



RAPPORT

Ny 132 kV Kvandal-Kanstadbotn

SKREDVURDERING BOGEN

DOK.NR. 20160626-01-R

REV.NR. 0 / 2016-11-18

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: Ny 132 kV Bogen
Dokumenttittel: Skredvurdering Bogen
Dokumentnr.: 20160626-01-R
Dato: 2016-11-18
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Statnett SF
Kontaktperson: Elin Eriksen
Kontraktreferanse: Statnett innkjøpsordre 38150

for NGI

Prosjektleder: Kjetil Brattlien
Utarbeidet av: Kjetil Brattlien og Peter Gauer
Kontrollert av: Christian Jaedicke

Sammendrag

NGI har på oppdrag for Statnetts driftsavdeling utført skredfarevurdering for et område i Bogen i forbindelse med bygging av ny 132 kV Kvandal-Kanstadbotn. Traseen i Bogen er skredutsatt og NGI forventer at noen kraftmaster kan bli truffet av skred omtrent hvert 50. år i gjennomsnitt. Skredene kan bli meget store og trasevalget krever robust design for å sikre kraftforsyningen.

Det bemerkes at det kan ha store samfunnsmessige og økonomiske konsekvenser hvis et ekstremskred skulle skade begge linjene (parallellføringen) på stedet. HMS-hensyn kan gjøre at det tar lang tid før forholdene kan være trygge nok til at folk kan arbeide i området hvis en hendelse eksempelvis inntreffer i en vintersituasjon med stor skredfare.

Tabell 6-1 i kapittel 6 gir NGIs vurdering av antatt årlig sannsynlighet for at mast skades av skred. Kapittel 7 gir mulige laster på mastene fra snøskred og steinskred.

Skredlaster avhenger av masteplasseringer, og NGI kan i ytterligere detalj vurdere skredlaster og eventuelle sikringsløsninger når endelig masteplassering er bestemt. NGI bistår gjerne videre i prosjektet.

Innhold

1	Innledning	5
1.1	Befaringer	5
1.2	Datagrunnlag	6
1.3	Begrensninger og forbehold	6
2	Designkriterium og returperiode	6
3	Historiske skredhendelser Bogen	6
4	Topografi og geologi	7
5	Klima	8
6	Skredfarevurdering	9
7	Skredlaster og beregninger	10
7.1	Skredlaster fra snøskred	11
7.2	Skredlaster fra steinskred	14
8	Konklusjoner og anbefalinger	16

Kart vedlegg

Kart nr. 1	Oversiktskart.
Kart nr. 2 og 3	Helningskart og observerte skred.
Kart 4	Løsmassekart fra NGU.
Kart 5	Skredhastighet fra RAMMS.

Vedlegg

Vedlegg A	Historiske skredhendelser i Bogen.
Vedlegg B	Bilder.
Vedlegg C	Klima.
Vedlegg D	Beregning av skredlaster snøskred.

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

NGI har på oppdrag for Statnetts driftsavdeling utført skredfarevurdering for et område i Bogen i forbindelse med bygging av ny 132 kV Kvandal-Kanstadbotn. Bakgrunnen for oppdraget er bl.a. skred fra Stortinden som tidligere tatt eksisterende linje på stedet hvor det er parallellføring med 132 kV Kvandal-Kvitnes. Figur 1-1 viser Stortinden i Bogen og det mest skredutsatte området ved rød markør. Kart nr. 1 bakerst i rapporten viser området og plassering av dagens master. Mastenummer er gitt for eksisterende trase Kvandal-Kanstadbotn.

Hensikten med oppdraget er å vurdere skredfare og gi skredlaster som kan brukes i beslutningsprosessen om traseen under Stortinden skal benyttes.



Figur 1-1 Stortinden i Bogen med det mest skredutsatte området omtrentlig angitt med rød markør.

1.1 Befaringer

Feltarbeid ble utført 20. og 21. september 2016 som en del av befaring av hele traseen Kvandal-Kanstadbotn. Befaringen 20. september ble utført med helikopter, mens befaringen 21. september ble utført med bil og til fots. Følgende personer deltok på befaringen:

- ↗ Fra Statnett: Andre Larsen Braathen, Ivan Nordnes Dahlberg og Emil Løkås.
- ↗ Fra Ara Engineering: Elisabeth Aske og Arni Bjørn Jonasson.
- ↗ Fra NGI: Kjetil Brattlien og Peter Gauer.

1.2 Datagrunnlag

Strekningen er vurdert på bakgrunn av en detaljert DEM med 2 meters oppløsning og Lidar data fra Statnett med 2 m oppløsning. Laserskanningen er ikke tilgjengelig for hele fjellsiden.

1.3 Begrensninger og forbehold

Skredfarevurderingene er gjennomført etter beste skjønn og er basert på den informasjonen som er tilgjengelig per dags dato. Dersom ny informasjon om snø-, terreng-, vegetasjons- eller skredforhold skulle bli tilgjengelig, kan det bli nødvendig å endre vurderingene.

2 Designkriterium og returperiode

Statnett har besluttet at NGIs skredvurderinger for ny 132 kV kraftlinje forbi Bogen skal dimensjoneres for skred med årlig nominell sannsynlighet på 1/1000. Skred har tidligere skadet linja i det aktuelle området, og parallellføringen med 132 kV Kvandal-Kvitnes tilsier at det kan bli store økonomiske og samfunnsmessige konsekvenser dersom skred tar begge linjene.

3 Historiske skredhendelser Bogen

Kraftlinjen forbi Bogen er skredutsatt. Det er flere kjente skredhendelser (se kart nr. 2 i vedlegg) som er relevante for vurdering av skredfare, beregning av skredlaster og valg av trase. Følgende skredhendelser er beskrevet i mer detalj i vedlegg A:

- ↗ Den 4. mars 1986 gikk det et stort snøskred fra Stortinden som tok to høyspentmaster og sperret RV 19 mellom Bogen og Evenes i ca. 200 m lengde. Snøskredfare gjorde at reparasjonsarbeidet for å få tilbake strømmen først kunne begynne 3 dager senere. Det reparasjonsarbeidet måtte utsettes til været bedret seg og skredfaren avtok. Hvis det dårlige været hadde fortsatt, så ville reparasjonsarbeidet måtte utsettes ytterligere. Det er usikkert om dagens strenge krav til HMS og arbeidssikkerhet ville tillatt igangsettingen av reparasjonsarbeidet i 1986.
- ↗ I mars 1943 gikk det et enda større snøskred enn i 1986. Det sies at hele terrenget i fjellsiden ved Svarteberget var forandret etter at de store snømassene hadde løstnet. All skog var borte og telefonlinjene var sopt på sjøen. Skredet skal ha gått tvers over Bogenbukta, og snøblokker som små hus kom helt til Bergvikneset.

- I august 1999 gikk det et steinskred da et parti på ca. 150 m³ løsnet ved kote 250, og gikk forbi kraftlinja og ned på innmarka der to blokker på 40 m³ og 50 m³ gikk 40-50 m forbi urfoten og stoppet ca. 40 m fra nærmeste hus.
- Korssteinen er navnet på en stor skredblokk som ligger ca. 50 meter nedenfor kraftlinja mellom mast 86 og 87 (Figur 3-1). Blokka er av NGI anslått til å være 10x15 m, og gjennomsnittlig høyde er grovt anslått til 10 m. Blokka har dermed et volum på ca. 1500 m³ som tilsier en vekt på om lag 4000 tonn. Det er ikke sikre kilder på når Korssteinen falt ut, men flere steder er det skrevet at det skjedde i århundreskiftet 1800-1900.



Figur 3-1 Korssteinen med rød strek som viser påtegnet linje med tekst "1943" som indikerer høyden på skredsnøen på siden av steinen da. Kraftmast kan sees i bakgrunnen.

4 Topografi og geologi

I området ved Bogen ligger kraftlinjen omtrent ved kote 50 til 100. Det mest skredutsatte området er under Stortinden hvor det er bratt terreng opp til toppen ved kote 800. Generelt er den øvre delen av fjellsiden mindre bratt enn de nær vertikale bergpartiene som ligger om lag mellom kote 400 og 200. Stortinden ligger i le for vind fra sektoren V-NV-N-NØ. Skoggrensen ligger om lag 400 moh. Kart nr. 2 og 3 bakerst i rapporten viser terrenghelningen.

I følge NGUs berggrunnkart så er det i hovedsak glimmerskifer i området. Unntaket er brattkanten midt i fjellsiden (typisk kote 200-300) som består av kalkspattmarmor.

I følge NGUs løsmassekart så er det i området langs kraftlinjen hovedsakelig morenemateriale og forvitningsmateriale. Det er enkelte områder på utflatinger i fjellsiden som er klassifisert som skredmateriale (blokker fra steinskred). NGUs løsmassekart er vist i kart nr. 4 bakerst i rapporten.

Figur 5-1 viser Stortinden og det mest skredutsatte området. Det er flere bilder i vedlegg B.



Figur 4-1 Stortinden med den skredutsatte kraftlinjen i foten.

5 Klima

Årsmiddelnedbør i Bogen er ca. 1000 mm. Det er store lokale forskjeller i nedbør i området og eksempelvis har Narvik (20 km mot øst) årsmiddel på 800 mm og Kanstadbotn (40 km mot vest) årsmiddel på 1800 mm. Været i området kan variere mye og komme fra forskjellige vindretninger. Mest nedbør kommer med vestlig vind (SV-V-NV). Det kan også være kraftig vind fra øst.

Eksempel på varierende vær er skredet i Bogen 4. mars 1986. Skredet ble utløst etter en periode med nordvestlig kuling og mye snø. Etter skredet dreide vinden østlig og økte i styrke. Dette førte til kraftig snøfokk i fjellet hvor skredfaren økte mye i terreng i le for østavinden. Vassdalulykken 5. mars 1986 ble utløst av kraftig snøfokk fra østlig vind. Analyse av klima og vær er vist i vedlegg C.

6 Skredfarevurdering

Skredvurderingene omhandler den 4,5 km strekningen fra mast 80 ved Rundmoen til mast 94 ved Dragvikelva. Tabell 6-1 gir NGIs vurdering av antatt årlig sannsynlighet for at mast skades av skred. Tabellen gir også en kort beskrivelse av skredfaren, og skredtype som kan skade mast.

Tabell 6-1 Vurdering av skredfare for mast 80-94 i Bogen. Fargelegging i henhold til sikkerhetskravet 1/1000.

Mast nr.	Utsatt for skredtype	Antatt sannsynlighet*	Beskrivelse skredfare
80		< 1/1000	Vurderes ikke skredutsatt.
81	Stein, snø, sørpe	1/1000	Ligger i bunn av "Skredlia". Skredavsetninger ikke observert på flybilder, og nå delvis skogkledd i lia. Ny mast anbefales å flyttes noe lenger unna forsenkningen.
82	Stein, snø	1/1000	Flybilder viser skredblokker rundt mastene, og flomskredavsetning i forsenkning 40 m sørvest for mast. Fjellsiden er delvis skogkledd.
83	Stein	< 1/1000	Skredavsetninger ikke observert på flybilder, og nå delvis skogkledd i lia.
84	Stein	< 1/1000	Skredavsetninger ikke observert på flybilder, og nå delvis skogkledd i lia. Mast er plassert på en liten rygg. Det er skredutsatt for stein- og flomskred mellom mast 83 og 84.
85	Stein	1/1000	Det er rekke skredblokker i området. Steinskredet i 1999 gikk 50 m vest for masten. Det er ferske skredblokker også 40 m øst for masten.
86	Snø, stein, sørpe	1/100	Ligger på en rygg ved Gjerdeelva i et fareområde for sørpeskred vurdert av NGI i 1987 (NGI rapport 87428). Kan også treffes av snøskred og steinskred selv om ligger litt øst for hovedskredløp. Ble trolig ikke truffet av snøskredet i 1943. Mast bør vurderes å flyttes noe mot øst.
87	Snø, stein	1/50	Store snøskred her i 1986 og 1943. Store skredblokker i området. Luftspenn mellom mast 86 og 87 også skredutsatt.
88	Snø, stein	1/300	Sjeldne snøskred kan komme treffe mast fra utløsnings-områder opp til kote 800. Skog under ca. kote 400. Ligger delvis under en rygg og ble trolig ikke truffet av snøskredet i 1943. Noen skredblokker på flyfoto.
89	Snø, stein	1/300	Sjeldne snøskred kan komme treffe mast fra utløsnings-områder opp til kote 800. Skog under ca. kote 400. Mindre snøskred i 1986 gikk ned i retning masta. Ble trolig ikke truffet av snøskredet i 1943. Noen skredblokker på flyfoto. Trolig mindre skredutsatt om mast flyttes 100 m mot vest.
90	Snø, stein	1/1000	Sjelden snøskred fra ca. kote 600 kan nå mast. Skog under ca. kote 400. Ikke spor etter skredblokker.
91	Snø, stein	1/1000	Skredavsetninger ikke observert på flybilder, og nå delvis skogkledd i lia. Mast må plasseres til siden for bekker.
92	Stein, jord	< 1/1000	Skredavsetninger ikke observert på flybilder, og nå delvis skogkledd i lia. Mast bør plasseres utenfor bekkeløp.
93		< 1/1000	Skredavsetninger ikke observert på flybilder, og nå delvis skogkledd i lia.
94	Flom, sørpe	< 1/1000	Vurderes ikke skredutsatt forutsatt plasseres tilstrekkelig opp fra Dragvikelva.

* Tallverdi angir NGIs vurdering av antatt årlig sannsynlighet for at mast skades av skred. Skadeomfanget er ikke gitt av tabellen, men omtalt i kapittel 7.



Figur 6-1 Eksempel på ferske blokker fra steinskred nær mast 85 med blokkstørrelse opp til 25 m³ (70 tonn).

7 Skredlaster og beregninger

Som det fremgår av kapittel 6 så vurdere NGI at mange master i det aktuelle området kan skades av skred hyppigere enn designkravet på årlig sannsynlighet mindre enn 1/1000. Skadeomfang og konsekvenser av et skred avhenger bl.a. av masteplassering, skredtype, skredhastighet, skredstørrelse, og masten og fundamentenes konstruksjon. Her er noen eksempler på skredhendelser og konsekvenser:

- Et enkelt *steinsprang* har liten bredde og dermed liten sannsynlighet for å treffe en mast. Et steinsprang vil sannsynligvis heller ikke medføre betydelig skade eller strømutfall. Større steinsprang vil kunne medføre betydelig skade og mulig strømutfall hvis ikke mast og fundament er tilstrekkelig dimensjonert.
- *Steinskred* med svært store blokker eksempelvis som "Korssteinen" kan falle ut og treffe master, og ha sprang som treffer ledningen. Like fullt har store blokker en relativt liten bredde som reduserer sannsynligheten for treff av mast. Det er ikke mulig å dimensjonere en mast for svært store blokker, og konsekvensene vil dermed bli havari av mast og sannsynlig strømutfall.
- *Snøskred* har ofte stor bredde som øker sannsynlighet for treff av mast. Master kan enkelt forsterkes eller settes på betongsøyler som tåler vanlige snøskred. Store snøskred kan gi laster det er vanskelig å håndtere (se figur 8-1), og de kan også gi betydelige laster flere 10-talls meter over bakken som kan skade ledninger. Det er neppe mulig å dimensjonere en mast for de mest ekstreme snøskred og konsekvensene kan dermed bli havari av mast og sannsynlig strømutfall.

- ↗ *Sørpeskred* er en blanding av snø og vann. Slike skred kan ha relativt lav hastighet, men de har stor tetthet og inneholder ofte stein og vegetasjon som kan gi store laster det er vanskelig å håndtere. Mast 86 kan være utsatt for sørpeskred.



Figur 7-1 Skredmast tatt av snøskred på NGIs forskningsfelt i Ryggfonn på Strynefjellet i år 2000.

I det følgende er det gjort vurdering av skredlaster på master fra snøskred og steinskred. Detaljer fra snøskredberegninger er gitt i vedlegg D.

Skredlaster avhenger av masteplasseringer, og NGI kan i ytterligere detalj vurdere skredlaster og eventuelle sikringsløsninger når endelig masteplassering er bestemt.

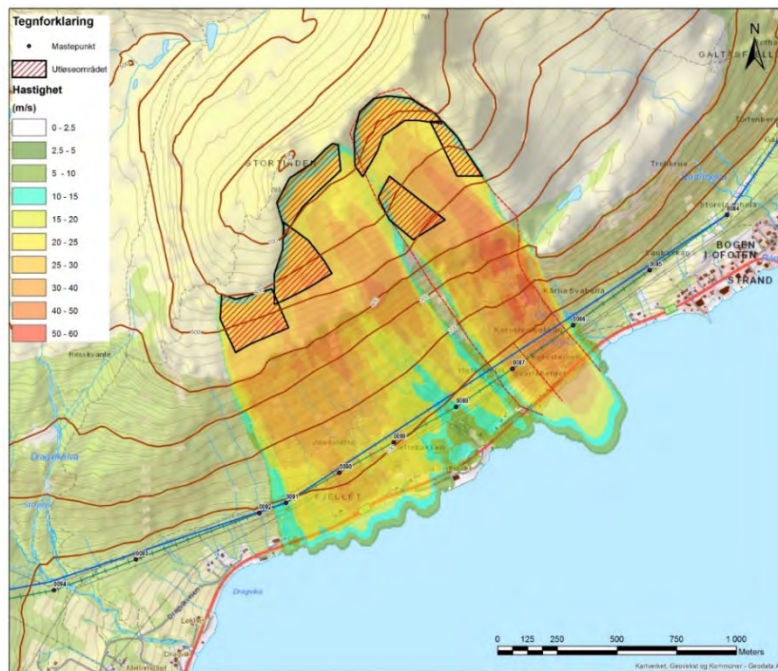
7.1 Skredlaster fra snøskred

Skredhastighet er beregnet med den numeriske skredmodellen RAMMS (Christen et al. 2010). Det er brukt parametere som samsvarer med standardverdiene for sjeldne og store skred i Sveits og Norge, kun korrigert for høyde over havet. Observasjoner fra Østerrike indikerer imidlertid at det potensielle skadeområdet av snøskred kan strekke seg 100 – 200 m lengre enn utløpsdistansen av den flytende delen (Gauer et al. 2010). Beregningene tar ikke hensyn til vegetasjon. Vi har benyttet standardverdiene utviklet for Sveits for skredbanen ved Bogen, men har redusert høydenivåene med 500 m for tilpasning til norske forhold. Beskrivelse av metoder, prinsipper, parametere og referanser er gitt i vedlegg D.

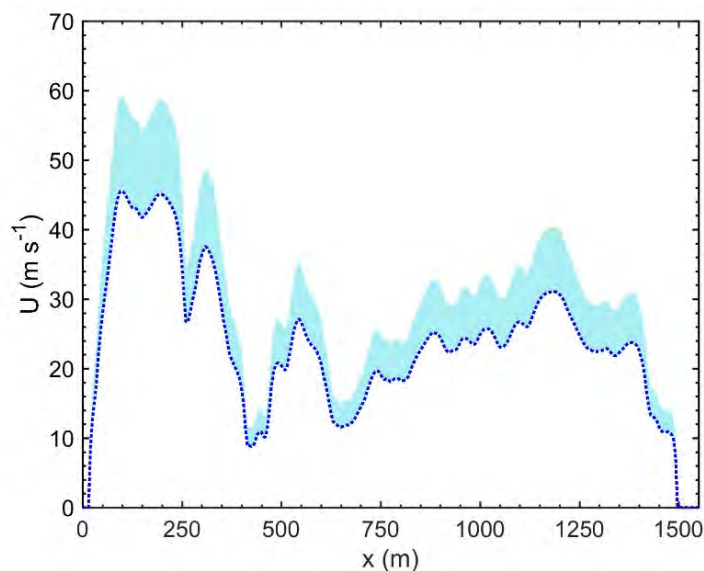
7.1.1 Skredhastighet

Figur 7-2 viser eksempel på hastighetsberegninger av tørre snøskred i fjellsiden nedenfor Stortinden (figuren er også vist i A3 format i kart nr. 5 bakerst i rapporten). NGI har benyttet en bruddhøyde på 1,5 m i vestlig del av området og 2 m i østlige del som vi vurderer tilsvarer årlig sannsynlighet 1/1000. Simuleringene for det østlige området passer med de observerte skred i 1943 og 1986 selv om disse hendelsene trolig opptrer hyppigere.

Figur 7-2 viser at hastigheten ved kraftlinja varierer langs fjellsiden. Figur 7-3 viser beregnet skredhastighet langs planlagt kraftlinjetraseen mellom mast 86 og 92. Det bemerkes at RAMMS har en tendens til å gi for lav skredhastighet, og mest sannsynlig variasjonsbredde er også vist i Figur 7-3.



Figur 7-2 Skredhastighet fra RAMMS-beregning fra angitte utløsningsområder. Rød stiple linjer viser skred i 1986 og 1943.



Figur 7-3 Hastighetsprofil for simuleringen i figur 2 langs planlagt linjetrase fra øst til vest med nullpunkt omtrent ved mast 86. Blå stiple linje viser data fra RAMMS og lyseblå indikerer mest sannsynlige variasjoner.

Skredsimuleringen i Figur 7-2 og Figur 7-3 vurderes å ha en returperiode på ca. 1000 år. NGI har ikke fått informasjon om skred fra det vestlig området mot linjetrase, men terrengformene indikerer at sjeldne skred som løsner fra område muligens kan nå linjetrase. Dette bekreftes av simuleringene med RAMMS. Tabell 7-1 gir antatt skredhastighet for tørre snøskred med årlig sannsynlighet 1/1000 for mast 86-91. Skredhastigheten kan benyttes i beregning av skredlaster mot master.

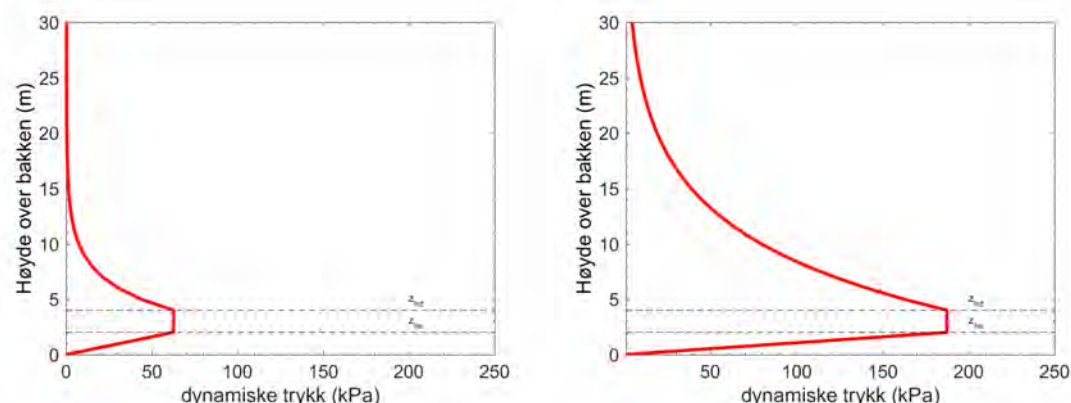
Tabell 7-1 Beregnet skredhastighet ved mast med årlig sannsynlighet 1/1000.

Mast nr.	Distanse fra mast 86 (m)	Hastighet ved mast (m/s)
86	0	10
87	310	35
88	600	10
89	900	25
90	1160	30
91	1410	15
92	1550	0

Våte snøskred har generelt lavere hastighet enn tørre snøskred, men våte snøskred kan gjøre stor skade fordi tettheten er større. NGI erfaring tilsier at hastighet til våte snøskred i Bogen forventes å bli omtrent 25 m/s ved kraftlinja.

7.1.2 Skredtrykk

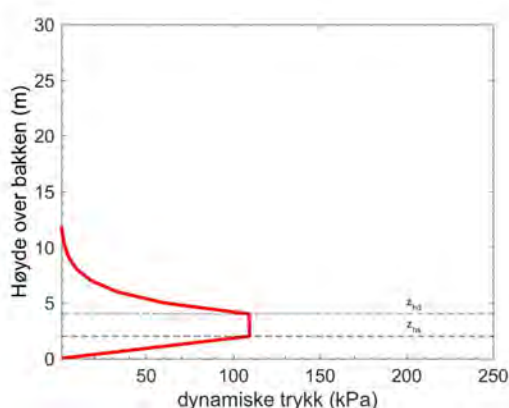
Figur 7-4 viser eksempler av forventet lastediagrammer av dynamisk trykk for tørt snøskred med skredhastighet 25 m/s (venstre) og 50 m/s (høyre). Lastdiagrammene viser dynamisk trykk fra bakken og oppover, og viser at stor skredhastighet gir stort trykk mange 10-talls meter over bakken. Lastdiagrammene er utarbeidet basert på observasjoner av snøskred i NGIs test-området Ryggfonn (Gauer & Kristensen 2016).



Figur 7-4 Forventet lastediagram av dynamisk trykk p_{dyn} for tørt snøskred mot mastene for skredhastighet 25 m/s og $\rho = 200 \text{ kg m}^{-3}$ (venstre) og 50 m/s og $\rho = 150 \text{ kg m}^{-3}$ (høyre). z_{hs} er høyde av snødekket på bakken og z_{hd} er antatt høyde av tett del av snøskred.

Som det fremgår av Figur 7-4 kan ledninger høyt over bakken bli utsatt for trykk fra snøskyen i tørre snøskred. Krefter på ledninger er avhengig av skredhastighet og brede, og ledningshøyde over bakken. Området mellom mast 86 og 87 er spesielt utsatt og her kan det forventes trykk opptil 10 kPa i 25 m høyde over bakken.

Figur 7-5 viser forventet lastediagram av dynamisk trykk for våtsnøskred med hastighet 25 m/s.



Figur 7-5 Forventet lastediagram av dynamisk trykk p_{dyn} for våtsnøskred mot mastene for skredhastighet av 25 m/s og $\rho = 350 \text{ kg m}^{-3}$. z_{hs} er høyde av snødekket på bakken og z_{hd} er antatt høyde av tetten delen av snøskred.

For å beregne trykk på en mast må det dynamiske trykket (Figur 7-4 og Figur 7-5) multipliseres med en motstandsfaktor C_D :

$$p = C_D p_{dyn}$$

C_D varierer med geometrien på mastebena og skredtypene (tørt eller våt). Det bemerkes at våte snøskred har vesentlig høyere C_D enn tørre skred, og derfor må master dimensjoneres for både tørre og våte snøskred. Vedlegg D gir anbefalinger på valg av motstandsfaktor C_D .

Det bemerkes at snøskred kan føre med seg trær og noen ganger steinblokker som kan gi store laster og føre til vesentlig skade på master. I Bogen er det skog i området over kraftlinjen, og det kan ikke utelukkes at store snøskred tar skogen og fører den inn i kraftmaster slik at de påføres en last som er betydelig større enn last fra snøskred uten skog som vist over.

7.2 Skredlaster fra steinskred

Det er observert mange skredblokker i terrenget som har gått forbi kraftlinja. NGI er likevel ikke kjent med at steinblokker har truffet master i det aktuelle området. Sannsynligheten for treff av mast er betydelig mindre enn sannsynligheten for at steinblokker passerer kraftlinja.

Det primære kildeområdet for utfall av stein og blokker er brattkanten som ligger mellom ca. kote 200 og 400. NGI har ikke identifisert områder som vurderes å ha vesentlig mindre eller større sannsynlighet for utfall, og har ikke grunnlag for å differensiere utfalls sannsynligheten langs linja. Det påpekes også at terrenget i hovedsak er åpent slik at det er lite kanalisering, og dermed vanskelig nå å angi justering av maste-punkter som er mindre utsatt for steinskred.

Tabell 6-1 i kapittel 6 gir oversikt over NGIs vurdering av hvor skredutsatte de ulike mastene er. For steinskred er dette hovedsakelig en subjektiv vurdering basert på observerte skredblokker nær mastepunktene.

Skredlasten fra steinskred avhenger hovedsakelig av energien (E_k) til en stein blokk uttrykt ved formelen:

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

Hvor m = masse til blokk og v = hastighet til blokk ved mast.

Eksempler:

- En blokk på 5 m^3 med hastighet 10 m/s ved masten har energien:

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \cdot 5 \text{ m}^3 \cdot 2700 \text{ kg/m}^3 \cdot (10 \text{ m/s})^2 \approx 700 \text{ kJ}$$

- En blokk på 10 m^3 med hastighet 15 m/s ved masten har energien:

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \cdot 10 \text{ m}^3 \cdot 2700 \text{ kg/m}^3 \cdot (15 \text{ m/s})^2 \approx 3.000 \text{ kJ}$$

- En blokk på 20 m^3 med hastighet 20 m/s ved masten har energien:

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \cdot 20 \text{ m}^3 \cdot 2700 \text{ kg/m}^3 \cdot (20 \text{ m/s})^2 \approx 11.000 \text{ kJ}$$

- En blokk på 50 m^3 med hastighet 20 m/s ved masten har energien:

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \cdot 50 \text{ m}^3 \cdot 2700 \text{ kg/m}^3 \cdot (20 \text{ m/s})^2 \approx 27.000 \text{ kJ}$$

De to første eksemplene gir energier som er håndterbare og hvor for eksempel tradisjonelle steinspranggjerdar (fanggjerdar) vil kunne plasseres ved masten slik at de stopper steinblokker. De to siste eksemplene har en energi som ikke kan stoppes med steinspranggerde, men en kraftig voll kan muligens utformes slik at den sikrer en mast. Enda større blokker (for eksempel Korssteinen) kan det i praksis ikke sikres mot.

NGI har ikke beregnet hastighet av skredblokker ved kraftlinja, men antar at hastigheter fra regneeksempler over er realistiske. Basert på størrelser på observerte skredblokker i terrenget antar NGI at det er realistisk med følgende last fra steinblokker som treffer maste med årlig sannsynlighet $1/1000$:

- Mast 80-84 energi $1.000 - 3.000 \text{ kJ}$
- Mast 85-88 energi $10.000 - 30.000 \text{ kJ}$
- Mast 89-92 energi $1.000 - 3.000 \text{ kJ}$

Det bemerkes at lasten er gitt som energi med benevnelsen kilo Joule (kJ). Sammenhengen mellom energi og kraft (arbeid) avhenger av fleksibilitet av objektet som treffes av en steinblokk og graden av oppbremsing. En steinblokk som stoppes momentant av et stivt legeme (som monotårn fylt med betong) vil påføre legemet og fundamentene svært store krefter. Hvis en tilsvarende steinblokk treffer et mer fleksibelt legeme (gittermast) som bøyes uten å stoppe steinblokka helt, så er kreftene på masten og fundamentene vesentlig mindre enn ved momentant stopp i stivt legeme.

Når endelig masteplassering er bestemt kan NGI vurdere nærmere design-energi og eventuelle behov for skredsikring for de enkelte mastene.

8 Konklusjoner og anbefalinger

Traseen i Bogen er skredutsatt og NGI forventer at noen kraftmaster kan bli truffet av skred omtrent hvert 50. år i gjennomsnitt. Skredene kan bli meget store og trasevalget krever robust design for å sikre kraftforsyningen.

Det bemerkes at det kan ha store samfunnsmessige og økonomiske konsekvenser hvis et ekstremskred skulle skade begge linjene (parallellføringen) på stedet. HMS-hensyn kan gjøre at det tar lang tid før forholdene kan være trygge nok til at folk kan arbeide i området hvis en hendelse eksempelvis inntreffer i en vintersituasjon med stor skredfare. Snøskredhendelser vil typisk skje i ekstremt vintervær hvor langvarig driftsstans ikke kan utelukkes. Steinskred skjer oftest vår og høst, og er normalt ikke i like sterk grad knyttet opp til vær-situasjonen. Samtidig kan det være vanskelig å garantere sikkerhet for personell som skal inn for å rette en skade etter steinskred hvis det fortsatt er ustabile partier som kan falle ut og fare for nye utfall. Slike situasjoner er ikke tidsbegrenset på samme måte som snøskredfare som avhenger av vær-situasjonen.


Tabell 6-1 i kapittel 6 gir NGIs vurdering av antatt årlig sannsynlighet for at mast skades av skred. Tabellen gir også en kort beskrivelse av skred-faren, og skredtype som kan skade mast. Kapittel 7 gir mulige laster på mastene fra snøskred og steinskred.

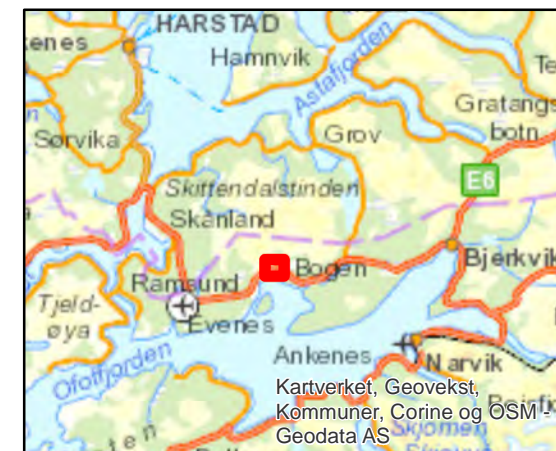
Skredlaster avhenger av masteplasseringer, og NGI kan i ytterligere detalj vurdere skredlaster og eventuelle sikringsløsninger når endelig masteplassering er bestemt. NGI bistår gjerne videre i prosjektet.



Tegnforklaring

Målestokk (A3): 1:15 000 Datum: Euref89, Kartprojeksjon: UTM 33

Ny 132 kV Bogen		
Skredvurdering	Prosjektnr.	Kart nr.
	20160626	1
Oversiktskart.	Utført	Dato
	KB	2016-11-18
	Kontrollert	Godkjent
	CJ	KB
		

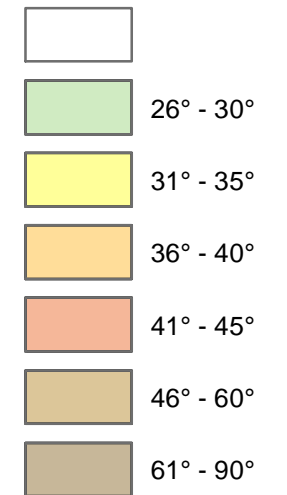


Tegnforklaring

- +— Planlagte ledninger
- - - Skredobservasjon

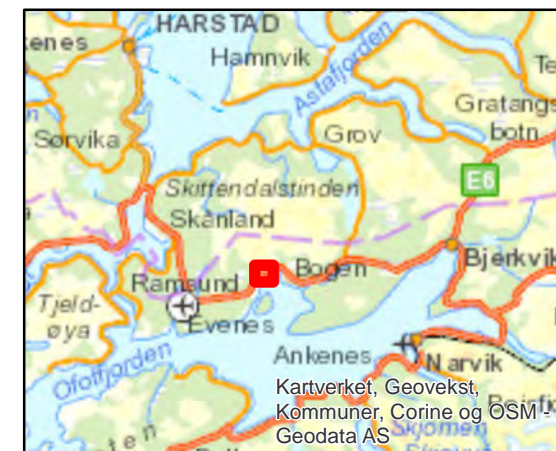
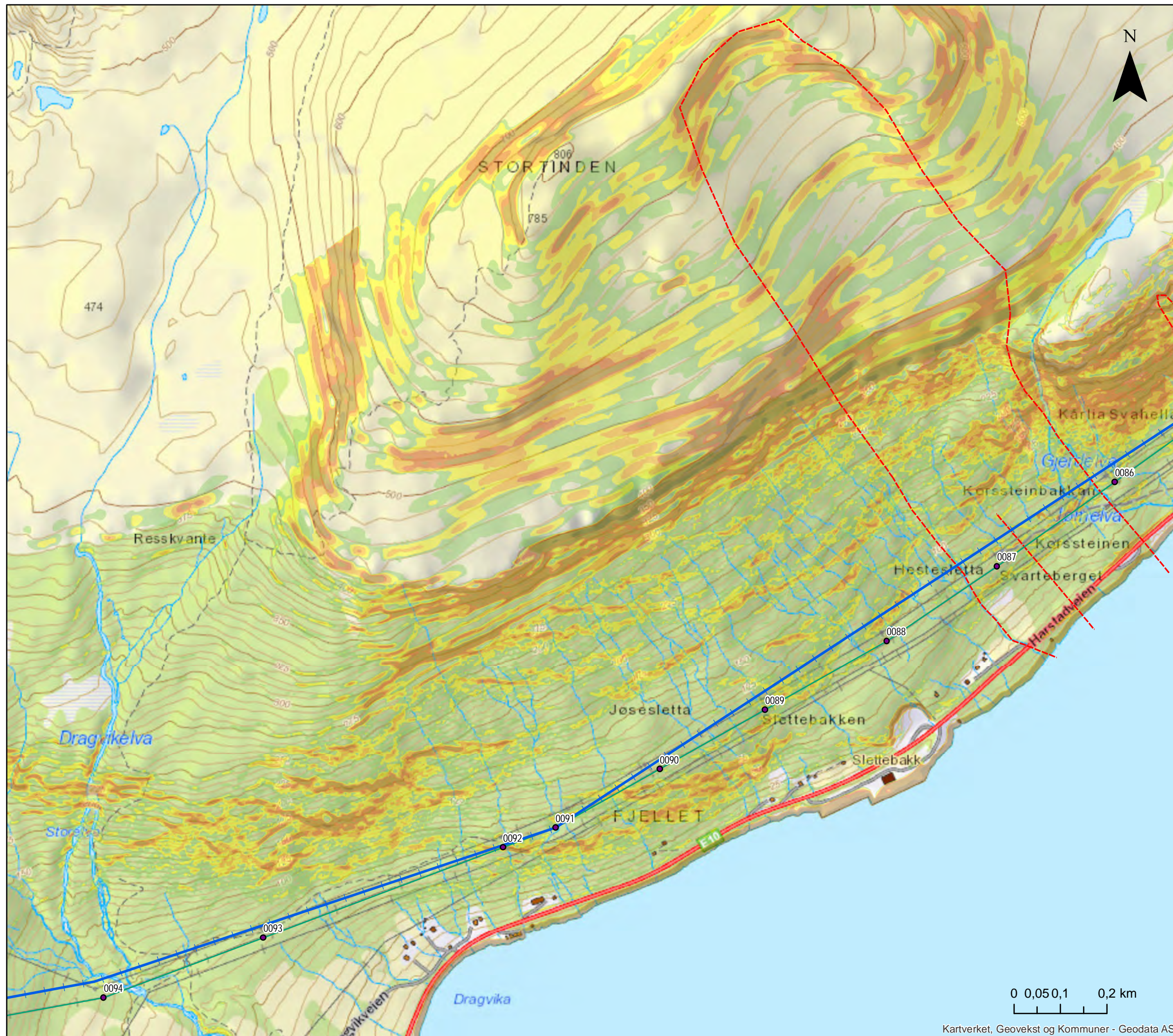
Bratte områder

<Terrenghelning>



Målestokk (A3): 1:8 000 Datum: Euref89, Kartprosjeksjon: UTM 33

Ny 132 kV Bogen		
Skredvurdering	Prosjektnr. 20160626	Kart nr. 2
	Utført KB	Dato 2016-11-18
Helningskart og observerte skred.	Kontrollert CJ	Godkjent KB

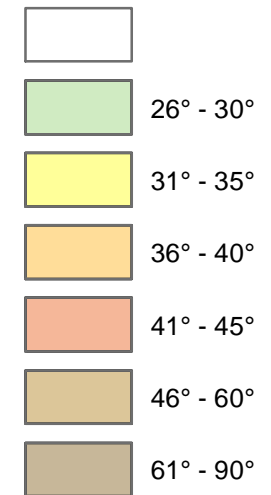


Tegnforklaring

- +— Planlagte ledninger
- - - Skredobservasjon

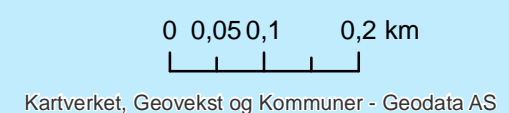
Bratte områder

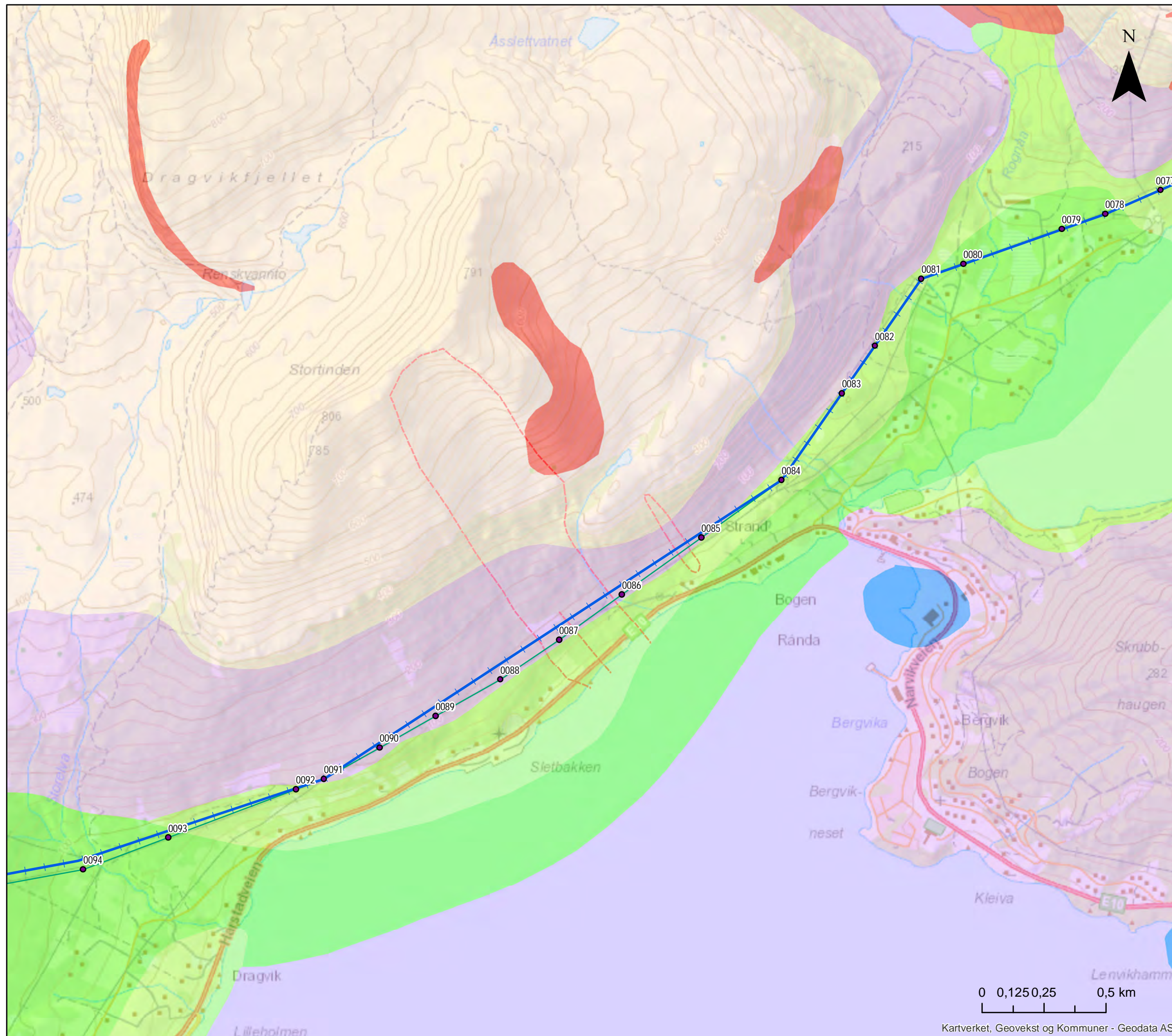
<Terrenghelning>



Målestokk (A3): 1:8 000 Datum: Euref89, Kartprojeksjon: UTM 33

Ny 132 kV Bogen		
Skredvurdering	Prosjektnr. 20160626	Kart nr. 3
	Utført KB	Dato 2016-11-18
Helningskart og observerte skred.	Kontrollert CJ	Godkjent KB
		

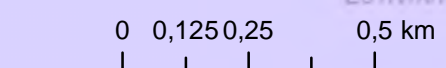




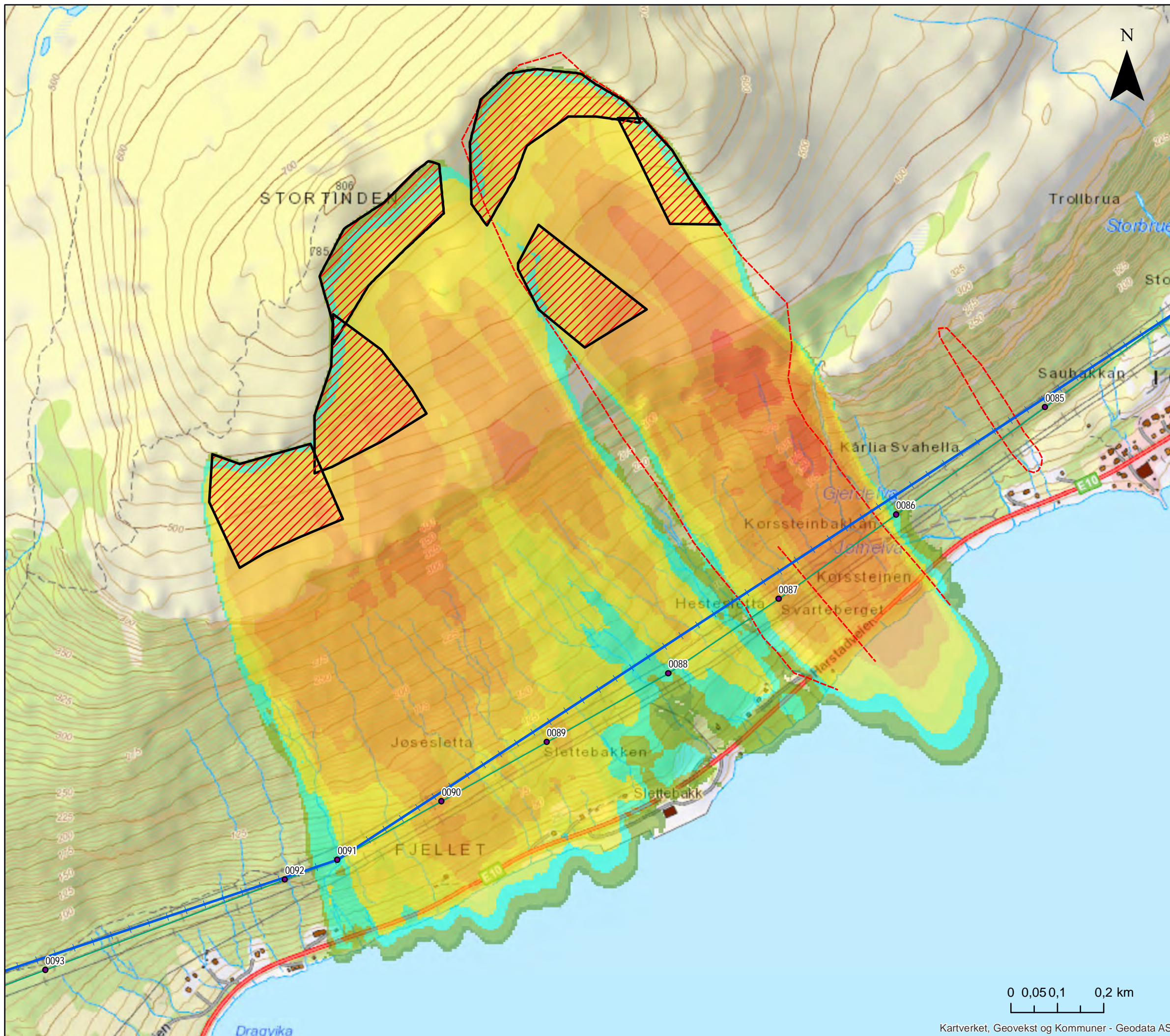
- Tegnforklaring**
- +— Planlagte ledninger
 - - - Skredobservasjon
 - 012-Morenemateriale, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen
 - 011-Morenemateriale, sammenhengende dekke, stedvis med stor mektighet
 - 042- Marin strandavsetning, sammenhengende dekke
 - 070-Forvittringsmateriale, ikke inndelt etter mektighet
 - 130-Bart fjell
 - 081-Skredmateriale, sammenhengende dekke, stedvis med stor mektighet

Målestokk (A3): 1:15 000 Datum: Euref89, Kartprojeksjon: UTM 33

Ny 132 kV Bogen		
Skredvurdering	Prosjektnr. 20160626	Kart nr. 4
Løsmassekart fra NGU.	Utført KB	Dato 2016-11-18
	Kontrollert CJ	Godkjent KB



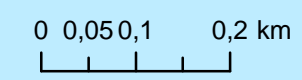
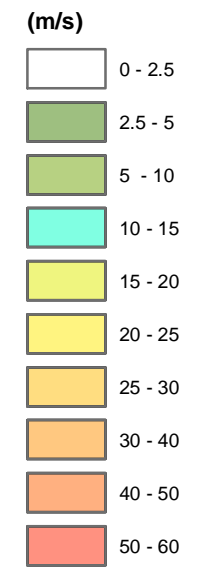
Kartverket, Geovekst og Kommuner - Geodata AS



Tegnforklaring

- Planlagte ledninger
- Skredobservasjon
- Utløseområdet

Hastighet



Kartverket, Geovekst og Kommuner - Geodata AS

Målestokk (A3): 1:8 000 Datum: Euref89, Kartprojeksjon: UTM 33

Ny 132 kV Bogen		
Skredvurdering	Prosjektnr. 20160626	Kart nr. 5
	Skredhastighet fra RAMMS.	
	Utført KB	Dato 2016-11-18
	Kontrollert CJ	Godkjent KB

Vedlegg A

HISTORISKE SKREDHENDELSER I BOGEN

Innhold

A1	Innledning	2
A2	Snøskred 4. mars 1986	2
A3	Snøskred mars 1943	5
A4	Steinskred 23. august 1999	6
A5	Steinskred Korssteinen	7

A1 Innledning

Kraftlinjen forbi Bogen er skredutsatt. Det er flere kjente skredhendelser som er relevante for vurdering av skredfare, beregning av skredlaster og valg av trase.

Følgende hendelser omtales her:

- Snøskred: 4. mars 1986 og ca. 14. mars 1943.
- Steinskred: 23. august 1999 og Korssteinen ca. år 1900.

A2 Snøskred 4. mars 1986

NGI rapport 86432-1 datert 20. mars 1987 ble utført på oppdrag for Statkraft. Rapporten omhandler skredfarevurderinger i forbindelse med reparasjonsarbeid etter linjebuddet som følge av det store snøskred som løsnet 4. mars på sørøstsiden av Stortinden. Det følgende baserer seg på NGIs rapport:

- Rapporten beskriver at skredet kuttet flere høyspentledninger nede ved fjorden og stengte RV19 mellom Bogen og Evenes i ca. 200 meters lengde. Skredfare gjorde at reparasjonsarbeidet først ble igangsatt 7. mars.
- Skredet gikk etter en periode med nordvestlig kuling og mye snø. Skredet som løsnet på ettermiddagen 4. mars hadde en bruddkanthøyde på ca. 1 m. Skredet løsnet lavt i terrenget omtrent ved kote 600. Etter skredet dreide vinden mot øst og tiltok i styrke. Den store mengden nysnø som var kommet de siste dagene ble omfordelt i fjellet og skredfaren økte i vestvendte heng. Reparasjonsarbeidet på linjen ble derfor utsatt.
- Etter noen dager avtok vinden i styrke og dreide sørlig. Dermed avtok skredfaren i det utsatte området. NGIs rapport skriver: "Reparasjonsarbeidet ble igangsatt 7 mars etter at den mest kritiske skredfaren var over".

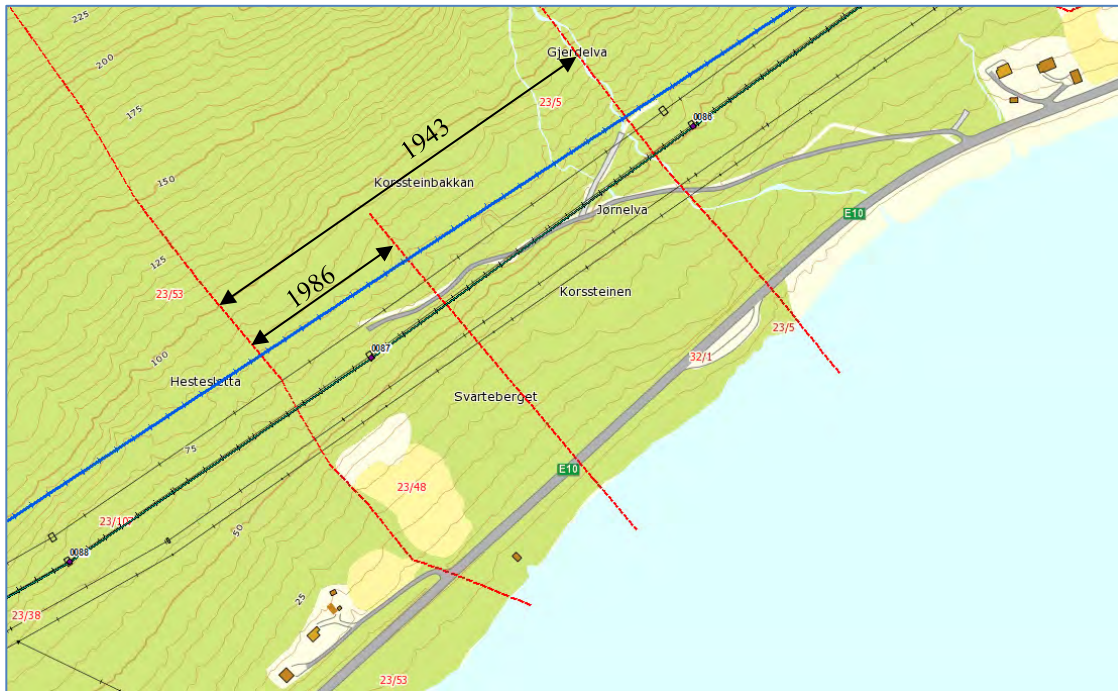
Det bemerkes at reparasjonsarbeidet i 1986 måtte utsettes til været bedret seg og skredfaren avtok. Hvis det dårlige været hadde fortsatt, så ville reparasjonsarbeidet måtte utsettes ytterligere. Det er også usikkert om dagens strenge krav til HMS og arbeidssikkerhet ville tillatt igangsettingen av reparasjonsarbeidet.

Avisen Fremover skrev bl.a. følgende 5. mars 1986:

- Et snøras i 100 m lengde i Svarteberget mellom Dragvik og Bogen i Ofoten i går ettermiddag første til to timers trafikkstans. Tre høyspentmaster ble meiet ned av snømassene, men ellers er det ikke meldt om andre materielle skader eller personskade. Raset gikk ved 14 tiden, sier vegmester Atle Stiberg til Fremover. Særlig store snømengder sperret ikke riksvei 19 og i løpet av to timer var trafikken i gang igjen.
- To høyspentmaster knakk og en tredje ble helt forvridd.

Bredden av snøskredet i 1986 er noe usikkert, men NGI antar at det var ca. 150 m bredt ved kraftlinja. Skredet i 1943 var betydelig større, men det er ikke kjente kilder som

avgrenser bredden. Basert på topografien i utløsningsområdet antar NGI at skredet i 1943 kan ha vært 350 m bredt ved kraftlinja. Antatt bredde av snøskredene i 1986 og 1943 er vist i figur A1.



Figur A1: Kart med antatt bredde av snøskredene i 1986 og 1943.

Figur A2 viser utklipp av skredet i 1986 fra NGI-rapporten.



Foto 1. Skredet ved Bogen 4. mars 1987⁶



Foto 2. Skredområdet under Stortinden sett fra sørøst.

Figur A2: Utsnitt av NGI rapport 86432-1.

A3 Snøskred mars 1943

Det var mye tysk militæraktivitet og hemmelighold i Bogen under krigen, og derfor er det begrenset med sikre detaljer om skredet. Skredet skal ha gått i mars 1943 når Tirpitz lå for anker i nærheten i Bogenbukta i området nær dagens Nato-kai. Det følgende er basert NGIs telefonintervju med Trygve Lambertsen. Han var 14 år i 1943 og så skredet fra vinduet i skolestua som lå mellom hotellet og bensinstasjonen. Noe info er også basert på informasjon fra historielaget i Bogen (http://evenes.origo.no/-/image/show/638974_tirpitz?ref=checkpoint).

- Skredet antas å ha gått 14.03.1943. Tirpitz lå i Bogen 11.–23. mars 1943 og skredet må ha gått i denne perioden. Vedlegg C viser at værdata fra Kråkmo indikerer størst skredfare 14.03.1943, men det bemerkes at det er usikkert om skredet gikk denne datoen. Skredet gikk midt på dagen mens barna var på skolen.
- Hele terrenget i fjellsiden og ved Svarteberget var forandret etter at de store snømassene hadde løstnet. All skog var borte og telefonlinjene var sopt på sjøen.
- Trygve så at snøskyen dekket Tirpitz slik at den ikke lenger var synlig. Skredet gikk tvers over Bogenbukta og snøblokker som små hus kom helt til Bergvikneset.
- Dagen etter gikk Trygve på ski opp til Korssteinen (12 m høy) fra oversiden, og hoppet ned på snøen på nedsiden. Det var snø rundt hele steinen, men mindre på sidene.
- Det var så mye skredsnø på veien at den ble måkt opp i 3 etasjer (NGI: kanskje indikerer det 5 m skredsnø på veien?).
- Det var kun løvskog i området, og nesten ikke skog før skredet mellom veien og Korssteinen.
- Bredden av skredet er ikke kjent, men kilder tror ikke det gikk til området ved Nato-kai. Husene her er bygget etter krigen, men vest for Nato-kai er det et eldre hus.



Figur A3: Tirpitz i Bogen 1942.

A4 Steinskred 23. august 1999

NGIs Jan Otto Larsen undersøkte og skrev rapport (2000.25-1) fra steinskredet. Et parti på ca. 150 m³ løsnet ved kote 250, og gikk forbi kraftlinja og ned på innmarka der to blokker på 40 m³ og 50 m³ gikk 40-50 m forbi urfoten og stoppet ca. 40 m fra nærmeste hus. Bl.a. følgende fremkommer fra rapporten og NGIs befarings i 2016:

- Steinskredet 23.08.1999 var anslagsvis 50 m bredt da det passerte kraftlinja, og gikk ca. 100 m videre. Blokkenes vekt er anslått til mer enn 100 tonn.
- AS Geoteam har i rapport 6711.01 av 6. mai 1981 identifisert mulig ustabile blokkpartier på 1800 m³ og 75 m³ i et område rett øst for steinspranget i 1999 (merket med blått i figur A4 under). Området ligger over eksisterende mast 85, og NGI observerte ferske blokkutfall her på befaringsen i 2016. Dette indikerer at maste plasseringen kan være utsatt for steinskred som kan ha en størrelse det trolig ikke er mulig å dimensjonere for.
- NGIs rapport 87428-1 av 5.10.1987 beskriver en betydelig steinblokk som stoppet på jordet mellom mast 84 og 85.



Figur A4: Foto av steinskred 1999 med to blokker som stoppet på jordet merket med rødt. Mulig ustabil parti på 1800 m³ fra A/S Geoteam rapport antydnet med blått.

A5 Steinskred Korssteinen

Korssteinen er navnet på en stor skredblokk som ligger ca. 50 meter nedenfor kraftlinja mellom mast 86 og 87. Blokka er av NGI anslått til å være 10x15 m, og gjennomsnittlig høyde er grovt anslått til 10 m. Blokka har dermed et volum på ca. 1500 m³ som tilsier en vekt på om lag 4000 tonn. Største høyde av blokka er i kilder oppgitt til 18 m, men riktig høyde er trolig omkring 12 m.



Foto A1: Korssteinen med rød strek som viser påtegnet linje med tekst "1943" som indikerer høyden på skredsnøen på siden av steinen da. Kraftmast kan sees i bakgrunnen.

Det er ikke sikre kilder på når Korssteinen falt ut. Flere steder er det skrevet at det skjedde i århundreskiftet 1800-1900. Samtidig er det knyttet et sagn til hendelsen at "steinen falt ut når to kjæringer sloss" som kan indikere at tidspunkt og hendelsesforløp er usikkert. Figur A5 viser Korssteinen i 1950 da det ikke var skog der. Det bemerkes at det ikke kjent om det også er vesentlige skredblokker som ligger i sjøen og ikke er synlige.



Figur A5: Korssteinen omkring 1950.

Vedlegg B

BILDER

Innhold

B1	Vinterbilder mottatt fra Statnett	2
B2	Bilder NGI september 2016	5

B1 Vinterbilder mottatt fra Statnett



Foto B1: Mast 80-82



Foto B2: Mast 82-83



Foto B3: Mast 83-84



Foto B4: Mast 85-86



Foto B5: Mast 87-89



Foto B6: mast 90



Foto B7: Mast 91-94

B2 Bilder NGI september 2016



Foto B8: Rød ring viser mast 83 (venstre) og mast 80 (høyre).



Foto B9: Rød ring viser mast 87 (venstre) og mast 83 (høyre).



Foto B10: Rød ring viser mast 88 (venstre) og mast 86 (høyre). Skredmasten i midten.

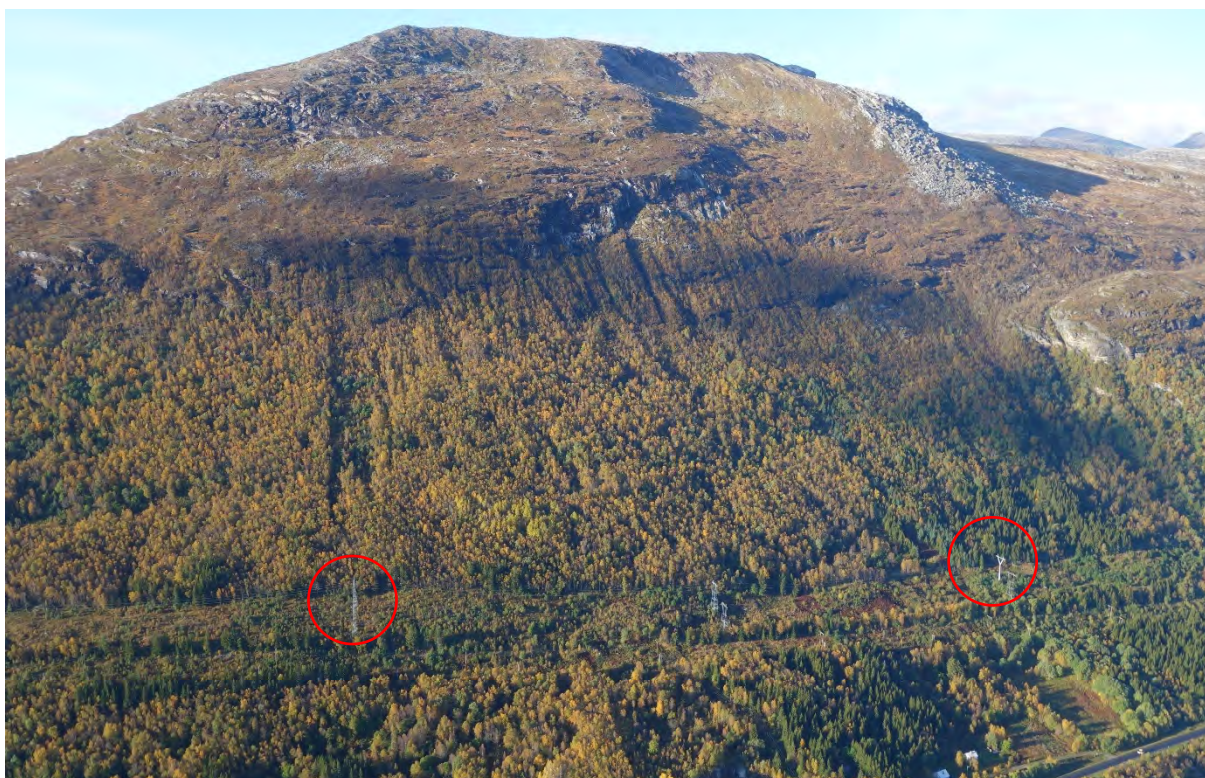


Foto B11: Rød ring viser mast 89 (venstre) og mast 87 (høyre). Mast 87 er skredmasten.



Foto B12: Rød ring viser mast 92 (venstre) og mast 87 (høyre). Mast 87 er skredmasten.



Foto B13: Stortinden sett fra vest.



Foto B14: Detalj av området ved Korssteinen (rød ring).

Vedlegg C

KLIMA

Innhold

C1	Klima	2
C2	Været mars 1986 og mars 1943	3

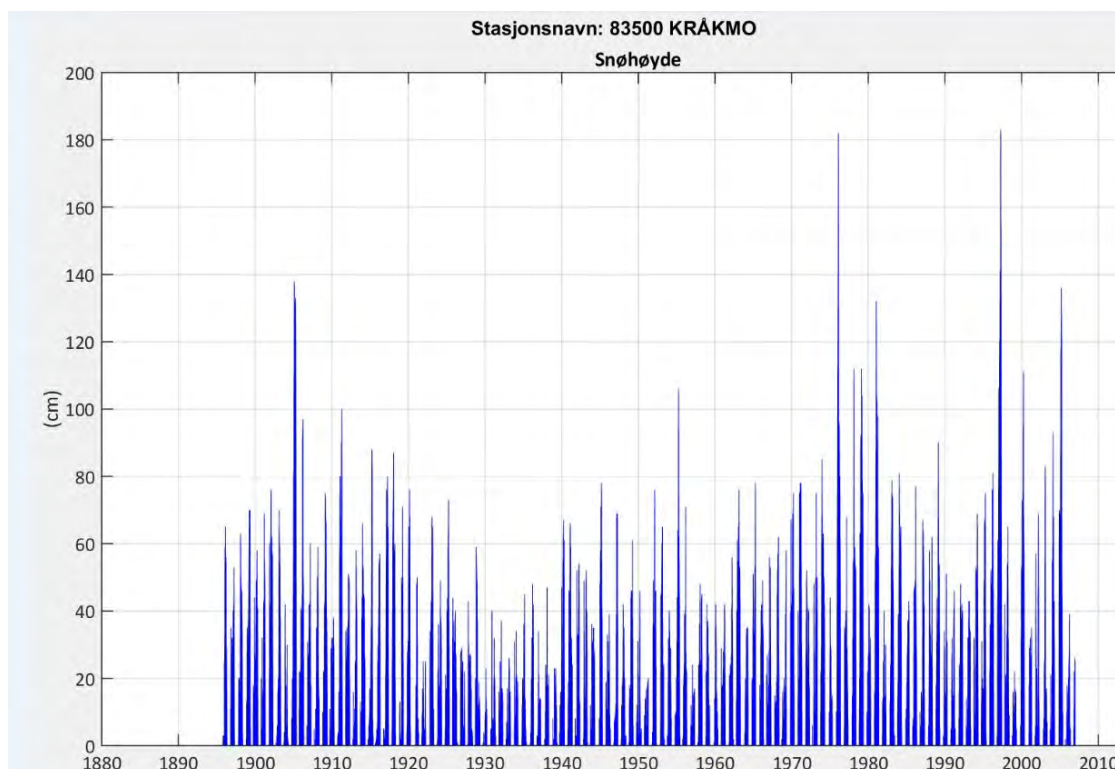
C1 Klima

Årsmiddelnedbør i Bogen er ca. 1000 mm. Det er store lokale forskjeller i nedbør i området og eksempelvis har Narvik (20 km mot øst) årsmiddel på 800 mm og Kanstadbotn (40 km mot vest) årsmiddel på 1800 mm. Været i området kan variere mye og komme fra forskjellige vindretninger. Mest nedbør kommer med vestlig vind (SV-V-NV). Det kan også være kraftig vind fra øst.

Eksempel på varierende vær er skredet i Bogen i 4. mars 1986. Skredet ble utløst etter en periode med nordvestlig kuling og mye snø. Etter skredet dreide vinden østlig og økte i styrke. Dette førte til kraftig snøfokk i fjellet hvor skredfaren økte mye i terreng i le for østavinden.

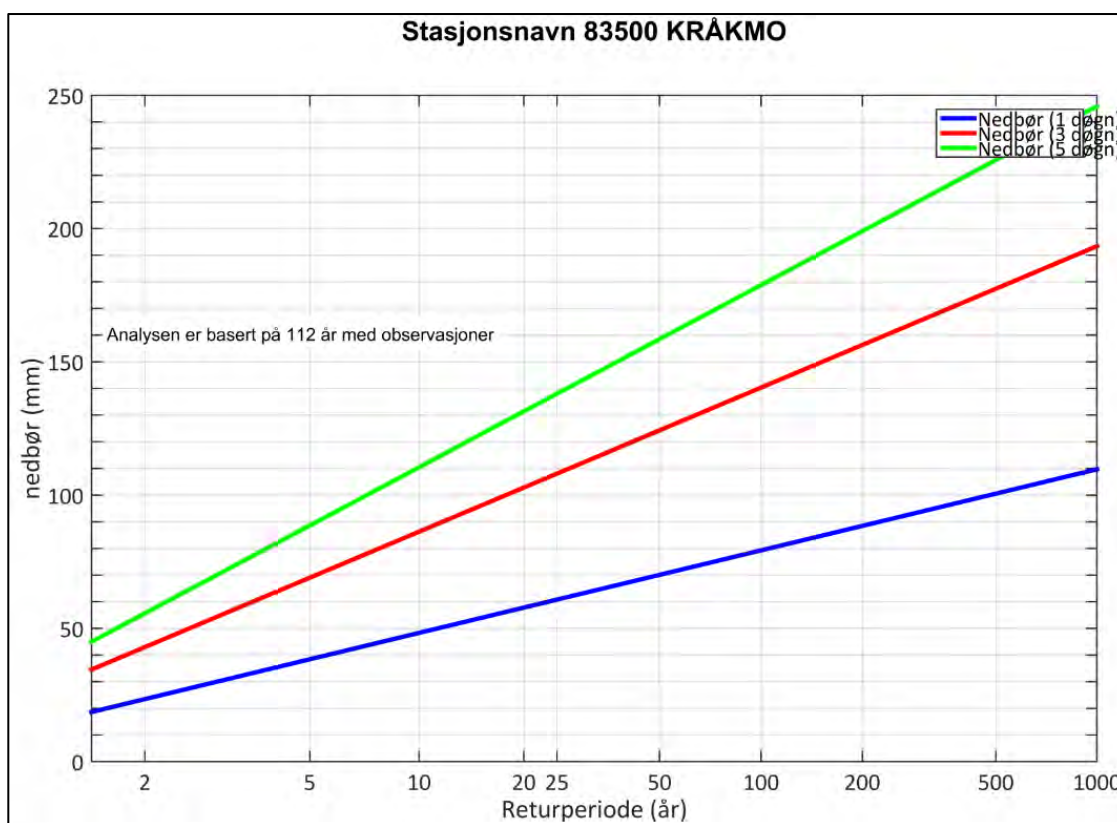
Meteorologisk institutt har målt nedbør i Kråkmo (76 moh., 90 km SV for Bogen) i perioden 1895-2006. Denne lange tidsserien gir verdifull informasjon om klimaet. Årsnedbøren i Kråkmo er om lag 1100 mm, dvs. omtrent som i Bogen.

Figur C1 gir observerte snømengder i Kråkmo. Størst målte snøhøyde er 183 cm 7. april 1997.



Figur C1: Observerte snøhøyder Kråkmo 1895-2006.

Figur C2 viser beregnede returperioder for nedbørsmengder for Kråkmo basert på data for mars måned i 112 år.



Figur C2: Beregnet returperiode for ekstremnedbør i mars måned.

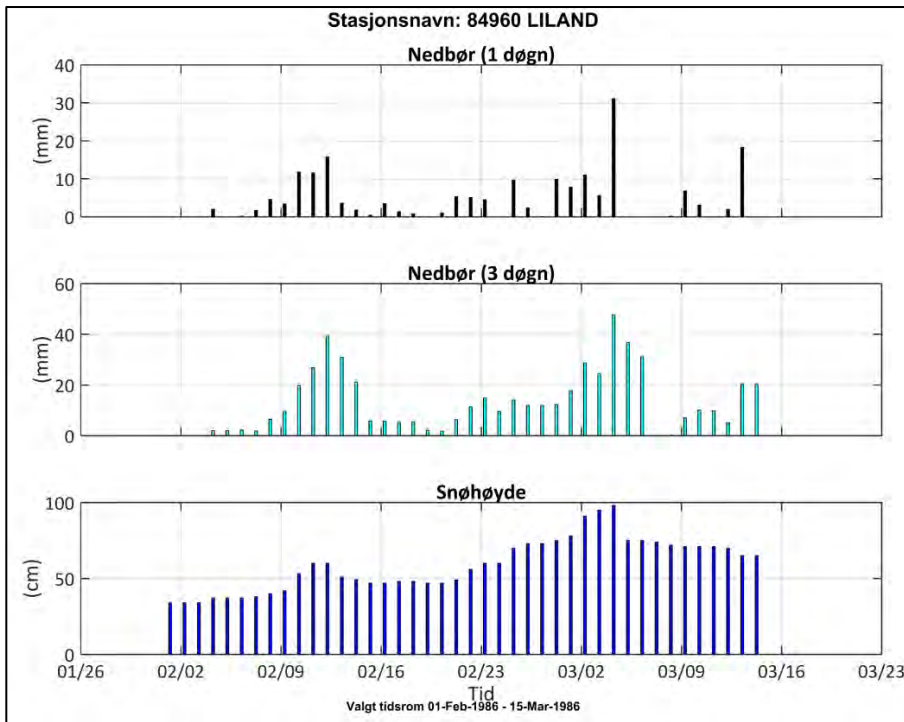
C2 Været mars 1986 og mars 1943

NGI har analysert værforholdene da snøskredene gikk i Bogen i 1986 og 1943. Hensikten er analysere hvilke værforhold som førte til disse store skredene og anslå returperioden for slike hendelser. Deretter er det forsøkt å bruke dette til å estimere dimensjonerende inputdata for sjeldne snøskred i Bogen.

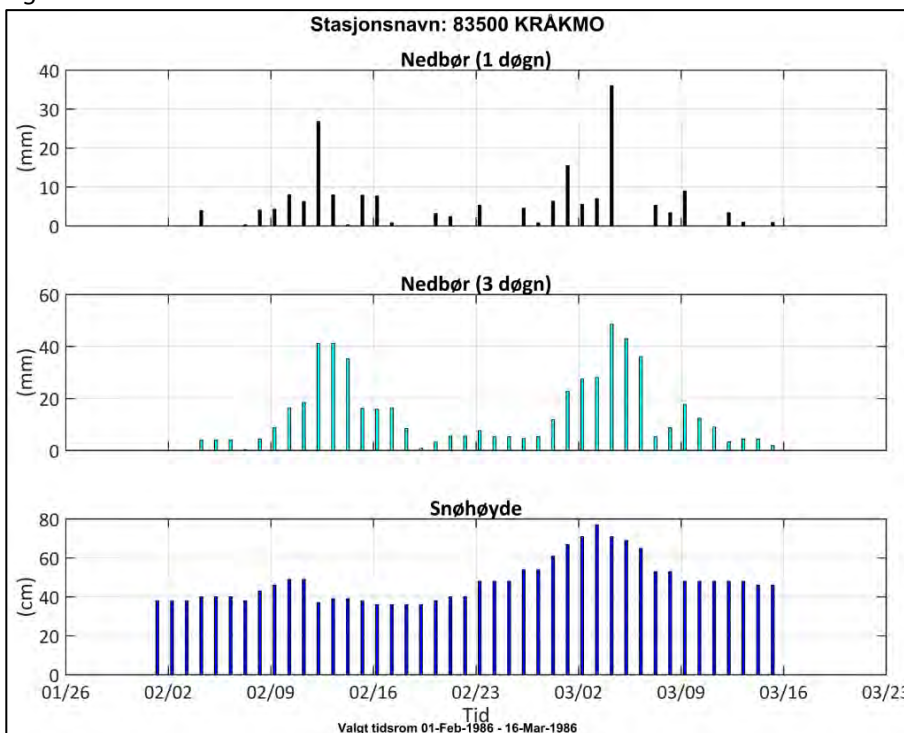
Figur C3 viser værdata fra mars 1986 for Liland (19 moh) som ligger 5 km SV for skredet i Bogen. Ulykkesdagen 4. mars 1986 var nedbørsobservasjonene 32 mm/1døgn, 50 mm/3 døgn og snødybden var ca. 100 cm.

Figur C4 viser værdata fra mars 1986 for Kråkmo (76 moh) som ligger ca. 90 km SV for skredet i Bogen. Ulykkesdagen 4. mars 1986 var nedbørsobservasjonene 36 mm/1døgn, 50 mm/3 døgn og snødybden var ca. 70 cm. Det er godt samsvar mellom observert vær i Bogen (Liland) og Kråkmo ved skredet som gikk 4. mars 1986. For

skredet i mars 1943 har vi ikke værdata fra Bogen, og analysen er kun basert på værdata fra Kråkmo.



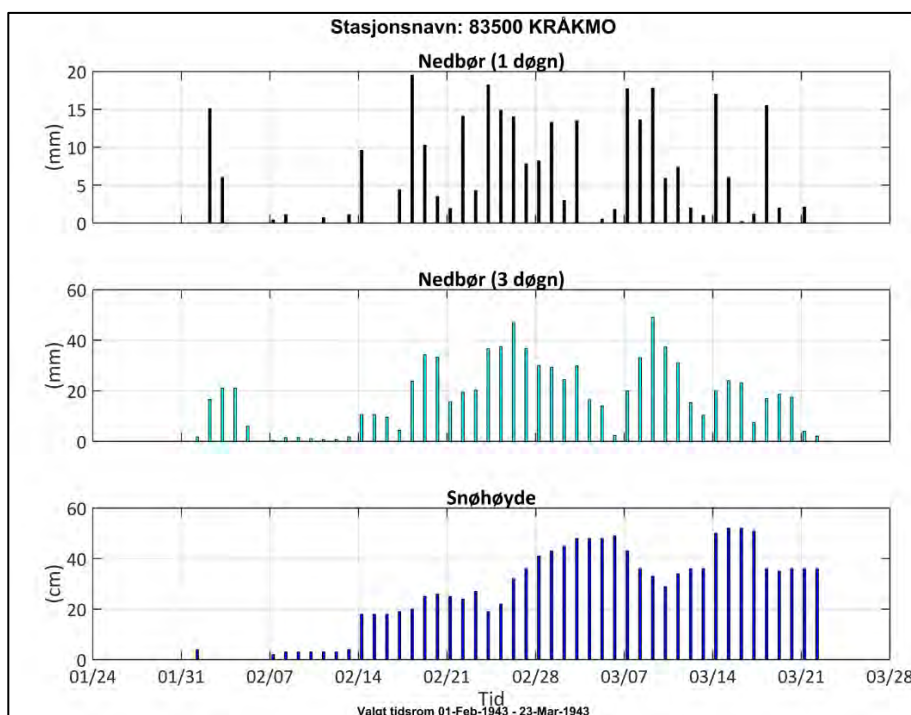
Figur C3: Værdata Liland mars 1986.



Figur C4: Værdata Kråkmo mars 1986.

Figur C5 viser værddata fra Kråkmo for mars 1943. Det er antatt at det store skredet i Bogen gikk 14. mars 1943 hvor nedbørsobservasjonene på Kråkmo var 17 mm/1døgn, 20 mm/3 døgn og snødybden var ca. 50 cm. Kanstadbotn (13 moh) fikk 29 mm den datoen.

Til sammenligning så ble følgende målt på Kråkmo da skredet gikk i Bogen i 1986: 36 mm/1døgn, 50 mm/3 døgn og snødybden var ca. 70 cm.



Figur C5: Værddata fra Kråkmo februar-mars 1943.

Analysen av værsituasjonen i 1943 forklarer ikke hvorfor skredet da var vesentlig større enn i 1986. Vurdering av dimensjonerende snø- og nedbørsmengder i utløpsberegninger medfører en grad av subjektive valg. Ekstremverdi-analysen i figur C2 viser følgende beregnede maksimale nedbørsmengder for Kråkmo i mars måned basert på 112 år med nedbørsmåling:

- ↗ 100-års returperiode: 70 mm/1 døgn, 140 mm/3 døgn.
- ↗ 1000-års returperiode: 110 mm/1 døgn, 190 mm/3 døgn.

Vedlegg D

BEREGNING AV SKREDLASTER SNØSKRED

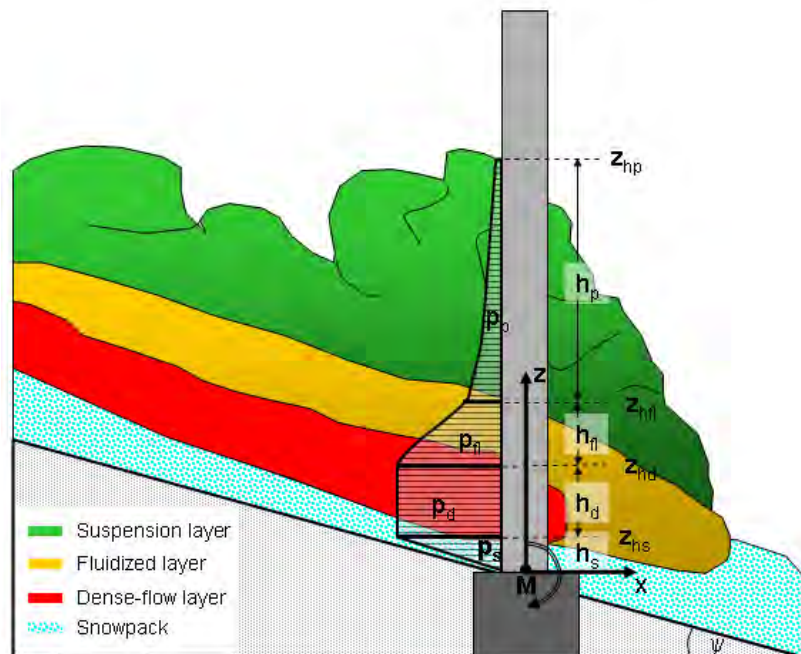
Innhold

D1 Skredlaster snøskred	2
D1.1 Dimensjoneringsprinsipp for tørt snøskred mot en mast	2
D1.2 Skredhastighet	3
D2 Referanser	4

D1 Skredlaster snøskred

D1.1 Dimensjoneringsprinsipp for tørt snøskred mot en mast

Belastningen fra et tørt snøskred mot en mast er i prinsippet vist i Figur 1. På bakken ligger det snø med høyde h_s (lyseblått). Den delen av skredet som flyter langs bakken er vist med rødt, og dens høyde er betegnet med h_d . Dette utgjør den delen av skredet hvor trykket fra skredsnøen er størst. Tettheten i dette laget vil avhenge av om skredet er vått eller tørt. Høyden på det tette laget avhenger av terreng og skredets hastighet. Ved øvre grensen på det tette laget tynnes det ut til en fluidisert strøm med lavere tetthet. Høyden på dette laget er avhengig av skredhastighet. Når skredene er tørre dannes en stor snøsky på toppen, som kan være opp til noen ti talls meter høy (grønt).



Figur 1. Prinsippkisse for dynamisk trykkfordeling fra snøskred mot en mast (Jóhannesson et al., 2009).

Det dynamiske trykket p_{dyn} er antatt å være:

$$p_{dyn}(z) = \frac{\rho(z)u(z)^2}{2}$$

der $u(z)$ er hastigheten, $\rho(z)$ er skreddensiteten avhengig av høyden, z . Figur 1 viser kvalitativt hvordan trykket $p(z)$ varierer med høyden i de forskjellige lagene. For å beregne trykk på en mast må det dynamiske trykket multipliseres med en motstandsfaktor C_D :

$$p = C_D p_{dyn}$$

C_D varierer med geometrien på mastebena og skredtypene (tørre eller våt). For tørre skredmasser med lav densitet er typiske verdier for C_D vist tabell 1. I tillegg vises det også gitt noen verdier for våtsnø, men disse kan bli mye større.

Tabell 1. Anbefalte motstandskoeffisienter C_D for forskjellige mastegeometrier hentet fra (Jóhannesson et al. 2008).

Strømningsregime	Mastefasong	C_D	
		Tørt	Vått
Gjennom snødekket	Ingen forskjell	1,0	
Flytelag	O	1,5	3,0–5,0
	Δ	1,5	3,0–6,0
		2,0	4,0–6,0
Fluidisert lag	O	1,0	
	Δ	1,5	
		2,0	
Snøsky	O	1,0	
	Δ	1,2	
		1,5	

D1.2 Skredhastighet

For å beregne snøskredlaster har NGI brukt numeriske skredmodeller blant annet RAMMS (Christen et al. 2010). For RAMMS er det brukt parametere som samsvarer med standardverdiene for sjeldne og store skred i Sveits og Norge, kun korrigert for høyde over havet. Parameterne er avhengig av skredstørrelse, antatt returperiode og terrengforhold som helning og kanalisering av skredbanene (RAMMS Manual Ver. 1.4.1). Parameterne blir automatisk generert for forskjellige simuleringer. Simuleringen tar ikke direkte hensyn til en eventuell snøsky. Observasjoner fra Østerrike indikerer imidlertid at det potensielle skadeområdet av snøskyen kan strekke seg 100 – 200 m lengre enn utløpsdistansen av den flytende delen (Gauer et al., 2010). Beregningene tar heller ikke hensyn til vegetasjon eller bebyggelse. Vi har benyttet standardverdiene utviklet for Sveits for skredbanen i Bogen, men har redusert høydenivåene med 500 m for tilpasning til norske forhold.

RAMMS gir ikke informasjon om skredsnøens tetthet eller variasjon. Derfor må dette antas for de forskjellige lagene basert på observasjoner og erfaringer. Tabell 2 gir en oversikt av brukte verdier.

Tabell 2. Typiske parametere som er brukt i beregningene (se Gauer et al., 2008).

Parameter	Verdi	Kommentar
Densitet i den tette delen (tørr snø)	200 kg/m ³	Erfaring fra målinger bl.a. fra Ryggfonn viser at densitet på snøskredmasse i bevegelse er rundt 200 kg/m ³ i den tette delen i fronten av skredet.
Densitet i det fluidiserte laget	50 - 100 kg/m ³	I dette laget kan det være store forskjeller i densitet bl.a. pga. konsentrasjon av snøpartikler. Her antar vi at den gjennomsnittlige densiteten er 50 - 100 kg/m ³ .
Densitet i snøsky	10 kg/m ³	Her velger vi det som vi mener er den øvre grensen på densiteten.
Gjennomsnittlig snøhøyde ved mastepunkt, h_s	2 m	
Gjennomsnittlig snøhøyde i utløsningsområdet	1,5 m-2 m	Høyeste verdi i østre utløsningsområde.
Høyde av det fluidiserte laget, h_{fl}	3 m	For lav hastighet blir denne høyden ubetydelig og for store hastigheter noen meter. Her velger vi 3 m som vi mener er fornuftig for denne skredbanen.
Høyde av snøskyen	15–25 m	

D2 Referanser

1. Christen, M., Kowalski, J. & Bartelt, P. (2010). RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. *Cold Regions Science and Technology* **63**, 1–14.
2. Jóhannesson, T., Gauer, P., Issler, D. & Lied, K. (eds.) (2009). The design of avalanche protection dams. Recent practical and theoretical developments. Brussels: European Commission. <ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/environment/docs/avalanche-protection.pdf>
3. Gauer, P. & Kristensen, K. Four decades of observations from NGI's full-scale avalanche test site Ryggfonn ---Summary of experimental results *Cold Regions Science and Technology*, 2016, 125, 162-176
4. Gauer, P., Issler, D., Lied, K., Kristensen, K. & Sandersen, F. (2008). On snow avalanche flow regimes: Inferences from observations and measurements. Proceedings International Snow Science Workshop Whistler, B.C., Canada, September 21–27, 2008, 717–723.

5. Gauer, P., Issler, D., Lied, K., Kristensen, K. & Sandersen, F. (2008). On snow avalanche flow regimes: Inferences from observations and measurements. Proceedings International Snow Science Workshop Whistler, B.C., Canada, September 21–27, 2008, 717–723.
6. Gauer, P, Kronholm, K, Lied, K, Kristensen, K, Bakkehøi, S. (2010). Can we learn more from the data underlying the statistical α - β model with respect to the dynamical behavior of avalanches? Cold Regions Science and Technology, Volume 62, Issue 1, June 2010, Pages 42-54.
7. Perla, R., Cheng, T. T. & McClung, D. M. (1980). A two-parameter model of snow avalanche motion. *Journal of Glaciology* **26** (94), 197–207.

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Skredvurdering Bogen		Dokumentnr./Document no. 20160626-01-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Oppdragsgiver/Client Statnett SF	Dato/Date 2016-11-18
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract Oppdragsgiver / Client		Rev.nr.&dato/Rev.no.&date 0 /
Distribusjon/Distribution BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/Keywords skred		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Nordland	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Evenes	Felt navn/Field name
Sted/Location Bogen	Sted/Location
Kartblad/Map	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: 33 Øst: 580 400 Nord: 7 602 450	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	2016-11-18 Kjetil Brattlien	2016-11-18 Christian Jaedicke		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 18. november 2016	Prosjektleder/Project Manager Kjetil Brattlien
--	---------------------------------------	--

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

