	3,9	6,4	8,9
Schultzebekken	5,3	1,9	3,4	2,7	7,7

Nedbørforløpet er generert ved å benytte 200-års intensitet varighet frekvenskurve, IVF data fra målestasjon Halden Stadion (SN1220). Nedbørforløpet er vist på Figur C1 Når en bruker tidsforløp direkte fra IVF kurven regner en med at all nedbør går til avrenning. Ved å bruke faktor 0,4 som avrenningsfaktor (som anbefalt i NVE (2015a)) går kun 40% til avrenning, og en får vannmengder som ligger mye nærmere det en forventer innfor et nedbørfelt med skog og jorder.



Figur C1 Nedbørforløp generert fra IVF kurve.

C2.1.2 Hydraulisk modell

Det er satt opp en HEC-RAS modell (Hydrologic Engineering Center. River Analyst System, U.S. Army Corps of Engineers (USACE)) i 2D for å beregne flomforløp i bekkene. Den hydrauliske modellen er bygd opp av høydemodell med 1 m gridstørrelse.

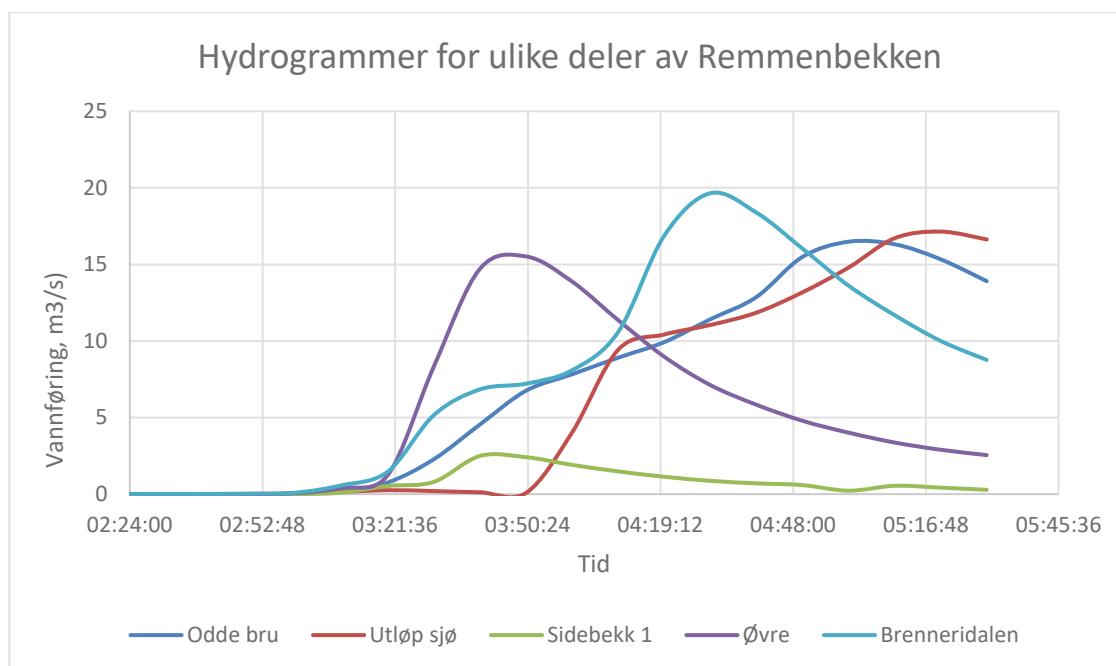
Ruhetsverdien sier noe om hvor stor strømningsmotstand vannet vil ha mot terrenget. Terrengets ruhetsverdier er generert av arealressurskart (AR50), karttema veger og polygoner etablert rundt bekker (FKB). Områder som i AR50 er definert som bebygde er gitt høy ruhet, mens veier, jorder og bekeleier har fått enda høyere ruhet.

Modellen kjøres med det designede nedbørforløpet, hvor nedbøren fordeles jevnt på alle celler i griddet.

Vanntransport i modellen foregår hovedsakelig som tynn strømming på veier. Det er først ved doserte veier eller i grøfter man får en vesentlig vanddybde på veiene. I modellen er det enkelte steder lagt inn rør gjennom veifyllinger. Dette er ikke gjort for lengre strekninger der det er flere innløp til hovedrøret. Det er ikke mulig å på en god måte modellere nettverk av rør i HEC-Ras.

Modellert flomforløp (hydrogram) for ulike deler av Remmenbekken er vist i Figur C2. Det er omtrent samme flomstørrelse for Odde bru og ved utløpet i sjøen, hvor maks vannføring tilsvarer en 200-årsflom. Ser man på "Øvre", dvs der Brødenvegen krysser bekken har denne også omtrent samme forløp, men vesentlig mindre vann. "Øvre" ligger etter samtløp av flere sidebækker, og vil derfor representere et område med kort respons-tid (området får raskt mye vann).

Langs Remmenbekken kommer det inn flere sidebækker, særlig fra øst. I Brenneridalen viser modellen at flommen først stiger ganske raskt. Dette er lokalt vann fra området. Deretter kommer flomtoppen ovenfra, forskjøvet ca. 40 minutter. Flomtoppen i m³/s og vannstanden er dermed ikke en funksjon som enkelt kan skaleres med areal til nedbørfeltet. Når vannet når Odde bru og videre til sjøen er flomtoppen ytterligere flatet ut. Årsaken til dette er at flomvannet fordrøyes i øvre deler, slik at vannets hastighet reduseres og vannmengdene fordeles ut. Dette kommer også frem i flomsonekartet (Vedlegg A). Dersom ikke vassdraget hadde en slik funksjon, ville flomvannføringen i nedre del av vassdraget vært høyere hvor det allerede er utfordringer knyttet til flom, erosjon og utglidninger.



Figur C2 Hydrogrammer i Remmenbekken ved inngående nedbør som i Figur C1.

C2.1.3 Flomsonekart

Flomsonekart er laget for flomstørrelser med årlig sannsynlighet 1/20, 1/200 og 1/1000 per år. Hvis en beregner Q_{1000} vha. regresjonsanalyse med verdiene Q_m , Q_{20} og Q_{200} i Tabell C1, ser en at 200 år + klima er noe større enn hva en forventer av dagens 1000-års flom. Vi har derfor valgt å presentere en 1000- års flom.

Frekvens for flomsone refereres til punkt ved Odde bru (oppstrøms Høyskolen), det er liten forskjell på flomtopp her og nede ved sjøen. Vannføringen i modellen er tatt ut fra tidspunkter der vannføringer er i overenstemmelse med regionalt formelverk for små nedbørfelt (NEVINA, NVE)

Det er også beregnet lavpunkt, som typisk vil kunne fylle seg opp ved store nedbørmengder. Det er valgt å markere områder med mye bekkelukkinger som lavpunkt, samt områder som er oversvømt men ligger mer enn 50 meter fra elvenett. Kun områder der det står mer enn 0.05 m vann er tatt med. Lavpunktene er genert ved å simulere en 200-års flom, men vil i seg selv ikke være representert med en gitt sannsynlighet.

C2.2 Jord- og flomskred

Grunnlagsdata som inngår i en vurdering av fare for jord- og flomskred for et gitt område, består av NVEs aktsomhetskart og historiske skredhendelser. Innenfor det aktuelle området er det kun to steder hvor det er definert aktsomhetsområde for jord- og flomskred, ett ved Remmenbekken og ett ved Schultzebekken (Figur C2 og Figur C3). Flomskred er ikke en aktuell problemstilling for disse to områdene. Bekkene i området går på finkornede sedimenter, som vil gå i suspensjon (fraktes med vannmassene) ved flomhendelser. Det er noe utsortert stein i bekkene, men det fins ikke flomskred-avsetninger med grovere materiale i området. Finsand, silt og leire vil gå i suspensjon og avsettes i Iddefjorden eller lengre ut. Reine flomepisoder vil vaske med seg drivgods av løv, kvist og annet materiale i bekker og gater regnes ikke som flomskred.



Figur C3 Aktsomhetsområde jord- og flomskred Remmenbekken. Hentet fra www.atlas.nve.no



Figur C4 Aktsomhetskart jord- og flomskred Schultzbekken. Hentet fra www.atlas.nve.no

Videre er det bare registrert et fåtall skredhendelser (Figur C5).



Figur C5 Registrerte skredhendelser (www.atlas.nve.no)

De registrerte skredhendelsene er så vidt få at de kan beskrives hver for seg. Beskrivelser av hendelsene i Figur C5 fra ww.atlas.nve.no:

- "Halden. Om morgonen den 12. desember 1894 kom eit steinskred på vegstrekninga Fredrikshald-Sønstegård. (Fredrikshald var namnet på Halden til 1928.) Det var arbeid på vegen. Steinskredet kom frå Rødsberget og knuste eit bustadhus, "Toldrorskar Børresens hus." Andre hus i området vart evakuerte. Det var tydlege sprekker i fjellknausen, og ein frykta fleire steinskred. Manglar informasjon og presis lokalisering, kjenner ikke til akkurat kvar dette huset stod. Kartreferansen er plassert vilkårlig under Rødsberget".
- "Halden. Refne. Natt til 14. desember 2011 kom eit leirskred ved Remmendalen renseanlegg. Skredet kom i skråninga får nedste delen av Rødsparken og ned mot renseanlegget der det vart gjort noko skade på ein bygning. Skredet var om lag på 1000 m³, 100 meter langt og 30 meter breitt. Tre bustadhus, Bøkeveien 6-8-10, var straks evakuerte. Skredet kom etter stor nedbør. Det vart klart skredet kom noko nær bustaden Bøkeveien 10, som blir verande evakuert ei tid. Også ein tursti gjennom dette området vart råka. Kartreferansen er omtrentleg".
- "Halden. Refne. Jordskred gjekk om kvelden 25. februar 2014 ved bustadblokk i Refneveien nr. 40 i Halden sentrum, ned mot ein bekk ikkje så langt frå Iddefjorden. Bakken sokk eit par meter. Det var blitt observert sprekk utanfor blokka og ned mot Remmenbekken nokre dagar før. 65 menneske vart

evakuerte. Skredet gjekk heilt inntil hjørnet av blokka, men blokka har ikkje flytta på seg. Jernbanesporet går i nærleiken, men dette vart ikkje skadd. Etter granskingar vart bestemt at NVE skal skredsikre på Refne ved å byggje opp ein voll blokka har ikke flyttet på seg. Det vart utført sikringsarbeid, og folk kunne flytte tilbake etter nokre veker. Sjå 1998".

- "Halden. Refne. Eit jordskred gjekk i 1998 i ei bratt skråning bak baksida av ei bustadblokk (naboblokka til der skred gjekk i 2014) i Refneveien, nær Halden sentrum. Sidan denne bustadblokka er bygd på fjell, vart det ikkje gjort noko meir med dette. Fleire hundre m³ rasa ut, og skredfaret er enno synleg. Sjå 2011 og 2014".
- I tillegg har NGI registrert følgende: Et svært vannrikt jordskred gikk nedenfor et bolighus i Oskleiva 43 i Halden kommune. Skredet gikk natt til den 7. november 2014, i utfylte masser, etter store nedbørsmengder over flere dager. Beboerne i nærmeste bolighus var evakuert da NGI ble kontaktet.

C2.2.1 Kartlegging av områder med potensiell jordskredfare

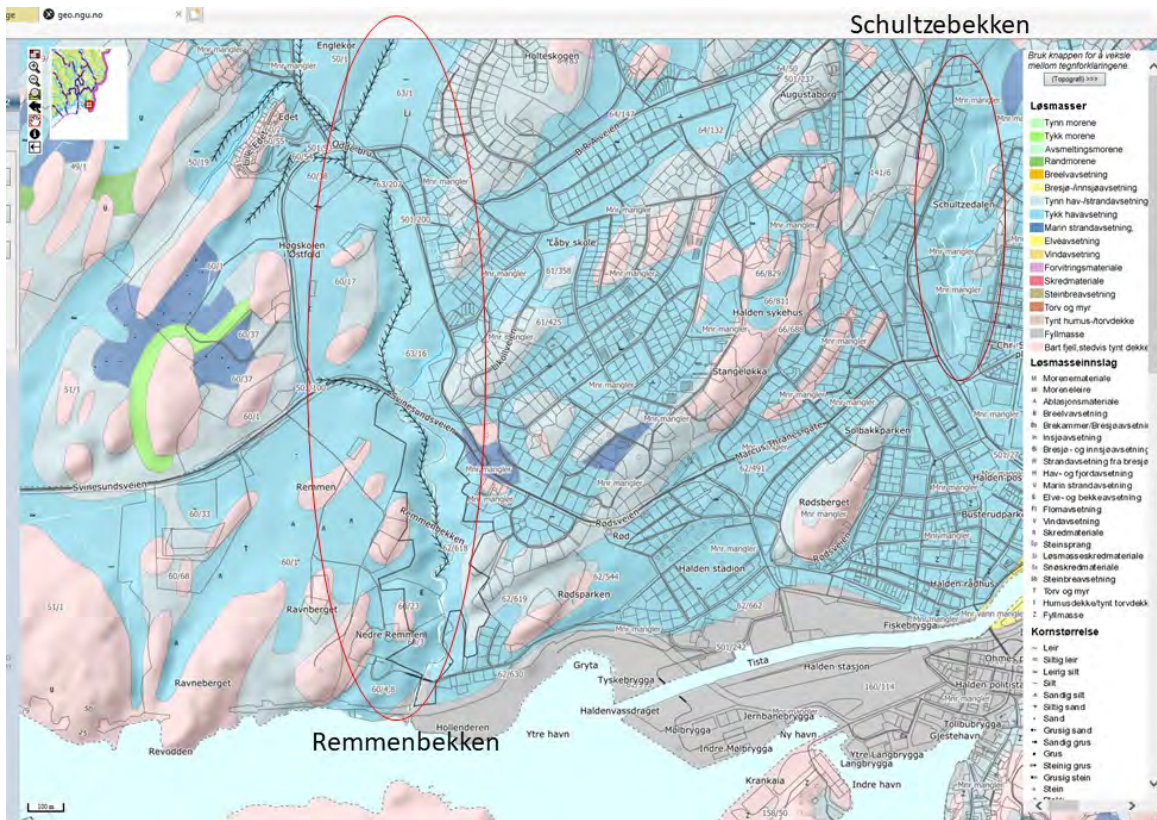
I noe avstand fra oppstikkende koller, ute på leirområdene, vil jordskred være knyttet til brattere partier i raviner eller daler. Det som er utfordrende er å skille ut sedimenter som ligger opp mot oppstikkende koller. Her vil det ofte være grunt til berg, og ut i fra topografien vil det ikke alltid være mulig å skille et hellende svaberg fra en jordskråning. Disse områdene med tynt jordekke på berg, kan være de områdene som får størst reduksjon av stabilitet ved nedbørhendelser. For å komme fram til et utvalg for visuell bedømmelse, er det i prosjektområdet valgt å inkludere alle områder med helning mellom 20 og 50 grader. Områder brattere enn 50 grader vil erfaringsmessig være berg i dagen. Helningsanalysen ble gjort som GIS analyse. De identifiserte områdene ble deretter manuelt justert på bakgrunn av observasjoner fra feltarbeidet, der forekomst av løsmasser og berg i dagen er sentrale observasjoner. Flyfoto ble benyttet på områder som ikke er befart til å verifisere områder med berg eller løsmasser.

I en typisk skråning med løsmasser vil man ha et profil som passerer 20 grader i foten, så bli brattere, og slakere igjen lengre opp. 20 grader er relativt slakt for jordskred, men ved store mengder nedbør kan det være tilstrekkelig med helning for et jordskred. For å redusere utvalget er områder med høydeforskjell mindre enn 5 meter tatt vekk. Det er også fjernet skråninger som representerer fyllinger for vei og jernbane. I boligområder er det ikke spesifikt fjernet områder, men de fleste hager har utfyllinger med høydeforskjeller lavere enn 5 m.

C2.3 Kvikkleireskred

C2.3.1 Løsmasser

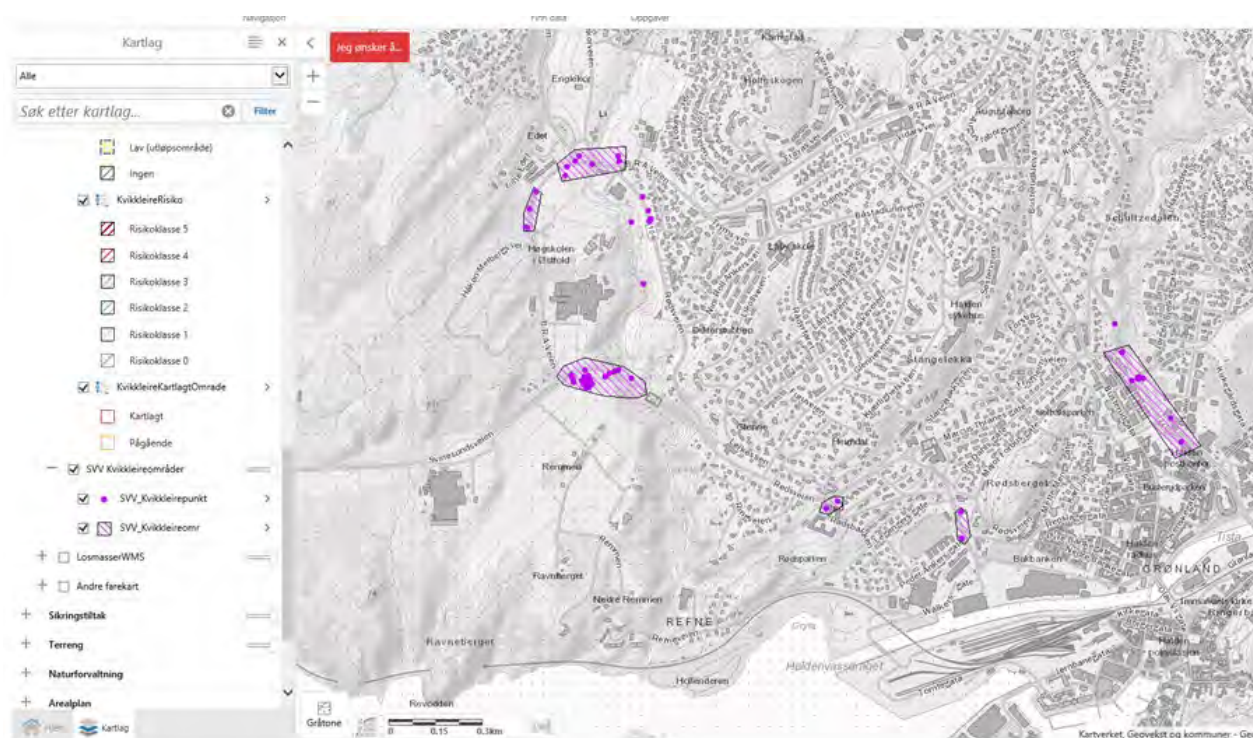
Store deler av området som er innbefattet i dette studiet er i NGU's løsmassekart kategorisert som områder med marine sedimenter (tykk havavsetning), det vil si områder hvor det potensielt kan være kvikkleire (Figur C6).



Figur C6 Løsmassekart (www.ngu.no)

C2.3.2 Kvikkleiresoner

Det er ingen registrerte kvikkleirefarezoner i NVEs database for området (www.atlas.nve.no). De nærmeste kvikkleiresonene er noe nord for Halden, ved Herrebrød og Nordbrøden. Imidlertid har Statens vegvesen (SVV) registrerte områder med kvikkleire langs Remmenbekken (Figur C7).



Figur C7 SVV kvikkleireområder

Kvikklieskred er dypere skred og gjenkjenning av leireområder er basert på kvartær-geologisk kart og tolkning av høydedata for å skille ut med grunt til berg. Hvis det er en større tykkelse av sedimenter, vil en i mindre grad se bergstrukturer og bergformer i detaljerte kartdata.

C2.3.3 Grunnundersøkelser

Innenfor prosjektområdet det svært få geotekniske undersøkelser som er gjort for å undersøke forekomst av kvikkleire. De undersøkelsene vi kjenner er rundt Høyskolen og nedre del av Remmenbekken.

C2.3.4 Kartlegging av aktsomhetsområder for kvikkleireskred

Erfaringsmessig er større kvikkleireskred løst ut ved brudd i elv eller bekk og så utviklet seg bakovergrepene. Sammenligning av mange større skred angir at geometriske kriterier for slike områder er der høydeforskjellene er større enn 10 m og bakovergrepene helning brattere enn 1:15 (dvs brattere enn 3,8 grader). Dette er svært slakt, men skredene krever likevel en utløsning, det vil si at leira går til brudd. Fare for naturlig utløst kvikkleireskred er i all hovedsak knyttet til erosjon i vassdrag der mindre bratte kanter oppstår som gir brudd.

Kvikkleireskred blir ofte utløst av utfyllinger eller gravearbeid i bunn av skråninger, og dette kan være med betydelig mindre høydeforskjell. Vi har her forsøkt å gå ned til 5 m

skråningshøyde. Dette er også gjort i tidligere prosjekter for tettbebygde områder. De potensielle skredfarlige sonene er vurdert ut fra følgende kriterier:

- Minimum skråningshøyde $H=5$ m
- Minimum skråningshelning 1:3 ved $H=5$ m og 1:15 ved $H=10$ m eller høyere

Området er som nevnt sterkt preget av oppstikkende berg og kryssende bergstrukturer med nord-sør forkastninger og sør-vest- nord-øst forkastninger som preger området.

Aktsomhetssonene som er markert er leirområder som har potensiale for kvikkleireskred dersom de skulle inneholde kvikkleire. Sonene er på dette stadiet ikke fareområder for kvikkleire. Basert på risikokart som involverer konsekvens, bør disse brukes for prioritering av videre undersøkelser. Det kreves grunnundersøkelser for å avdekke om det virkelig er kvikkleire på en gitt lokasjon med marine sedimenter.

Sonene er lokalisert der hvor det på kvartærgeologiske kart er avmerket for mektige marine avsetninger. I tillegg er det tatt med soner som er lokalisert innenfor områder som på kvartærgeologisk kart betegnes som fyllmasser/antropogent materiale, men som vi antar har underliggende lag med mektige marine avsetninger.

Hver sone illustrerer området som kan bli berørt av ett enkelt skred og angir det antatte maksimale utstrekningen et skred kan få. Kun soner som er større enn 10 mål er tatt med i vurderingen. Sonene er i tillegg tegnet hovedsakelig langs ravedaler, elve- og bekkeløp da sannsynligheten for utglidninger er størst i disse områdene.

Naturlige kvikkleireskred er hovedsakelig utviklet ved erosjon i elv eller bekk. Leire i grunnen er vannmettet og økt nedbør gir ikke noe ytterligere variasjon av poretrykket i leirområder. Økt vannføring i bekker over tid kan gi økt erosjon, men menneskelige inngrep med graving og terrengendringer har vist seg å være viktigere enn naturlig utløste prosesser. For kvikkleireskred anses det derfor at klimaendringer ikke medfører betydelige endringer i farenivå. Andre faktorer har langt mer betydning, som for eksempel anleggsvirksomhet, deponering av masser på topp av skråninger, utgravinger i bunn av skråninger.

C3 Kartlegging av potensielle konsekvenser

Risiko er kombinasjonen av sannsynlighet for en hendelse og konsekvensen av at denne hendelsen inntreffer. Første steg i risikovurderingen vil være å definere de uønskede hendelsene som skal analyseres og bestemme hvilke konsekvenstyper som skal vurderes. I arbeidet presentert i denne rapporten vil de uønskede hendelsene omfatte skade på bebyggelse/befolkning forårsaket av de tre naturfaretypene. I risikovurderingen inkluderes også konsekvens. Vi vil her vurdere konsekvenstypene tap av menneskeliv/helse og materielle skader, som vurderes ut fra antall eksponerte samt omfanget av naturhendelsene. Vårt arbeid for vurdering av konsekvens utføres som en GIS-analyse. Konsekvensene ble vurdert i form av antall og type bygninger etter følgende prosedyre:

- Inndeling i polygoner for beregning av konsekvens. For kvikkleire aktsomhetssoner ble de beregnede aktsomhetsområdene delt inn i mindre områder. For jordskred ble aktsomhetsområdene benyttet direkte, med en buffer på 5 m.

For hvert enkelt polygon ble det gjort en opptelling av antall bygninger helt eller delvis innenfor, fordelt på sikkerhetsklasse S1, S2 og S3 (jf. Tek 17).

- Bygningene ble deretter sammenstilt ved å gjøre en vekting som tilsvarer vektingen i TEK17:
 - S1: vektingsfaktor 1
 - S2: vektingsfaktor 10
 - S3: vektingsfaktor 50
- Den vektete bygningssummen ble deretter normalisert med hensyn til areal, og fordelt i tre konsekvensklasser (lav, middels, høy).

Risiko er som nevnt over en kombinasjon av sannsynlighet og konsekvens. Da de produserte aktsomhetskartene for jordskred og kvikkleireskred ikke differensierer på sannsynlighet eller på skadepotensialet (intensitet) av potensielle flom- og skredhendelser innen aktsomhetsområdet, er det ikke laget egne risikokart som kombinerer sannsynlighet, skadepotensial og utsatt bebyggelse. Det er funnet mer hensiktsmessig på dette detaljnivå å produsere konsekvenskart som differensierer på antall og type bebyggelse innenfor aktsomhetsområdene. Disse kan benyttes for prioritering av videre oppfølging. Ved mer detaljerte undersøkelser kan mer spesifikke risikoanalyser gjennomføres, enten det er i form av kvantitative eller semi-kvantitative analyser.

C4 Referanser

NVE(2015a) Veileder for flomberegninger i uregulerte felt. NVE veileder nr. 7-2015.

NVE(2015b) rettleiar 2015/3 Flaumfare langs bekker, råd og tips om kartlegging

NV(2014) Veileder 7/2014 Sikkerhet mot kvikkleireskred

NVE(2011) Retningslinje 2011/2 Flaum- og skredfare i arealplanar, Revidert 22. mai 2014

Vedlegg D

NATURFARER OG KLIMAENDRINGER

Innhold

D1 Innledning	2
D2 Naturfarer	2
D2.1 Flom og overvann	2
D2.2 Jord- og flomskred	2
D2.3 Kvikkleireskred	4
D3 Klimaendringer	5
D3.1 Klimaprognoser for Østfold	5
D3.2 Usikkerheter i klimaprognoser	5
D4 Referanser	6

D1 Innledning

Dette vedlegget gir, en generell beskrivelse av naturfarene flom og overvann, jord- og flomskred og kvikkleireskred (kapittel D2). I kapittel D3 beskrives effekt av klimaendringer på disse naturfarene, samt klimaprognoiser for Østfold.

D2 Naturfarer

Arealplanlegging som tar hensyn til naturfarer er det viktigste virkemiddelet for å redusere fare for tap og skader ved naturhendelser. Den beste måten å forebygge skader på er å unngå å bygge i fareutsatte områder (NVE, 2011).

D2.1 Flom og overvann

Flom kan medføre relativt store skader på både bebyggelse, infrastruktur og jordbruksområder. Oversvømmelser skaper i tillegg problemer for fremkommelighet på vegnettet og utgjør også en mulig fare for forurensning av drikkevann.

Skadepotensialet er spesielt stort når elver og bekker går gjennom tettsteder og byggefelt. Elver og bekker i tettbebygde strøk er ofte påvirket av en rekke inngrep som kan forsterke faren for oversvømmelser og for at vannet tar nye veier. Sideelver som bryter ut av sitt normale løp kan være en viktig skadeårsak. Mindre elver og bekker i bratt terreng, som responderer raskt på nedbør, er dessuten svært utsatt for erosjon, massetransport og masseavlagring, som igjen kan føre til økte skader.

Uten forebyggende tiltak vil økt utbygging og fortetting, særlig i urbane områder, forsterke effekten av ekstreme nedbørhendelser. Utfordringen med overvann er at problemene ofte kommer gradvis, gjerne tilknyttet utbygging i et mindre område (NOU, 2015). Enkeltvis kan utbyggingene vurderes til å ha liten betydning for overvann og skade. Men over tid kan den samlede effekten, fortetting og klimaendringer likevel gjøre at overvann vil medføre betydelig skade (NOU, 2015).

Å ha kunnskap om vassdrag og dreneringslinjer er nødvendig for å unngå å bygge på utsatte områder. Vann har en tendens til å følge gamle bekkeløp, som vil komme frem ved store nedbørhendelser, selv om bekkeløpene er lagt i rør eller fylt igjen. Ravinedaler er naturlige vannveier, og selv om disse for lengst er fylt igjen vil vann typisk kunne samle seg her ved store nedbørsmengder (Skedsmo kommune, 2019).

D2.2 Jord- og flomskred

Jord- og flomskred går under kategorien løsmasseskred, som er fellesbetegnelsen for skred i løsmasser. Begrepet løsmasser benyttes for alle typer masser som ligger over fast fjell, som stein, grus, sand, silt, leire og jordsmonn, samt masser deponert av mennesker. Både jord- og flomskred har gjerne stor hastighet og er flomlignende skred av vannmettede løsmasser i bratte skråninger og elveløp. Det kan være vanskelig å skille mellom

de to skredtypene uten en grundig feltundersøkelse, og ofte kan det også være en glidende overgang mellom jordskred og flomskred i en skråning. Definisjonen av de to skredtypene er som følger (NVE, 2013):

Jordskred: Jordskred er raske utglidninger og bevegelser av vannmettede løsmasser i bratte skråninger, utenfor definerte vannveier.

Flomskred: Flomskred er hurtige, flomlignende skred som opptrer langs elve- og bekkeløp, også der det vanligvis ikke er permanent vannføring. Vannmassene kan rive løs og transportere store mengder løsmasser, større steinblokker, trær og annen vegetasjon i og langs løpet.

Jord- og flomskred kan skade infrastruktur, veier, bygninger og mennesker på grunn av høy hastighet og rekkevidde. Flomskred kan oppnå større hastigheter enn jordskred, og kan derfor forårsake større materielle skader. Boliger, infrastruktur og jordbruksarealer som ligger langs elver, bekker og i gamle flomskredvifter er spesielt utsatte for ødeleggelser. Skadepotensialet er tett knyttet til sammensetningen av skredet; et flomskred med høyt vanninnhold vil generelt forårsake mindre skader enn et skred med høyt innhold av sedimenter, blokker og vegetasjon. Jordskred kan demme opp bekker og mindre elver, og forårsake lokale oversvømmelser.

Flere faktorer kan samlet sett bidra til å påvirke og utløse et skred.

Utløsende faktorer for jordskred kan være kombinasjoner av:

- ↗ Kraftig eller vedvarende regn og/eller snøsmelting
- ↗ Mettet jord med positivt poretrykk (ikke sug)

Utløsende faktorer for flomskred kan være kombinasjon av:

- ↗ Kraftig eller vedvarende regn og/eller snøsmelting
- ↗ Stor vannføring og erosjon
- ↗ Jordskred
- ↗ Sørpeskred
- ↗ Dambrudd

Jordskred kan utløses av erosjon i foten av skråningen, eller ved at vann, i form av nedbør, øker poretrykket og totalvekt av masser og vegetasjon. Ved bebyggelse eller anlegg er det svært vanlig at det fylles ut masse fra toppen og ut i skråninger, samtidig som en ønsker å oppnå mer flate på nedsiden av skråningen. Dette er forhold som bør ivaretas gjennom reguleringsplaner. Ved bygging av støttemurer er det krav om geoteknisk prosjektering for murer over 2 m høyde. Dette gjelder både for veier og hus. Et ferdig utbyggt område i skrånende terreng, har ofte flere potensielt ustabile partier enn før utbygging i naturlig tilstand.

D2.3 Kvikkleireskred

I alle områder med marine avsetninger (silt og leire) kan det danne seg kvikkleire. Kvikkleireskred kan skje uten forvarsel, ha stort omfang og medføre store skader på bebyggelse og være til fare for liv og helse. Det er derfor av stor betydning å vise varsomhet, aktsomhet og respekt for områder som ligger på usikker grunn. Det er verdt å merke seg at den nasjonale kvikkleirekartleggingen ikke nødvendigvis inkluderer utløpsområder for skredmasser eller mindre kvikkleireområder. Derfor er det viktig å være klar over at i alle områder med marine avsetninger må det gjøres geotekniske vurderinger, da det her teoretisk kan være kvikkleire.

Kvikkleire er leire med samme oppbygging som annen marin leire, men har mindre saltinnhold. Marin leire er avsatt i salt sjøvann da havet sto høyere under og etter istiden. Leira har et høyt vanninnhold og er i utgangspunktet ganske fast, fordi saltet i leira har elektriske ladninger som holder leirpartiklene sammen i en slags gitterstruktur. I terreng og sjikt der grunnvannet har god gjennomstrømning kan saltinnholdet gradvis vaskes ut og leira få kvikk- eller sprøbruddkarakter. Dersom kvikkleira blir forstyrret, for eksempel i form av økt overliggende vekt, kan gitterstrukturen kollapse slik at leira blir til en flytende suppe. Kvikkleireskred kan forplante seg raskt bakover over store områder og de utraste skredmassene kan flyte flere kilometer nedover.

Det er to hovedårsaker til at kvikkleireskred blir utløst:

- Menneskelig aktivitet, som graving eller oppfylling av masser.
- Erosjon, av regn, bekker og elver, samt opphopning av vann

I kvikkleireområder kan selv små terrenginngrep (også terrenginngrep som ikke trenger byggetillatelse) utløse farlige skred. De fleste kvikkleireskred utløses av menneskelig aktivitet, som for eksempel Asakskredet i Sørumsund, Rissaskredet, Skjeggstadskredet. Veiledningsmateriell fra NVE er tydelige på at restriksjoner mot terrenginngrep i områder med fare for kvikkleireskred også må gjelde for små tiltak som ikke trenger søknad.

Naturlige kvikkleireskred er hovedsakelig utviklet ved erosjon i elv eller bekk. Leire i grunnen er vannmettet og økt nedbør vil derfor ikke bidra til å øke vanninnholdet i selve leira. Økt nedbør kan derimot bidra til å øke vekten på massene som ligger over leira. Økt vannføring i bekker over tid kan gi økt erosjon, men menneskelige inngrep med graving og terrengendringer har vist seg å være viktigere enn naturlig utløste prosesser. For kvikkleireskred anses det derfor at klimaendringer ikke medfører betydelige endringer i farenivå. Andre faktorer har langt mer betydning, som for eksempel anleggsvirksomhet, deponering av masser på topp av skråninger, utgravinger i bunn av skråninger.

Erosjon kan føre til utglidninger som kan utløse kvikkleireskred, spesielt i ravinert terreng eller langs bekker og elver. Omfattende hogst kan også i noen tilfeller også

påvirke stabiliteten, da trærnes røtter holder på jorda. Trær i bratt terreng kan forebygge at skred blir utløst.

I de senere årene er de aller fleste kvikkleireskredene utløst av menneskelig aktivitet.

D3 Klimaendringer

Prognoser om framtidige klimaendringer avhenger av hvilket utslippsscenario en legger til grunn. Utslippsscenarioer beskriver forskjellige scenarier for framtidig utvikling av globale utslipp av klimagasser og aerosoler (partikler). Utviklingen av disse utslippene er i stor grad avhengig av verdens befolkningsvekst, teknologiutvikling, næringslivs- utvikling og politiske rammebetingelser.

D3.1 Klimaprognoser for Østfold

Klimafremskrivningene tilsier at det vil bli mer nedbør og hyppigere episoder med styrt-regn og derfor hyppigere og større flommer i små vassdrag i hele landet. For alle små vassdrag som reagerer raskt på nedbør og har nedslagsfelt mindre enn ca. 100 km², må man regne med minst 20% økt flomføring i løpet av de neste 50 – 100 år (NVE, 2015).

Det er spesielt intens nedbør i løpet av 10 minutter til noen få timer som forårsaker de fleste flomskadene i bebygde strøk (Førland m.fl. 2015). I løpet av det siste tiåret har vi sett flere eksempler på ekstremnedbør med store påfølgende skader. Flere av disse har hatt varigheter med gjentaksintervall på over 50 år.

Flere ekstreme nedbørshendelser har også blitt observert andre steder i Norden, som «monsterregnet» i København 2. juli 2011, der hele 120 mm nedbør falt på to timer. Denne nedbørhendelsen hadde varighet med gjentaksintervall på over 1000 år, og forårsaket skader på over 6 milliarder danske kroner, som gir en beregnet kostnad på 5 000 per innbygger (DSB, 2016). Omregnet til antall innbyggere i Halden vil et tilsvarende tilfelle av ekstremnedbør koste over 156 millioner kroner. Klimatisk kan et tilsvarende scenario også skje langs Oslofjorden i Norge (DSB, 2016).

Skredtypene jord- og flomskred vil trolig bli både vanligere og mer skadelige grunnet en økning i nedbør. Økt erosjon som følge av kraftig nedbør i elver og bekker kan utløse flere kvikkleireskred grunnet utglidninger, spesielt langs elver og bekker som responderer raskt på nedbør der vannstanden kan gå raskt opp og ned (Norsk klimaservicesenter, 2017).

D3.2 Usikkerheter i klimaprognoser

Eksisterende klimaprognoser er usikre av flere årsaker. Det er blant annet usikkerhet knyttet til

- 1) Framtidige menneskeskapte utslipp
- 2) Naturlige klimavariasjoner

3) Klimamodellene

Den første typen usikkerhet er i noen grad tatt hensyn til ved at flere utslippsscenarioer er benyttet i klimaframskrivningene. Den andre typen usikkerhet skyldes dels interne variasjoner i klimasystemet og dels variasjoner i naturlige drivere. De interne variasjonene simuleres i stor grad av klimamodellene, og bruk av flere modeller gir et bilde av denne usikkerheten. Variasjoner i naturlige klimaendringer er det derimot ikke tatt høyde for, men dersom de ikke blir større enn de har vært de siste 100 år vil de ha relativt liten betydning. Den tredje typen usikkerhet, som er knyttet til klimamodellenes feil og forenklinger, tas også i noen grad hånd om ved bruk av flere modeller, fordi forskjellige modeller har forskjellige feil og forenklinger. Prosesser vi ikke kjenner, og som derfor ingen modeller beskriver vil imidlertid ikke dekkes av dette (Hanssen -Bauer m.fl., 2015).

D4 Referanser

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. 2016. Risikoanalyse av regnflom i by. Krisescenarioer 2016 – analyser av alvorlige hendelser som kan ramme Norge. Hentet fra: https://www.dsb.no/globalassets/dokumenter/rapporter/delrapport_-regnflom_2016.pdf

Hanssen-Bauer, I., Førland, E. J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer, S., Nesje, A., Nilsen, J. E. Ø., Sandven, S., Sandø, A. B., Sorteberg & A., Ådlandsvik, B. (2015). Klima i Norge 2100 Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015. Oslo: Hentet fra: https://cms.met.no/site/2/klimaservicesenteret/rapporter-og-publikasjoner/_attachment/6616?ts=14ff3d4eeb8

Norsk Klimaservicesenter. 2017. Klimaprofil Østfold. Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning. Oppdatert juli 2017. Hentet fra: <https://klimaservicesenter.no/faces/desktop/article.xhtml?uri=klimaservicesenteret/klimaprofiler/klimaprofil-agder>

NOU. 2015. Overvann i byer og tettsteder. Som problem og ressurs. NOU 2015/16. Hentet fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/e6db8ef3623e4b41bcb81fb23393092b/no/pdfs/nou201520150016000dddpdfs.pdf>

NVE. 2011. Flaum- og skredfare i arealplanar. NVE Retningslinjer 2/2011. Hentet fra: http://publikasjoner.nve.no/retningslinjer/2011/retningslinjer2011_02.pdf

NVE. 2015. Hvordan ta hensyn til klimaendringer i arealplanleggingen. NVE Fakta 3/2015. Hentet fra: http://publikasjoner.nve.no/faktaark/2015/faktaark2015_03.pdf

Skedsmo kommune. 2019. Plan for vern av raviner. Utkast.

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Fare- og aktsomhetskartlegging for kommunedelplan		Dokumentnr./Document no. 20190841-01-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Oppdragsgiver/Client Halden kommune	Dato/Date 2020-02-28
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract Oppdragsgiver / Client		Rev.nr.&dato/Rev.no.&date 0 /
Distribusjon/Distribution FRI: Kan distribueres av Dokumentsenteret ved henvendelser / FREE: Can be distributed by the Document Centre on request		
Emneord/Keywords Flom, skred, aktsomhetsområder, flomsoner		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality	Felt navn/Field name
Sted/Location	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	2020-02-28 Unni Eidsvig	2020-02-26 Bjørn Kalsnes		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 28. februar 2020	Prosjektleder/Project Manager Unni Eidsvig
--	--------------------------------------	--

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

