

Vurdering av risiko for oppfrysning av blindgjengere i Hjerkinns skytefelt



Innholdsfortegnelse

Sammendrag	3
Innledning	4
Metoder for påvisning av blindgjengere	5
Frost i jord	7
Teleprosesser	7
Synlige frostfenomen	10
Telefarlighet i ulike jordarter	11
Generelle geologiske forhold i skytefeltet	15
Frostfenomener i skytefeltet	19
Oppfrostpotensialet i løsmassene i skytefeltet	21
Løsmassenes telefarlighet	21
Løsmassenes infiltrasjonskapasitet	21
Samlet vurdering av oppfrostpotensialet i Hjerkinnskytefelt	23
Forslag til videre undersøkelser	28
Referanser	29

Sammendrag

Det er gjennomført en innledende vurdering av forholdene på Hjerkinns skytefelt i Dovre for å kunne vurdere faren for oppfrost av blindgjengere. Som bakgrunn for arbeidet er det gjennomført en feltbefaring, samt en vurdering av relevant litteratur, eksisterende kart og rapporter fra Hjerkinnområdet.

Det er store mengder løsmasser i det aktuelle området. Det er derfor et generelt potensial for at begravde blindgjengere kan fryse opp. I området er det også påvist permafrost. Oppfrysning av objekter vil være enten knyttet til det aktive laget av permafrosten eller som vanlige frostprosesser i jord. Permafrosten i seg selv vil derfor ikke være av betydning for vurdering av oppfrost-faren. Oppfrost er ulik i ulike jordarter. Skal et objekt fryse opp mot terrengoverflaten er det flere faktorer som må være tilstede. Det er spesielt viktig med tilgang til vann som kan fryse og at det finnes finkornet materiale i jorden. De ulike jordartene som finnes i området har svært ulikt vanninnhold, finstoffinnhold og dreneringsegenskaper. Derfor er ulike oppfrostpotensial i de ulike deler av områdene. Under befaringen til dette arbeidet ble det observert kun to spor etter oppfrostprosesser. Morenene i området er trolig svært kompakte, det antas derfor at permeabiliteten er for lav til at oppfrost kan skje.

Blindgjengere kan kartlegges ved hjelp av geofysiske metoder. Denne type undersøkelser er svært omfattende og det er også med denne type undersøkelser flere usikkerhetsfaktorer. For å minske behovet for geofysiske undersøkelser er det identifisert områder der det i utgangspunktet er lav/ingen risiko for oppfrost. Disse arealene og løsmassenes egenskaper må dokumenteres. For å redusere de arealene med potensiell oppfrostfare må det gjøres mer detaljerte undersøkelser.

For å dokumentere at denne metoden er god nok til å besvare de ulike problemstillingene er det foreslått et prosjekt. Prosjektet skal dokumentere egenskapene til jordartene og grensene mellom de ulike risikoarealene.

Ut fra kunnskap om oppfrostproblematikk og observasjoner i skytefeltet er det antatt at oppfrostpotensialet er svært lavt i området.

Innledning

Hjerkinn skytefelt skal avvikles og tilbakeføres til sivile formål. Skytefeltet har vært brukt i perioden 1923 til 2008.

En ukjent andel av den ammunisjon som har vært benyttet har ikke eksplodert og vil finnes igjen som blindgjengere. Når området skal tilbakeføres til sivilt formål skal risikoen for fare fra udetonerte blindgjengere reduseres så langt som praktisk mulig. I området ryddes det for ammunisjonsrester jevnlig, og dette vil fortsette som manuelt arbeid i flere år fremover.

Blindgjengere kan finnes både oppå og nede i bakken. Det meste av blindgjengere forventes å ligge på mindre enn 30 cm dyp, men i enkelte områder kan de finnes ned til 1-2 m dyp. Frostprosesser i jord er kjent for å kunne fryse opp gjenstander. Det er derfor et risikomoment at blindgjengere kan fryse opp over tid og utgjøre en sikkerhetsrisiko.

Målet med dette prosjektet er å kunne avgrense områder der det ikke er problemer med oppfrost og områder der det kan tenkes at dette kan utgjøre en risiko.

Et delmål med prosjektet er også å få aksept hos myndigheter og lokalbefolkning for at denne metoden for inndeling av arealene.

Metoder for påvisning av blindgjengere

Det er flere aktuelle metoder for indirekte påvisning av blindgjengere i bakken. Felles for disse metodene er at det blir målt et signal som er påvirket av objektet og av grunnforholdene. Et objekt i bakken kan ha egenskaper som enten setter opp et magnetfelt, eller gir spesielle responser på et påført elektrisk eller elektromagnetisk felt. Det reelle signalet fra objektet som søkes vil bli gradvis svakere mot dypet. Forholdet mellom reelt signal og bakgrunnsstøy vil endre seg raskt som en funksjon av dypet, men også andre effekter kan forstyrre en måling.

Det finnes mange gode teknikker for identifisering av metall, alt fra vanlige metalledetektorer til mer avanserte metoder som for eksempel magnetometrimålinger fra fly er benyttet til dette. Problemet med metallpåvisning vil være at også ufarlig metallskrot påvises på samme måte som blindgjengere. I tillegg vil ulike detektorer ha begrensinger i forhold til hvor dypt det kan måles. En oversikt over dybderekkevidden ved bruk av ulike metalledetektorer er vist i Tabell 1.

	Detectors		
	Type 1	Type 2	Type 3
UXO type	Max detection depths (m)		
German Bombs:			
SC-50 (50kg)	1.5	1.5	0.8
SC-250 (250kg)	4-5	3	1
SC-500 (500kg)	5	3.5	1
SC-1000 (1000kg)	6	3.5	1
UK Ordnance:			
Small arms <9mm calibre	0.1	-	0.2
Medium calibre <20mm	0.2	0.2	0.3
Mortars <2inch	0.4	0.6	0.4
Mortars <3inch	0.5	0.8	0.4
Shells <3inch	0.5	0.8	0.4
These detection depths represent the maximum under ideal site conditions. In most cases detection depths will be less than stated here.			

Tabell 1. Dybderekkevidde av målinger med ulike metalledetektorer

(http://www.zetica.com/downloads/Zetica-Understanding_the_limits_of_detectability_of_UXO.pdf).

Det er også vanlig å gjennomføre målinger fra fly til å identifisere blindgjengere (se f.eks Katartzis m fl. 2001).

Det kan monteres utstyr på helikopter, som f. eks vist i fig. 1, eller det kan monteres på kjøretøy.



Figur 1. Horizontal magnetisk gradient system (Foto: George Lev).

Fordelen med å bruke flybårne malinger er at det kan gjennomføres raske malinger over store områder som enten kan være farlige å bevege seg inn på eller som har vanskelig terreng. Presisjonen til en måling vil generelt være bedre til nærmere objektene en er. Kravet til presisjon må avgjøre valg av metode. Det ansees hensiktsmessig å starte med en oversiktskartlegging og deretter å gå videre med detaljkartlegging i mindre utvalgte områder.

Av de vanlige geofysiske metodene synes magnetometrimålinger fra helikopter å være den mest egnede metoden i første fase på Hjerkin.

Påvisning av blindgjengere er et omfattende prosjekt. Derfor vil det i første rekke være viktig å begrense området for detaljerte undersøkelser. Ingen geofysiske målinger ventes å være 100% sikre. Usikkerheter vil alltid kunne være av betydning uansett målemetode. På Hjerkin er det store områder der oppfrost ikke er en aktuell problemstilling, identifisering av disse områdene ved hjelp av geologiske undersøkelser vil derfor begrense områdene for geofysiske metoder.

Frost i jord

Jord som blir utsatt for frysing og tining blir utsatt for spesielle effekter. I landbruket er dette et spesielt problem med oppfrysing av stein. De samme prosessene gjør seg gjeldene i form av telehiv på veier. Geologiske spor etter disse prosessene finnes i en rekke ulike fenomener som kan observeres på markoverflaten.

Begravde objekter kan under spesielle geologiske, fysiske og klimatiske forhold bli flyttet mot overflaten. Denne fryse-tine-prosessen er langsom og kan føre til at dypereliggende objekter, for eksempel blindgjengere, kan komme til terrengoverflaten.

Oppfrysningen finner sted der det er en viss andel finkornet materiale i jordartene og der det er tilgang på vann.

På Hjerfoss finnes det permafrost. Det aktive laget (den del av permafrosten som tiner om sommeren) kan gå ned til ca 3-4 m dyp. Det aktive laget strekker seg dermed dypere enn det laget der det forventes at blindgjengere kan finnes. Det forventes dermed ikke at permafrosten vil ha betydning for oppfrysning av objekter fra grunnen. Derimot vil tele ha stor betydning for om objekter kan ved fryse-tine-prosesser få begravde objekter til å bevege seg mot terrengoverflaten.

Det er flere alternative metoder for å identifisere metallgjenstander som ligger begravd i bakken. Det kan for eksempel brukes metalledetektorer for fysisk identifikasjon av enkeltobjekter. Skytefeltet er svært stort og det må vurderes om det er praktisk og økonomisk forsvarlig med svært omfattende metoder.

Teleprosesser

I dette avsnittet beskrives teleprosesser i jord. Utdraget er hentet fra Isaksen og Sollid (2002).

Når bakken fryser om høsten vil finkornede jordarter kunne ekspandere, etter hvert som frysefronten trenger ned. Dette har to årsaker. Vann ekspanderer ca 10 % når det fryser og kapillærkreftene trekker vann opp mot fryseflaten mens frysingen pågår. Disse kreftene er det som gjør at det dannes nålis på bakken om høsten. Frossen jord vil dermed inneholde mer vann enn før telen trengte ned. Om våren tiner bakken og finmateriale siger inn og fyller hulrommet under steiner, prosjektiler eller hva det måtte være. Denne prosessen vil hvert år kunne flytte objekter (steiner, prosjektiler m.m.) i retning mot overflaten (fryseflaten).

Telefarlighet er knyttet til telehiv som betegner dannelsen av islinser og ekstra vann i øvre jordlag. Finkornede jordarter med høy kapillær stighøyde og tilstrekkelig hydraulisk ledningsevne er mer utsatt for telehiv enn mer grovkornede jordarter. Siltige jordarter er således særdeles utsatt for telehiv. Under objekter i bakken dannes det lett islinser da objektene normalt har høyere varmeledningsevne enn omkringliggende masse. Islagene medfører en volumutvidelse og vil lett flytte på objektene mot overflaten, til slutt helt i dagen.

Hulrommet som dannes under objektet fylles etter hvert med finmateriale. Ved tining av jorden vil derfor ikke objektet kunne gli tilbake til sin opprinnelige posisjon og objektet har derfor blitt transportert en avstand mot terrengoverflaten.

Frysing av jord er en komplisert termodynamisk prosess. Det transporteres porevann fram til fryseflaten, det dannes islinser og det skjer en sortering av jordpartiklene og en omstrukturering av løsmaterialet. Dette kommer til uttrykk ved det vi kaller frostjordsformer på overflaten. På grunn av at jord ikke er et homogent materiale, vil telehiv og mulighetene for oppfrysning av objekter være svært ulike fra sted til sted. Prosessene er i høy grad styrt av materialtype, fuktighetsforhold og temperaturgangen rent lokalt. Oppfrysingen vil være avhengig av både objektets størrelse og struktur.

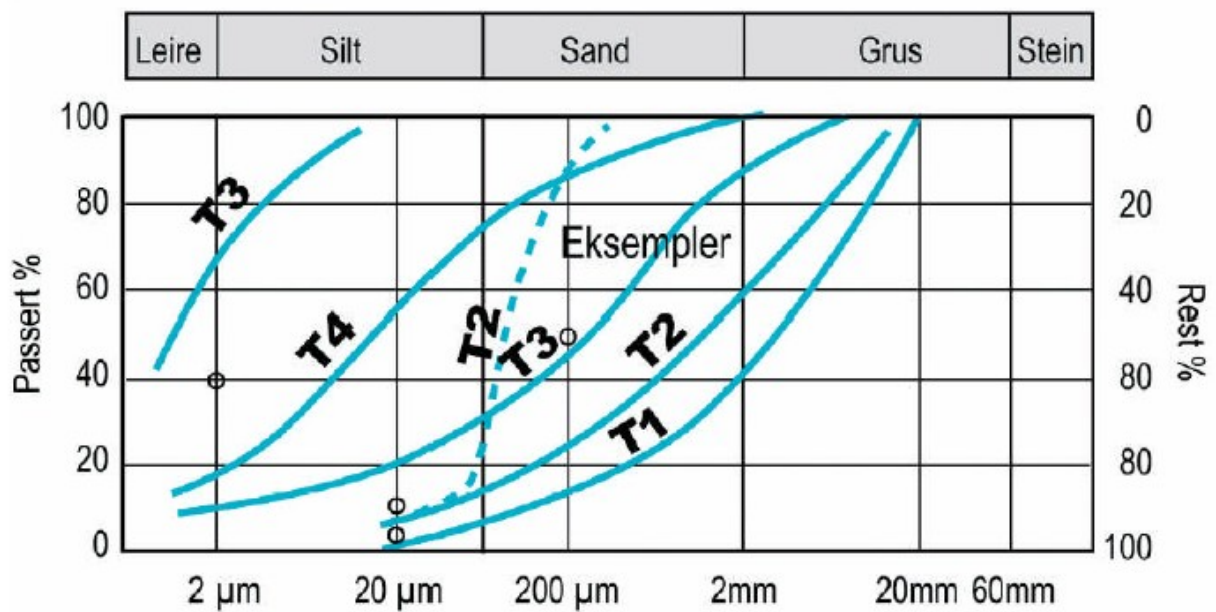
Det er dermed påvist en sammenheng mellom telefare og oppfrostproblematikk. I mangel på relevant faglitteratur på oppfrost-problematikk vil det derfor være hensiktsmessig å bruke velkjente metoder for vurdering av telefare for å kartlegge områder for potensial for oppfrost. I det videre arbeidet er telefare brukt som en indikasjon på oppfrostpotensialet.

Telefarlighet klassifiseres ut fra fordelingen av ulike kornstørrelser i jordarten, tabell 2 og fig. 2.

Tabell 2. Klassifisering av telefare i jord (Statens vegvesen, Håndbok 016, 2006).

Klassifisering →	Ikke telefarlig T1	Litt telefarlig T2	Middels telefarlig T3	Meget telefarlig T4
Materiale	Grus og sand < 3% < 0,02 mm	Grus, sand, morene > 3% < 0,02 mm <12% < 0,02 mm	Grus, sand, morene > 12% < 0,02mm < 50% < 0,2mm **** Leire > 40% < 0,02mm	Silt, leire, morene < 40% < 0,002mm > 12% < 0,02m og > 50% < 0,2mm

Kornfordelingsdiagram for klassifisering av telefare er vist i figur 2.



Figur 2. Klassifisering av telefare basert på kornfordelingsdiagrammer (Statens vegvesen, Håndbok 016, 2006).

De vanligste metodene for å vurdere telefare bygger på ”segresjonspotensialet og kornfordelingsanalyser. Segresjonspotensialet betegner hvor raskt vannet transporteres i jorden og kornfordelingsanalysene viser hvor mye finstoff det er i løsmassene.

Segresjonspotensialet er knyttet til permeabilitet, altså hvor lett vannet transporteres. Morener med like kornfordelingsdiagram kan ha ulik kompaksjon og dermed ulik permeabilitet og telefarlighet.

Synlige frostfenomen

Fryse- og tineprosesser i jord gir seg til kjenne ved en rekke terrengformer og mønster på terrengoverflaten. Identifikasjon av slike fenomener er derfor et bevis på at oppfrost skjer.

Polygonmark

Polygonmark dannes når stein fryser opp og blir liggende på markoverflaten. Er det helling på terrenget blir det dannet steinstriper i stedet for polygonmark (fig. 3).



Figur 3. Polygonmark. (http://www.svalbardkurset.no/bmj_05/pages/126-Polygonmark%20ved%20Signehamna.htm).

Solifluksjon

I hellende terreng kan **solifluksjon** være en viktig prosess som får jorden til å flyte nedover. Jorda siger nedover skråningen på når den blir mettet med vann. Vannet kan komme fra regn eller snøsmelting, men solifluksjon blir spesielt effektivt i kaldt klima når islinsene smelter, og vannet ikke kan trenge ned i det frosne jordlaget under. Den store mengden med vann fører til økt porevannstrykk, og svekkelse av den indre friksjonen i jorda, som begynner å "renne" nedover. Solifluksjonsprosessen kan utgjøre en transport nedover skråningen på noen cm i året, men mesteparten av bevegelsen er antatt å foregå på våren, når vanntilgangen er størst. Dannelse av **solifluksjonsløber** er vanlig i tilknytning til denne prosessen. Lobene kan likne på trappetrinn, og fronten kan være flere meter høy.

Tuemark

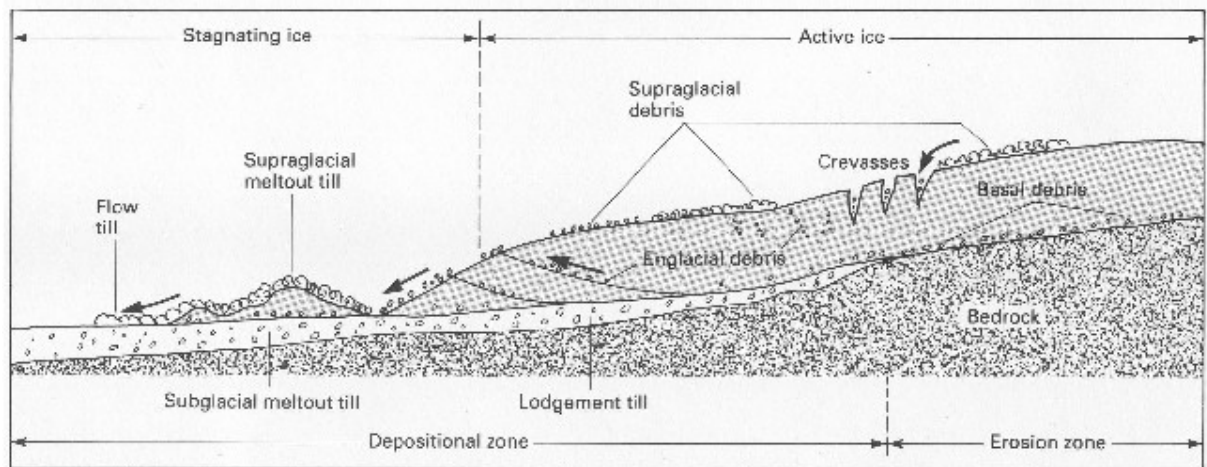
Frostheving i jorda kan ha en slags "forstyrrende effekt", og føre til en litt kaotisk overflate, med en del humper. Ofte arrangerer disse humpene seg som regulære tuer. Toppen av tuene blåser ofte fri for snø om vinteren, og det vil forsterke frostprossene lokalt der. Tuehøyden tilsvarer ofte dybden av den forstyrrende frosteffekten. Tuene inneholder en del islinser, og kan opptre uavhengig av permafrost.

Telefarlighet i ulike jordarter

Definisjonen på de ulike jordartene på et løsmassekart (kvartærgeologisk) er satt ut fra dannelse av jordarten og ikke nødvendigvis den fysiske sammensetningen. Det er derfor viktig at kart brukes med forsiktighet og at forståelsen for helheten er ivaretatt når kartet leses. I dette avsnittet presenteres noen karakteristiske trekk ved de jordarter som finnes i området. Den generelle telefarligheten og dermed risikoen for oppfrysning diskuteres. Kun de dominerende jordartene som finnes på Hjerkinna er omtalt.

Morene

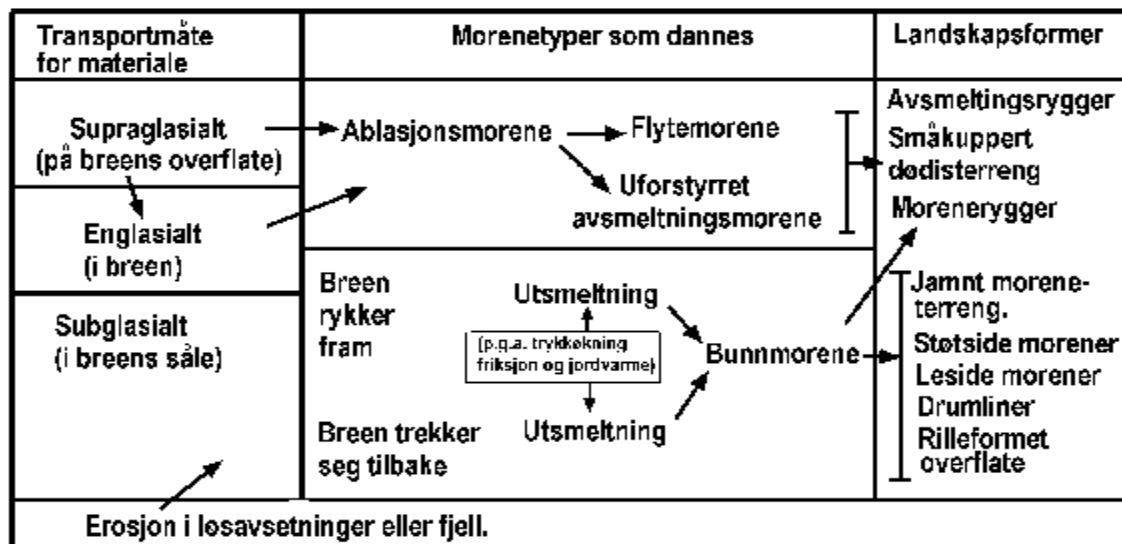
En morene er generelt en usortert jordart som er avsatt under eller ved en brefront (fig. 4). Alle kornfraksjoner fra leire til store blokker kan finnes i morene.



Figur 4. Dannelse av morene (Hambrey & Alean 1992).

Det finnes videre en rekke ulike morenetyper; bunnmorene, frontmorene, sidemorene og ablasjonsmorene. En bunnmorene er karakterisert ved at den er kompakt. Den er avsatt under en tykk breis og har dermed blitt presset så hardt sammen at porøsiteten er liten. De andre morenetyperne er løsere lagret og har dermed større porøsitet. En inndeling av morenetyper etter transportform er vist i fig. 5.

Kornfordelingsdiagram kan derfor være misvisende for å skille en bunnmorene fra en annen morenetype.



Figur 5. Dannelse av ulike morenetyper etter transportform

(<http://geology.umb.no/Courses/GEO210/ovinger/Morener/Morener.htm>).

Morene er den vanligste jordarten i Norge. I denne jordarten kan det oppstå oppfrysning, f. eks oppfrost av stein som er vanlig landbruket. Oppfrostproblemene i landbruket er omtalt bl.a av Norges Geologiske Undersøkelse, se under:

Stein i potetåker

02. oktober 2008

Hvorfor kommer det ny stein i potetåkeren min hvert år?

Dette skyldes telen i jorda og at det finnes stein i undergrunnen, f.eks. at potetlandet ligger på morenejord. Når vannet i det øverste jordlaget fryser om høsten, utvider det seg (vann utvider seg 9% når det fryser til is) og det øverste jordlaget løftes litt opp. Det skjer dermed en "oppfrysing" av hele jordlaget (jfr. telehiv).

Når isen (telen) tiner om våren, synker jorda sammen, mens steinene gjerne blir "hengende" noe igjen. Hulrommene under steinene, som gjerne bare er 1-2 mm, fylles med jordholdig smeltevann slik at steinene ikke får plass til å falle tilbake til sin opprinnelige plass. Denne oppfrysingen av stein er langsom, det tar mange år før en stein løftes opp fra f.eks. en halv meters dyp.

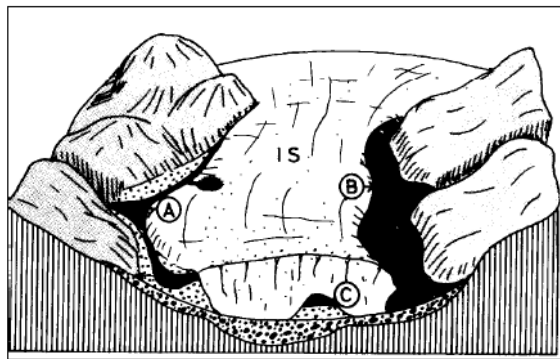
(Kilde: www.ngu.no).

Skal det være oppfrostfare i morene må denne være så permeabel at vann kan transporteres raskt nok til dannelse av islinsene. En morene dannet under isavsmeltingen vil som regel være mye mer permeabel enn en kompakt bunnmorene dannet under en tykk iskappe. Derfor vil det være større oppfrostpotensial i en avsmeltingsmorene enn i en bunnmorene selv om kornstørrelsene er de samme.

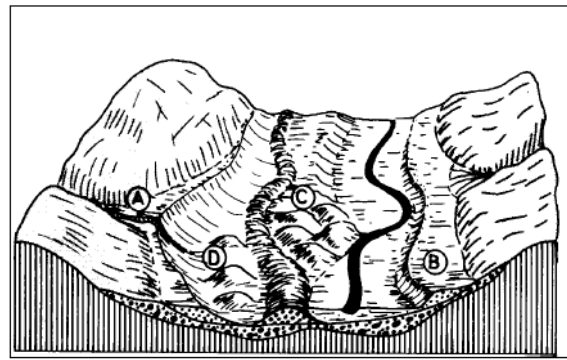
Morene ligger typisk i telefareklasse T2 og T3 (tabell 2). Man må være oppmerksom på de ulike morenetyperne når man vurderer telefaren kun ut fra kornfordeling av morenene.

Breelvmateriale

Breelvmateriale er avsatt av breelver. Karakteristisk for slike elver er at vannføringen varierer svært mye gjennom årstidene ettersom tilgangen på smeltevann varierer. Store stein og grusavsetninger er som regel breelvvavsetninger. Breelvmateriale er karakterisert ved å være grovkornet (fig. 6 og 7). Breelvmateriale kan være avsetninger som ligger ved siden, under eller fremfor en isbre.



Avsetning av løsmasser i brevann. Elver(A) og innsjøer(B) langs iskanten og i tunneller og forkant av isen(C).



Breelvmateriale avsatt som terrasseflater (A og B), som eskere(C) og som hauged dødsterreng(D).

Figur 6. Dannelse av breelvavsetninger (Østeraas, 1968).



Figur 7. Forgrenet elveløp (braided streams) foran en isbre.

http://www.uwsp.edu/geo/faculty/ritter/glossary/A_D/braided_streams.html

Breelvavsetninger ligg typisk i telefaregruppe T1, altså ikke telefarlige (se tabell 1). Oppfrostpotensialet er derfor lite eller ikke eksisterende.

Elvemateriale

Elvematerialer er relativt likt breelvmateriale, men mangler ofte de groveste fraksjonene og har jevnere kornstørrelse. Man finner ikke blokkmateriale i elveavsetninger slik tilfellet er i breelvavsetninger. Det er også mer sand i elveavsetninger enn i breelvavsetninger. Elvavsetninger ligg typisk i telefaregruppe T1, altså ikke telefarlige (se tabell 2). Oppfrostpotensialet er derfor lite eller ikke eksisterende.

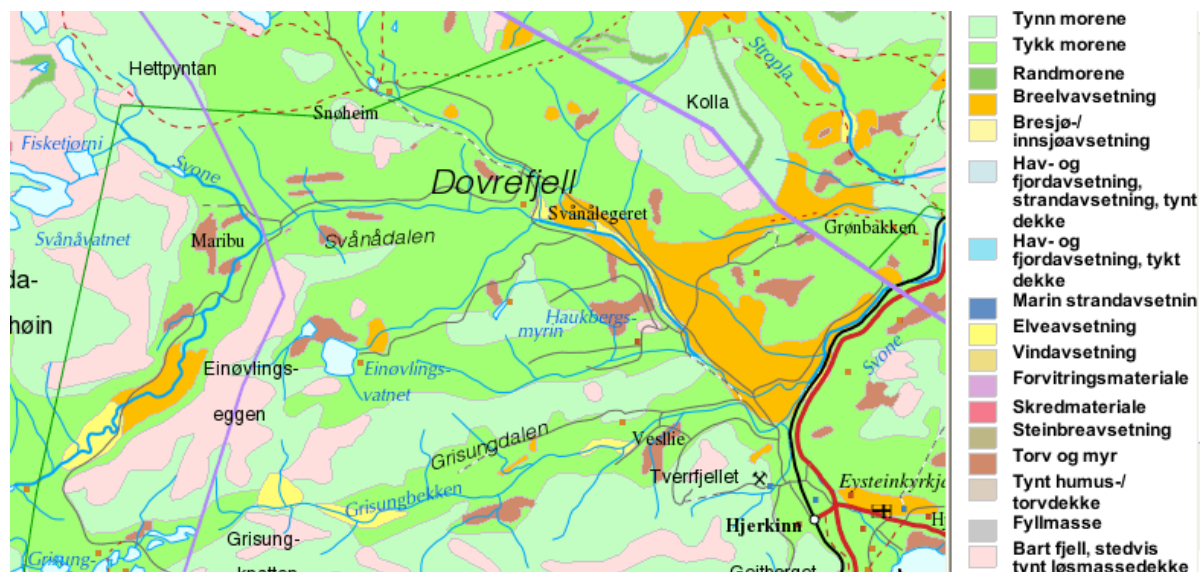
Myr/organisk materiale

Myr er en opphopning av organisk materiale som ikke nedbrutt. Dannelse av myrer er avhengig av tilgang på vann. Det kan være grunnvannsmyrer eller nedbørsmyrer.

Myr har gode isolerende egenskaper og er ikke ansett for å være telefarlige (Isaksen og Sollid, 2002). Oppfrost vil ikke finne sted i myr.

Generelle geologiske forhold i skytefeltet

Løsmassekartet som viser jordartsfordelingen i området er vist i figur 8. Kartet er i målestokk 1:50000 og mangler derfor en del detalinformasjon. Selv om ikke møter den detaljeringsgrad som er nødvendig i dette prosjektet, så viser det den generelle forståelsen av dannelsen av de ulike jordartene.



Figur 8. Løsmassekart over det aktuelle området (www.ngu.no).

Figur 9 viser at de dominerende jordartene i området er breelvavsetninger og morene. I lavereliggende deler av terrenget er det også store flater med myr.

Moreneterrenget er karakteristisk som jevne flyer i terrenget. Det finnes endemorener og flytestrukturer (fig. 10 til 12).



Figur 9. Bilde som viser et bunnmoreneterreng med en endomorene (pil) som viser et lokalt brefremrykk.

Isens bevegelse kan også vises igjen i form av striper i terrenget (fluted surface), dette viser avsetninger under en temperert bre (en bre som ikke er frosset til underlaget) fig. 10.



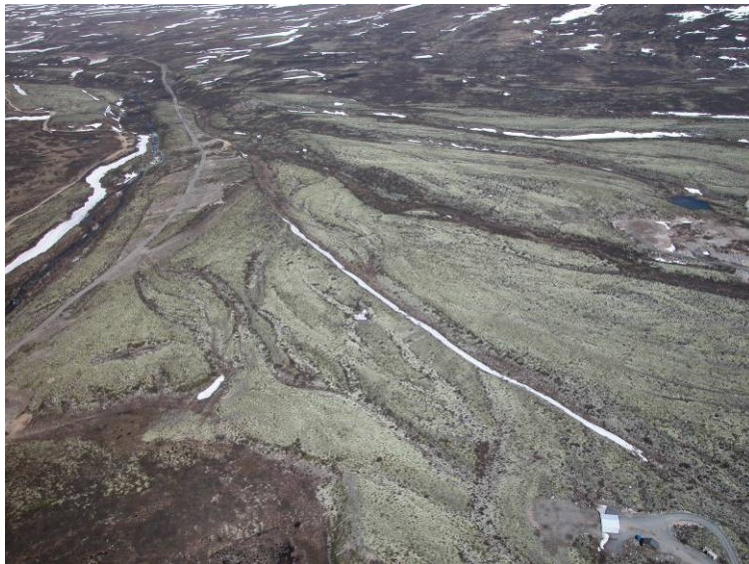
Figur 10. "Fluted surface".

Sammensetningen av morenematerialet kan delvis sees i skjæringer i terrenget, fig. 11.



Figur 11. Sammensetning av morenemateriale.

Breelvsetningene er tydelige på Storranden, fig. 12.



Figur 12. Flybilde av deler av Storranden.

Figur 12 viser at Storranden består av et forgrenet elveløp, typisk for utspylingssoner av breelvmateriale. Fig. 13 viser typiske løsmasser på Storranden.



Figur 13. Bilde av løsmassene i Storranden.

Bildet i fig. 13 viser løsmasser med et svært lavt finstoffinnhold og løsmasser som ikke er telefarlige.

Myr og breelvavsetninger er i utgangspunktet ikke telefarlige og representerer dermed liten fare for oppfrysning av blindgjengere.

Frostfenomener i skytefeltet

Det er ikke observert sikre tegn på frostfenomener i terrenget. Figur 14 viser tegn til noe som kan være steinstriper, en form for polygonmark.



Figur 14. Tegn til steinstriper på flyene ved Haukberget

Figur 15 viser tuemark, en form for frostfenomen.



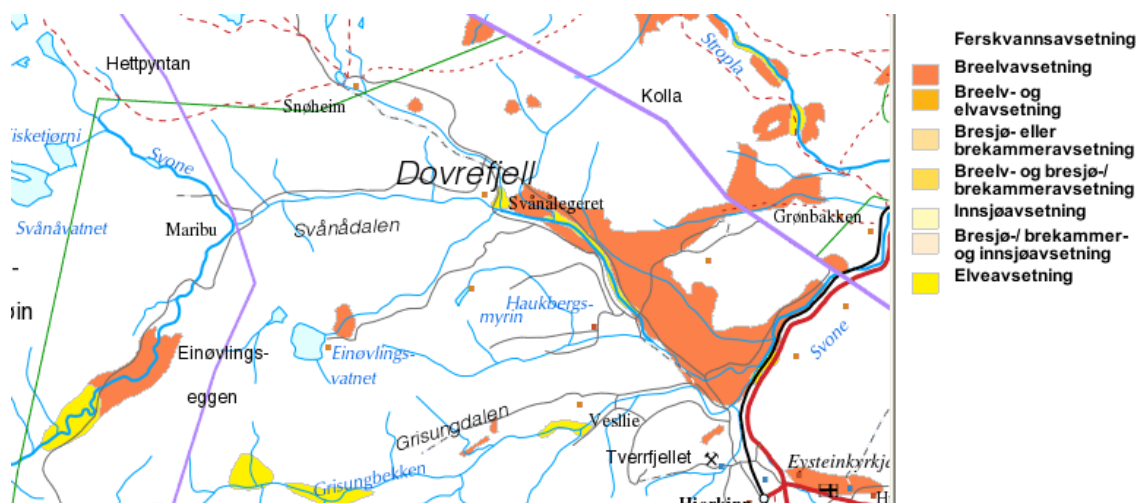
Figur 15. Tegn til tuemark.

Oppfrostpotensialet i løsmassene i skytefeltet

Løsmassenes telefarlighet

Vannavsatte jordarter

Den viktigste egenskapen til løsmassene i forhold til oppfrost er andelen finstoff. Jordarter avsatt av rennende vann har lite silt og leire og er dermed lite telefarlige. I fig. 16 er det vist et kart over vannavsatte jordarter med lav teleaktivitet på Hjerking.



Figur 16. Vannavsatte løsmasser med lite finstoff (www.ngu.no).

Morener

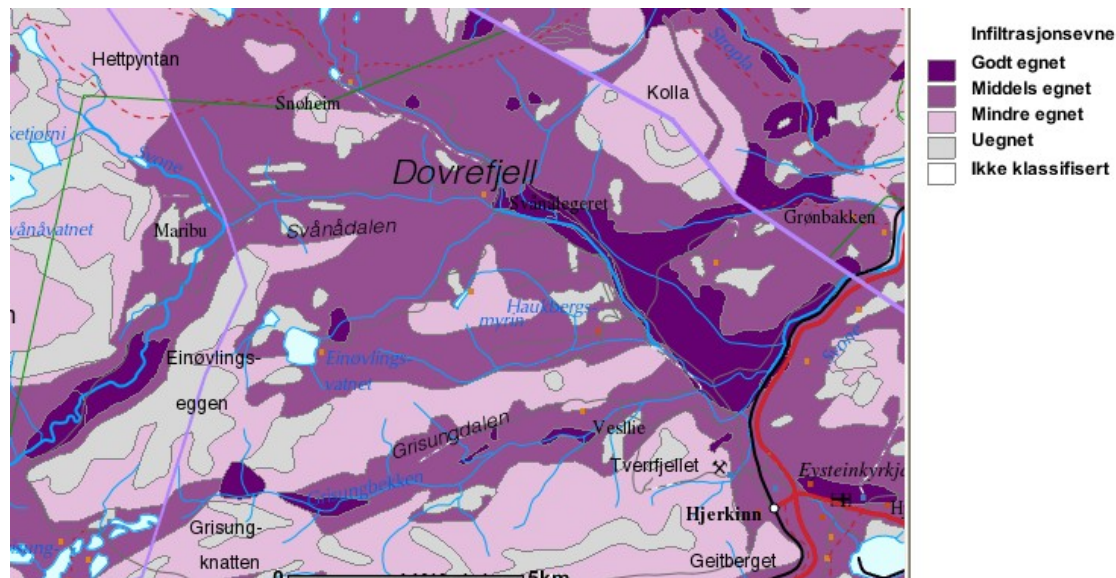
Den slående mangelen på synlige frostfenomener er merkelig siden disse ut fra en kornfordelingsanalyse vil komme i telefareklasse T2 og T3. Det synes generelt ikke å være problem med tilgang på vann i området.

Den mest nærliggende forklaringen på dette er at permeabiliteten til morenen er svært lav på grunn av at det er en kompakt bunnmorene som dominerer.

Løsmassenes infiltrasjonkapasitet

For at løsmasser skal være telefarlige må det være en god tilgang på vann. I figur 17 er det vist jordartenes infiltrasjonkapasitet. Kartet er laget med henblikk på å kunne infiltrere

avløpsvann, dreneringsegenskaper og jordtykkelse er de viktigste faktorene. Derfor er området som er markert som godt og middels egnet, trolig grovkornede løsmasser med lav teleaktivitet. De områdene på kartet som viser ikke egnet for infiltrasjon vil derfor være mest rike på finkornet materiale og kan være mest telefarlige. Kartet er generert ut fra et løsmassekart som tar hensyn til jordart og jordtykkelse og mindre til drenerende egenskaper. En kompliserende faktor her er at morenene kan ha ulik kompaksjon. I forhold til oppfrosthfare bør det gjøres målinger for å finne de reelle egenskapene til moreneavsetningene. I enkelte soner, spesielt i dalbunnen vil det være større sannsynlighet for å finne kompakte løsavleiringer med lavt oppfrospotensiale enn det er i dalsidene.

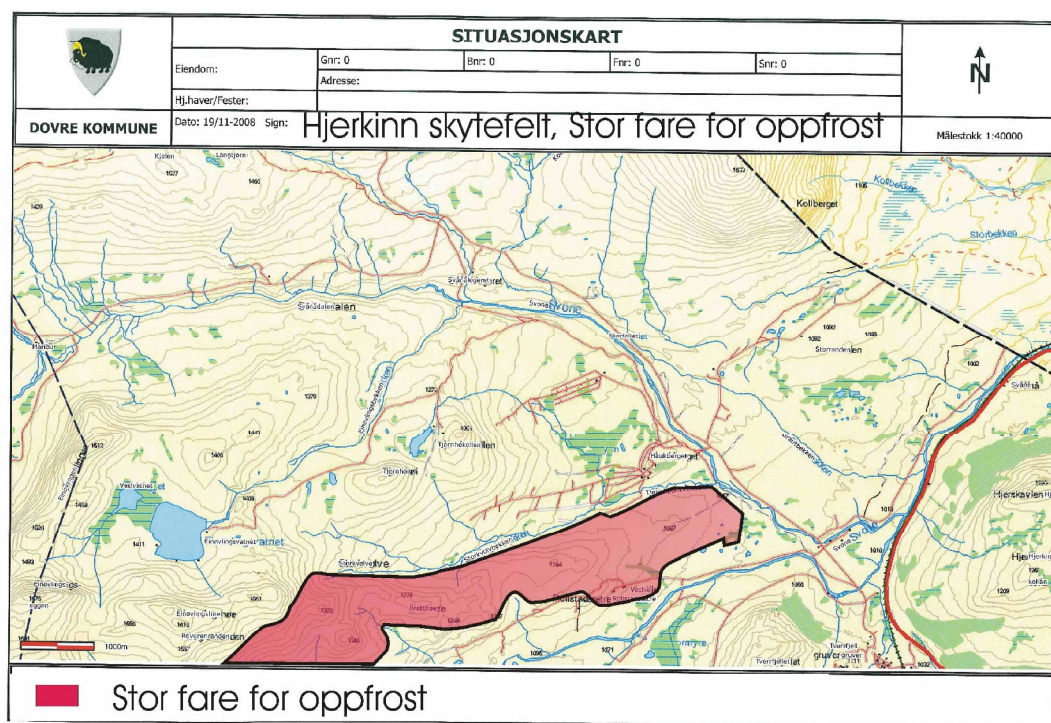


Figur 17. Infiltrasjonsegenskaper til løsmassene (www.ngu.no).

Samlet vurdering av oppfrostpotensialet i Hjerkinn skytefelt

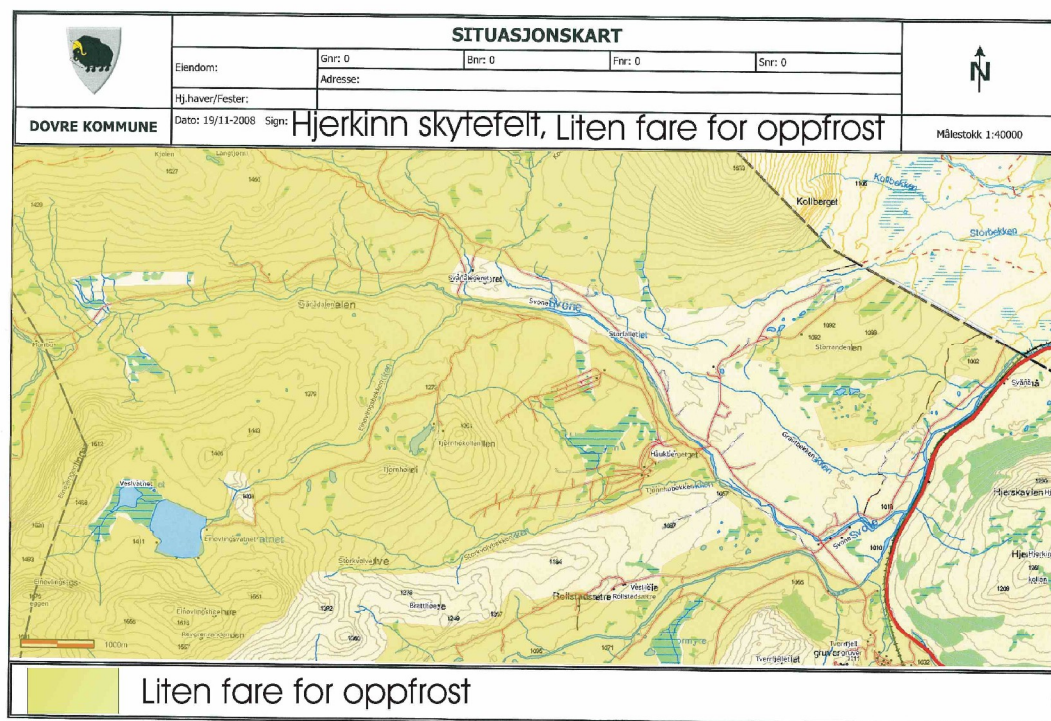
På grunnlag av geologiske kart og vurdering av egenskapene til løsmassene er det laget faresonekart. Kartene er basert på Norges Geologiske Undersøkelse sine kart. Det mangler detaljer i disse kartene, og innfor hver faresone kan det ventes noe variasjoner. Kartene er ment som en indikasjon på størrelsen av de ulike faresonene og det vil være nødvendig å dokumentere potensiale for oppfrost innen hver fareklasse samt å dokumentere grensene mellom ulike fareklasser.

I fig. 18 er det vist kart over der det er mindre egnet for infiltrasjon. Kartet bygger på fig. 17. I figur 17 er også områder med tynt morenedekke/bart fjell markert som lite egnet til infiltrasjon. I faresonekartet med bart fjell/tynt morenedekke tatt ut som risikoområde. Områdene med dårlig infiltrasjonsegenskaper i er antatt å representere bunmorene i dalbunnen. I dalbunnen vil det være kort avstand til vannspeilet og mye finstoff i morenen. Dette er antatt å utgjøre de største risikoområdene i forhold til oppfrost. Det er mulig at morenen er så kompakt at det i realiteten er liten risiko for oppfrost.



Figur 18. Kart over områder med antatt stor fare for oppfrost.

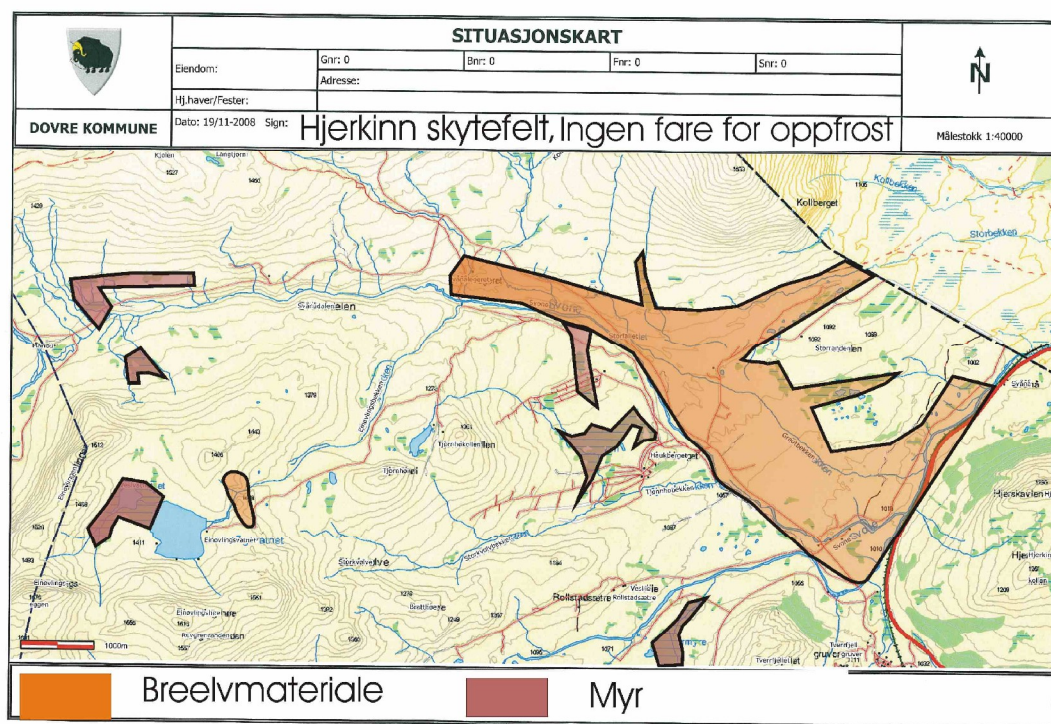
I fig. 19 er det vist et område som ikke er så enkelt å definere. Kartet viser derfor områder der det kan være oppfrostpotensiale. På grunn av mangel på synlige spor etter oppfrost antas det at store deler av området kan karakteriseres som områder med liten oppfrostfare.



Figur 19. Områder med liten fare for oppfrost.

I områdene med breelvmateriale og myr er det ingen telefare og dermed ingen fare for oppfrost.

Fareklasse 3 definerer områder med breelvvavsetninger og myravsetninger. Dette er jordarter uten oppfrostopotensiale. I figur 20 er det vist et kart over områder som ikke er telefarlige og der det ikke er oppfrostopotensiale.



Figur 20. Kart over områder der oppfrostopensialet ikke eksisterer.

Som en samlet vurdering av oppfrostopensialet er det gjort en foreløpig klassifisering av området.

Det finnes nesten ikke observerte frostfenomener i det aktuelle området. Dette viser at jordartene er generelt lite telefarlige. Generelt sett er det derfor liten fare for oppfrost.

Årsakene til dette antas å være:

- Glasifluvialt materiale (grovkornede ikke telefarlige jordarter på Storranden)
- Myr som er god isolerende og ikke telefartig.
- Kompakt morene med lav permeabilitet.

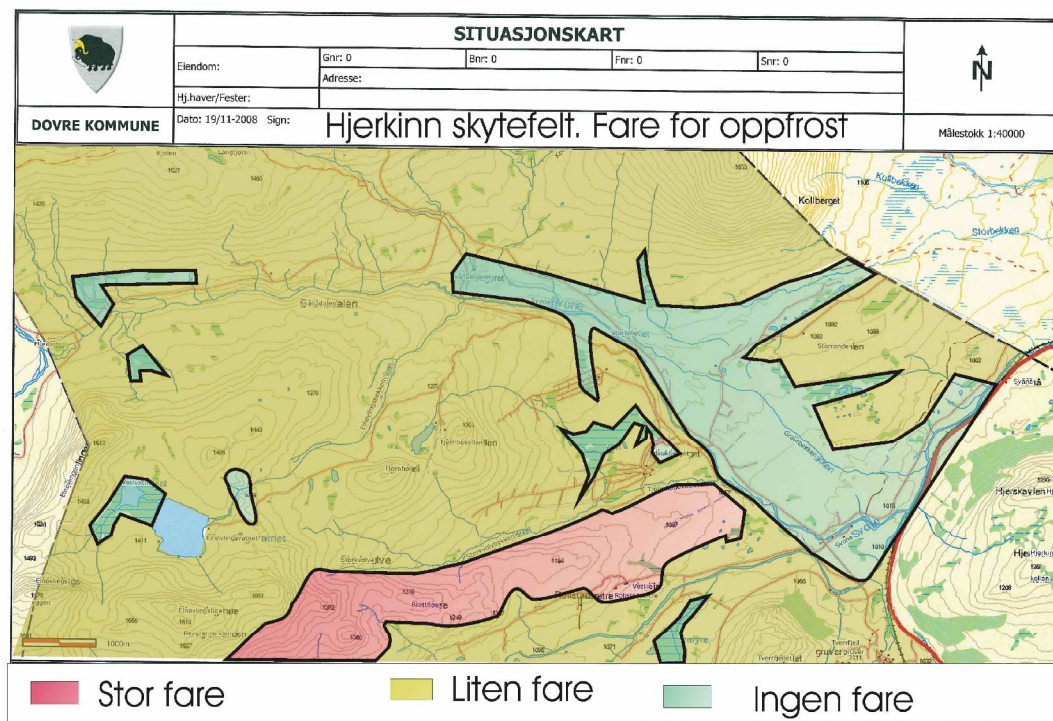
Isaksen og Sollid (2002) hevder at dalene og lokale forsenkninger i landskapet representerer felt med middels til dels stor telefare. De finner at typiske eksempler på slike områder med telefare er i de midtre og indre delene av Svånådalen, Grøndalen, innerst i Grisungdalen, i området mellom Storranden og E6, øst og nord for HFK-sletta og mellom Haukberget 1 og Haukberget 2.

Dette er nok generelt riktig i forhold til at morene er dominerende jordart i de lavereliggende områdene. De store arealene på Storranden må likevel klassifiseres som ikke telefarlige, og dermed som liten fare for oppfrost.

Oppfrostkartet har 3 klasser:

- Fareklasse 1: Stor fare for oppfrost
- Fareklasse 2: Liten fare for oppfrost
- Fareklasse 3: Ingen fare for oppfrost

Kartet er vist i figur 21.



Figur 20. Faresonekart for oppfrost i Hjerkinnskytefelt.

Det er vanskelig å definere grensene mellom middels til stor oppfrostfare. For å kunne gjøre dette må det utføres nye undersøkelser.

Forslag til videre undersøkelser

Vurderingen av oppfrostpotensialet må dokumenteres for å kunne brukes som et verktøy av forsvaret. Målet med dokumentasjonen skal være at geologisk informasjon kan brukes for en reell inndeling av fareområdene.

- 1 Identifisering av froststrukturer
- 2 Kornfordelingsanalyser
- 3 Differensiering av morenetyper; Infiltrasjonstester, kompaksjonstester, kornfordelinganalyser
- 4 Bruk av indikatorer på jordartstype
Vegetasjon i forhold til finstoffinnhold og vanntilgang. Befaringer høsten 2008 tyder på at det er markante forskjeller i vegetasjon på de ulike områdene. Høyst sannsynlig kan dette benyttes til geologisk kartlegging, og dermed som grunnlag for inndeling av risiko for oppfrost.
- 5 Flyfotografering
Ny serie med skråbilder i slutten av snøsmeltingen
- 6 Feltkontroll
- 7 Geologisk kartlegging av grenser mellom ulike jordarter.
- 8 Identifisering av kilder/ grunnvannssig

Referanser

Hambrey & Alean 1992: Glaciers. Cambridge University Press.

Isaksen og Sollid (2002). Løsavleiringer og permafrost i Hjerkinns skytefelt, Dovrefjell. Rapport Universitetet i Oslo.

Katartzis m fl. 2001: Remote sensing minefield area reduction: Model-based approaches for the extraction of minefields indicators.

MacDonald, Jacqueline, J. R. Lockwood, John McFee, Thomas Altshuler, Thomas Broach, Lawrence Carin, Russell Harmon, Carey Rappaport, Waymond Scott, and Richard Weaver, Alternatives for Landmine Detection, Santa Monica, CA: RAND Corporation, MR-1608-OSTP, 2003.

Statens vegvesen, Håndbok 016, 2006: geoteknikk i vegbygging.

Østeraas, T., 1968: Grunnlag i Kvartærgeologi