Skredfarekartlegging i utvalgte områder på Svalbard

91
2016

RAPPORT

Rapport nr 91-2016
Skredfarekartlegging i utvalgte områder på Svalbard

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør: Maria Hannus / Multiconsult

Forfattere:

Trykk: NVEs hustrykkeri
Opplag:
Forsidefoto: Multiconsult AS
ISBN 978-82-410-1544-1
ISSN 1501-2832

Sammendrag:

Emneord: Longyearbyen, skredfarekartlegging, snøskred, sørpeskred, steinsprang, flomskred, jordskred

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

Forord

Et nasjonalt kartgrunnlag – faresonekart skred – er under etablering for områder med stort skadepotensial fra skred i bratt terreng. Økt kunnskap og oversikt gjennom kartlegging av fareutsatte områder er et viktig verktøy og underlag for skredforebyggende arbeid. Hovedmålet med kartleggingen er å bedre grunnlaget for vurdering av skredfare til bruk i arealplanlegging og beredskap mot skred.

Plan for skredfarekartlegging (NVE rapport 14/2011) legger rammene for kartlegging i årene framover, og er et grunnlag for prioriteringene med hensyn på faresonekartlegging for ulike typer skred. Det er utarbeidet lister med geografiske områder som prioriteres for kartlegging av fare for skred i bratt terreng ved eksisterende bebyggelse.

NVE fikk det overordnede ansvaret for forebygging mot skredulykker også på Svalbard fra 2014, og kartlegging på Svalbard ble prioritert desember 2015.

Denne rapporten presenterer resultatene fra faresonekartlegging av skred i utvalgte områder ved Longyearbyen på Svalbard. Arbeidet er utført av Multiconsult.

I kartleggingen inngår utarbeidelse av faresonekart i henhold til kravene i byggteknisk forskrift (TEK10), som viser faresoner for skred med nominell årlig sannsynlighet på 1/100, 1/1000 og 1/5000. Sannsynlighetene gjelder skred som utgjør fare for tap av menneskeliv og skader på bygg.

Skredtypene snø-, sørpe-, stein-, jord- og flomskred er kartlagt.

Oslo, desember 2016

Anne Britt Leifseth

Direktør for skred- og vassdragsavdeling i NVE

Eli K. Øydvin

Eli K. Øydvin

Seksjonssjef for skred- og flomkartlegging i NVE

RAPPORT

Skredfarekartlegging Svalbard

OPPDRAGSGIVER

Norges vassdrags- og energidirektorat

EMNE

Kartlegging av skredfare på Svalbard

DATO: 12. desember 2016/02

DOKUMENTKODE: 713416-RIGberg-RAP-001

Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

Fotografier på framsiden viser Nybyen, deler av skråningen over Bykaia-Vestpynten, Sverdrupbyen og sentrums området i Longyearbyen.

Multiconsult

RAPPORT

OPPDRAG	**Skredfarekartlegging for NVE**	DOKUMENTKODE	713416-RIGberg-RAP-001
EMNE	Kartlegging av skredfare på Svalbard	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	**Norges vassdrags- og energidirektorat**	OPPDRAGSLEDER	Maria Hannus
KONTAKTPERSON	Jaran Wasrud	UTARBEIDET AV	MARIAH/MHP/ Jan Otto Larsen
KOORDINATER	SONE: 33N ØST: 519200 NORD: 8682345	ANSVARLIG ENHET	4014 Tromsø Bergteknikk

SAMMENDRAG

Multiconsult har utført detaljert skredfarekartlegging i bratt terreng for utvalgte områder på Spitsbergen/ Svalbard. På oppdrag for Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) er områder med boligbebyggelse og næringsvirksomhet undersøkt. På oppdrag for Longyearbyen lokalstyre og Store Norske Spitsbergen Kullkompani AS (SNSK) er det i hovedsak eksisterende hytteområder som er undersøkt. Områdene listet nedenfor er detaljert kartlagt og vurdert i henhold til TEK10 og NVEs kravspesifikasjon for offentlige oppdrag. Det er utarbeidet faresonekart med årlig nominell sannsynlighet 1/100, 1/1000 og 1/5000 for de ulike områdene. Alle aktuelle skredtyper i bratt terreng (snø-, sørpe-, stein-, jord- og flomskred) er vurdert.

Områder kartlagt på oppdrag for NVE

- Vestpynten-Bykaia
- Longyearbyen
- 1 stk. delområde Todalen
- 3 stk. delområder Bolterdalen-Foxdalen

Områder kartlagt på oppdrag for Longyearbyen lokalstyre og SNSK

- Bjørndalen
- Reveneset-Hjorthamn
- Vindodden
- Todalen
- Bolterdalen-Foxdalen

Deler av den eksisterende bebyggelsen i Longyearbyen er vurdert å ligge innenfor faresonegrensene for skred med årlig nominell sannsynlighet 1/100 og 1/1000. Deler av de ulike hytteområdene ligger innenfor faresonegrensen for skred med årlig nominell sannsynlighet 1/100. Det er kun et lite areal i de kartlagte områdene som tilfredsstiller sannsynlighetskrav 1/5000.

Faresonekartene kan brukes som grunnlag i forbindelse med arealplanlegging og ved godkjenning av reguleringsplaner og byggesøknader. Kartene kan også fungere som veiviser for områder som bør prioriteres med tanke på eventuelle forebyggende skredsikringstiltak og sikringstiltak der bebyggelse er skredutsatt.

Faresonekartene kan i tillegg være et verktøy som brukes i beredskapsplaner mht. skredfare.

02	12.12.2016	Skredfarekartlegging, mindre justeringer	Maria Hannus	Jan Otto Larsen	Torill Utheim
01	25.11.2016	Skredfarekartlegging Svalbard, med spesifisering sørpeskred	Maria Hannus	Jan Otto Larsen	Torill Utheim
00	18.10.2016	Skredfarekartlegging for NVE på Svalbard	Maria Hannus, Mariia Pihlainen	Peder Eide Helgason, Jan Otto Larsen	Torill Utheim
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

ABSTRACT

Multiconsult AS has performed a detailed hazard mapping of areas prone to slides and avalanches for the community Longyearbyen in Svalbard. The project is organized by Norwegian Water Researches and Energy Directorate NVE, with the goal to make zoning plans for areas with settlements and industry facilities. Added the local city administration «Longyearbyen lokalstyre» and the mining company «Store Norske Spitsbergen Kullkompani» have asked for detailed mapping of areas where cabins are situated. Areas listed below have been mapped in relation to Norwegian Building Act § 25 and Norwegian technical guidelines described in «Teknisk forskrift» TEK 10. The work is also according to NVE's requirements for public consulting work. The zoning plans have specific borders for frequencies of natural hazards related to the requirements, where a yearly probability of 10^{-2}, 10^{-3} and $2{\cdot}10^{-4}$ are demanded. All types of natural hazards as avalanches, slush flows, rock slides, debris flows and slides in soils are included in the study.

Areas mapped for NVE:

- Vestpynten-Bykaia
- Longyearbyen
- 1 stk. delområde Todalen
- 3 stk. delområder Bolterdalen-Foxdalen

Areas mapped for «Longyearbyen lokalstyre» and «Store Norske Spitsbergen Kullkompani»

- Bjørndalen
- Reveneset-Hjorthamn
- Vindodden
- Todalen
- Bolterdalen-Foxdalen

Part of the settlement in Longyearbyen has been judged to be in the exposed area for avalanches or slides with a yearly probability of 10^{-2} and 10^{-3}. Parts of the cabin areas have been mapped to be exposed for slides or avalanches with a yearly probability of 10^{-2}. Only a minor areas in Longyearbyen satisfy the requirement of yearly probability of $2 \cdot 10^{-4}$.

The zoning maps can be used in future planning of settlements and in approval of «reguleringsplaner» and in decision of applications for new building projects. The maps can also be used in priority plans for mitigation measures and protection plans.

Added the zoning plans can be a tool a tool in plans for warning against natural hazards.

INNHOLDSFORTEGNELSE

1 Innledning ... 6
1.1 Formål med kartleggingen, bruk av kartene og detaljnivå ... 7
2 Generell oversikt over kartleggingsområdene ... 8
2.1 Topografi ... 8
2.2 Geologiske forhold ... 8
2.3 Klima ... 10
2.3.1 Permafrost ... 14
2.4 Klimaendringer på Svalbard ... 15
2.5 Skredaktivitet ... 15
3 Skredtyper ... 18
3.1 Beskrivelse av skredtyper i bratt terreng ... 18
3.2 Aktuelle skredtyper innenfor kartleggingsområdene ... 19
4 Tidligere vurderinger/kartlegginger som er benyttet i vurderingen. ... 22
5 Metodikk for fastsettelse av faresoner ... 23
5.1 Terrengmodell og kotegrunnlag ... 23
5.2 Ortofoto, flybilder og fotografier ... 24
5.3 Topografi, geologi og terrengforhold ... 24
5.4 Klimaforhold ... 24
5.5 Skredhistorikk ... 24
5.6 Feltarbeid/registreringskart ... 25
5.7 Modeller for beregning av utløpslengder ... 26
5.7.1 RocFall 5.0 ... 26
5.7.2 RAMMS ... 26
5.7.3 α / β- modellen ... 28
5.8 Fastsettelse av de ulike faresonene ... 29
6 Delområder ... 31
6.1 Vestpynten – Bykaia ... 31
6.1.1 Topografi og grunnforhold ... 31
6.1.2 Skredhendelser ... 31
6.1.3 Vurdering av skredfare ... 32
6.1.4 Modellering i RAMMS samt kommentarer angående faresoner ... 32
6.2 Longyearbyen ... 34
6.2.1 Topografi og grunnforhold ... 34
6.2.2 Skredhendelser ... 35
6.2.3 Vurdering av skredfare ... 36
6.2.4 Modellering i RAMMS samt kommentarer angående faresoner ... 37
6.3 Todalen ... 39
6.3.1 Topografi og grunnforhold ... 39
6.3.2 Skredhendelser ... 39
6.3.3 Vurdering av skredfare ... 39
6.4 Bolterdalen – Foxdalen (3 delområder) ... 40
6.4.1 Topografi og grunnforhold ... 40
6.4.2 Skredhendelser ... 40
6.4.3 Vurdering av skredfare ... 40
6.4.4 Modellering i RAMMS samt kommentarer angående faresoner ... 41
7 Referanser ... 42

Vedlegg

Vedlegg A Faresonekart
Vedlegg B Registreringskart
Vedlegg C Helningskart og gps logg/reg pkt
Vedlegg D Beskrivelse av registreringspunkt
Vedlegg E Skredhendelseskart med tabell som beskriver hendelsene
Vedlegg F Beregningsmodeller og eksempler på RocFall og RAMMS data simuleringer
Vedlegg G Foto vedlegg

1 Innledning

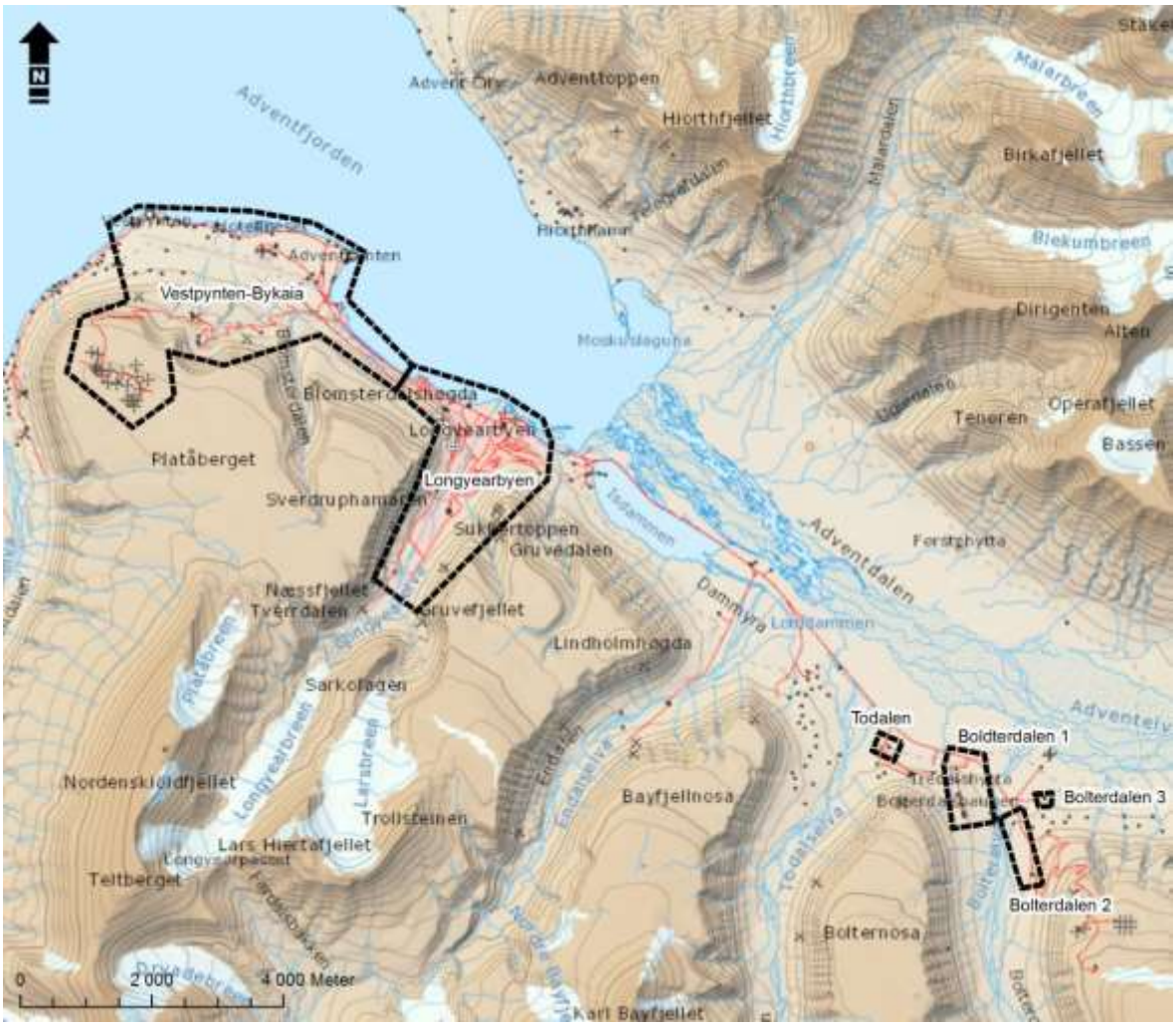
Multiconsult har gjennomført skredfarekartlegging av utvalgte områder på Svalbard for NVE, samt for Longyearbyen lokalstyre og Store Norske Spitsbergen Kullkompani AS (SNSK). Foreliggende rapport omhandler i hovedsak områdene for NVE. Områdene er kartlagt og vurdert i henhold til TEK10 og NVEs kravspesifikasjon for offentlige oppdrag. Det er utarbeidet faresonekart for skred i bratt terreng, med årlig nominell sannsynlighet 1/100, 1/1000 og 1/5000. Det er i tillegg utført vurdering av sørpeskred som egen skredtype.

Områdene kartlagt på oppdrag for NVE er Vestpynten-Bykaia, Longyearbyen, et mindre område ved inngangen til Todalen og tre mindre områder ved Bolterdalen-Foxdalen. Se figur 1.

Områdene kartlagt for Longyearbyen lokalstyre og SNSK er Bjørndalen, Reveneset-Hjorthamn, Vindodden, Todalen og Bolterdalen-Foxdalen. Se figur 2. Områdene som er kartlagt for Longyearbyen lokalstyre og Store Norske er planlagt fullstendig rapportert i en revisjon av foreliggende rapport.

Områdene har blitt befart i flere omganger i perioden juli-september 2016. Befaringer er utført til fots, med bil, fra båt og med helikopter. Det har ved alle befaringene vært god sikt og klart vær.

Befaringene er utført av Maria Hannus og Mariia Pihlainen fra Multiconsult. På en av befaringene deltok NVE representert ved Jaran Wasrud og Odd-Arne Mikkelsen.



Figur 1. Kartleggingsområder for NVE avmerket med svart.

Figur 2. Kartleggingsområder for Longyearbyen lokalstyre og SNSK avmerket med stiplet linje

1.1 Formål med kartleggingen, bruk av kartene og detaljnivå

I forbindelse med at NVE fra 2013 også har det overordnede skredansvaret for Svalbard, ble det etter desember 2015 prioritert å utføre skredfarekartlegging av områdene på Svalbard på lik linje med kommuner i fastlands Norge.

Faresonekartene kan brukes som grunnlag for utarbeidelse av arealplaner og ved godkjenning av reguleringsplaner og byggesøknader.

Kartene kan også fungere som et verktøy for å belyse områder som bør prioriteres med tanke på eventuelle forebyggende skredsikringstiltak og sikringstiltak der bebyggelse eller næringer er skredutsatt. Faregrensene kan også benyttes til risikoreduserende tiltak som evakuering ved varslet skredfare.

De digitale kartene og vurderingene er utført med en nøyaktighet ned til skala 1:5000 eller bedre. De utskriftsvennlige versjonene er visualisert i en større skala for å gjøre framstillingen mer leservennlig.

Som grunnlag for vurdering av skredfare og fastsettelse av faresonene for alle typer skred i bratt terreng er følgende benyttet:

- Geologiske forhold.
- Terreng- og klimaforhold.
- Norsk Polarinstitutts berggrunnskart og Geoscience Atlas of Svalbard.
- Kart over Bjørndalen-Vestpynten og georefererte bilder (geoTiff format) fra NGU vedrørende kartlegging av løsmasser/landskapsformer for Longyearbyen, Foxdalen og Vindodden.

- Terrengmodeller tilsendt fra NVE.
- Informasjon om tidligere skredhendelser, i hovedsak innhentet fra database Cryoslope, annen litteratur/rapporter og lokalbefolkning.
- Feltbefaring er utført i flere omganger både til fots, med båt, bil og helikopter.
- Registrerte observasjoner i felt samt informasjon vedrørende tidligere skredaktivitet, og flybildestudie er sammenstilt i registreringskart.
- Ortofoto og flybilder
- Fotografier er brukt for å vurdere årstidsvariasjoner. Historiske foto er også benyttet.
- Tidligere rapporter for områdene.
- Programvare for å beregne og simulere teoretisk utbredelse, strømning og rekkevidde av skred og steinsprang. Simuleringer har blitt kalibrert med godt dokumenterte kjente skredhendelser i området.

2 Generell oversikt over kartleggingsområdene

2.1 Topografi

Topografien i de aktuelle områdene består i hovedsak av et fjellplatålandskap med elvedeltaer og U-formede daler. Skråningene strekker seg fra havnivå og opp til om lag 500 m.o.h. i de fleste områdene. De høyeste toppene i området når om lag 1000 m.o.h.

De vurderte skråningene er bratte (≥35°) og middels bratte (10°-35°), med avrundede eller flate topp-platåer.

2.2 Geologiske forhold

Siste istid sluttet for om lag 10 000 år siden på Svalbard. I perioden etterpå har området opplevd både varmere og kaldere perioder. Under den lille istiden omkring år 1850, rykket breene kraftig fram og det antas at de har hatt sin maksimale størrelse på Svalbard i denne tidsperioden (Ref. Piepjohn K., m.fl., 2012)

Skråningene og terrenget bærer tydelig preg av forvitringsprosesser. Om lag alle skråninger med helning under 35° i de aktuelle områdene er forvitringsurer (Ref. Dallman W.K. m.fl., 2015).

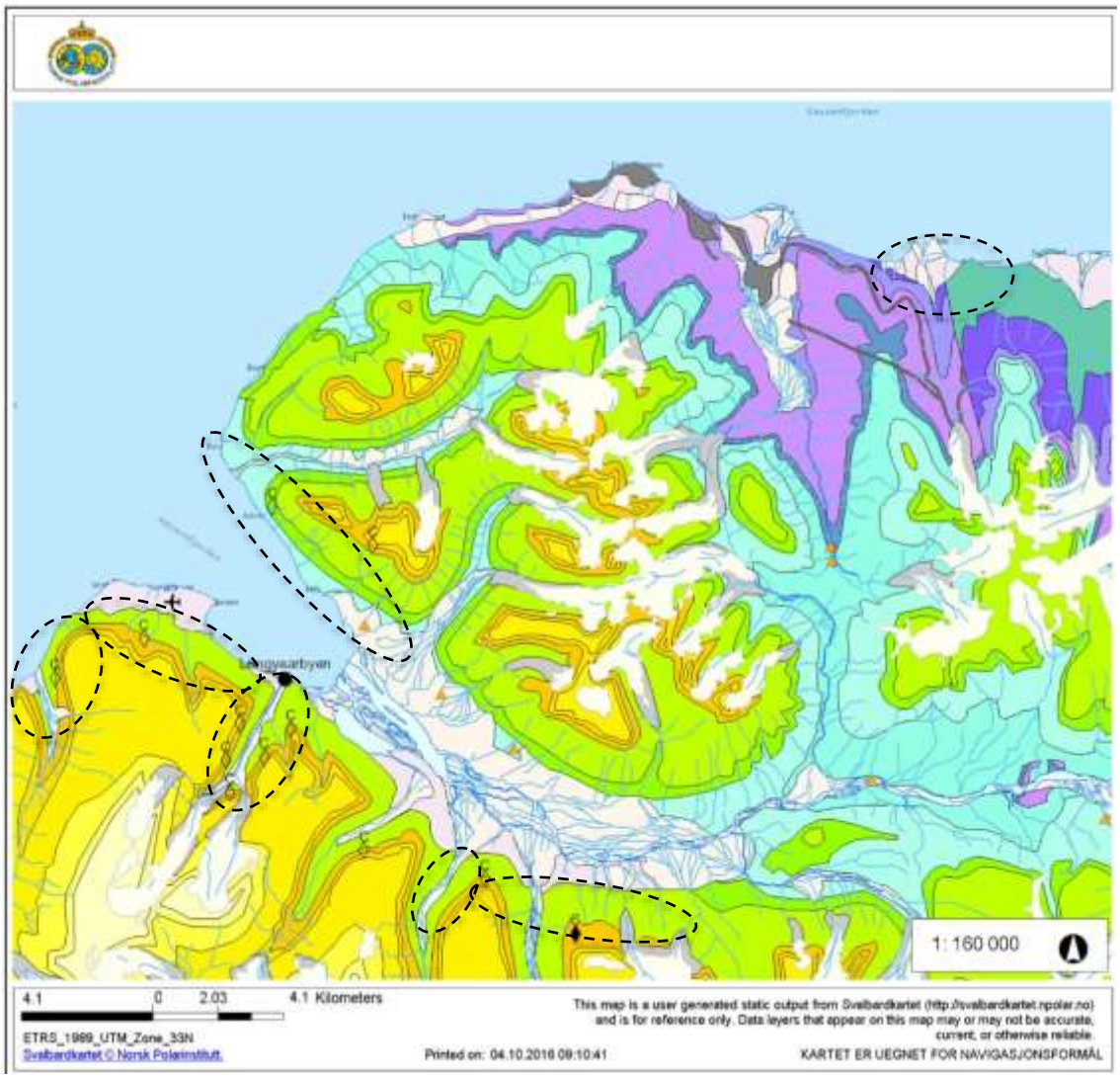
Landskapet på Svalbard er sterkt preget av nedbrytende erosjonsprosesser. I bergskråninger er det vanlig at erosjonsprosesser har dannet kløfter/raviner. I randsonen av platåene dannes bergpinakler og mellom disse forsenkninger. Forsenkningene fungerer som dreneringsveger og skredløp, som bidrar til å konsentrere erosjonsprosessene.

Terrenget bærer også preg av flere andre geomorfologiske prosesser, som gir landskapsformer som er typisk for periglasiale områder. Solifluksjonslober er et resultat av prosesser som pågår aktivt og det er ikke uvanlig å finne skredprosesser sekundert påvirket av disse.

Berggrunnen i de aktuelle områdene er svært lik. De sentrale områdene rundt Longyearbyen består av avsetningsbergarter/sandsteiner fra Jura/Kritt (210 mill. år) og fra Tertiær (65 mill.år). Området Vindodden består av eldre sandsteiner fra Perm (300 mill. år) og yngre. De sedimentære lagene er godt synlige og er flatliggende eller svakt hellende, se figur 3.

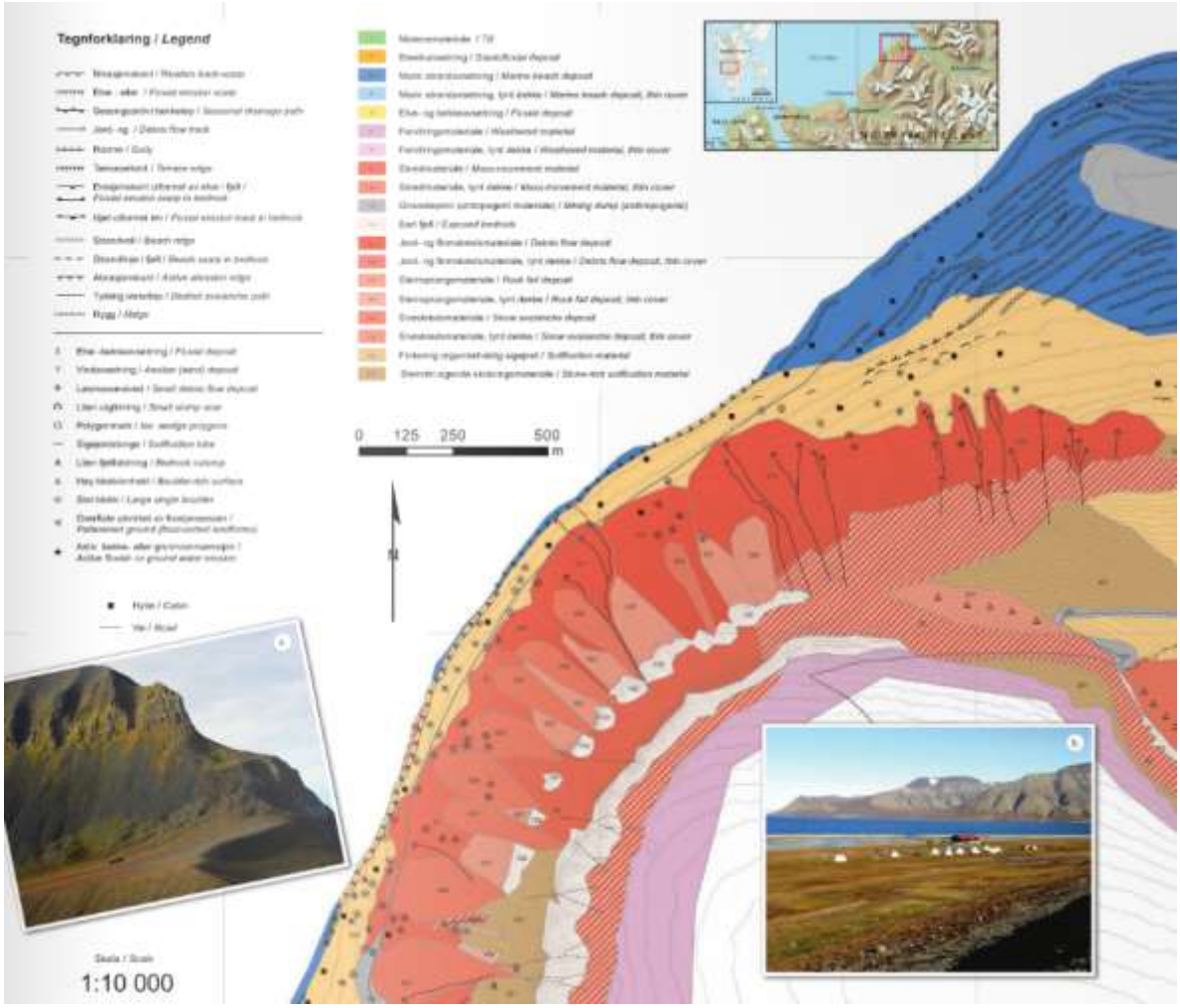
Marin grense på Svalbard varier noe fra øst mot vest. I området nær Longyearbyen er det marine avsetninger opp til om lag kote 60-70 (Ref. Rubensdotter, 2015).

Alle områder har permafrost.



Figur 3. Berggrunnskart. Kartet viser tilnærmet horisontal lagdeling med sedimentære avsetninger fra Jura- og Kritt som ligger under Tertiære lag. De aktuelle kartleggingsområdene er omtrentlig avmerket. Modifisert fra http://svalbardkartet.npolar.no sep.2016.

NGU har utarbeidet geologiske kart som viser landskapsformer og løsmasser i enkelte områder på Svalbard. Fram til nå er det produsert kart for Bjørndalen-Vestpynten i skala 1:10 000 og for Todalen og Øvre Gangdalen og Bødalen i skala 1:25 000. Foreløpig kart (GeoTiff format) over Longyearbyen, Foxdalen og Vindodden har også vært tilgjengelig. Kartene er detaljerte og viser bl.a. avsetningstyper og løsmasser, se figur 4.



Figur 4. Kartutsnitt fra geologisk kart over Bjørndalen-Vestpynten, (ref. Rubensdotter mfl., 2015)

Løsmassene i de fleste kartleggingsområdene er preget av stedlig forvitringsmateriale som er dannet ved fysisk/kjemisk nedbryting av berggrunnen. Det finnes også fluviale og glasifluviale avsetninger, samt morene. Disse er stort sett konsentrert i dalene. I all hovedsak er skråningene dekket av masser fra ulike skredprosesser.

2.3 Klima

For å beskrive områdets klimatiske trekk er det brukt meteorologiske data innsamlet fra 1912 og fram til i dag. Værstasjon ble opprettet i 1964 og ligger nå ved Longyearbyen flyplass (28 m.o.h). I dag måles nedbør, temperatur, snø og vind ved stasjonen. Stasjonen er plassert på østsiden av flyplassen og ligger i et åpent område. Flyplassen er øst-vest vendt og området er sterkt påvirket av vind.

Universitetssenteret på Svalbard (UNIS) har værstasjon i Adventdalen. Der måles temperatur og vind. I 2001 etablerte UNIS også værstasjon på Gruvefjellet, som ligger rett ovenfor Skolen-Nybyen. Denne stasjonen ble benyttet i forskningsprosjekt» Cryoslope». Vinddata fra denne stasjon er benyttet for å tolke de varierte vindforholdene i området, da den ikke er påvirket av topografi i større grad. Resultatene fra Cryoslope målingene fra Gruvefjellet viser at vinden som regel kommer fra sør, men med sterkest og lengst varig vind fra sørøst. Dette fører til at skavler bygges opp på de vestvendte fjelltoppene (Eckerstorfer m.fl., 2009).

Vær og vind på Spitsbergen påvirkes av atlanterhavsstrømmen som går nordover langs vestkysten (Serreze m.fl., 2015). Klimaet kan klassifiseres som tundraklima der høyeste gjennomsnittstemperatur på sommeren er <6°C, se figur 5. Longyearbyen er generelt sterkt preget av vind fra sørøst, men det er variasjon i de ulike områdene på grunn av topografi, is og åpent hav, se fig. 7 (ref. eklima.no, 2016).

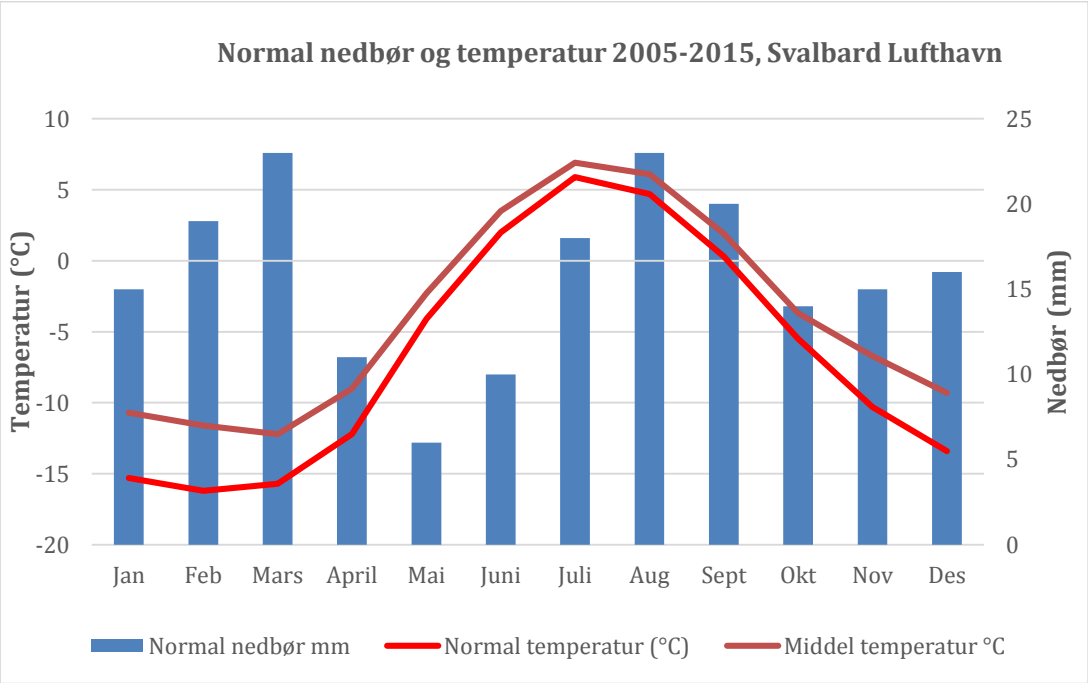
Områdets unike snøklima kan beskrives som «High Arctic maritime snow climate» basert på en kombinasjon av metrologiske forhold og stratigrafi av snølag (ref. Eckerstorfer & Christiansen, 2011).

Ved Longyearbyen flyplass måles det små mengder nedbør, om lag 200 mm/i vannekvivalent per år, noe som er 2-3 ganger mindre enn ved andre værstasjoner i Spitsbergen (ref. Førland m.fl., 2011). Dersom man ser mer spesifikt på enkelte år, for eksempel 2010-2015, er det store variasjoner på nedbør og temperaturer ved Longyearbyen. Det kan også komme mye nedbør på kort tid, f.eks. som snø i desember 2015 (47,7mm) og som regn 8. november 2016 (41,7 mm) (Ref. eklima.no, 2016 og yr.no 2016).

De beregnede ekstremverdiene for nedbør viser mengden nedbør som kan forventes med ulike gjentaksintervall, se figur 6. Målt mengde nedbør kan også være systematisk underestimert, da hovedmengden av nedbør kommer som snø under sterk vindpåvirkning. Dermed er reel snømengde vanskelig å få målt (ref. Eckerstorfer, m.fl., 2009). Dette gjelder også værstasjonen ved flyplassen, der det er stor under-catch på grunn av mye vind.

Dominerende vindretning på Svalbard er sør/sørøst. Også i vintermånedene er dominerende vindretning fra øst/sørøst, som dermed er den viktigste vindretningen for snøtransport, se figur 7-8 b. Det kan imidlertid ikke utelukkes at det kan komme store mengder nedbør som snø med andre vindretninger. Dette kan gi snøakkumulering lokalt i skråninger, som normalt ikke har stor akkumulering av snø, og dermed potensiell skredfare.

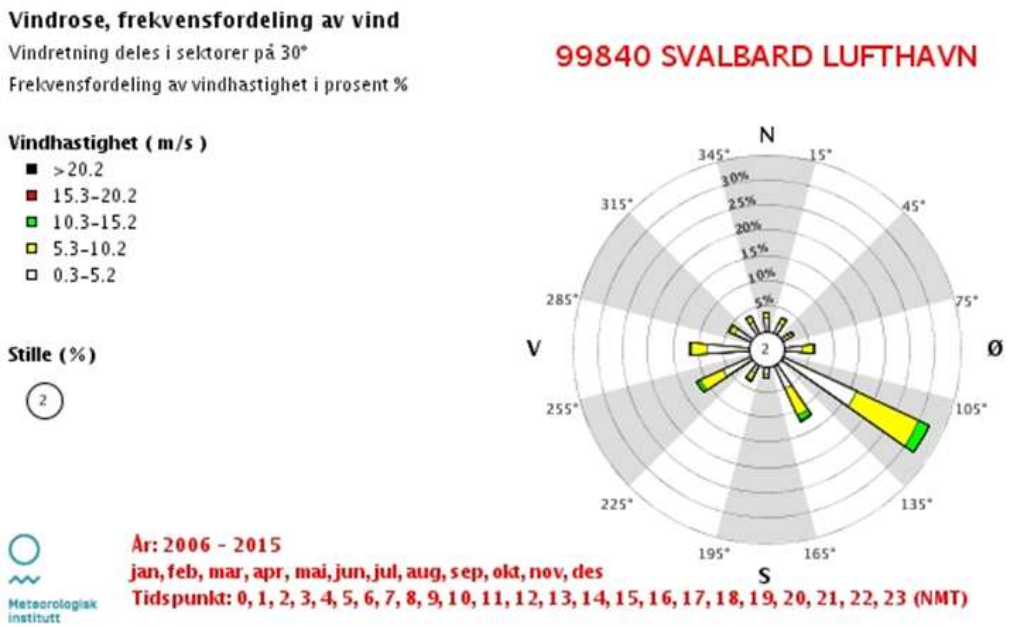
Vind fra vest kan også medføre betydelig nedbør. Det ser ut som vind fra SV –V er dominerende nedbørførende vindretning under nedbørsforhold med regn, som nå er blitt vanligere vinterstid.



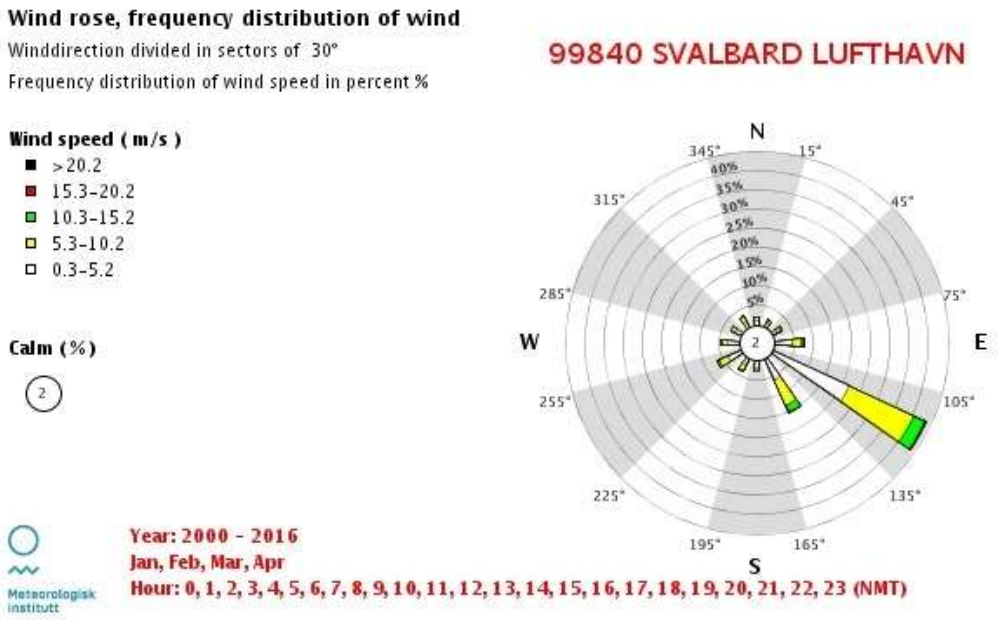
Figur 5. Månedsnormaler for nedbør og temp. ved Svalbard Lufthavn (www.eklima.no, 2016)

		Nedbørsperiode			
Returperiode	Sesong	1 døgn		3 døgn	
		Gumbel	NERC	Gumbel	NERC
100 år	År	35	36	53	53
	Vinter	28	25	44	40
	Vår	21	19	32	29
	Sommer	30	27	41	38
	Høst	23	23	35	35
1000 år	År	46	60	72	85
	Vinter	39	42	62	65
	Vår	29	32	44	49
	Sommer	42	45	57	62
	Høst	32	39	47	57

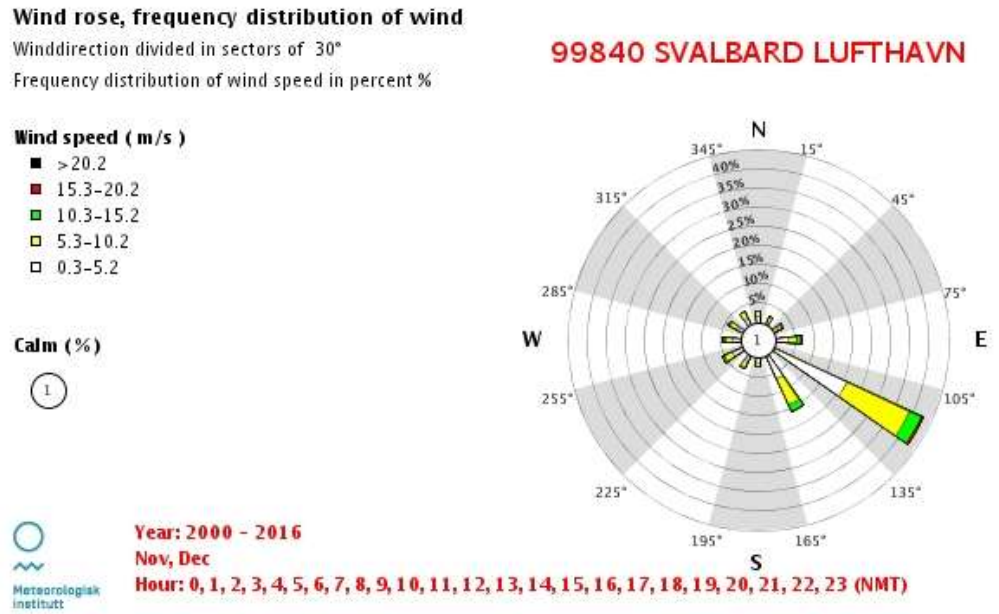
Figur 6. Ekstremnedbør for sesonger, verdier i mm– returperiode 1-døgns og 3-døgnsnedbør for Svalbard Lufthavn for hele stasjonens driftsperiode (1964-2015). Data er hentet fra www.eklima.no, 2016.



Figur 7. Frekvensfordeling av vind gjennom hele året for de siste ti år (www.eklima.no, 2016)



Figur 8 a. Hovedvindretning i månedene januar-april, målt over en periode på 16 år (www.eklima.no, 2016).



Figur 8 b. Hovedvindretning i månedene november, desember, målt over en periode på 16 år (www.eklima.no, 2016).

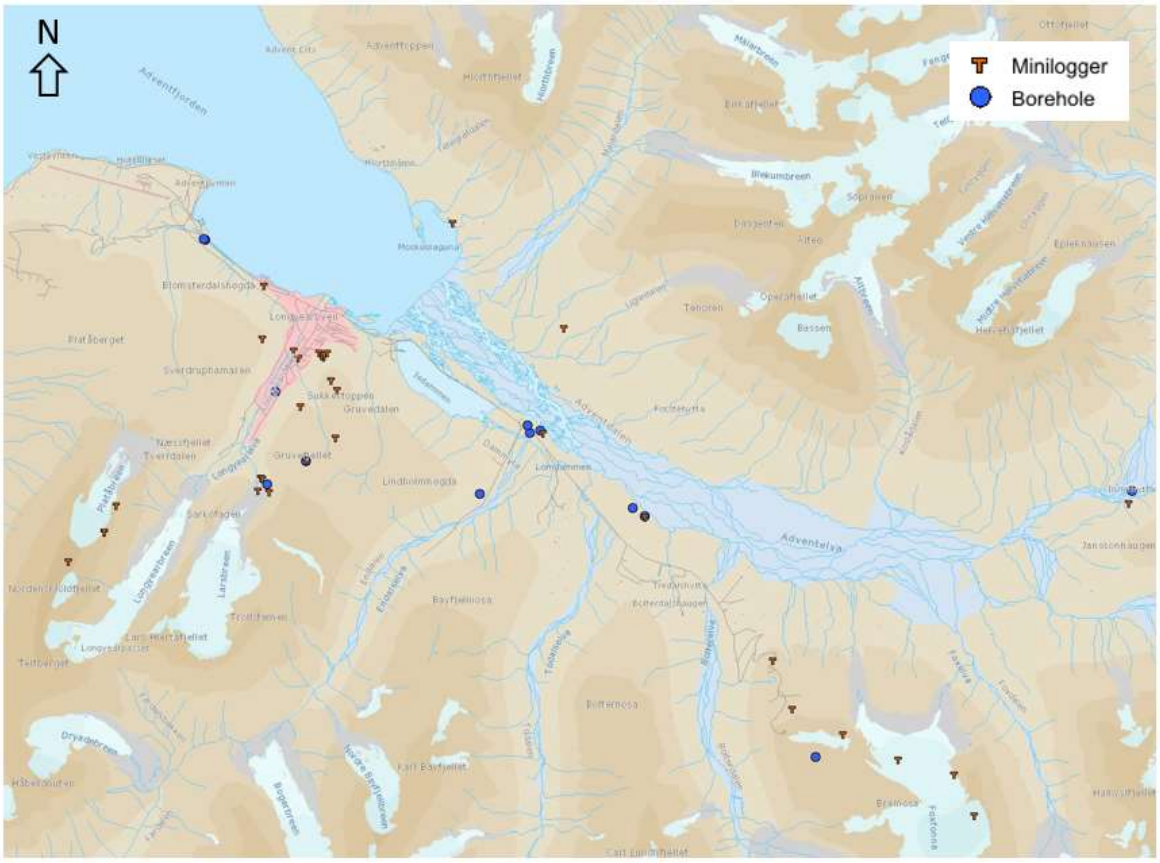
2.3.1 Permafrost

Det er permafrost i området, som betyr at bakken under det laget som tiner om sommeren, holder en temperatur på mindre enn null grader (0°C). Permafrost forekommer i fast berg og i løsmasser. Det laget som tiner om sommeren, omtales som det aktive laget. Tykkelsen på laget kan variere. På Svalbard regnes det aktive laget å være 0,5 - 3,0 m tykt. Laget er tynnest i ikke-konsoliderte sedimenter og tykkest i fast berg (ref. Dallman W.K., 2015). Multiconsults undersøkelser ved Frøhvelvet i 2016, indikerte også et aktivt lag på om lag 3,0 m mektighet.

Permafrostens temperatur måles i borehull i flere forskjellige landskapsformer i området rundt Longyearbyen. Data fra disse målingene er tilgjengelig i NORPERM, den norske permafrost database, http://geo.ngu.no/kart/permafrost_svalbard, som er plassert hos Norges Geologisk Undersøkelse NGU, se figur 9.

Permafrosten blir for tiden varmere på Svalbard, som respons på lufttemperaturøkningen. I målinger utført av UNIS over 15 år, blir det aktive laget gradvis mektigere. Det er imidlertid utført for lite målinger til å kunne si om det er en generell trend. Økning i temperatur og dybden i det aktive laget fører til økende temperatur i permafrosten (Isaksen K. 2016). Lokale forhold som løsmassetype, vanninnhold, vegetasjon og snøvarighet og -tykkelse, i tillegg til sesongvariasjoner, som bl.a. mengde snø akkumulert på bakken og når på året snøen legger seg, påvirker også permafrosten. Mindre kompakte løsmasser har også en tendens til å transportere varm luft ned dypere i terrenget.

Temperaturøkning vil gi et tykkere aktivt lag, som kan føre til mer erosjon og større transport av løsmasser.



Figur 9. Oversikt over punkter for måling av temperatur i bakken, utført i nærheten av kartleggingsområdene. På figuren ses Longyearbyen og Adventdalen. Modifisert ngu.no, 2016.

2.4 Klimaendringer på Svalbard

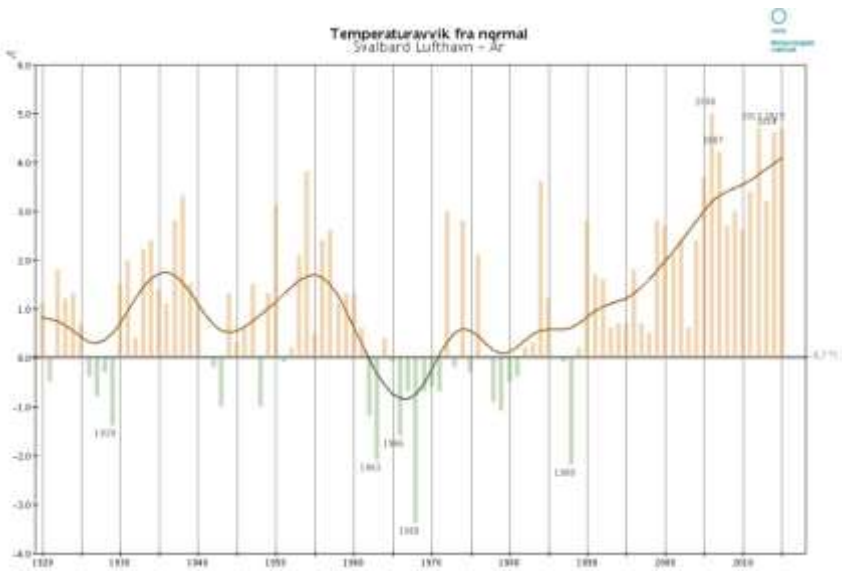
Forskning har vist at temperaturen på Svalbard har steget betydelig mer enn på fastlandet siden 1900-tallet På Svalbard har gjennomsnittstemperaturen steget med 3° mot 1° på fastlandet. Temperaturen har steget mest om vinteren (ved Longyearbyen flyplass 3,5°). Sommertemperaturene har steget noe mindre. Dette er en trend som forventes å fortsette. (Ref. Førland m.fl. 2011 og Isaksen m.fl. 2016).

I samme tidsperiode har nedbørsmengden økt med ca. 20-30 % (Vikhamar-Schuler m.fl. 2016). Denne økningen forventes å fortsette. Det forventes at den økte nedbøren vil falle som regn, men det kan ikke utelukkes at den også kan komme som snø. Økt nedbør vil gi økt avrenning, det kan derfor forventes en dreining fra snøsmeltingsflommer til regnflommer. Bresmelting kan også øke flomføringen.

Det kan forventes mer ekstremvær bl.a. i form av kortvarige, intense hendelser med regn og mildvær om vinteren. De siste årene har det vært flere tilfeller med nedbørsintensitet på over 10 % av årsnedbør i løpet av 1-2 døgn. Faren for jordskred øker generelt med mengden vann i bakken. Mer enn 20 mm/døgn og 3 mm/time (ref. Larson 1982) medfører betydelig økt fare for jord- og flomskred. Regn på snø som gir isdannelse på bakken og skarelag på eksisterende snø, vil kunne gi et mer ustabilt snødekke, pga. snødekke med flere tette lag som kan være grunnlag for dannelse av begerkrystaller. Det forventes også mindre sjøis (ref. Vikhamar-Schuler m.fl. 2016).

De årlige variasjonene på isforholdene rundt Svalbard påvirker både klimaet på øya og havtemperaturen.

Figur 10 viser temperaturvariasjoner på Svalbard fra 1920 fram til i dag. Variasjonene har tidligere gått i om lag 10-års sykluser. (Ref. met.no, 2016)



Figur 10. Graf som viser temperaturvariasjoner på Svalbard fra 1920 fram til i dag. Grafen viser at gjennomsnittstemperaturen på 2000-tallet er høyere enn tidligere. (ref. www.met.no, 2016).

2.5 Skredaktivitet

Svalbard er et av de beste og mest tilgjengelige områdene i verden å studere spor etter tidligere skredaktivitet og aktive skredprosesser når det gjelder skredtyper i bratt terreng (stein-, snø-, sørpe-, jord- og flomskred). Omtrent alle skråninger viser prosesser som styres av skredaktivitet.

Det er vanskelig å si med sikkerhet hva som er den mest dominerende og mest frekvente skredtypen på Svalbard. Sørpeskred er vanlig skredtype i Arktis, og også på Svalbard. Da disse skredene ofte eroderer ned i undergrunnen så frakter de ofte med seg løsmateriale som jord og stein. Dette fører til at disse skredene i utløpsområdet kan ha en avsetning som kan forveksles med flomskred. Det er ikke denne skredtypen, som fører til flest ulykker, men de kan ha omfattende skadeomfang der de treffer infrastruktur som bebyggelse på grunn av sin store densitet og lange utløp. Bilde 2 viser rester av en hytte tatt i sørpeskred i 2013.

Rene løsmasseskred/jordskred er også vanlige. Når skråninger blir vannmettede kan det oppstå jordutglidninger og jordskred. Jord- og flomskred utløses som regel langs forsenkninger som leder vann. Se bilde 3.

Flakskred og skavlbrekk er de snøskredtypene som dominerer, se bilde 4.

Generelt er det potensiell steinsprangfare når berg er brattere enn 45°. Med de aktive frostforvitringsprosessene i området, kombinert med sterkt oppsprukket berg, øker steinsprangfaren.

Bilde 1. Til venstre i bildet restene av hytte som ble tatt av et sørpeskred i 2013. Sett mot sør.

Bilde 2. Restene av hytte som ble tatt av et sørpeskred i 2013, ref. bilde 1. Sett mot sør.

Bilde 3. Jord- flomskred sørvest for flyplassen, sommer 2016

Bilde 4. Snøskred fra Gruvefjellet på nordsiden av Gruve 2b. Sett mot sørøst. Foto Eckerstorfer M., 2012

3 Skredtyper

3.1 Beskrivelse av skredtyper i bratt terreng

Snøskred (tørre og våte snøskred) Flakskred utløses vanligvis i terreng med mellom 30-50° helning. I områder der snøen blir sterkt påvirket av vind både ved og etter akkumulering kan det oppstå flakskred. Tørre løssnøskred utløses ofte i de brattere helningene og når snøen ikke er så påvirket av vind. Vanlige naturlige utløsningsmekanismer er store nedbørsmengder, sterk vind eller plutselig temperaturvariasjoner. I områder der store snøskavler kan bygges opp, kan det også skje skavelbrekk som igjen utløser andre former av snøskred. Våte snøskred kan starte som tørre snøskred høyt oppe i terrenget, og snøen blir fuktig på vei ned.

Det har også forekommet at tørre snøskred har utviklet seg til sørpeskred i nedre del av skredbanen ved gjennomvåt snø i denne delen av banen.

Tørre snøskred av typen Flakskred kan ha hastigheter opp mot 70 m/s og densitet på mellom 200 kg/m³ og 300 kg/m³. Skredene har utløpslenger som avhenger av skredvolumet og massenes fuktighetsforhold. Våte snøskred har oftest lavere hastighet, og utløpslengder som er kortere. Densiteten i de våte skredene er imidlertid noe høyere på grunn av fuktigheten, og kan ofte ligge mellom 300 kg/m³ og 400 kg/m³.

På Svalbard kan snødekket generelt beskrives som kaldt og tynt, men det oppstår store variasjoner i snødybde avhengig av lokasjon (ref. Eckerstorfer, 2012). Eckerstorfer & Christiansen (2011) beskriver at snødekket i Longyearbyen ofte har flere svake lag: Vedvarende svak bunn med begerkrystaller (depth hoar), dekket av vindpåvirket snø og islag, hvor dannelsen er svært påvirket av arktisk kystklima.

Sørpeskred er vannmettet snø som utløses naturlig ved at poretykket i snømassene reduserer stabiliteten og forårsaker brudd. Skredet løsner ofte i avrenningsområder som bekkedaler og forsenkninger der vann samles. Skredene kan starte i områder med helling mellom 5° og 25°. Ved liten hellig kan hastigheten nærmest kalles kryp, men ved større hellinger, eller tiltagende hellinger nedover i terrenget, kan hastigheten øke betydelig, men ikke sammenliknes med tørre snøskred. Denne skredtypen forekommer også ved snødemte sjøer, ved skreddemte elver eller som følge av skredgenererte bølger (kan initieres av snøskred ned i et magasin) som fører store vannmengder mot et utløp som er helt eller delvis blokkert av fokksnø. Skredene kan også utløses i myrområder med vannmettet snø. Da er initialskredet gjerne et bekkeløp som fører et mindre skred ut i myrområdet og påfører den vannmettede snøen på myra en ekstra belastning som gjør snødekket ustabilt. Skredet beveger seg om en flyende masse av gjennomvåt snø (sørpe) som har vesentlig større densitet enn tørre snøskred. Sørpeskred følger oftest naturlige vannveger som bekkedaler, men kan bre seg ut over store områder nedstrøms utenfor utløpet av dalene som en viskøs masse. Skredhastigheten er oftest langt lavere enn ved tørre snøskred, men massene kan bevege seg mer tilfeldig i utløpsområdet, også perpendikulært på den naturlige bevegelsesretning i terrenget.

Skredtrykket fra sørpeskred kan bli relativt betydelig som følge av at skredene ofte fører jord og stein som eroderes i skredbanen, og gir en samlet densitet på godt over 1000 kg/m³. Selve snømassene har en densitet på mellom 700 kg/m³ og 800 kg/m³ avhengig av vanninnholdet.

Sørpeskred skjer oftest i perioder med kraftig regn og/eller intens snøsmelting ved brå temperaturøkninger. Rekkevidde av slike skred kan være stor også i relativt flatt terreng. På Svalbard er det sannsynlig at skred som starter som sørpeskred blir lik flomskred på grunn av massene som eroderes med i skredet.

Jordskred kan løsne i skråninger med løsmasser og helning større enn 25-30°, mens løsmasseskred med stort finstoffinnhold kan bli utløst i enda slakere terreng. Jordskred forekommer i bratte

skråninger, utenfor definerte vannveier og oftest etter perioder med stor nedbør. Poretrykket når et kritisk nivå med hensyn til skråningens stabilitet. Dette kan også skje ved hurtig snøsmelting eller når den øverste delen av jordlaget på annen måte blir vannmettet. I områder hvor det er permafrost vil permafrosten vanligvis kunne fungere som en glideflate for jordlaget.

Flomskred er hurtige, flomlignende skred som opptrer langs bratte (25-45°) elve- og bekkeløp, også der det vanligvis ikke er permanent vannføring. Flomskred starter vanligvis som jordskred i en skråning der poreovertrykk fører til ustabilitet, ofte etter langvarig regn eller intens snøsmelting i kombinasjon med nedbør i form av regn.

Massene som blir transportert kan komme fra erosjon av løsmasser langs og i elveløpet. Når skredet beveger seg nedover kan mer vann og sedimenter opptas og skredvolumet økes betraktelig. Massene avsettes i foten av skråningen som en vifte, men også som langsgående rygger / leveer på sidene av skredløpet. Dersom skredmassene har høyt vanninnhold og får påfyll av vannmettede løsmasser langs skredløpet, kan flomskred ha stor rekkevidde.

Flomskred kan også forekomme som følge av dambrudd i morene eller som følge av flomvassføring etter brudd i en breisdam (jfr. Simadalen etc.) Dette er et vanlig problem i høyfjellene som eksempelvis i Alpene, Kaukasus og Himalaya.

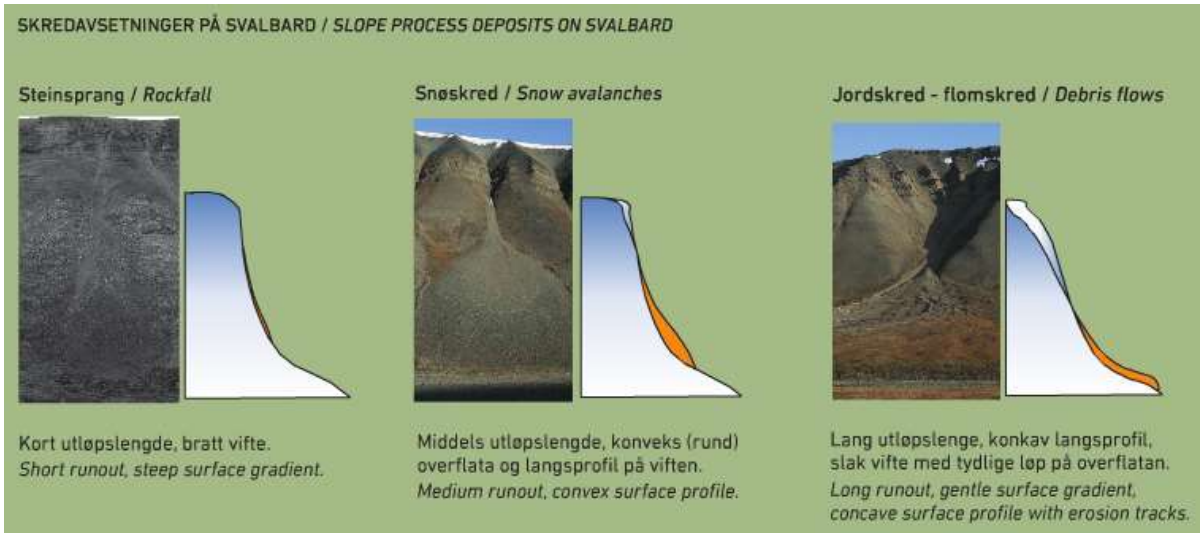
Steinsprang og ***steinskred*** brukes ofte om hverandre. Per definisjon består steinsprang av enkelte blokker av mindre volum (<100 m^3). Steinskred består av større bergmasser (ca. 100-10 000 m^3), der blokkene splittes nedover skråningen. Begge skredtypene forekommer i bratte oppsprukne fjellpartier der terrenghelning er større enn 40-45°. Vanlige utløsningsmekanismer er fryse-tineprosesser eller høyt vanntrykk i sprekkene og erosjon av svakere bergarter i en struktur der det er veksling mellom harde og svake lag.

Store **fjellskred** med steinmasser >10 000 m^3 er ikke vurdert separat i dette arbeidet. Eventuelle partier av berg i denne størrelse, som kan være i bevegelse, blir omtalt under vurdering av steinskred og steinsprang.

3.2 Aktuelle skredtyper innenfor kartleggingsområdene

Kartleggingsområdene skiller seg fra hverandre ved ulik topografi, helning, orientering på skråningene og vindforhold. Det kan også lokalt i samme område være store variasjoner. Dimensjonerende skredtype kan derfor variere mellom de ulike områdene og også internt i enkeltområdene.

I de aktuelle kartleggingsområdene er det i all hovedsak fire typer skredavsetninger som er tydelige, dette er steinsprang, snøskred og jordskred/flomskred og sørpeskred. Se figur 11.



Figur 11. Skredavsetninger på Svalbard. Ref. Landskapsformer og Løsmasser, Rubensdotter m.fl., 2015.

Det er registrert flere hendelser av snø-, sørpe- jord- og flomskred som har ført til skader på bolighus og infrastruktur og tap av menneskeliv i kartleggingsområdene, f.eks. sørpeskredet på Haugen i 1989, bilde 5 og skredet i 1953 i samme område.

Bilde 5. Sørpeskred på Haugen 1989. Fra SNSK arkiv.

Aktuelle skredtyper i de vurderte områdene er:

Steinsprang/steinskred

Berggrunnen i kartleggingsområdene på Svalbard består i all hovedsak av sterkt forvitret sandstein. Berget er generelt sterkt oppsprukket og forvitret. Dersom berget har brattere helning enn om lag 45°, er det potensielt løsneområde for steinsprang. Skråninger i nedre del av fjellsiden (under 40°) består ofte av stedegne forvitringsblokker/ur. På grunn av at berget er tett oppsprukket, forventes steinsprang i all hovedsak å bestå av mindre blokker (< 1 m^3).

Bilde 6. Potensielt løsneområde for steinskred i Platåfjellet over vegen mellom kirken og huset. Foto Jan Otto Larsen.

Snøskred

Nedfall av skavler forekommer ofte der skavler dannes i randsonen av platåer over bratte fjellsider som ligger i le for fremherskende vindretning. Skavlnedfall kan løse ut flakskred i den bratte fjellsiden under.

Snødekket på Svalbard består ofte av lag avsatt under ulike vindforhold. På grunn av nedbørsforhold og klima er begerkrystaller utbredt i snødekket, oftest forekommende ned mot bakken, men kan også forekomme under islag og skarelag (Ref. Eckerstorfer M., 2013). Denne typen snødekke er gunstig for dannelse av flakskred, som er en av de vanligste snøskredtypene på Svalbard.

Større løssnøskred er ikke et kjent fenomen på Svalbard og er derfor ikke vurdert nærmere.

Store snøskred med betydelig volum vil kunne utvikle et skredvindtrykk som går mye lengre enn avleiringsområdet for skredets faste masser. Dette skredvindtrykket forkommer først og fremst der skredene går ut for stup som medfører av hastigheten øker ut over det som forekommer i terreng som har et jevnt fall. Skredbanene i Longyearbyen har ikke et profil som fører til at skredvindkreftene blir store, og infrastruktur forventes derfor ikke å ta skade ut over avleiringsområdet for skredets faste masser.

Jord- og flomskred

I enkelte av de aktuelle områdene er det større bekkedaler/raviner som drenerer store mengder vann, mens andre områder eller deler av skråningene ikke har definerte vannveier. I sistnevnte tilfeller er det mer utfordrende å definere fareområder for jord- og flomskred, da det ikke er noen faste

vannveier. Økt vannmengde i terrenget øker generelt faren for vannmetting i det aktive laget, som følge av at grunnen under er frosset og ikke vil absorbere vann. Dette kan resultere i detachment-skred. Denne problemstillingen gjelder for hele Svalbard, der hele det undersøkte området har permafrost.

Sørpeskred

Sørpeskred er en egen skredtype. Utløsningsmekanismer for sørpeskred generelt er nærmere beskrevet i kap. 3.1.

Sørpeskred har ført til de største materielle skader på Svalbard. Det er først og fremst skredet i Vannledningsdalen som har ført til skade, som følge av at bebyggelsen på Haugen er lokalisert på en skredvifte formet gjennom århundrer med flom, sørpe- og flomskred.

Lavtrykkssystemer med nedbør i form av regn, og store variasjoner i lufttemperatur på Svalbard, kan også utløse sørpeskred om vinteren eller på våren. (ref. Eckerstorfer M., 2013).

Tidligere gikk sørpeskredene i snøsmeltingen på våren. Med klimaendringer og et varmere klima i Arktis har vi fått innbrudd av varmluft periodevis også gjennom vinteren. Dette fører til sørpeskredaktivitet også i vinterhalvåret ved intens nedbør i form av regn og snøsmelting som i januar 2012.

Med et varmere klima antas de vannrelaterte skredtypene som sørpe-, jord- og flomskred å få høyere frekvens.

4 Tidligere vurderinger/kartlegginger som er benyttet i vurderingen.

Den foreliggende rapporten er i all hovedsak resultat av en uavhengig kartlegging og vurdering. Det er likevel nedlagt et betydelig arbeid for å få innblikk i arbeider som er utført tidligere. Multiconsult har hatt tilgang på mange dokumenter tilsendt av NVE og Lokalstyret, men vi har også funnet en stor mengde med andre dokumenterte skredfarekartlegginger for de aktuelle områdene. I hovedsak gjelder dette kartlegging og vurderinger som er utført i områdene Longyearbyen og Vestpynten-Bykaia.

Det er siden 2006 utført en stor mengde kartlegginger i forbindelser med kurs som arrangeres på UNIS. Det er gjennomført flere Masteroppgaver innenfor temaet skredfare i Longyearbyen. Det er i tillegg utført flere doktorgrader på Svalbard, bl.a. i 2013 vedrørende snøskred på sentrale Svalbard. I 2001 ble det utført arbeid vedrørende snødrift og snøakkumulering i komplekst Arktisk terreng. NGI utarbeidet over 60 rapporter som omhandler snø og skred på Svalbard.

Det er få plasser i verden som har så mye dokumentert vedrørende snøskredfare som områdene på Svalbard.

Tidligere rapporter som er gjennomgått/ benyttet er:

- Lackinger Bernhard og Mook Reinhard, 2013; Skredfaglig ekspertuttalelse, selskapslokale på Sverdrupbyen Spitsbergen.
- Norges Geotekniske Institutt(NGI), 2015; 20120650-01-R, Vannledningsdalen, Longyearbyen
- Rambøll, 2015; G-rap-001, Skredvurdering Longyearbyen havn del II.
- NGI, 2015; 0150715-01-TN, Tidligere skredvurderinger og skredgrenser ved NGI
- NGI, 2012; 20120153-00-2-R, Vannledningsdalen – Et sammendrag av tidligere vurderinger av sikkerhet og tiltak.
- NGI,2012; 20120323-00-1-R, Vannledningsdalen, Longyearbyen. Sikring av bebyggelse og infrastruktur mot sørpeskred. Oppsummering etter møter og befaring 18.20.04.2012.

- NGI,2008; 20081311-1, Burmavegen Vurdering av skredfare
- Barlindhaug consult og NGI, 2007; Potensiale for utbygging i området Vannledningsdalen-Gruvedalen, Longyearbyen.
- NGI, 2003; 20031134-1, Nybyen, Longyearbyen Skredfarevurdering.
- NGI, 2001; 20011167-1, Vannledningsdalen-Gruvedalen, Longyearbyen.
- NGI, 2000; 20001324 TN, 2000.12.21 Skredfaren ved aktuelle fortettingstomter i Lia.
- NGI, 2000; 20001324 TN, 2000.12.22 Skredfaregrense Lia-Gruvedalen ovafor Veg 230.
- NGI, 1996; 954103-1, Barnehage, Longyearbyen. Vurdering av skredfaren mot aktuelle tomter for ny barnehage ved kirka.
- NGI, 1992; 914030-1, Vedlegg 4. Vedr. Skredfarevurdering av planområdet. Brev datert 28 juni 1991 og 24 april 1992.
- NGI, 1994; Vei 217-221, Longyearbyen. Skredfarevurdering av planlagt utbyggingsområde.
- NGI, 1993; 914030-2, Vedlegg 3. Påregnelige maksimale nedbørmengder i Longyearbyen og på Svalbard Lufthavn.
- NGI, 1993; 934063-1, Haugen-Nybyen, Longyearbyen Skredfarevurdering av mulig byggeområde
- NGI, 1992; 924004-1, Longyearbyen – Gruvedalen. Skredfarevurdering av planlagt utbyggingsområde.

I forbindelse med et forskningsprosjekt holder Norges geologiske undersøkelser (NGU) på å kartlegge landskapsformer og løsmasser i flere av de aktuelle områdene. To av områdene er publisert i papirformat som kartblad i skala 1:10 000, Bjørndalen-Vestpynten og skala 1:25 000 Todalen, øvre Gangdalen og Bødalen. Øvrige områder som Longyearbyen, Foxdalen og Vindodden er under produksjon. Multiconsult har hatt tilgang til å studere den utførte kartlegging gjennom GEO-refererte tiff.filer, som er rene bildefiler.

5 Metodikk for fastsettelse av faresoner

Arbeidet med fastsetting av faresonegrenser er en kompleks og samlet prosess. Arbeidet er utført gjennom flere steg. Viktige momenter, som er tatt med i vurderingen, er historiske hendelser, feltregistreringer/observasjoner-registreringskart utarbeidet for de ulike områdene, kart og foto analyser, klimaanalyser med innspill på lokale variasjoner og ikke minst erfaring og skjønn ut fra utførte feltregistreringer. Grunnlag er også listet i kap. 1.

For vurdering av skredfare, utbredelse av skred og ulike returperioder er det benyttet følgende grunnlagsmateriale og metoder:

- Terrengmodeller
- Ortofoto, flybilder og fotografier
- Geologiske forhold (berggrunn, løsmasser og geomorfologi)
- Terreng- og klimaforhold
- Informasjon om tidligere skredhendelser og tidligere utarbeidete skredvurderingsrapporter fra de aktuelle områdene.
- Feltbefaring i terrenget til fots, bil, båt og helikopter
- Registrerte observasjoner i felt, registreringskart og informasjon fra lokalbefolkning angående tidligere skredaktivitet.
- Programvare for å beregne strømning og utbredelse/rekkevidde av skred/steinsprang.

5.1 Terrengmodell og kotegrunnlag

Det er benyttet digitale terrengmodeller (DTM) med ulik oppløsning. Oppløsning som er brukt er 1,0 x 1,0 m, 2,5 x 2,5 m, 5,0 x 5,0 m og 10 x 10 m. Terrengmodellen brukes som grunnlag for å lage helningskart, hillshade/skyggebilder samt som grunnlag for modellering med programvare RAMMS og RocFall.

Helningskart hjelper å identifisere potensielle kildeområder for ulike skredtyper. Sannsynlighet for at snøskred løsner øker i terrenghelning mellom 30-50°, steinsprang der helningen er brattere enn ca. 45°, og jord- og flomskred i terrenghelninger mellom 25-45°, men skred av alle ovennevnte typer kan opptre ved lavere helning også.

5.2 Ortofoto, flybilder og fotografier

I forbindelse med forarbeider og under og etter befaringer er flybilder/ortofoto nøye studert. Tidligere avsetninger som er synlige på bilder, er avmerket på kart, potensielle løsneområder for de ulike skredtypene er også studert. Bilder som er tatt på ulike tidspunkter av året og historiske bilder er studert i detalj for å vurdere akkumuleringsområder, overflatedrenering, skredavsetninger m.m. Det eksisterer svært store mengder med historiske bilder fra det aktuelle området. Naturen rundt Svalbard og Longyearbyen er ofte avbildet i ulike sammenhenger. Ved å sammenligne bilder er det tydelig at snømengder i området har variert opp gjennom årene.

5.3 Topografi, geologi og terrengforhold

Topografi, lokal geologi, terreng- og grunnforhold har stor betydning for hvor skred kan oppstå, hvilken retning evt. skred beveger seg og hvor lang utløpsdistansen blir. Terrenghelning, type og forvitringsgrad av løsmasser og berg, terrengformer som forsenkninger eller terrasse- og ryggformasjoner kan påvirke både sannsynlighet, bevegelsesmønstre og rekkevidde for skred.

Flybilder, terrengmodeller, kartdata og observasjoner ved feltarbeid gir mye informasjon om tidligere skredaktivitet. Endringer i terrenget kan også tyde på skredfare. Skredbaner, raviner, urer og vifter er eksempler på endringer i terrenget etter skred. Det er viktig å bestemme hvilken epoke disse er dannet, mtp. om de også representerer fare under dagens klima og erosjonsforhold. Menneskelig inngrep kan også ha stor innvirkning på skredfaren.

5.4 Klimaforhold

Klimaforhold vil i stor grad påvirke alle typer skred. F.eks. dominerende vindforhold og nedbørsmengder har betydning for akkumulasjon av snø samt utløsning av snøskred/sørpeskred. Særlig ekstremnedbør kan direkte påvirke utløsning av alle typer skred. Eksisterende data fra værstasjoner i området gir informasjon om temperatur og nedbør (gjennomsnitt/måneds- og døgnnedbør), samt vindretning. Lokale klimaforhold og forventede returperioder av ekstremvær, har også stor betydning for utløsning av skred. Se kap. 2.

5.5 Skredhistorikk

For fastlands Norge er tidligere skredhendelser (snø-, stein-, jord- og flomskred) registrert i den nasjonale skreddatabasen til NVE (www.skrednett.no). For Svalbard finnes det pr. i dag etter vår kjennskap ikke en samlet oversikt på tidligere skredhendelser som strekker seg over en lengre periode.

Det er i denne rapporten gjort et innledende arbeid for å oppsummere dokumenterte nyere og eldre skredhendelser. Opplysningene er innsamlet ved å ha oppsøkt miljøer og personer som innehar informasjon. Det er også ved gjennomgang av tidligere arbeider og annen litteratur fanget opp tidspunkter og informasjon om skredhendelser. Se tabell og vedlegg E, for videre informasjon.

I forbindelse med prosjektet «The CRYOSLOPE Svalbard Project» for Norklima ble det opprettet en database. Forskningsprosjektet pågikk i perioden 2007-2009, og startet bl.a. en systematisering av i hovedsak snøskredhendelser innenfor et område rundt Longyearbyen og Todalen. Det er registret 577 snøskred av ulik størrelse i den aktuelle perioden. Data er tilgjengelig på nettsiden http://www.skred-svalbard.no, der snøskredhendelser i perioden 2002-2010 er lagret. I den utarbeidede oversikten over dokumenterte skredhendelser i de aktuelle områdene, er mange av snøskredhendelsene er hentet fra

Cryoslopes database. Andre hendelser er hentet fra litteratur. Det finnes også mange hendelser som er kjent men ikke dokumentert. Det gjøres oppmerksom på at den geografiske stedfesting/plassering til skredhendelsene ikke er eksakt. Hendelsene som er registrert i foreliggende rapports kartleggingsområder er tatt med i vedlegg E.

Så lenge det har vært menneskelig aktivitet på Svalbard, har det vært kjennskap til skred i ulike former. I forbindelse med gruvedrift i b.la. Gruve 2b var det vanlig at snøskavler langs gruvefjellet ovenfor gruveinngangen og taubanen ble sprengt ned. Den gamle dynamittbua kan fortsatt sees oppe på Gruvefjellet. Det ble også etablert enkle støttemurer som beskyttelse mot mindre skred og steinsprang.

Informasjon om tidligere skredhendelser er viktig i arbeidet med skredfarevurderinger, da naturlig utløste skred ofte gjentar seg på steder der det har gått skred tidligere.

På fastlandet er det ofte vanskeligere å finne synlige spor i terrenget etter tidligere skredhendelser. Terrenget kan også ha blitt endret av menneskelig inngrep, slik at tidligere tydelige skredavsetninger har blitt fjernet. Tidligere skredhendelser på Svalbard er derimot betydelig enklere å se spor etter, da området ikke har vegetasjon. Menneskelige inngrep har også bare blitt utført i begrenset skala.

5.6 Feltarbeid/registreringskart

En av de viktigste oppgavene i arbeidet med skredfarevurderinger er å kartlegge de faktiske forholdene i et område. Dette er i hovedsak et arbeid som må gjøres på stedet, men data og informasjon er også innhentet via kart og flyfoto. Lang lokal erfaring fra de aktuelle stedene, i dette tilfellet både av utførende og kontrollerende i oppdraget, er også viktig for ikke å generalisere områdene men belyse de store stedvise og årlige variasjonene i områdene. Lokalkunnskap er også brukt når det gjelder forhold som menneskelig virksomhet/inngrep, nedbørsmønster, vindretninger, landskapsformer m.m.

I forkant av befaringen ble helnings- og hillshadekart, flyfoto og tidligere kjente skred studert sammen med tilgjengelige kart og geoTiff filer fra NGU, som viser landskapsformer og løsmasser.

Observasjon/registeringspunkter er loggført med hjelp av håndholdt GPS-Garmin 62s og feltdagbok for notat. Det ble tatt mange bilder og områdene ble også studert med kikkert.

Skredavsetninger, skredløp, potensielle løsneområder, erosjon, berg og løsmasseforhold har blitt studert og vurdert samt registret og fotografert.

Det er utarbeidet registreringskart der innsamlet feltdata er avmerket. Registreringene er vedlagt i egne tabeller, se vedlegg B og D. Registrerte avsetninger fra jord-, flom- og sørpeskred er avmerket samlet under ett, da disse ofte er vanskelige å skille.

På registreringskartene er potensielle løsneområder for de ulike skredtypene avmerket, størrelsen på løsneområdene er estimert i felt med justeringer ifølge helningskart, bildestudier og lokalkunnskap. Den skredtypen som viser dominerende avsetning er avmerket, da det i flere av avsetningene er spor av flere skredprosesser og generasjoner. Se vedlegg B.

Feltkartleggingen har også omfattet intervju og befaring sammen med lokalbefolkning som har lang fartstid på Svalbard (>40 år). Lokalbefolkningen har bidratt til å beskrive hendelser og verifisere potensielle skredområder.

For å vurdere materialets erosjonsømfintlighet ved vannmetting, ble det tatt prøve av løsmassene i skråningen ved flyplassen. Prøven er rutineundersøkt på Multiconsults laboratorium i Tromsø og ble klassifisert som sandig grus.

5.7 Modeller for beregning av utløpslengder

Modellering og simuleringsverktøy er benyttet som supplerende hjelpemiddel ved vurdering av utløpslengder og for å vurdere strømningsmønster. Det er benyttet flere ulike parametere for å få mest mulig realistiske modelleringer. Der det har vært dokumenterte skredhendelser har simuleringer blitt kalibrert mot disse for å få mest mulig realistiske parameter. Parametere som er brukt for simuleringer i kartvedlegg E, er vist nedenfor.

5.7.1 RocFall 5.0

Programmet RocFall 5.0, utviklet av Rocscience Inc., er et statistisk analyseringsprogram der blant annet energi, hastighet og distribusjon av fallende stein blir kalkulert langs manuelt utvalgte profiler. Sammen med digitale høydedata (1 m - 2,5 m koter) er det utarbeidet detaljerte skråningsprofiler. Parametersettet brukt i modellering av steinsprang er kalibrert til faktiske kjente hendelser i området. For utvalgte modelleringsresultater, se vedlegg F.

Tabell 1 viser parametere benyttet i modelleringen av steinsprang. Det ble brukt «rigid body» metoden og modellert 500 og 1000 tilfeller per utløst blokk. Størrelse og form på blokkene ble kalibrert mot feltobservasjonene av steinsprang i ulike lokaliteter (fra 0,5 m^3 til ca. 1 m^3). Blokkenes densitet er satt til 2323 kg/m^3 (sandstein).

***Tabell 1**. Inputparametere for ulike underlag/terrengtyper benyttet i steinsprangsimuleringer på Svalbard*

Underlag	Normal restitusjonskoeffisient (Rn)	Tangential restitusjonskoeffisient (Rt)	Dynamisk friksjon	Rullemotstand
Bergpartier	0.35	0.85	0.5	0.15
Talus	0.32	0.82	0.5	0.3
Asfalt	0.4	0.9	0.5	0.1
Grusveg	0.35	0.85	0.5	0.45

5.7.2 RAMMS

Det er utført simuleringer av snøskred og flomskred/sørpeskred med programvaren RAMMS utviklet av SLF i Sveits. RAMMS er et dynamisk 2D/3D-modelleringsprogram der resultatene kan visualiseres i 3D. Modelleringen inkluderer sannsynlige strømningsveier og utløp, skredets hastighet, høyde og trykk. Høyde- og friksjonsparameterne er tilpasset forholdene, og fysiske egenskaper for skred på Svalbard. Programmet er tilpasset til sveitsiske snøforhold men det er gjort tilpasninger og kalibreringer opp mot faktiske hendelser på Svalbard.
For utvalgte modelleringsresultater, se vedlegg F.

<u>Modellering av snøskred - RAMMS Avalanche</u>

Ved modellering av snøskred er default-verdiene for friksjonsparameterne μ og ξ benyttet, og automatisk justert etter høydegrenser. Høydegrensene som er benyttet i RAMMS er satt til 0 m for nedre høydegrense og 200 m for øvre høydegrense. Med dette menes at snøen vil ha ulike egenskaper over og under disse høydegrensene. I alle lokasjonene ble det modellert snøskred med returperioder for 10 år og 300 år. Størrelsesparameterne for skredet blir definert automatisk («tiny», «small», «medium» eller «large»), avhengig av hvor stort løsneområdet er. 300 kg/m^3 er benyttet som densitet på snø.

Løsneområdene er valgt på bakgrunn av tidligere hendelser i tillegg til områder med over 30° helning i det samme området. Det antas dermed at områdene som er definert, utgjør de største mulige løsneområdene. Det er sjeldent at hele løsneområdet løsner under en reell hendelse. Størrelsen på løsneområdet i m^3, vil derfor være noe større enn det som reelt løsner. Sett i lys av skredbanen som generelt er 200-400 m lang, antas en hvis medrivingseffekt. Denne medrivingseffekten er ikke tallfestet, men siden løsneområdene generelt sett er noe større enn det som er reelt, vurderes det til at medrivingseffekten blir kompensert for ved simuleringene.

Akkumulering av snø på Svalbard kan variere mye, avhengig av eksponering i forhold til dominerende vindretning. På grunn av vindtransport er det vanskelig å estimere reelle snømengder i de ulike skråningene basert kun på nedbørstatistikk. Svalbard er svært utsatt for vind, og snøen som faller blir erodert vekk i vindutsatte områder som platåer og fjellpartier på lo side eller parallelt fremherskende vindretning (se kapittel 2.3). Hvor mye snø som blir ligger i de enkelte skråninger er avhengig av terrengformen. De områdene som først og fremst samler snø er renner/søkk og leheng under platåer. I dette prosjektet er ulike verdier for bruddkanthøyde benyttet (0.3 m, 0.5 m, 0.7 m, 1.0 m og 1.5 m), avhengig av hvordan vinden er antatt/registrert å påvirke snøakkumulering i de ulike terrengformene. Bruddkanthøydene representerer ulike gjentaksintervaller.

Tabell 2. *Viser parameterne benyttet i simuleringene av snøskred vist i vedlegg F. Areal på løsneområdene på kartet er gitt i rekkefølge fra vest til øst/sør til nord.*

Lokasjon	***Bruddkanthøyde (m) ved utløsningsområdet***	***Areal løsneområder (m^2)***
Gryteformasjon vest for skytebanen	0.5	35072
Skytebanen	0.5	67630
Vest for frølageret	0.5	3347 + 3567 + 10375
Platåfjellet, ovenfor Burmaveien	0.5	15855
Kirken/barnehagen	0.5	16687 + 9290
Huset	0.7	6727 + 7305 + 1720 + 1887
Sverdrupbyen	0.7	3267 + 2630 + 2062 + 4165
Nybyen	1	3925 + 3942 + 4447 + 4110 + 3530 + 2972 + 4192 + 2645
Gruve 2	1	5012 + 6780 + 4330
Funken/skolen	0.5	4500 + 5042 + 1915 + 2555
Sukkertoppen	0.5	32292
Spisshusene	1.5	6607
Nord for Sukkertoppen	0.5	19770

<u>Modellering av jord- og flomskred, samt sørpeskred - RAMMS Debris flow</u>

Ved modellering av flomskred på Svalbard ble friksjonskoeffisientene justert for å tilsvare lokale forhold best mulig i de ulike lokasjonene. Kalibreringer er gjort iht. kjente/observerte hendelser.

Mange av skredene som starter som sørpeskred drar med seg jordmasser og blir til et blandingskred, som ligner mer på et flomskred. Dette er også grunnen til at sørpeskred er best simulert ved å bruke RAMMS debris flow (og ikke RAMMS avalanche).

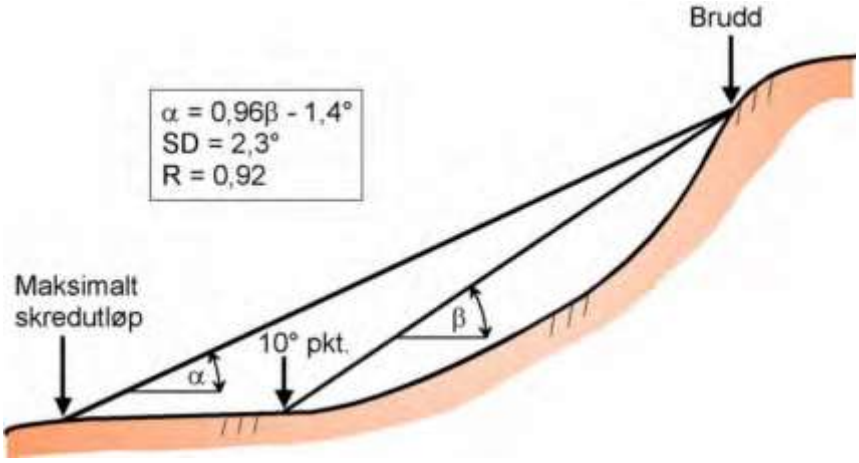
Massene som kommer i bevegelse er ofte veldig grove på grunn av den dominerende bergarten sandstein som har høy friksjon. Med store mengder vann, blir friksjonen lavere. Densiteten til massene ble satt til 1000-2000 kg/m^3 avhengig av lokaliteten og type skred. For øvrige parametere, se Tabell 3.

Tabell 3. *Informasjon om løsneområder og friksjonsparametere benyttet i modellering av flom-/sørpeskred, se vedlegg F. Tallene for areal i løsneområdene på kartet er gitt i rekkefølge fra vest til øst.*

Lokasjon	***Bruddkanthøyde (m) ved utløsningsområdet***	***Dry-Coulomb type friction μ ()***	***Viscous-turbulent friction ξ (m/s²)***	***Areal løsneområder (m²)***
Vannledningsdalen	1	0.08	600	29897
Hyttefelt ved flyplassen	0.5	0.05	200	2422 + 1422
Burmaveien, nedre deler	0.8	0.05	200	690 + 430 + 380 + 827 + 1300 + 1900
Burmaveien, øvre deler	0.8	0.1	200	4692 + 2127 + 4310
Blomsterdalen	1	0.05	600	49102
Bolterdalen vest	1	0.08	200	2860 + 1292
Bolterdalen øst, lille	0.5	0.1	200	3242
Bolterdalen øst, store	0.5	0.09	200	10320

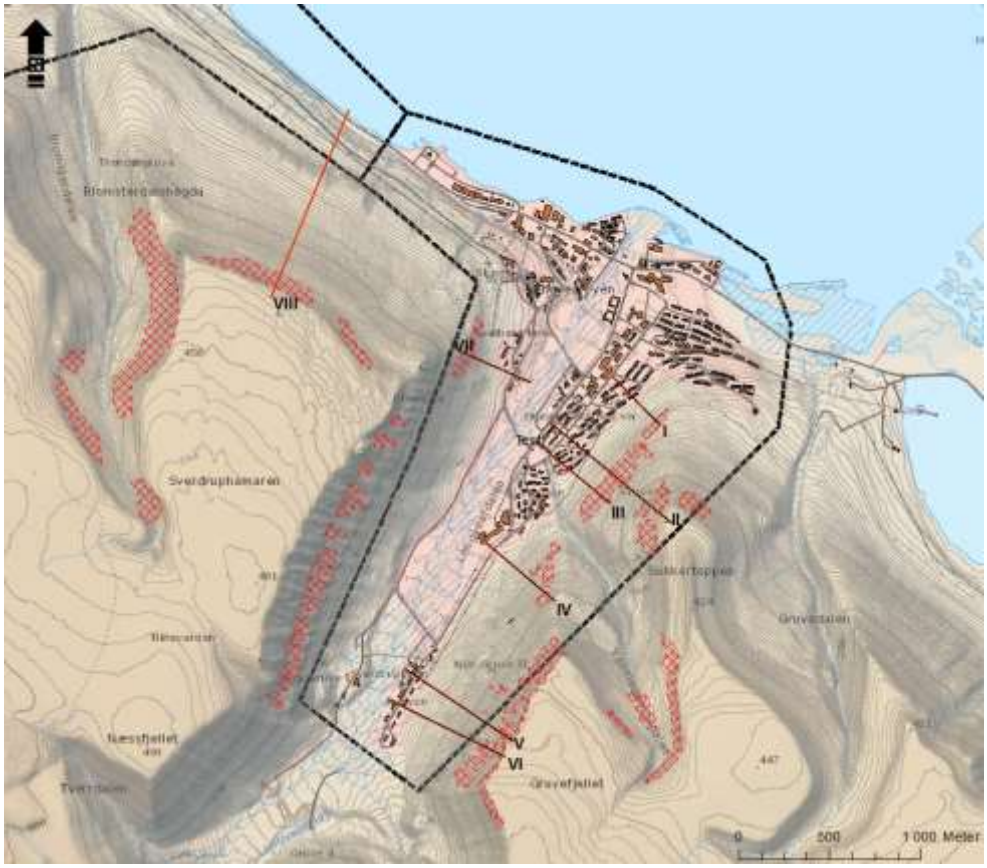
5.7.3 α / β- modellen

På enkelte av skråningene der det er utført simuleringer av snøskred, er det i tillegg utført beregninger i henhold til α/β-modellen, som er en statistisk/topografisk modell som tar utgangspunkt i fjellskråningens lengdeprofil. Ref.Lied og Bakkehøi, 1980. Se figur 12.



Figur 12. Viser parametere i α/β-modellen (SD-standardavvik, R-korrelasjonskoeffisient). Ref. NVEs Kartlegging og vurdering av skredfare i arealplaner, 2011 og Lied og Bakkehøi, 1980.

Det er utført beregninger etter α/β-modellen på 7 profiler i Longyearbyområdet. Profilene ble valgt ut fra faktiske hendelser og for å gi et kompletterende grunnlag for vurderingsarbeidet i de områdene der eventuelle skred antas å få størst konsekvens. Profilenes plassering er vist i figur 13.



Figur 13. Oversiktskart over skråningsprofiler der det er utført α/β-beregninger.

Det har i flere tilfeller vist seg at α/β-modellen, med ett standardavvik, stemmer godt med faktiske skredhendelser på Svalbard (ref. Larsen, 2016). Se vedlegg F.

Alfa/beta modellen tar ikke hensyn til snødybde eller snøens lagdeling/oppbygging, faktorer som har stor betydning for utløpslengde for snøskred.

5.8 Fastsettelse av de ulike faresonene

I henhold til dagens Byggteknisk forskrift, TEK 10, er det formulert 3 sikkerhetsklasser (S1-1/100, S2-1/1000 og S3- 1/5000) der skredsannsynlighet skal tallfestes med beregnet/antatt største nominelle sannsynlighet for skred. Alle de aktuelle skredtypene (stein-, snø-, sørpe-, jord- og flomskred) skal inngå. Sannsynlighetsgrensene som benyttes ved skred fra bratt terreng er betydelig mer konservative enn de som benyttes for naturfaretyper som flom og stormflo. Ved vurdering av disse faretypene benyttes nominell årlig sannsynlighet på 1/20, 1/200 og 1/1000. (Ref. TEK 10, 2016).

En nominell årlig sannsynlighet på 1/100 hhv. 1/1000 omtales ofte som 100-års skred hhv. 1000-års skred. Ett tusenårsskred utelukker ikke at det kan komme nytt skred med samme returperiode året etter. (ref. TEK 10, 2016).

På faresonekartene er den samlede skredfaren avmerket for de ulike intervallene. Dimensjonerende skredtype for området er vist. Se vedlegg A.

Vurderingen av hvor sannsynlighetsgrensene går, er et krevende arbeid der mange momenter inngår. Den endelige vurderingen baserer seg bl.a. på skjønn og erfaring, med støtte av simuleringer. Der det

er synlige spor etter tidligere skredhendelser blir kalibreringen av simuleringene mer eksakt, og det er bedre grunnlag for å vurdere utløp ved simuleringer. Dagens dataverktøy gir ikke eksakte svar på naturlige fenomener. Vektlegging av simuleringer og innsamlet materiell er tilpasset faktiske registeringer og forhold på stedet. Dataverktøyet kan gi svært konservative resultater. Modellering er derfor i hovedsak benyttet for å vurdere strømningsmønstre og hvordan terrenget vil kunne lede eventuelle skred.

Vi har her å gjøre med områder som har kort historisk informasjon om skred. Vurdering av skredutløp i forhold til 1000-års skred og 5000-års skred vil derfor være basert på modell-beregning, erfaring med skredutbredelse, klimaanalyser samt registrerte forhold på stedet, og dermed ikke eksakte. For 100-årsskredene vil nøyaktigheten være større, da det her finnes mer detaljert informasjon bl.a. om faktiske skredhendelser. Kartene vil være et godt grunnlag for skredfarevurdering i potensielle utbyggingssaker, selv med den beskrevne usikkerheten.

6 Delområder

6.1 Vestpynten – Bykaia

Vestpynten-Bykaia er et viktig område for både næringsliv, forskning og adkomst til Svalbard. Her ligger flyplassen, KSATs satellittstasjon, Svalbard Globale Frøhvelv samt kaiområdet for cruisebåter og fraktskip.

6.1.1 Topografi og grunnforhold

Området fra Vestpynten til Bykaia er karakterisert av terrassert landskap fra strandflaten opp til Platåfjellet. Skråningene er i hovedsak nordvendte. Ved Skytebanen er det to større gryteformasjoner i skråningen. Løsmassene består hovedsakelig av forvitringsmateriale. Finere løsmasser som sand og grus er registrert i skråningene over Burmaveien.

En større N-S-vendt dal, Blomsterdalen, ligger mellom Vestpynten og Bykaia. Elven fra Blomsterdalen renner inn i kartleggingsområdet.

Ved Burmaveien (Bykaia) er det flere mindre og mellomstore aktive raviner som skjærer inn i terrassene. Høyereliggende skråninger har jevn og forholdsvis slak overflate sammenlignet med dalene ved de andre kartleggingsområdene. Lenger nede langs veien til flyplassen, er det en 10-15 m høy bergskjæring, som også er delt opp av raviner. Noen av disse ravinene har fast vannføring.

Området ved Vestpynten er mer åpent, og størstedelen av området har lang avstand til brattere høye skråninger. Dette området har avsetninger og vannveier som krysser over de flatere partiene. Dette er særlig fremtredende ved flyplassen, der bekker renner gjennom større raviner. Både de bratte skråningene og de lavere skråningene ved mindre terrasser er preget av aktive skråningsprosesser.

Bilde 7. A. Landskapet ved Vestpynten. Bildet er tatt ovenfor flyplassen mot sør. Gryteformasjonene i øvre deler av bildet med snø, og bekkeravinene midt på bildet. B. Terrassert ravinelandskap ved Bykaia.

6.1.2 Skredhendelser

Det er registrert flere skredhendelser i området Vestpynten-Bykaia. Se vedlegg E for kart og tabell over skredhendelser. Det er rapportert om mindre materielle skader i de fleste tilfellene.

En kort oppsummering med registrert skredaktivitet i Vestpynten-Bykaia:

Det har gått sørpeskred fra området Burmaveien ned mot hovedveien. Enkelte av skredene har gått over veien og stoppet bl.a. mot stålkontainere som stod oppstilt i området. Ref. skredhendelse 5/6-2013 og 30/1-2012.

I området ved skytebanen er det registrert flere snøskredhendelser. Gryteformasjonen vest for skytebanen har like skråningsforhold, og det har antakelig gått flere skred her uten at de er registrert. Sørpeskred ødela og flyttet en hytte på sørvestsiden av flyplassen i juni 2013, se Bilde 2 i kap. 2.5. Det har gått flere mindre jord-/flomskred i samme skråning.

Helt siden etablering av veien opp til KSATs satellittstasjon på slutten av 1900-tallet har det vært utfordringer med snøskred langs veien. Bl.a. ble en hjullaster tatt av snøskred og skjøvet av veien.

6.1.3 Vurdering av skredfare

Skredfare ved Vestpynten-Bykaia er stort sett knyttet til vanndrenering. Områdene ovenfor de mindre og mellomstore ravinene er flatere og samler vann, slik at massene (både løsmassene og snømassene) kan bli vannmettet, noe som igjen kan føre til flomskred og sørpeskred med lange utløp. Slike skredhendelser er observert både langs Burmaveien/Flyplassveien og på sørvestsiden av flyplassen. Særlig i området langs Burmaveien vurderes løsmassene å være mer finkornete enn i de fleste skråningene ellers, noe som gjør at disse massene lettere kan bli vannmettet.

Snøskred er aktuelt i høyereliggende skråninger ved Platåfjellet, stort sett langs hele kartleggingsområdet (ovenfor Burmaveien, Skytebanen og Svalsatveien). Det er sannsynlig at mindre steinsprang kan løsne i skjæringen langs Flyplassveien samt fra østlige deler av høyeste skråning ved Svalsatveien. Løsneområdene som er simulert er basert på tidligere skredhendelser.

I tillegg transporteres flom- og sørpeskredmateriale med alle større bekker (fra raviner ved flyplassen) og elven fra Blomsterdalen.

6.1.4 Modellering i RAMMS samt kommentarer angående faresoner

For parametere benyttet i simuleringene i RAMMS og RocFall henvises til kapittel 5.7.2. Ved gryteformasjonene ved skytebanen og vest for skytebanen mot Svalsatveien dannes det skavler ved vind fra sør/sørvest. Skavlbrekk og utløsning av flakskred fra øvre deler av disse gryteformasjonene er et årlig fenomen, og de tydeligste snøskredutsatte områdene innenfor denne delen av kartleggingsområdet. Det ble modellert med 0.5 m og 1.0 m bruddkanthøyde, som er benyttet for å tilsvare årlig nominell sannsynlighet på hhv. 1/100 og 1/1000. Simuleringene viser utløpslengder fra den vestligste gryten ned mot Svalsatveien, og videre mot ravinen vest for gruve 6. Ved skytebanen er øvelsesbrakken potensielt utsatt ved evt. større skred. Simuleringene vist i vedlegg F er fra modellering med 0.5 m bruddkant.

Svalsatveien er kjent for snøskredproblematikk. Området er ikke tatt med i simuleringene pga. kjent skredproblematikk og bratt terreng hvor det er uaktuelt å etablere ny infrastruktur som bygninger etc.

Det har vært nylige sørpe- og jord-/flomskredhendelser fra mindre raviner ved hytteområdet sør for flyplassen. To kjente hendelser er simulert. Faste masser i de reelle hendelsene har stoppet tidligere enn lengste utløp ved simuleringene, mens vanndrenering og mindre mengder (uskadelig) finstoff er observert med ca. samme utløpslengder som simuleringene. Det vurderes at simuleringsresultatene her ved maks flytehøyde 0.5 m vil gi et utløp tilsvarende en årlig nominell sannsynlighet på 1/100. Skråningene mellom de simulerte skredbanene er også skredutsatte, og hendelsene/simuleringene er brukt, sammen med feltobservasjonene, som referanse for potensielle skredutløp i disse områdene.

Det er observert større raviner med sesongaktive bekkeløp sør for flyplassen. Ved varmere klima kan erosjonsprosesser i disse ravinene bli mer aktive. Det er også registrert at enkelte av skråningene består av materiale som kan opptre ustabilt dersom det blir vannmettet. Dermed kan de forventede klimaendringene med økt nedbør gjøre at det initieres flere mindre jord- og flomskred også i skråninger som har en helning på < 27°. Det trenger derfor ikke være spor etter tidligere erosjon/skred i slike

skråninger for at de kan anses som potensielt skredutsatte områder. Ved vannmetting av løsmasser i skråninger slakere enn 27°, kan det aktive laget bli ustabilt. Derfor er slike områder avmerket som potensielle fareområder.

Vest for Frølageret er det observert et par mindre, aktive snøskredbaner. Disse er tatt med i simuleringene av snøskred. Vedlegg F viser simuleringen med bruddkant på 0.5 m. Felt-observasjonene viser skredutløp nesten ned til veien, noe som tyder på at det her kan ha gått sørpeskred. Terrenget lenger vest for disse mindre skredbanene, kan potensielt være utsatt for snøskred. Ovenfor Frølageret er terrenget slakere, og evt. skred er vurdert å følge observerte skredbaner.

I Blomsterdalen er det kjent at det kan gå snøskred ned mot dalbunnen relativt ofte. Snøen som samles i Blomsterdalselva kan bli vannmettet, og transportert videre utover mot kartleggingsområdet som sørpeskred. Løsneområde for potensielle sørpeskred er i teorien hele elvedalbunnen, hvis man tar med medrivingseffekt. Her kan også løsmasser bli revet med av disse skredene. Blomsterdalen er en lang dal og helningen på dalbunnen er lavere enn i Vannledningsdalen, noe som gjør at skred ikke får like stor fart og eroderingskraft. Mesteparten av skredet vil med stor sannsynlighet følge elveløpet, men veien og deler av industriområdet vurderes å være potensielt utsatt med årlig nominell sannsynlighet på 1/1000 og 1/5000.

Langs Burmaveien er det både små og store aktive raviner. Massene i ravinene ovenfor Burmaveien er stort sett finere løsmasser sammenlignet med andre skråninger. Både jord- og flomskredaktivitet er observert i de fleste ravinene, og flere sørpeskredhendelser fra de større raviner er registrert i senere tid. De fleste ravinene er i hovedsak sesongaktive med kun periodisk vannføring ved nedbør og snøsmelting.

Simuleringene for sørpeskred/flomskred er utført i større raviner som potensielt kan ha lengre utløp. Steinsprangfare er aktuell langs hele Flyplassveien, men pga. steil skjæring og vegens plassering med bred grøft når ikke skredene vegen og kaianleggene utenfor. Flomskred og sørpeskred har blitt observert og kan gå over Flyplassveien.

Den høyereliggende skråningen ovenfor Burmaveien er utsatt for snøskred. Spesielt kan vind fra sør avsette mye snø på den nordvendte lesiden av skråningen. Her er det registrert skredavsetninger og skredhendelser av både flakskred og sørpeskred. Simulering av snøskred ble utført fra området der topografien er mest aktuelt for akkumulering av snø ved vindtransport fra sør. Kjente hendelser og erfaringer fra lokalbefolkning og simuleringene viser at flakskred med stor sannsynlighet vil stoppe ved det slakere partiet før ravinene og før de når ut på Burmaveien. Imidlertid vurderes det at sørpeskred kan initieres fra slakere terreng og ovenfor ravinene. Ved fastsettelse av faresoner er det tatt hensyn til både snøskred fra høyereliggende terreng samt flom-jord- og sørpeskred som vil kunne opptre i skråningen og følge ravinene.

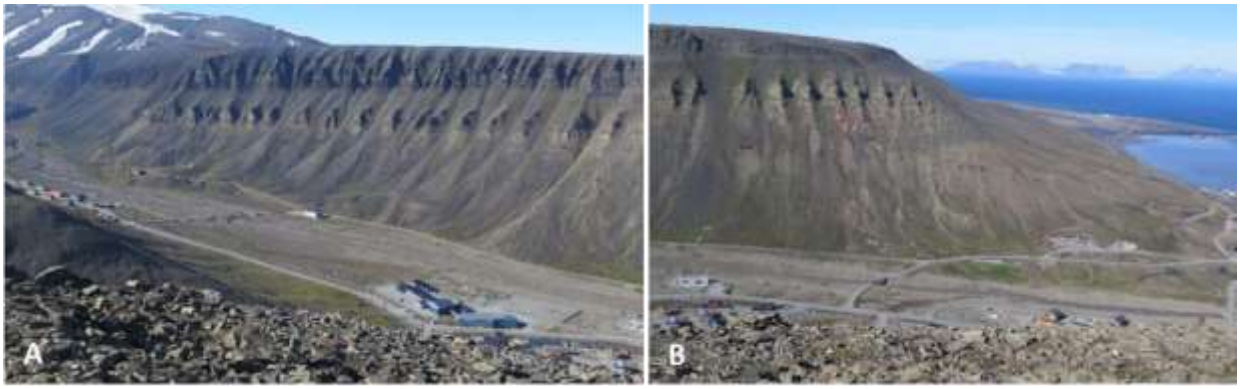
6.2 Longyearbyen

Longyearbyen er sentrumsområdet som inkluderer en vesentlig del av boligbebyggelsen på Svalbard, i tillegg til barnehager, skole, universitet og mesteparten av reiselivsvirksomheten inkl. butikker, restauranter og overnattingsteder m.m.

6.2.1 Topografi og grunnforhold

Longyearbyen ligger ca. 10-30 m.o.h., ved munningen på Longyeardalen. Longyeardalen er en tilnærmet NØ-SV-orientert U-dal med en bred og aktiv elveslette. De tilstøtende skråningene, mot Platåfjellet i vest og Gruvefjellet i øst, har en gjennomsnittshelning på 45°. Bergpartiene øverst er bratte (55-80°). Fjellplatåene ligger om lag på 500 m.o.h.

Både de nordvestvendte og sørøstvendte skråningene av Longyeardalen viser spor etter aktive skredprosesser. Flere av avsetningene (snø-, stein-, jord- og flomskred) overlapper og ligger tett ved hverandre (Bilde 8). Den nordvestvendte siden vurderes noe mer aktiv enn den sørøstvendte grunnet den dominerende vindretningen i området fra sør-sørøst. Flere av skredavsetningene når helt ned både til dagens bebyggelse og til veier, spesielt lenger inn i dalen der det blir trangere. Se vedlegg B.



Bilde 8. Bilde A og B viser den sørøstvendte siden av Longyeardalen. Se skole og barnehage på bildet for lokalisering. Bilde tatt om lag mot vest.

Bilde 9. Den nordvestvendte skråningen over Nybyen, med brakkebebyggelsen som benyttes som hotell, samt overnattingsted for studentene ved UNIS. Aktive skredvifter ligger bak husene. Bilde tatt mot sørøst.

6.2.2 Skredhendelser

Det vises til vedlegg E (kart E3 og E4 og tabell), som gir en oversikt over skredhendelser registrert i Longyearbyen. Kartene viser særlig områdene med hyppig skredaktivitet. De fleste hendelsene har ikke ført til store skader, men enkelte har vært svært ødeleggende.

Skredhendelser som har ført til materielle skader og/eller tap av menneskeliv:

- Sørpeskred fra Vannledningsdalen (10/6 1953) som ødela flere hus og tre mennesker omkom. I tillegg ble 30 mennesker skadet. Det er bygget en ledevoll på sørsiden av dalmunningen etter denne hendelsen. Lignende skred har gått også i senere tid, med utløp over hovedveien. Se Bilde 11.
- Snøskred ved Spisshusene fra lia under Sukkertoppen i (19/12 2015). De to øverste husrekkene, til sammen 11 hus, ble totalskadet av skredet og to mennesker omkom.
- Snøskred fra Gruvefjellet (mai 2012), ødela verneverdig taubanebokk og hadde utløp over veien som går mellom Nybyen og sentrum. Se Bilde 10.

Bilde ***10. Snøskred nord for Gruve 2b i mai 2012. Foto av Markus Eckerstorfer.***

Bilde 11. A). Vannledningsdalen, merk det store hvite huset. B). Skredet gjorde stor skade, juni 1953. Modifisert fra SNSKs fotoarkiv.

6.2.3 Vurdering av skredfare

Infrastruktur og menneskelig inngrep i terrenget gjør at det er vanskelig å finne ut hvor langt visse skred kan nå. Bebyggelse og veier står tett inn på gamle skredvifter, og noen skredavsetninger kan være ødelagt ved etablering av veier og hus. Steinsprangblokker kan også ha blitt flyttet på. I slike områder er vurderingen stort sett avhengig av dokumenterte skredhendelser og resultater fra modelleringsarbeider.

Snøskred er den skredtypen som har størst potensiale for ødeleggelser i Longyearbyen. Spesielt er den vestvendte skråningen (Sukkertoppen/Gruvefjellets side) utsatt, da de fleste snøskred løsner i vindtransporter snø som legger seg i lesider for fremherskende vindretning fra sør-sørøst. Vestavær er mer sjelden, men kan ikke utelukkes. Derfor er de østvendte skråningene også utsatt for snøskred, men sannsynligheten for større snøskred her er mindre.

Ved snøskredproblematikk spiller geomorfologi i skråningene i Longyearbyen en viktig rolle både ved forplantning av bruddkanter og utløsning av skavler. Svake lag som begerkrystaller dannes som følge av store temperaturgradienter i snødekket, der det typisk kan være lange kuldeperioder og liten snødybde. Disse lagene kan dannes både nær bakken, og under skare- og islag i snødekket. Særlig i akkumuleringsområder med sammenhengende skråninger (dvs. uten større variasjon i terrenget), kan vedvarende svake lag føre til at bruddkanten forplanter seg til store skred. Hvor store snømengder som kan løsne i slike hendelser, er avhengig av de ulike skråninger og akkumuleringsforhold, og er vanskelig å beregne eksakt. For vurdering av sannsynlighet for snøskredhendelser med ulike gjentaksintervaller, er det tatt hensyn til at det kan forekomme større skred med hyppigere intervall i områder som har jevnere sammenhengende skråningstopografi.

Ved Gruvefjellet over Nybyen og Gruve 2b dannes det skavler, som er den vanligste årsaken til at skavler løsner og snøskred utløses i dette området. Formen på de øverste delene i denne skråningen varierer fra mer sammenhengende og rett profil nord for Gruve 2b til mer undulerende og gryteformete profil ovenfor Nybyen. Disse variasjonene påvirker omfanget av skredmasser som kan løsne ved et potensiell skavlnedfall (se bilder i Vedlegg G). Nord for Gruve 2b utløser skavlnedfall større flakskred, mens ovenfor Nybyen er større flakskred sjeldnere på grunn av avgrensende gryteformede partier ovenfor bergnabber som dominerer den øverste delen av skråningen.

Ovenfor skolen og det gamle sykehuset blir skråningen lavere. Her er det registrert gjentatte, men mindre flakskred.

Skråningen ovenfor Spisshusene er kjent for å være akkumuleringsområde for store mengder vindtransportert snø. Her går det ofte mindre flakskred, men de fleste har stoppet i skråningen ovenfor bebyggelsen. Imidlertid viser skredet i 2015 hvor langt utløp skred i dette området potensielt kan ha ved spesielle forhold. Se videre diskusjon i neste kapittel.

Topp-partiet av fjellet Sukkertoppen er rundere og mer vindeksponert, og det er mindre aktuelt med skavldannelse og akkumulering av store mengder snø. Imidlertid er skråningshelningen bratt nok til at snøskred kan løsne. Hvis vær og vindforholdene er optimale for akkumulasjon i skråningen, kan det gå snøskred også i dette området. Særlig den midtre-delen av skråningen under Sukkertoppen vurderes som potensielt akkumulerings- og utløsningsområde for snøskred. Se resultatene av modellering i Vedlegg F. Jord- og flomskred vurderes imidlertid som mer frekvente skredprosesser i denne delen av skråningen.

Sørpeskred er et kjent problem fra Vannledningsdalen. Det er gjort tiltak på den sørlige siden av dalmunningen, men det er potensiale for at sørpeskred kan flyte over veg 222 og mot bebyggelsen, ned over Hilmar Rekstens vei og videre mot begynnelsen av vei 219 ned mot hovedveien.

Jord- og flomskred er observert i nesten alle skråninger i kartleggingsområdet ved Longyearbyen. Løsmassene i skråningene består av grovere, nedbrutte steinmasser som stedvis er blandet med finere masser. Observerte jord- og flomskred i Longyeardalen har gjerne smale tungeformasjoner, som strekker seg lenger ut enn hoveddelen av skredmassene. Aktuelle områder der jord- og flomskred kan nå ned til eksisterende bebyggelse er nedenfor Sukkertoppen, Nybyen, og området rundt Longyearbyen barnehage.

Steinsprang er en aktuell skredprosess særlig i den østvendte skråningen (fra Longyearbyen barnehage til Huset, samt Svedrupbyen) og skråningen ved Nybyen. Ovenfor Nybyen er det flere markante pinakler med sterkt oppsprukket berg. I disse og andre områder vil det gå steinsprang relativt ofte. Steiner som løsner vurderes å knuses til mindre steiner på vei ned skråningen. Det er tidligere gjort undersøkelser vedrørende pinaklene i Nybyen og i skråningen ovenfor Gruve 2b. I forbindelse med at det ble oppdaget en sprekk i skråningen, ble det målt bevegelse (ref. Rubensdotter & Hermanns, 2011). Området er ikke nærmere undersøkt i foreliggende vurdering. Oppsprekkingen i skråningen har sannsynligvis sammenheng med at åpningen inn til Gruve 2b ligger rett nedenfor. Bevegelser og oppsprekking har sammenheng med tining og frysing av det aktive laget. Det anbefales å følge med på utviklingen av sprekken, på lik linje med alle andre deformasjoner som oppdages i nær forbindelse med bebyggelse og infrastruktur. Daganlegget i Gruve 2b er sikret med en betongmur mot steinsprang.

6.2.4 Modellering i RAMMS samt kommentarer angående faresoner

Modellering av snøskred ble utført hovedsakelig i områder der skredfare mot eksisterende infrastruktur er størst. Henviser til kapittel 5.7.2 for parametere benyttet i RAMMS og Rocfall.

Skråningen på nordvestsiden av Longyeardalen er karakterisert av jevn og bratt (70-80°) bergskråning øverst, samt gryteformasjoner mellom bergpinakler ved løsneområdene i øvre deler av skråningen. Dominerende vindretninger fra sør og sørøst gjør at denne østvendte skråningen i Longyeardalen ikke er like utsatt for akkumulering av store mengder snø eller skavldannelse som den vestvendte skråningen på andre siden av dalen, men det kan ikke utelukkes at større snøskred også kan løsne i dette området ved perioder med vind i sektoren sørvest til nordvest. Vinden fra sør og nord bidrar til evt. akkumulering av snø i søkkene i lesiden av bergpinaklene i øvre deler av skråningen. De utstikkende bergpinaklene deler løsneområdene opp i mindre skålformede partier, slik at det er mindre sannsynlig at det utløses flakskred med stor bredde. Simuleringer av snøskred ved Huset og Sverdrupbyen med 0.7 m bruddkant er vurdert å tilsvare årlig nominell sannsynlighet på 1/1000.

Deler av skråningen ovenfor Longyearbyen barnehage/kirke har en helning på 30-40°. Den hyppigste skredtypen her er jord- og flomskred. Det er også registrert mindre flakskred som startet ca. i høyde med taubanen, og stoppet ovenfor barnehagen der helningen blir slakere. Rett ovenfor barnehagen er skråningshøyden lavere enn videre sør. Det vurderes mindre sannsynlig at evt. snøskred får stort volum og langt utløp i dette området. Utløpet vist i utført modellering av snøskred fra et bredere utløsningsområde med 0.5 m bruddhøyde vurderes å tilsvare sjeldne forhold (1/1000).

Den øverste bergskråningen over Nybyen ligger innunder platået i Gruvefjellet med en helning på 70°-80° ned mot en noe slakere fjellside med helning på 30°-40°. Videre nedover er fjellsiden oppstykket med pinakler som deler denne delen av fjellsiden i skålformede forsenkninger. Hele fjellsidens høyde er ca. 460 m, og største delen av skråningsprofilet har gjennomsnittlig helning på 35°. Formen på skredbanene er konkave. Det dannes vanligvis store skavler langs kanten av fjellplatået over den øvre delen av fjellsiden. Det kan akkumuleres store menger snø i fjellsiden under pga. dominerende vindretning fra sør/sørøst. Det har forekommet nedfall av skavler fra toppen av skråningen, som har truffet husveggen ved øverste husrekke. Skavelnedfall kan også utløse flakskred i fjellsiden og de skålformede partiene. Sannsynligheten for store flakskred er mindre over Nybyen enn lengre nord på

grunn av skålformene, som vanligvis avgrenser løsneområdene i mindre enheter. I ekstreme tilfeller antas det at den øvre delen av fjellsiden kan bli et sammenhengende løsneområde for skred. Simulering av snøskred i vedlegg F viser bruddkant på 1.0 m, noe som vurderes å tilsvare sannsynlighet på 1/100.

Lenge nord i samme skråning er det registrert snøskred over veien både i området ved de små hyttene, og i området mellom Gruve 2b og skolen. Nord for Gruve 2b er geomorfologien i øvre deler av skråningen ved løsneområdet mer sammenhengende enn ovenfor Nybyen, uten gryteformasjoner som deler opp løsneområdet. Ved det gamle sykehuset er skåningshøyden lavere, men fjellsiden er fortsatt så bratt at snøskred kan løsne. Skred mellom Gruve 2b og Haugen har potensiale til å forplante seg til større flakskred som når lenger ut også ved mindre bruddhøyder fra de høyereliggende løsneområdene (se simuleringen i Vedlegg F med 0.5 m).

Det er simulert sørpeskred fra Vannledningsdalen, som viser tilsvarende utbredelse som tidligere skred (1989 og 2012). Initieringsområde til sørpeskred ligger øverst i dalen i et område der helningen går fra nesten horisontal våtmark til ca. 20°. I tillegg blir snø- og jordmasser dratt med fra skredbanen i dalbunnen. Transport av jordmasser er hensyntatt i simuleringene ved høyere densitet enn i et rent sørpeskred, samt at friksjonsparameterne er justert litt ned i forhold til rent sørpeskred. Etter at skredvollen ble etablert ved Haugen, er erfaringen at sørpeskred ledes av vollen og truer bebyggelsen på motsatt side, noe som simuleringen også antyder.

Sukkertoppen er karakterisert av en stor, avrundet, åpen fjellside med en jevn bratt helning på 35°. Snø akkumuleres her ved østavind, og særlig i midtre/nedre deler av skråningen kan snøen bli liggende. Snøen fra høyereliggende deler av Sukkertoppen blir ofte blåst vekk på grunn av avrundet terrengform, og det vurderes mindre sannsynlig at større skred løsner i topp-partiet av fjellet. Skråningen ovenfor Spisshusene samler ofte mye vindtransportert snø, og her er det registrert hyppige skred med kortere utløp. Ved løsneområdet som er ca. 200 m bredt og relativt lavt, er det registrert bruddkanter som var 0.5-1.5 m høy (ref. Eckerstorfer, 2013). Til tross for relativt lav skråningshøyde, kan skred nå langt dersom det har blitt avsatt store mengder snø på relativt kort tid ved sterk østavind. Simuleringen ved Spisshusene med 1.5 m høy bruddkant har tilsvarende utbredelse som skredet i desember 2015, og er vurdert å tilsvare årlig nominell sannsynlighet på 1/100.

For området videre sørvestover i Lia byggefelt, kan det ved sterk vind og mye snø, dvs. ekstreme værforhold, akkumuleres tilstrekkelig snø i skråningen til at det potensielt blir skredfare.

6.3 Todalen

I området ved Todalen ligger det en hundegård samt den nedlagte Gruve 6. På den andre siden av dalen ligger det hytter.

Bilde 12. Viser skråningen ved NVEs kartleggingsområde i Todalen ved hundegården nedenfor Gruve 6. Sett mot sørvest.

6.3.1 Topografi og grunnforhold

Todalen er en N-S orientert U-dal med en bred elveslette. Begge sidene av Todalen viser spor etter aktive skredprosesser. Flere av avsetningene (snø-, stein-, jord- og flomskred) overlapper eller ligger tett ved hverandre. Den vestvendte siden vurderes som noe mer aktiv enn den østvendte. Skredutløpet når ofte helt ned til elven, spesielt mot sør der dalen blir trangere.

6.3.2 Skredhendelser

Området ved hundegården ved Gruve 6: Det er ingen registrerte ferske skredhendelser mot det aktuelle kartleggingsområdet, som dekker et lite område rundt hundegården. Ved en av befaringene var det stor vannføring i elven som renner ut Todalen. Vannet oversvømte store deler av de flatliggende områdene på nordsiden av veien til Gruve 6.

6.3.3 Vurdering av skredfare

Området ved hundegården i Todalen er nær horisontalt og ligger i dalåpningen mellom Todalen og Adventdalen. Det er ca. 200 m fra kartleggingsområdet til foten av skråningen, der helningen er større enn 10°. Det er ingen tegn på skredaktivitet, som har nådd ut på det nær horisontale området. På grunn av at terrenget er nesten flatt, lang avstand til skråningen samt mangel på potensielle løsneområder som vender mot denne delen av dalen, vurderes det ikke sannsynlig at skred vil nå det aktuelle området.

Dersom det er ønskelig å utnytte området i større grad, må det tas hensyn til flomvassføring i Todalselva og dimensjoneres for dette. Erosjonssikring kan eventuelt være aktuelt.

6.4 Bolterdalen – Foxdalen (3 delområder)

Delområdene ved Bolterdalen-Foxdalen er i hovedsak hytteområder, men næringsliv knyttet til hundegårder. Kartleggingsområdene er begrenset til munningene av de to dalene, og inkluderer området mellom disse to dalene i den Ø-V orienterte Adventdalen. I denne rapporten vurderes skredfaren kun for tre mindre områder ved Bolterdalen.

6.4.1 Topografi og grunnforhold

Bolterdalen og Foxdalen er, i likhet med flere av de andre dalene, N-S orienterte U-daler med brede elvesletter. Landskapet er dominert av forvitringsmateriale med dype raviner, og flere aktive skredvifter. Fluviale erosjonsprosesser er dominerende både i de større ravinene og langs dalbunnene.

6.4.2 Skredhendelser

Veien mot Gruve 7 er lagt om etter gjentatte skredhendelser, som kuttet veien og adkomst opp til gruve 7. I desember 2005 forsvant om lag 200 m av vegrekkverket i et større snøskred.

Figur 13. Dreneringsspor og mindre flomskred og utglidninger ved veien mot Gruve 7. Sett mot sørøst.

6.4.3 Vurdering av skredfare

Jord- og flomskred er den største skredproblematikken både i *Bolterdalen 1* og *2*. Det minste området, *Bolterdalen 3*, vurderes å ligge i sikker avstand fra brattere skråninger, slik at det ikke er vurdert skredfare mot dette området. Se vedlegg A.

Endret drenering i skråningen ved veien mot Gruve 7 kan delvis påvirke hundegården (Basecamp/Spitsbergen travel) som ligger ved foten på Gruve 7 fjellet/*Bolterdalen 2*. Flomproblematikk langs Bolterdalselva kan påvirke hyttene som står innenfor kartleggingsområdet *Bolterdalen 2*, men dette er ikke vurdert nærmere i denne rapporten.

Bolterdalen 1, (Buzzas) har høyere og brattere skråningsprofil enn de to andre kartleggingsdelområdene. Det er observert aktive jord- og flomskred i denne skråningen. Hyttene og hundegården ved *Bolterdalen 1* ligger imidlertid på en liten rygg/høyde i terrenget. Ryggen styrer skredmasser forbi hytten og ut i lavereliggende raviner. Ingen av de eksisterende hyttene vurderes å ligge innenfor årlig nominell sannsynlighet for skred på 1/100. Enkelte bygg befinner seg innenfor 1/1000. Se vedlegg A for faresoner.

6.4.4 Modellering i RAMMS samt kommentarer angående faresoner

Det ble modellert flomskred i RAMMS fra to aktive skredbaner der skred kan nå kartleggingsområdet fra skråningen sørvest for *Bolterdalen 1* (1.0 m løsnetykkelse). Resultatene viser at skred vil følge fordypningen i terrenget, og det er lite sannsynlig at skred vil gå oppover ryggen der bebyggelsen står. Flomskred er vurdert å være dimensjonerende skred her. Flomskred kan i enkelte tilfeller bli blandet med snømasser (ved snøsmelting eller regn). Det kan også initieres snøskred, dersom vind fra sør har avsatt snø i de øverste bratte (35-45°) delene av den nordvendte skråningen, som har nokså konkav profil helt fra toppen og ned (uten brattere bergparti på den høyeste delen slik det er i Longyearbyen). Vinden som blåser langs Adventdalen eroderer ofte skråningene som er nordvendt. De registrerte snøskredavsetningene stopper høyere opp enn jord- og flomskredavsetningene i denne delen av skråningen.

Ved *Bolterdalen 2* ble det simulert flomskred fra potensielle løsneområder med finkornete bløte masser nedenfor den gamle veien til Gruve 7, som ligger ovenfor hundegården (Basecamp). Simuleringene med 0.5 m løsnedybde viser at skred kan gå over nedre deler av veien og treffe hundegården, men skred vil miste en del god del av energien allerede når det treffer veien. Eventuelle større utløsningsvolumer kan ha større energi. Det er observert mye erosjon og problemer med vannføring i denne delen av skråningen.

Figur 14. Ferske spor av vannerosjon ved hundegården ved «Bolterdalen 2». Sett mot vest.

7 Referanser

Et utvalg av personer og lokalbefolkning som har bidratt med nyttig informasjon til rapporten:

Antonsen Gunnhild; På Svalbard siden 1987, hytte på Vindodden.

Brekken Atle; På Svalbard siden 1975, bor og har hytte i Bjørndalen. Arbeidet for SSD, Teknisk avd.

Christiansen Hanne; Avdelingsleder for Geologiavdelingen på UNIS, Spesialkompetanse på Permafrost. Bor på Svalbard siden 2002.

Eckerstorfer Markus; Forsker på Norut, har doktorgrad fra Svalbard om snøskred, 2013. Bodd og arbeidet 5 år på Svalbard. Bidratt også muntlig med faglige diskusjoner og egne erfaringer, sep. 2016.

Hekne Geir; Bor på Svalbard siden 1971, lang erfaring fra redningsarbeid på Svalbard, hytte på Reveneset.

Hågenslie Jørgen; Bor på Svalbard siden 1999. Har i lengre perioder ledet Røde Kors hjelpekorps på Svalbard og hatt ansvar for beredskap på områder som skred. Har også jobbet for UNIS i en periode.

Jusnes Karin; Bodde på Svalbard og i Spisshusene ca. 1982-2009

Onarheim Stig; Født 1968, oppvokst på Svalbard, har hytte på Vindodden, i dag helikopterpilot på Svalbard.

Kristoffersen Arne; Bor på Svalbard siden 1980, lang felt erfaring, hatt hytte både på Hjorthamn og Vindodden.

Larsen Jan-Otto; Tidligere avdelingsleder for Teknologiavdelingen på UNIS. Har undervist der fra 2005 til 2016 og bodd fast på Svalbard i 8 år. Har hatt forskjellige oppgaver på Svalbard siden 1966 for Norsk Polarinstitutt, Svalbard Samfunnsdrift og Lokalstyret, Norsk Hydro og Spitsbergen Kullkompani AS i tillegg til UNIS. Sakkyndig på området Skred og Skredsikring.

Nettsider:

http://www.skred-svalbard.no/avl_list.php Cryoslope Svalbard, den 20.09.2016

http://svalbardkartet.npolar.no Berggrunnskart over Svalbard, sept. 2016

http://www.npolar.no/no/arktis/svalbard/ sept. 2016

http://www.varsom.no/ sept. 2016

http://www.yr.no/stad/Noreg/Svalbard/Svalbard_lufthavn/statistikk.html sept. 2016

http://publikasjoner.nve.no/veileder/2014/veileder2014_08.pdf sept. 2016

https://www.dibk.no/no/byggeregler/tek/2/7/7-3/ sept. 2016

http://www.eposters.net/pdfs/the-glacial-history-of-the-svalbard-archipelago-from-late-vistulian-to-the-present-time-in-late.pdf

http://www.tspnorway.com/ sept. 2016

http://geo.ngu.no/kart/permafrost_svalbard/ okt. 2016

https://www.rocscience.com/help/rocfall/webhelp/RocFall.htm okt. 2016

Litteratur:

ACIA, 2005; "Arctic Climate Impact Assessment." Cambridge University Press (http://www.amap.no/acia/)

Dallman Winfried K. m.fl. 2015; Geoscience Atlas of Svalbard

Christiansen H. m.fl., Report on the 14-15 October 2016 mass movement event in the Longyearbyen area, UNIS Oct. 2016.

Eckerstorfer, M. 2013; Snow avalanches in central Svalbard: A field study of meteorological and topographical triggering factors and geomorphological significance. Ph.D. thesis, UNIS/Oslo universitet.

Eckerstorfer, M. and Christiansen, H. H., 2011; The "high Arctic maritime snow climate" in central Svalbard. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research 43.1: 11-21.*

Eckerstorfer. M., m.fl. 2013; The geomorphological effect of cornice fall avalanches in the Longyeardalen valley, Svalbard.

Eckerstorfer Markus m.fl. 2009; Avalanches and snow mobile traffic around Longyearbyen, Svalbard.

Førland, E. J., Benestad, R., Hanssen-Bauer, I., Haugen, J. E. & Skaugen, T. E., 2011; Temperature and precipitation development at Svalbard 1900–2100. *Advances in Meteorology 2011 (2012).*

Hansen-Bauer, I., Kristensen Solås, M., & Steffensen, E.L., 1990; The climate of Spitsbergen. *Det norske meteorologiske institutt, rapport nr. 39/90.*

Isaksen, K., Nordli, Ø., Førland, E. J., Lupikasza, E., Eastwood, S. & Niedzwiedz, T., 2016; "Recent warming on Spitsbergen – Influence of atmospheric circulation and sea ice cover." Journal of Geophysical Research: Atmospheres.

Larsson, S. (1982). Geomorphological effects on the slopes of Longyear valley, Spitsbergen, after a heavy rainstorm in July 1972. *Geogr. Ann. 64* A: 105-125

Lied og Bakkehøi, 1980; Empirical calculations of snow avalanche runout distance based on topographical parameters. *Journal of Glaciology, Vol 26 (94)*

Piepjohn Karsten m.fl. 2012; Longyearbyens geologi

Vikhamar-Schuler, Eirik J. Førland og Hege Hisda, 2016; Kort oversikt over klimaendringer og konsekvenser på Svalbard NCCS report no. 2/2016

Rubensdotter Lena m.fl. 2015; Landskapsformer og løsmasser Bjørndalen-Vestpynten, Svalbard

Rubensdotter L. & Hermanns R., 2011; NGU, notat, Bekymringsmelding om to potensielt ustabile fjellparti i Longyeardalen oppdaget ved kvartærgeologisk kartlegging.

Cryoslope project 2007-2009, kart produsert i forbindelse med prosjektet. Landforms and sediments in Todalen and upper Gangdalen and Bødalen.

Serreze, M. C., Crawford, A. D. & Barrett, A. P., 2015; Extreme daily precipitation events at Spitsbergen, an Arctic Island. International Journal of Climatology, 35: 4574–4588

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) 2016, Skredulykken i Longyearbyen 19. desember 2015.

NVEs veileder 8-2014: Sikkerhet mot skred i bratt terreng. Kartlegging av skredfare i arealplanlegging og byggesak.

NVEs veileder: Kartlegging og vurdering av skredfare i Arealplaner, Vedlegg 2 til NVEs retningslinjer: Flom- og skredfare i arealplaner, 2011.

NVEs retningslinjer 2.2011: Flaum- og skredfare i arealplanar

TEK 10, Teknisk forskrift, Veiledning om tekniske krav til byggverk, kap.7 Sikkerhet mot naturpåkjenninger, september 2016.

Statens vegvesen, Håndbok V139 2014, Flom- og sørpeskred.

RAMMS – A numerical model for snow avalanches in research and practice, User Manual v1.5 Avalanche, WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF (2013)

RAMMS – Avalanche 1.4, Friction Parameters, SLF (2011)

RocFall version 5.0-fra Rocscience. https://www.rocscience.com, 2016

Tidligere rapporter:

Lackinger Bernhard og Mook Reinhard, 2013; Skredfaglig ekspertuttalelse, selskapslokale på Sverdrupbyen Spitsbergen.

Norges Geotekniske Institutt(NGI), 2015; 20120650-01-R, Vannledningsdalen, Longyearbyen

Rambøll, 2015; G-rap-001, Skredvurdering Longyearbyen havn del II.

NGI, 2015; 0150715-01-TN, Tidligere skredvurderinger og skredgrenser ved NGI

NGI, 2012; 20120153-00-2-R, Vannledningsdalen – Et sammendrag av tidligere vurderinger av sikkerhet og tiltak.

NGI,2012; 20120323-00-1-R, Vannledningsdalen, Longyearbyen. Sikring av bebyggelse og infrastruktur mot sørpeskred. Oppsummering etter møter og befaring 18.20.04.2012.

NGI,2008; 20081311-1, Burmavegen Vurdering av skredfare

Barlindhaug Consult og NGI, 2007; Potensiale for utbygging i området Vannledningsdalen-Gruvedalen, Longyearbyen.

NGI, 2003; 20031134-1, Nybyen, Longyearbyen Skredfarevurdering.

NGI, 2001; 20011167-1, Vannledningsdalen-Gruvedalen, Longyearbyen.

NGI, 2000; 20001324 TN, 2000.12.21 Skredfaren ved aktuelle fortettingstomter i Lia.

NGI, 2000; 20001324 TN, 2000.12.22 Skredfaregrense Lia-Gruvedalen ovafor Veg 230.

NGI, 1996; 954103-1, Barnehage, Longyearbyen. Vurdering av skredfaren mot aktuelle tomter for ny barnehage ved kirka.

NGI, 1992; 914030-1, Vedlegg 4. Vedr. Skredfarevurdering av planområdet. Brev datert 28 juni 1991 og 24 april 1992.

NGI, 1994; Vei 217-221, Longyearbyen. Skredfarevurdering av planlagt utbyggingsområde.

NGI, 1993; 914030-2, Vedlegg 3. Påregnelige maksimale nedbørmengder i Longyearbyen og på Svalbard Lufthavn.

NGI, 1993; 934063-1, Haugen-Nybyen, Longyearbyen Skredfarevurdering av mulig byggeområde

NGI, 1992; 924004-1, Longyearbyen – Gruvedalen. Skredfarevurdering av planlagt utbyggingsområde.

Vedlegg A

Faresonekart

Tre faresoner er tegnet inn:

- Skredutbredelse med årlig nominell sannsynlighet 1/100
- Skredutbredelse med årlig nominell sannsynlighet 1/1000
- Skredutbredelse med årlig nominell sannsynlighet 1/5000

Dimensjonerende skredtype er avmerket. Skredtypene stein-, snø,- sørpe,- jord- og flomskred (fra bratt terreng) er vurdert.

Faresonekart

Områdene er delt opp i flere kart for å mest mulig oversiktlig vise de aktuelle faresonene for områdene. Kartene er utarbeidet med detaljeringsgrad 1:5000 eller bedre, men her i skala 1:12 500 og 1:10 000. Faresonekarten leveres også digitalt i shape/sosi-format til NVE.

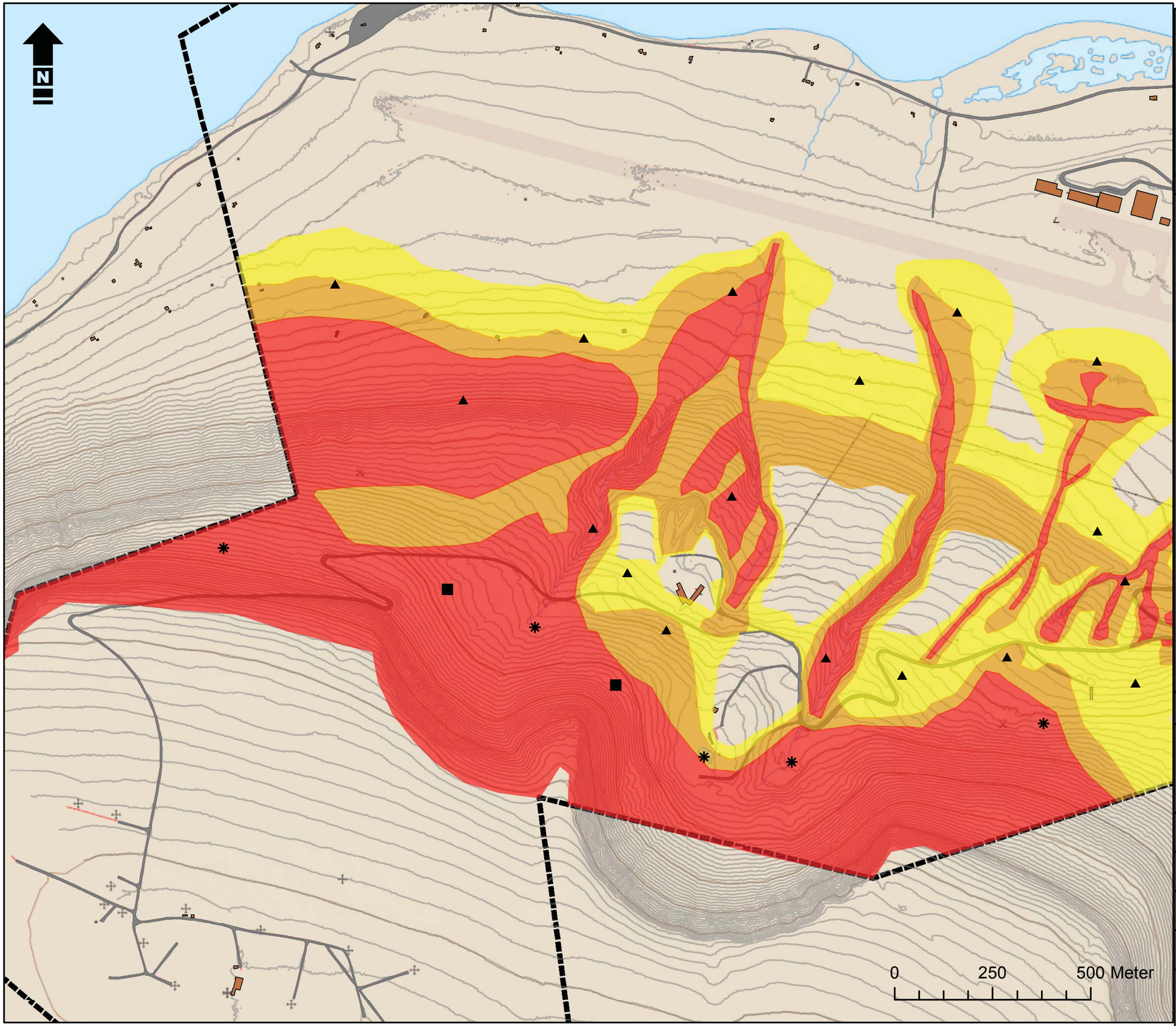
A-1 Vestpynten- Bykaia Vest

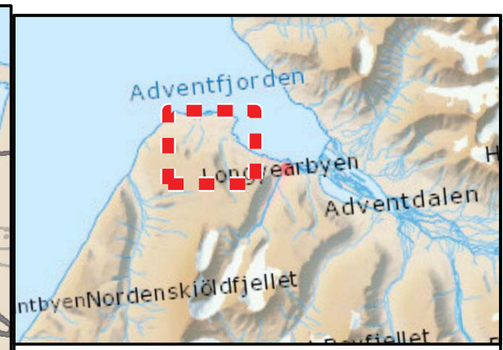
A-2 Vestpynten- Bykaia Øst

A-3 Longyearbyen Nord

A-4 Longyearbyen Sør

A-5 Delområder Todalen, Bolterdalen 1, 2 og 3





Tegnforklaring

- Kartlagt område
- Bygninger
- Veger

Faresone
Årlig nominell sannsynlighet

- >= 1/100
- >= 1/1000
- >= 1/5000

Dimensjonerende skredtype

- ✱ Snøskred
- ▲ Jord- og flomskred/ sørpeskred
- ■ Steinsprang/ steinskred

Skredfarekartlegging Svalbard

Faresonekart
Vestpynten-Bykaia Vest

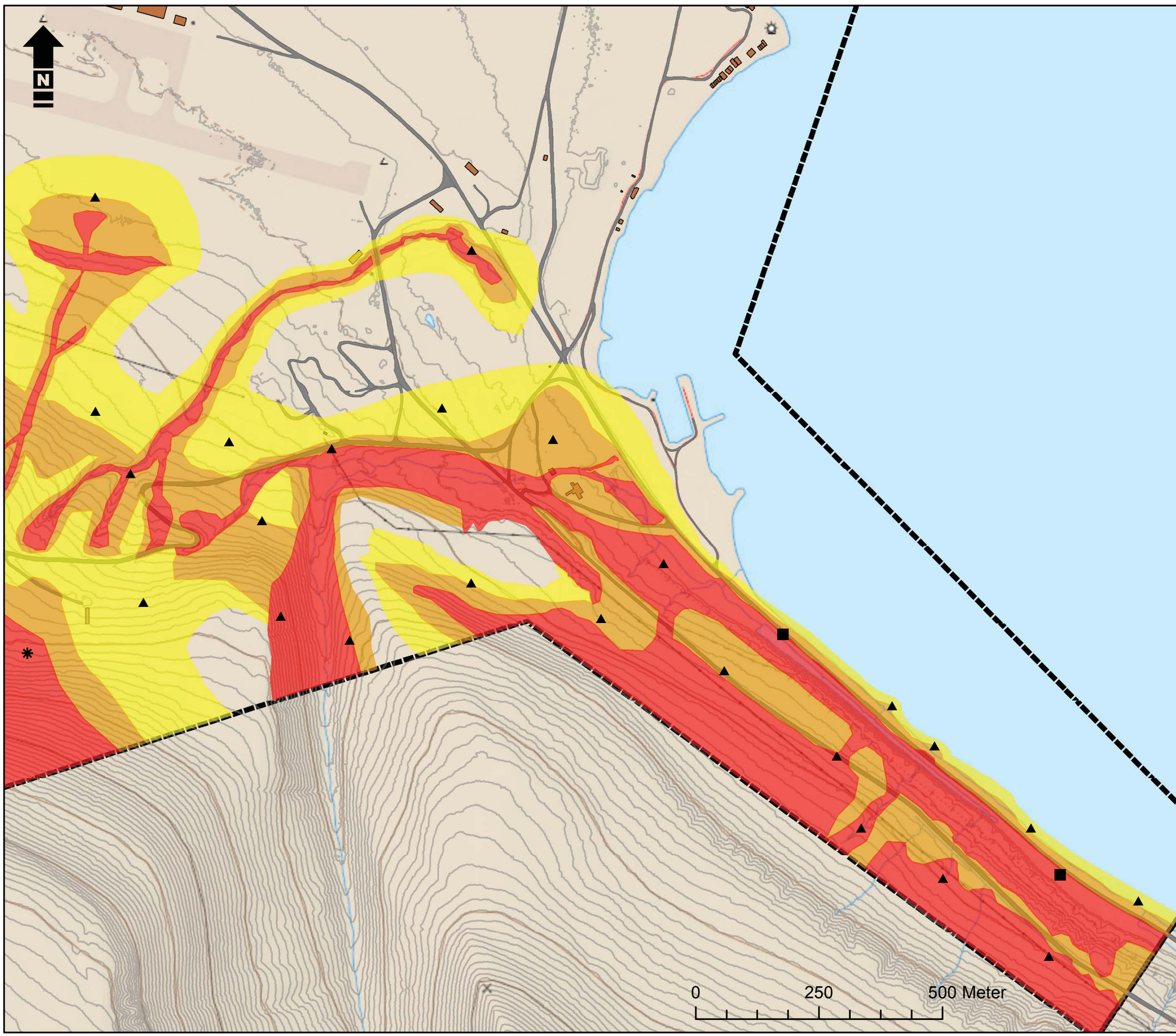
A3 1:12 500

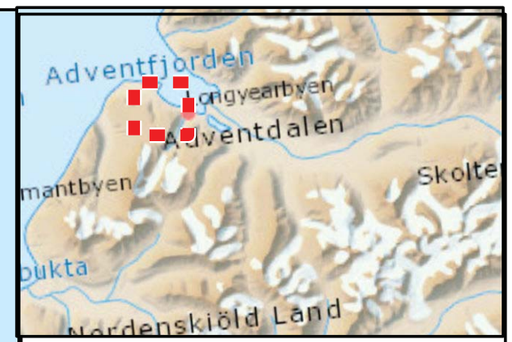
Kunde: NVE

Oppdragsnummer: 713416

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: PEEH/JOL	Godkjent: TUT
Dato: 08-12-2016	Kart nr: A-1

Multiconsult





Tegnforklaring

- Kartlagt område
- Bygninger
- Veger

Faresone
Årlig nominell sannsynlighet

- >= 1/100
- >= 1/1000
- >= 1/5000

Dimensjonerende skredtype

- ✱ Snøskred
- ▲ Jord- og flomskred/ sørpeskred
- ■ Steinsprang/ steinskred

Skredfarekartlegging Svalbard

Faresonekart
Vestpynten- Bykaia Øst

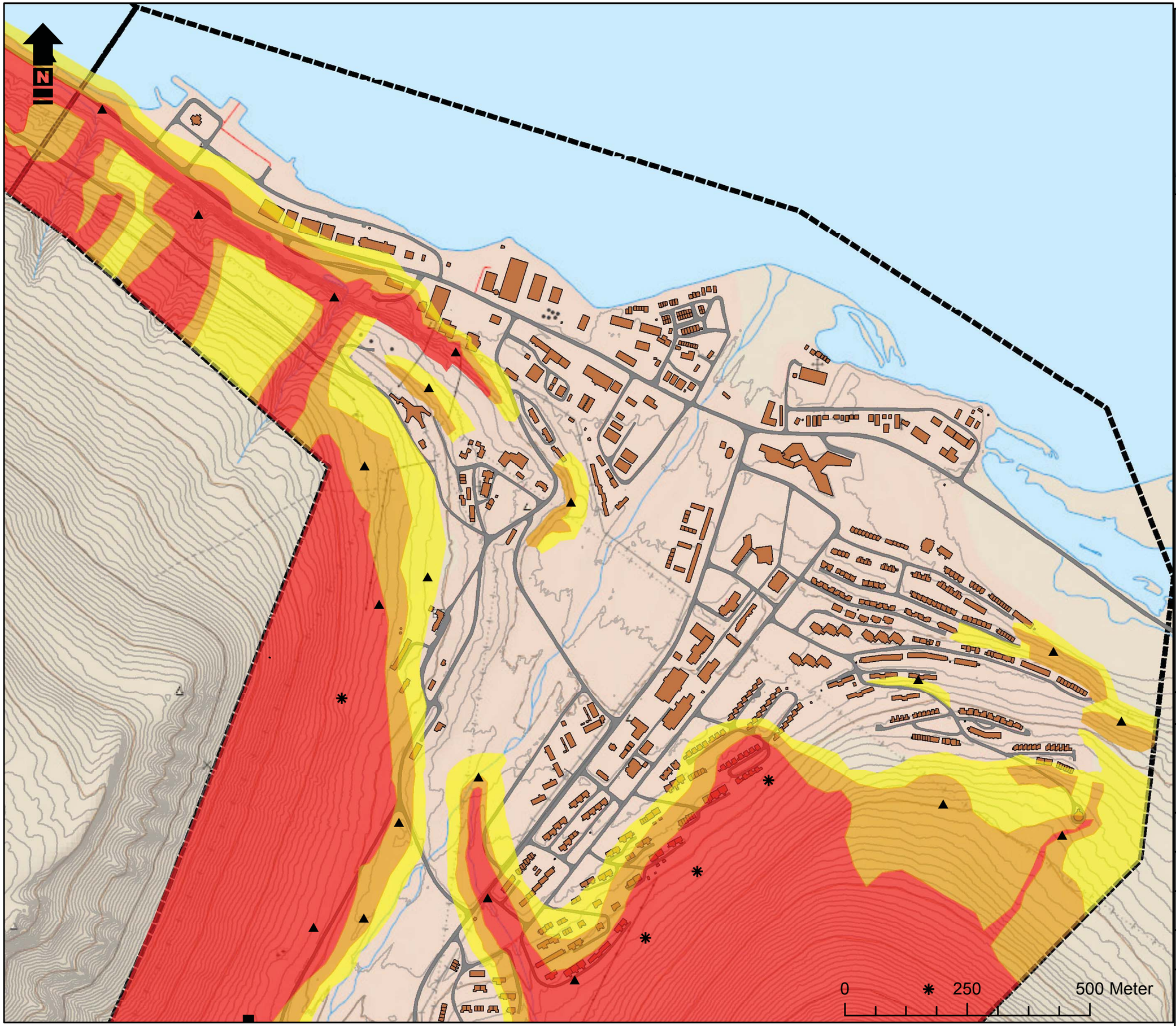
A3 1:10 000

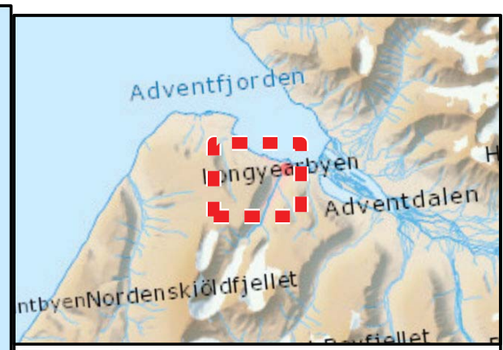
Kunde: NVE

Oppdragsnummer: 713416

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: PEEH/JOL	Godkjent: TUT
Dato: 28-11-2016	Kart nr: A-2

Multiconsult





Tegnforklaring

- Kartlagte områder
- Bygninger
- Veger

Faresone
Årlig nominell sannsynlighet

- >= 1/100
- >= 1/1000
- >= 1/5000

Dimensjonerende skredtype

- ✱ Snøskred
- ▲ Jord- og flomskred/ sørpeskred
- ■ Steinsprang/ steinskred

Skredfarekartlegging Svalbard

Faresonekart
Longyearbyen Nord

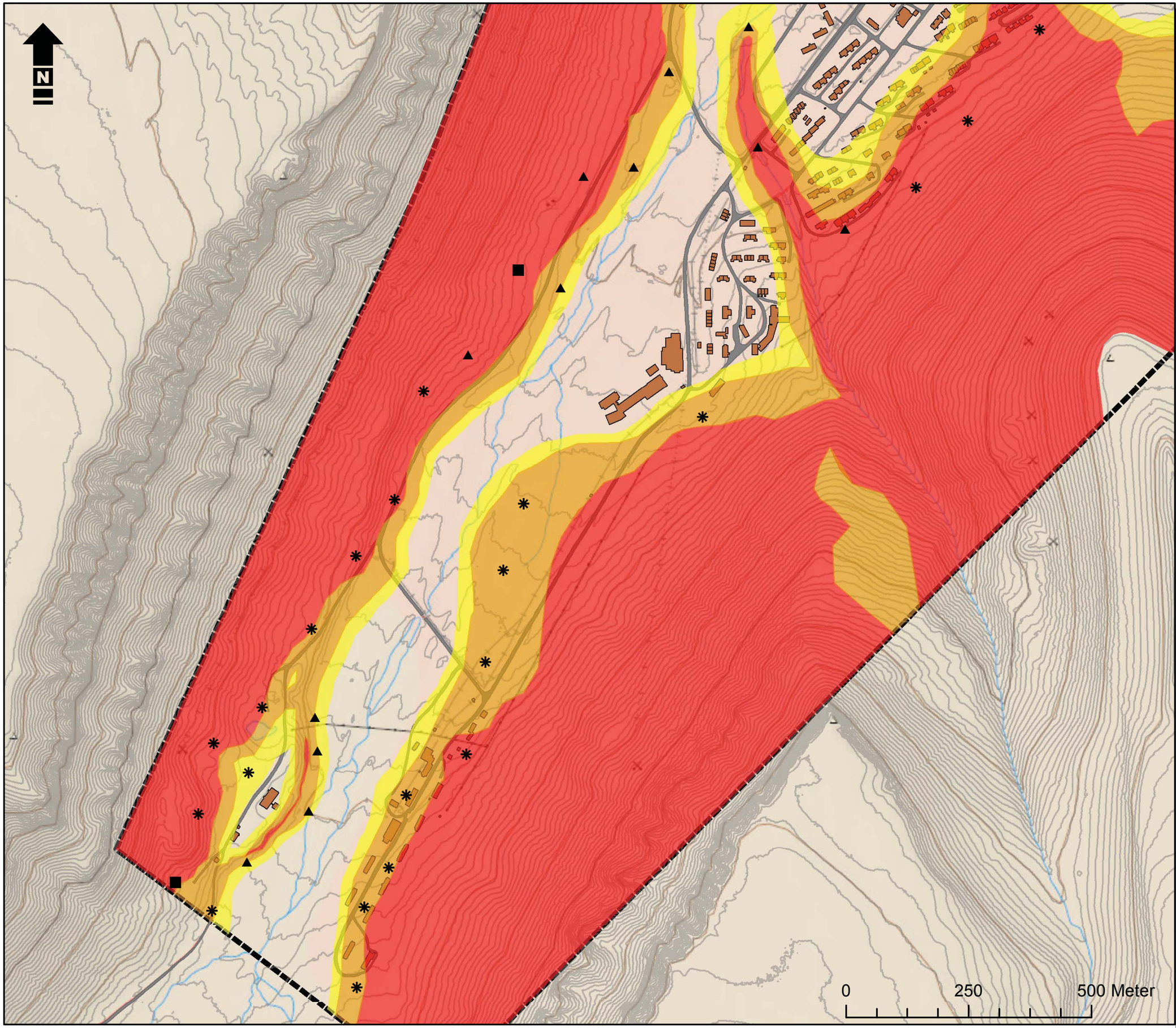
A3 1:10 000

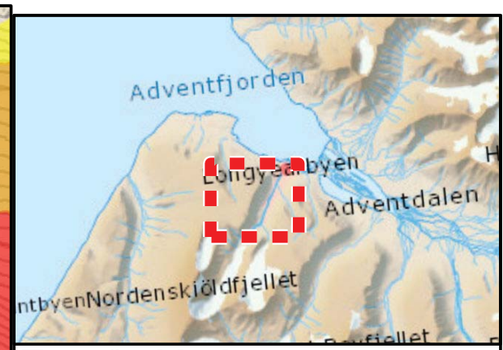
Kunde: NVE

Oppdragsnummer: 713416

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: PEEH/JOL	Godkjent: TUT
Dato: 08-12-2016	Kart nr: A-3

Multiconsult





Tegnforklaring

- Kartlagte områder
- Bygninger
- Veger

Faresone
Årlig nominell sannsynlighet

- >= 1/100
- >= 1/1000
- >= 1/5000

Dimensjonerende skredtype

- ✱ Snøskred
- ▲ Jord- og flomskred/ sørpeskred
- ■ Steinsprang/ steinskred

Skredfarekartlegging Svalbard

Faresonekart
Longyearbyen Sør

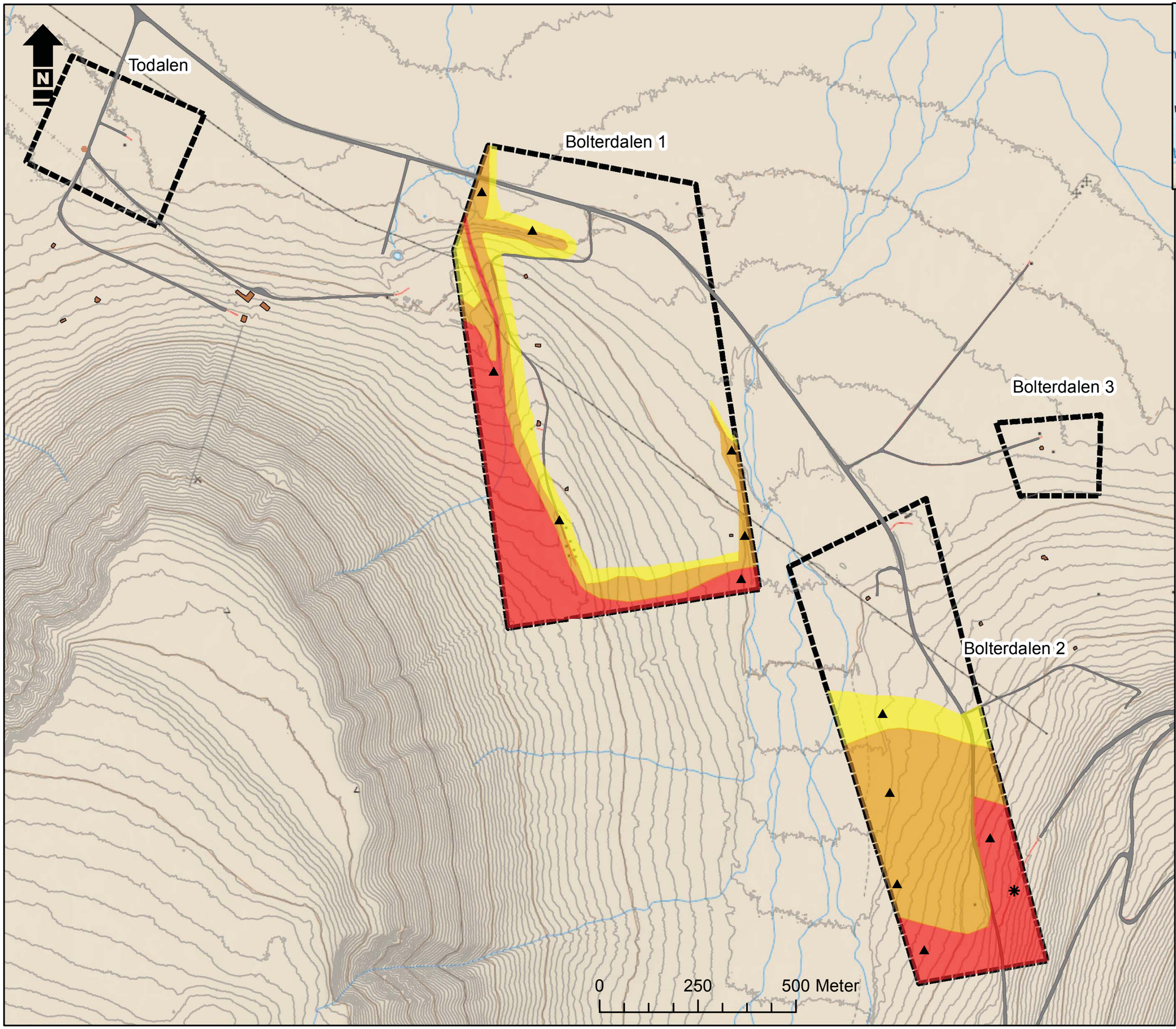
A3 1:10 000

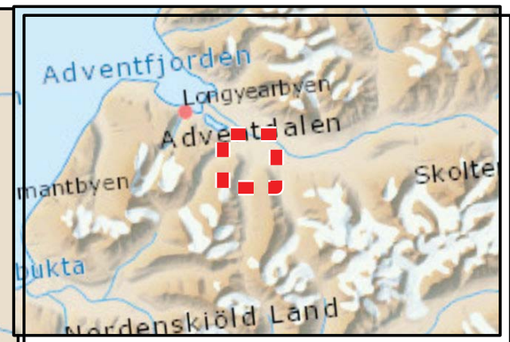
Kunde: NVE

Oppdragsnummer: 713416

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: PEEH/JOL	Godkjent: TUT
Dato: 08-12-2016	Kart nr: A-4

Multiconsult





Tegnforklaring

- Kartlagte områder
- Bygninger
- Veger

Faresone
Årlig nominell sannsynlighet

- >= 1/100
- >= 1/1000
- >= 1/5000

Dimensjonerende skredtype

- ✱ Snøskred
- ▲ Jord- og flomskred/ sørpeskred
- ■ Steinsprang/ steinskred

Skredfarekartlegging Svalbard

Faresonekart
Delområder Todalen,
Bolterdalen 1, 2 og 3
A3 1:12 500

Kunde: NVE

Oppdragsnummer: 713416

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: PEEH/JOL	Godkjent: TUT
Dato: 28-11-2016	Kart nr: A-5

Multiconsult

Vedlegg B

Registreringskart

Registreringskartene viser bl.a. landformer og avsetninger som har betydning for vurdering av skredfaren.

Kartene er bl.a. laget på følgende grunnlag:

- Observasjoner/registreringer gjort under befaringer
- Flyfoto- og bildestudier
- Kart fra NGUs pågående og tidligere kartlegging på Svalbard, GEO refererte tiff.filer
- Terrengmodeller

Kartene viser:

Skredregistrering- Observasjoner av betydning som kan knyttes til skred og skredprosesser.

Kildeområde- Hovedkildeområder/ potensielle løsneområder for skred.

Registreringskart

De ulike områdene er delt opp i flere kart å viser hovedtrekkene på elementer som kan ha betydning for vurderinger av skredfaren best mulig. Kartene er detaljerte registreringskart dvs. laget med 1:5000 nøyaktighet el. bedre, men framvises her i en skala 1:12 500, 1:15 000 og 1:10 000.

B-1 Vestpynten- Bykaia Vest

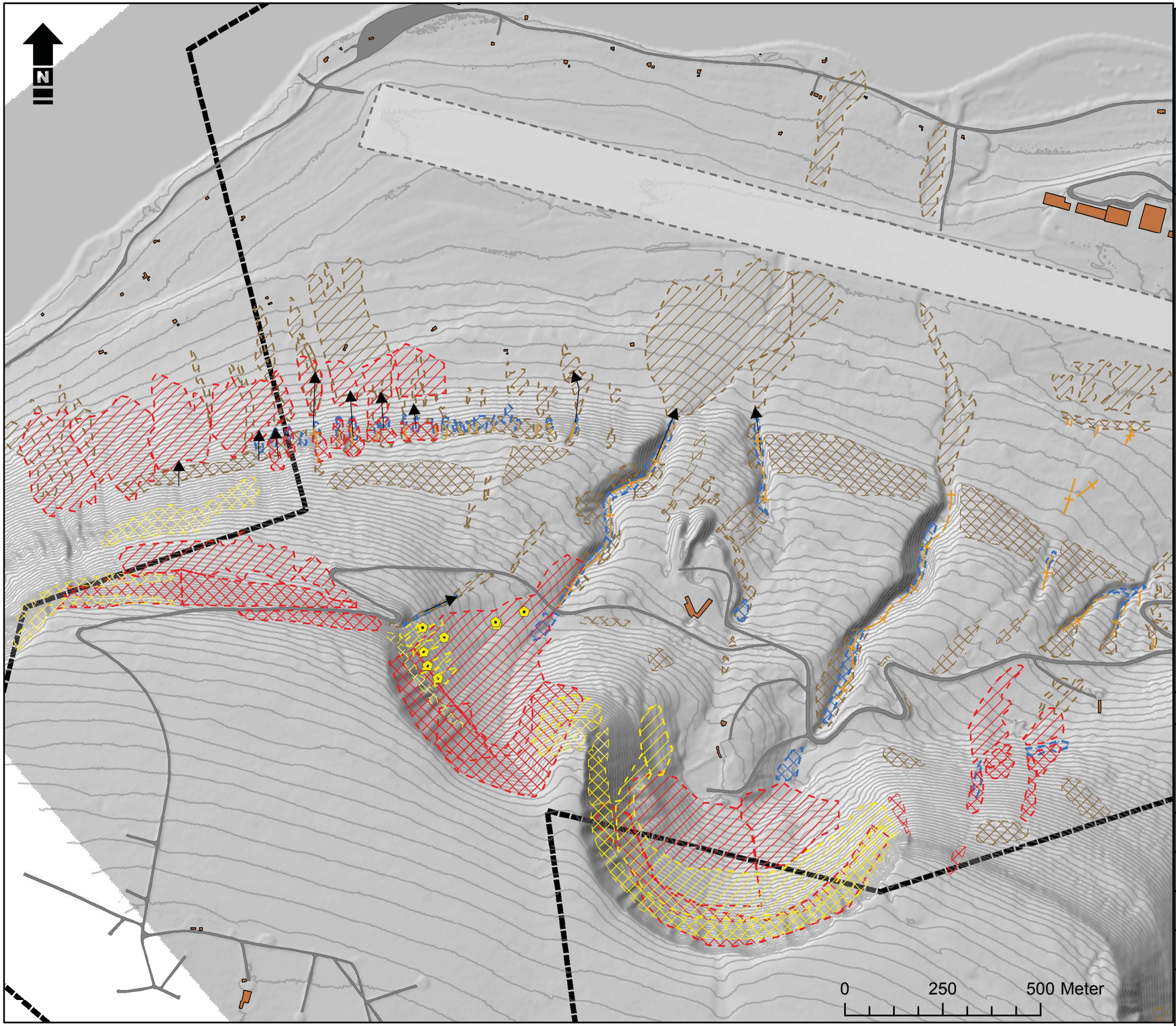
B-2 Vestpynten- Bykaia Øst

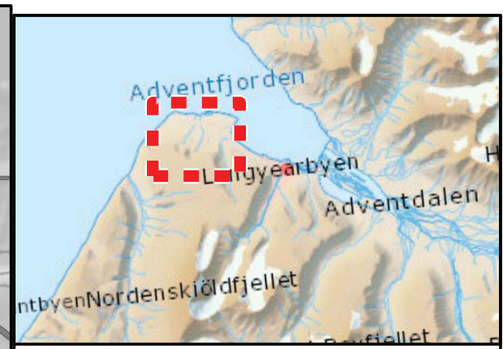
B-3 Vestpynten- Bykaia Sør (Blomsterdalen)

B-4 Longyearbyen Nord

B-5 Longyearbyen Sør

B-6 Delområder Todalen, Bolterdalen 1, 2 og 3





Tegnforklaring

- Kartlagt område
- Flystripe
- Større elveleie

Skred registrering

- Sikring
- Ravine
- Skredløp
- Avsetning, snøskred
- Avsetning, jord-/flom-, evt. sørpeskred
- Steinskred og steinsprangsmateriale
- Steinsprang, enkelte blokker

Kildeområde

- Snø, potensielt løsneområde
- Sørpe, potensielt løsneområde
- Jord-/flom, potensielt løsneområde
- Stein, potensielt løsneområde

Skredfarekartlegging Svalbard

Registreringskart
Vestpynten-Bykaia Vest

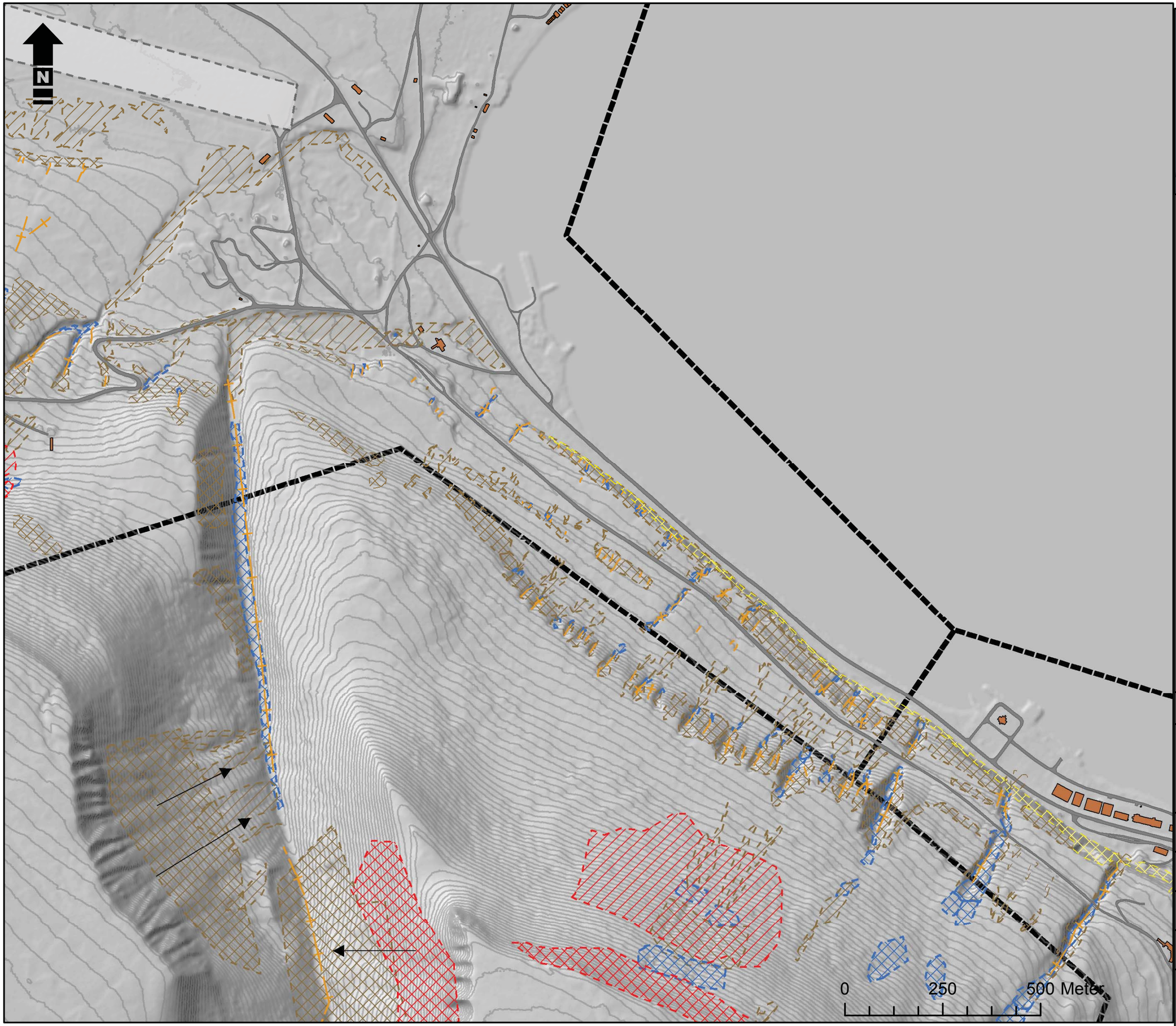
A3 1:12 500

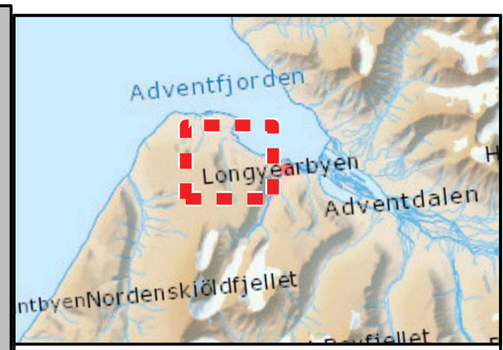
Kunde: NVE

Oppdragsnummer: 713416

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: PEEH/JOL	Godkjent: TUT
Dato: 08-12-2016	Kart nr: B-1

Multiconsult





Tegnforklaring

- Kartlagt område
- Flystripe
- Større elveleie

Skred registrering

- Sikring
- Ravine
- Skredløp
- Avsetning, snøskred
- Avsetning, jord-/flom-, evt. sørpeskred
- Steinskred og steinsprangsmateriale
- Steinsprang, enkelte blokker

Kildeområde

- Snø, potensielt løsneområde
- Sørpe, potensielt løsneområde
- Jord-/flom, potensielt løsneområde
- Stein, potensielt løsneområde

Skredfarekartlegging Svalbard

Registreringskart
Vestpynten-Bykaia Øst

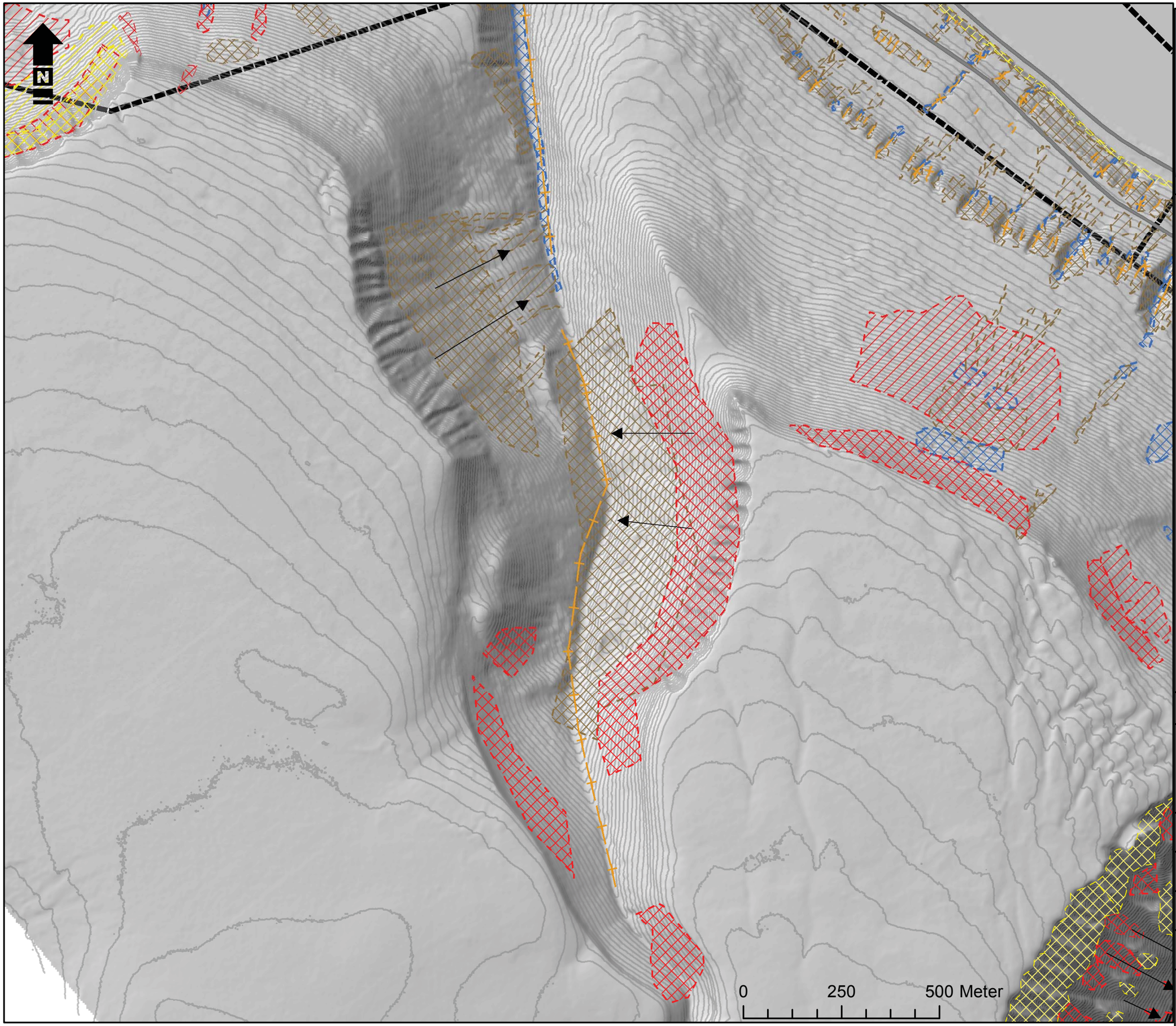
A3 1:12 500

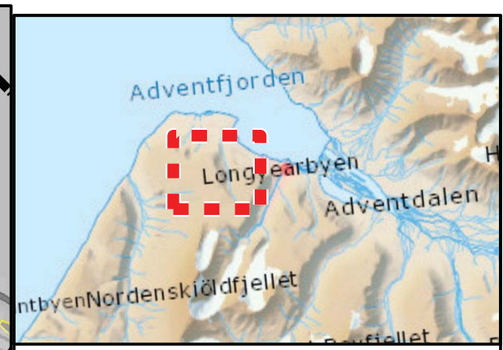
Kunde: NVE

Oppdragsnummer: 713416

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: PEEH/JOL	Godkjent: TUT
Dato: 08-12-2016	Kart nr: B-2

Multiconsult





Tegnforklaring

- Kartlagt område
- Flystripe
- Større elveleie

Skred registrering

- Sikring
- Ravine
- Skredløp
- Avsetning, snøskred
- Avsetning, jord-/flom-, evt. sørpeskred
- Steinskred og steinsprangsmateriale
- Steinsprang, enkelte blokker

Kildeområde

- Snø, potensielt løsneområde
- Sørpe, potensielt løsneområde
- Jord-/flom, potensielt løsneområde
- Stein, potensielt løsneområde

Skredfarekartlegging Svalbard

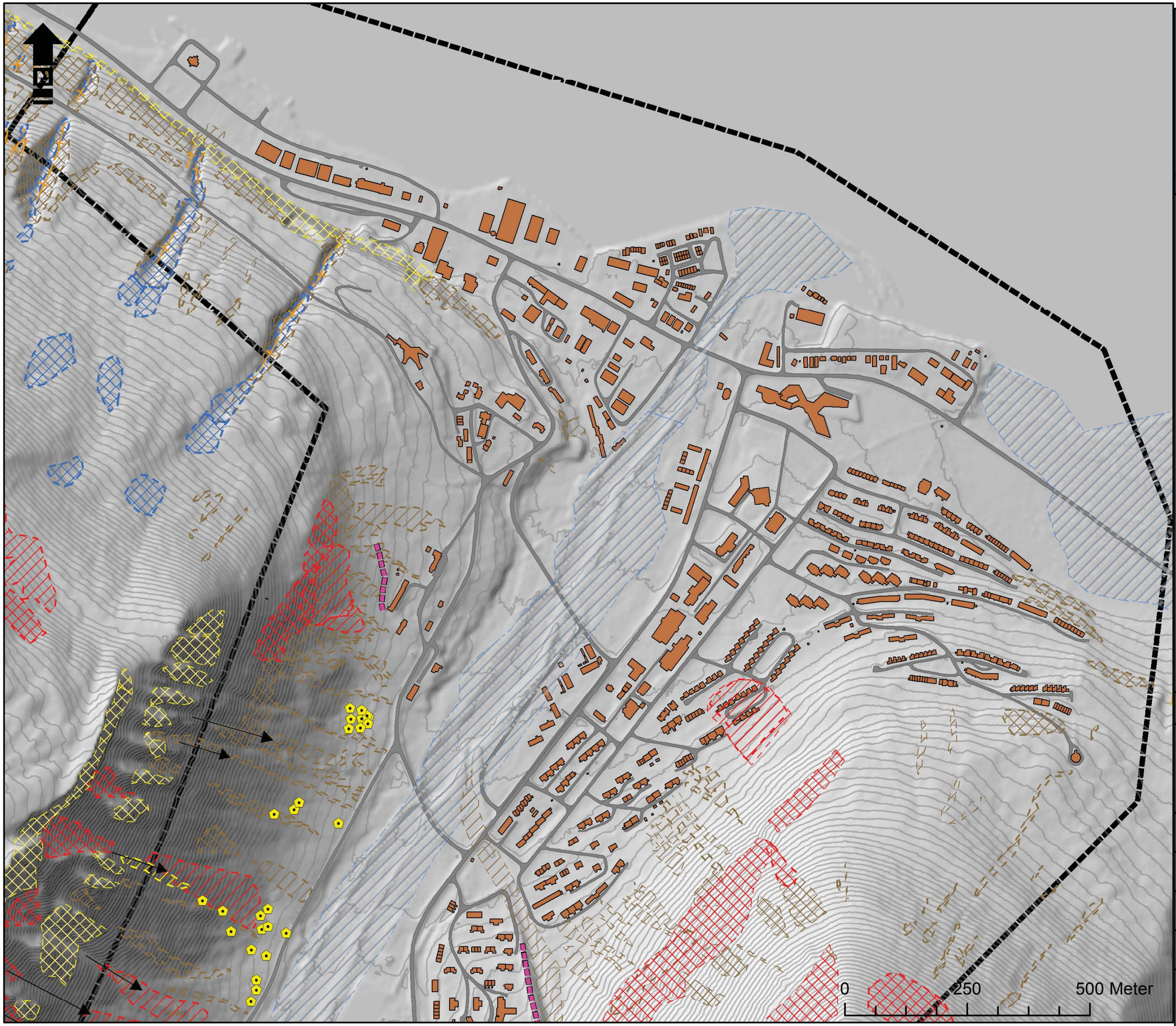
Registreringskart
Vestpynten-Bykaia Sør
(Blomsterdalen)
A3 1:12 500

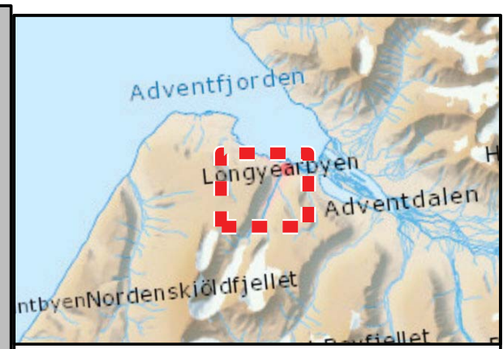
Kunde: NVE

Oppdragsnummer: 713416

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: PEEH/JOL	Godkjent: TUT
Dato: 08-12-2016	Kart nr: B-3

Multiconsult





Tegnforklaring

- Kartlagt område
- Større elveleie

Skred registrering

- Sikring
- Ravine
- Skredløp
- Avsetning, snøskred
- Avsetning, jord-/flom-, evt. sørpeskred
- Steinskred og steinsprangsmateriale
- Steinsprang, enkelte blokker

Kildeområde

- Snø, potensielt løsneområde
- Sørpe, potensielt løsneområde
- Jord-/flom, potensielt løsneområde
- Stein, potensielt løsneområde

Skredfarekartlegging Svalbard

Registreringskart
Longyearbyen Nord

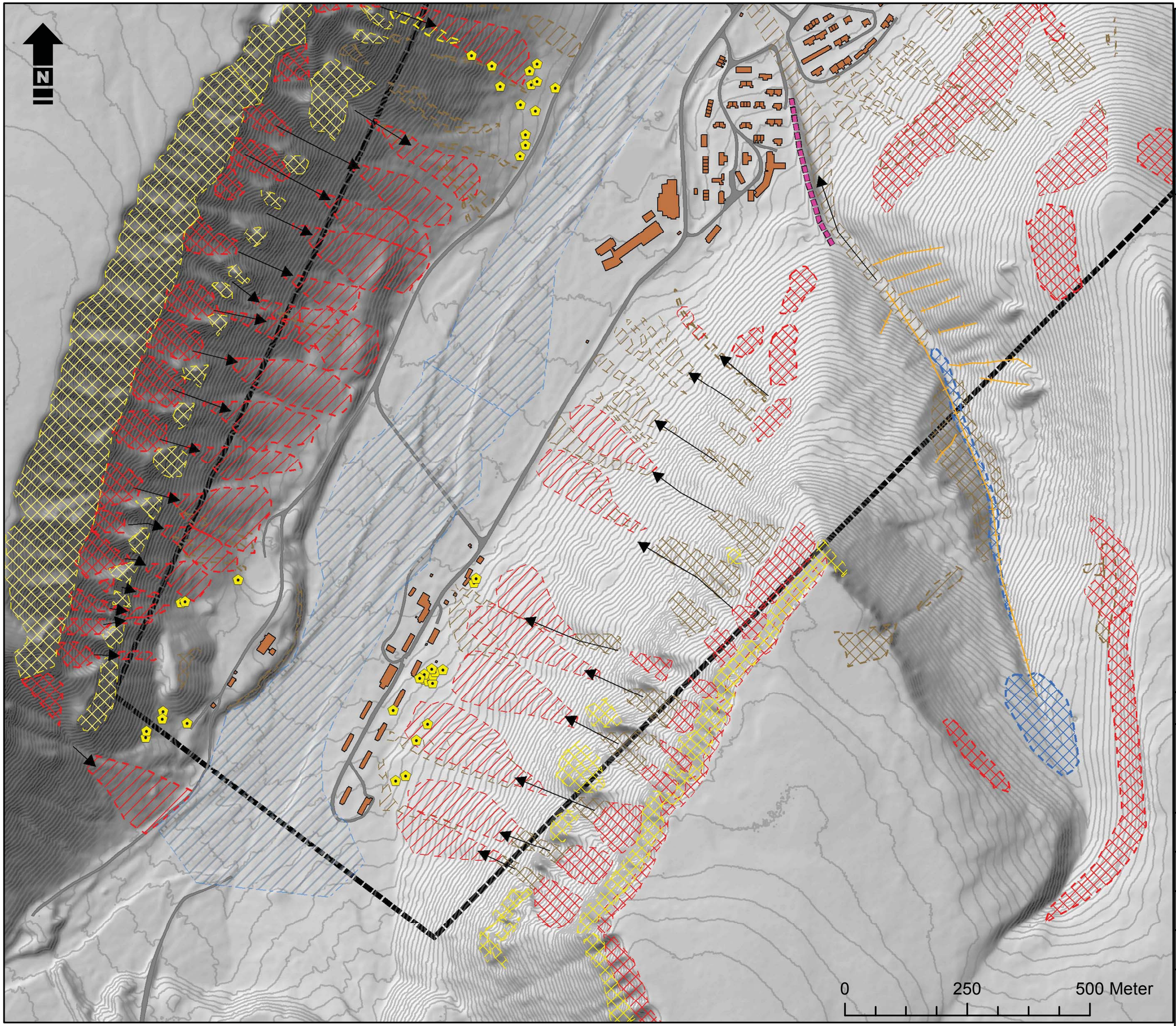
A3 1:10 000

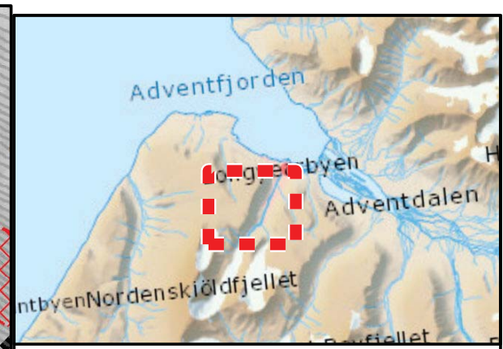
Kunde: NVE

Oppdragsnummer: 713416

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: PEEH/JOL	Godkjent: TUT
Dato: 08-12-2016	Kart nr: B-4

Multiconsult





Tegnforklaring

- Kartlagt område
- Større elveleie

Skred registrering

- Sikring
- Ravine
- Skredløp
- Avsetning, snøskred
- Avsetning, jord-/flom-, evt. sørpeskred
- Steinskred og steinsprangsmateriale
- Steinsprang, enkelte blokker

Kildeområde

- Snø, potensielt løsneområde
- Sørpe, potensielt løsneområde
- Jord-/flom, potensielt løsneområde
- Stein, potensielt løsneområde

Skredfarekartlegging Svalbard

Registreringskart
Longyearbyen Sør

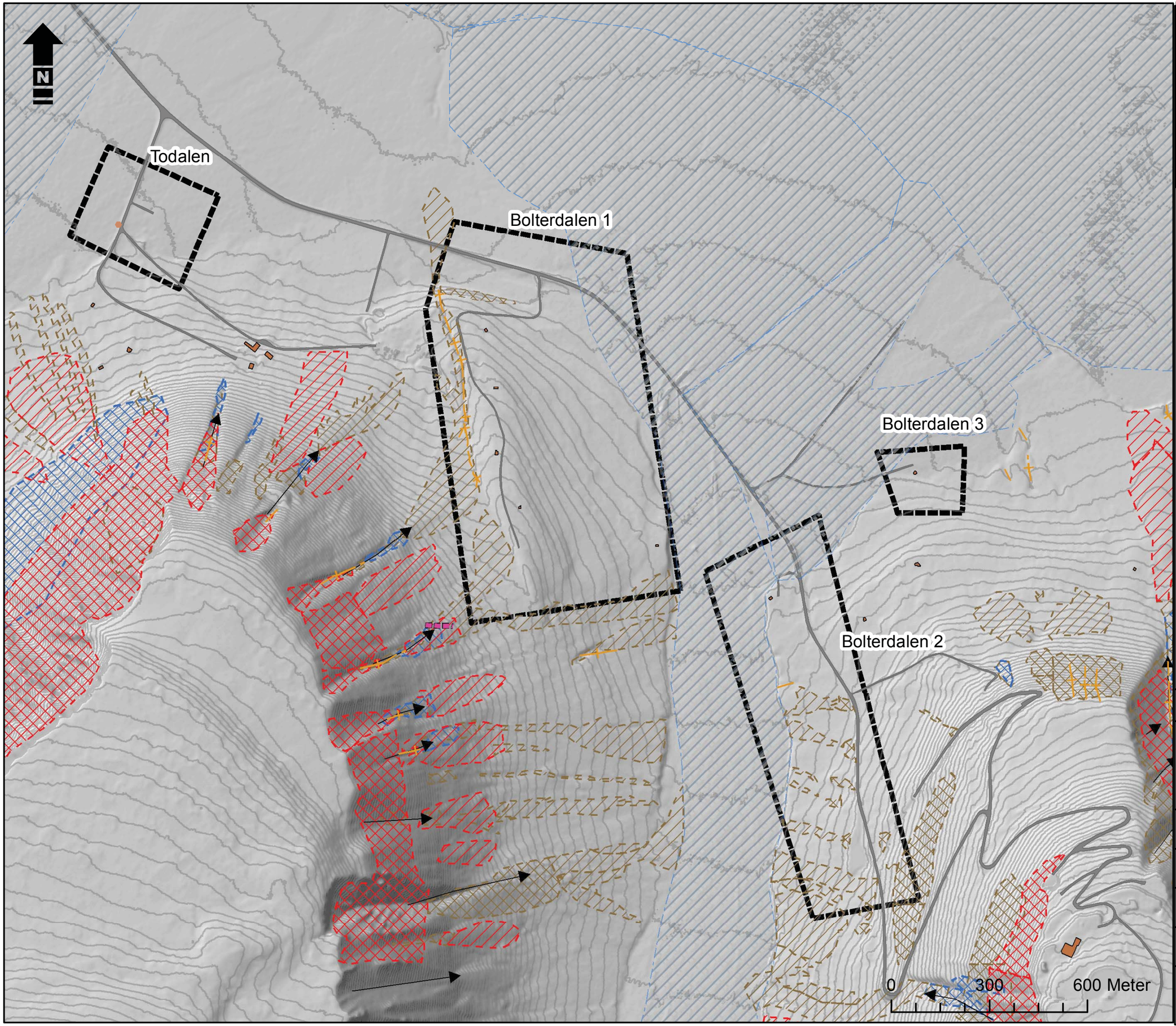
A3 1:10 000

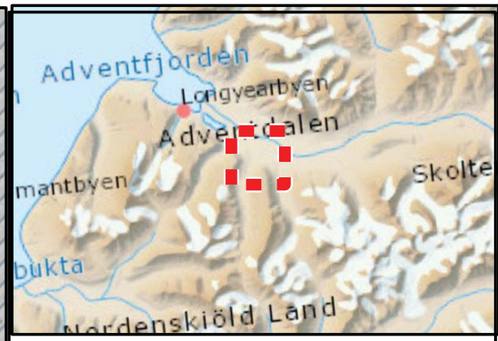
Kunde: NVE

Oppdragsnummer: 713416

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: PEEH/JOL	Godkjent: TUT
Dato: 08-12-2016	Kart nr: B-5

Multiconsult





Tegnforklaring

- Kartlagte områder
- Flystripe
- Større elveleie

Skred registrering

- Sikring
- Ravine
- Skredløp
- Avsetning, snøskred
- Avsetning, jord-/flom-, evt. sørpeskred
- Steinskred og steinsprangsmateriale
- Steinsprang, enkelte blokker

Kildeområde

- Snø, potensielt løsneområde
- Sørpe, potensielt løsneområde
- Jord-/flom, potensielt løsneområde
- Stein, potensielt løsneområde

Skredfarekartlegging Svalbard

Registreringskart
Delområder Todalen,
Bolterdalen 1, 2 og 3
A3 1:15 000

Kunde: NVE

Oppdragsnummer: 713416

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: PEEH/JOL	Godkjent: TUT
Dato: 28-11-2016	Kart nr: B-6

Multiconsult

Vedlegg C

Helningskart, gps logg- befaringsruter og registreringspunkter ved befaring

Helningskart viser helning i grader. Karten er laget fra digitale terrengmodeller.

Karten er et viktig hjelpemiddel i vurdering av kildeområder for ulike skredtyper.

Befaringsruter er logget med bruk av håndholdt GPS, på karten er det synliggjort befaringsruter og punkter for registreringer er avmerket.

Kart:

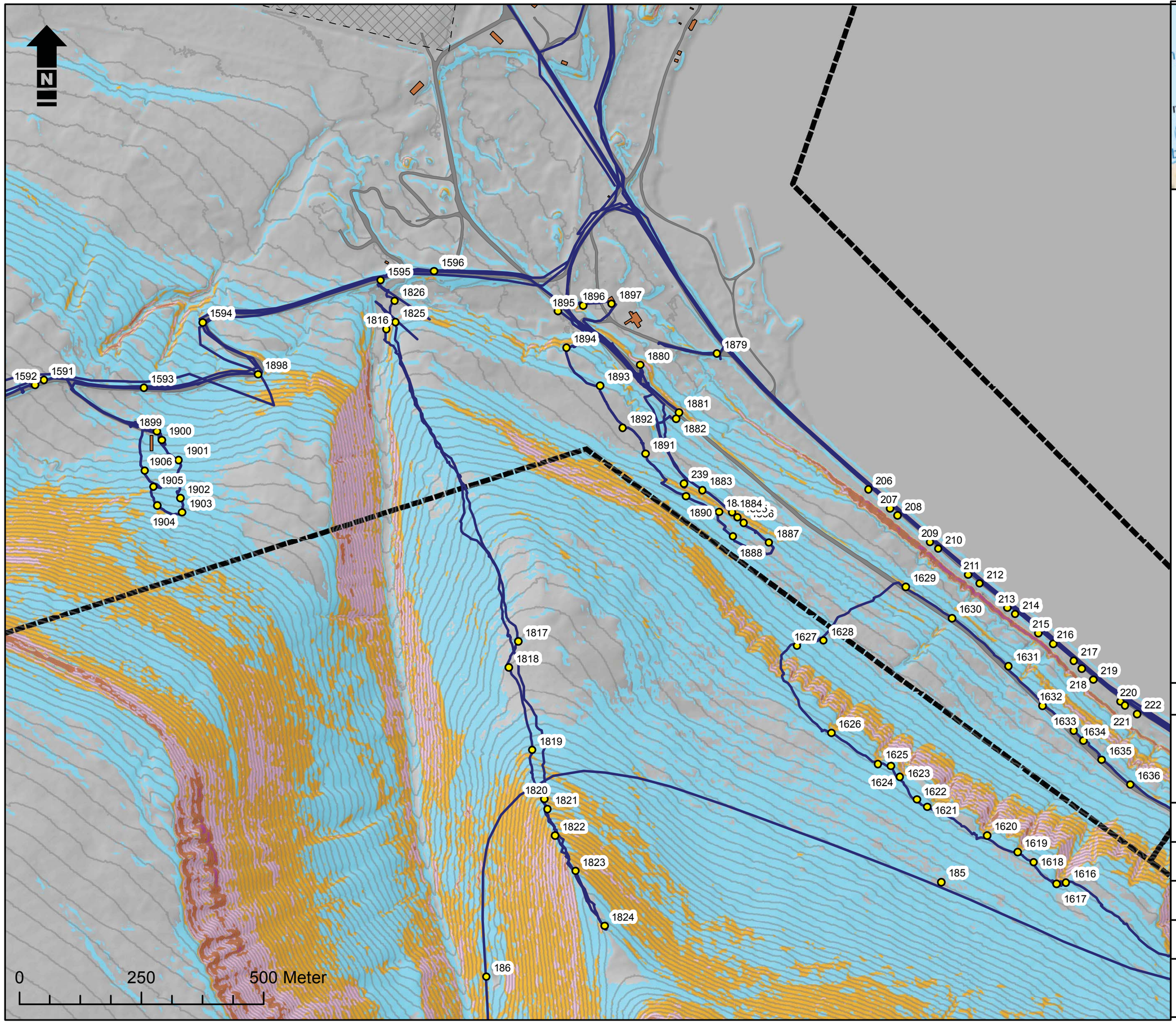
C-1 Vestpynten –Bykaia øst

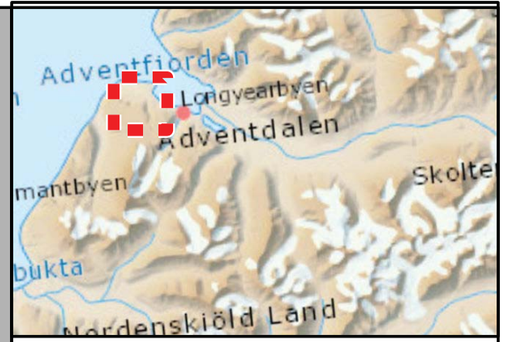
C-2 Vestpynten - Bykaia vest

C-3 Longyearbyen Nord

C-4 Longyearbyen Sør

C-5 Delområder Todalen, Bolterdalen og Foxdalen





Tegnforklaring

- Kartleggingsområder
- Høydekoter, 5 m
- Registreringspunkter
- Befaringsrute

Helning i grader

- < 10
- 10 - 27
- 27 - 35
- 35 - 45
- 45 - 60
- 60 - 90

Skredfarekartlegging Svalbard

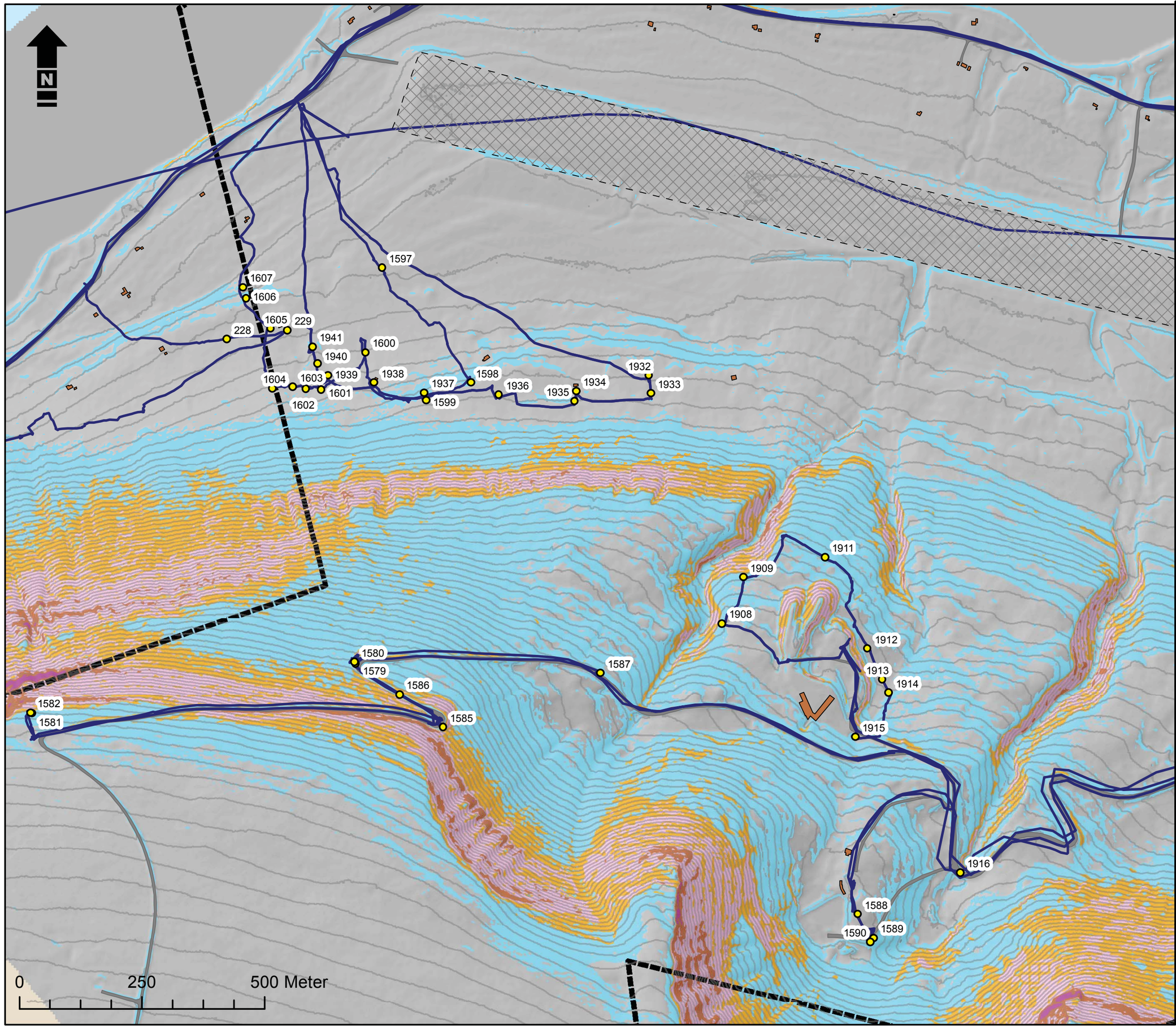
Helningskart med feltregistreringer og befaringsrute
Vestpynten-Bykaia øst
A3 1:10 000

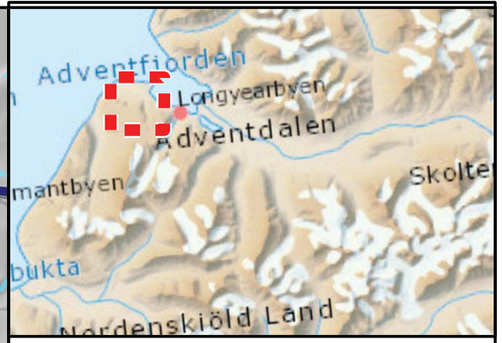
Kunde: NVE

Oppdragsnummer: 713416

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: PEEH/JOL	Godkjent: TUT
Dato: 28-10-2016	Kart nr: C-1

Multiconsult





Tegnforklaring

- Kartleggingsområder
- Høydekoter, 5 m
- Registreringspunkt
- Befaringsrute

Helning i grader

- < 10
- 10 - 27
- 27 - 35
- 35 - 45
- 45 - 60
- 60 - 90

Skredfarekartlegging Svalbard

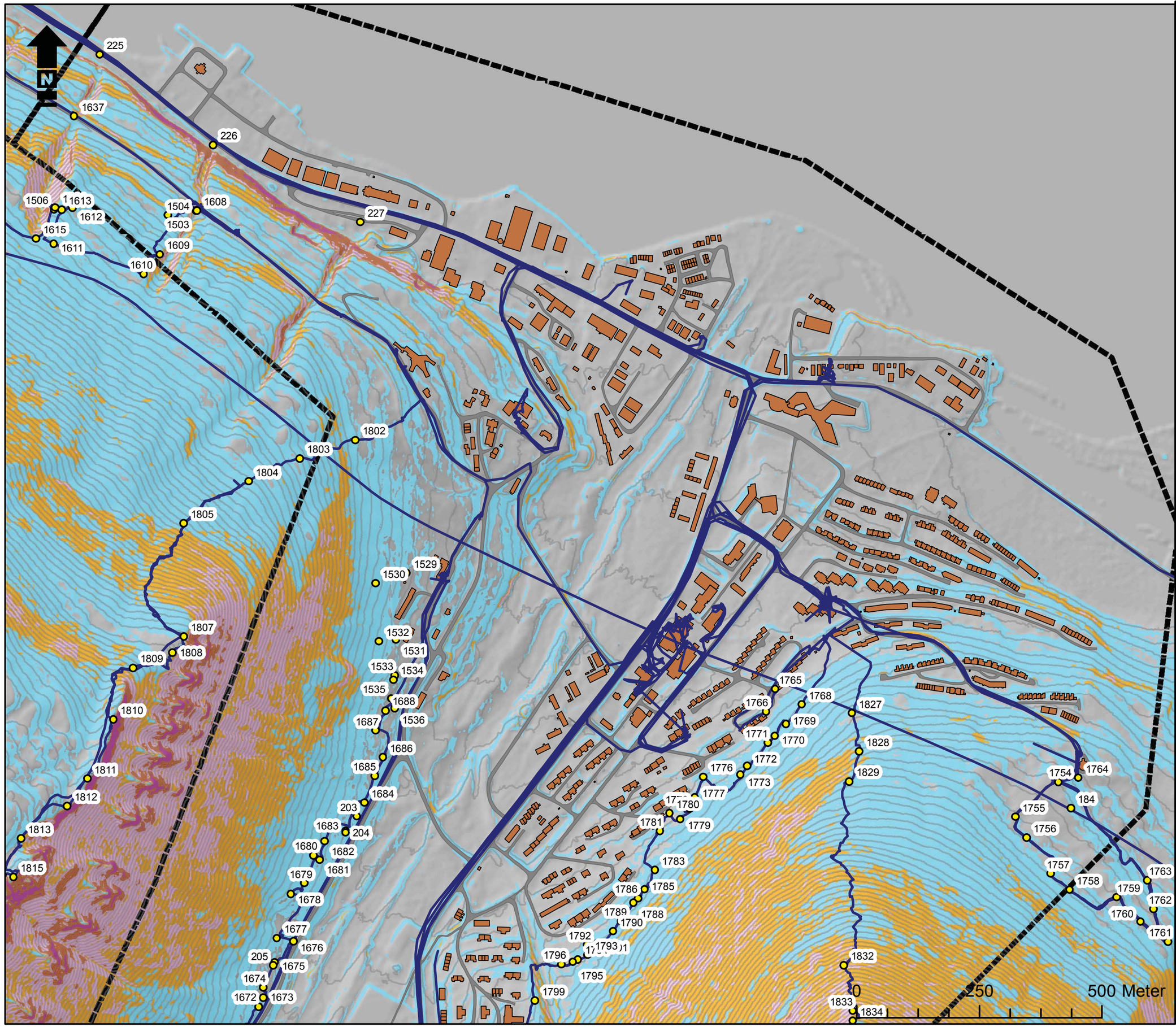
Helningskart med feltregistreringer og befaringsrute
Vestpynten-Bykaia vest
A3 1:10 000

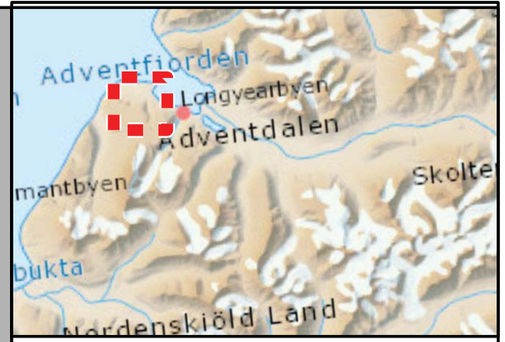
Kunde: NVE

Oppdragsnummer: 713416

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: PEEH/JOL	Godkjent: TUT
Dato: 28-10-2016	Kart nr: C-2

Multiconsult





Tegnforklaring

- Kartleggingsområder
- Høydekoter, 5 m
- Registreringspunkter
- Befaringsrute

Helning i grader

- < 10
- 10 - 27
- 27 - 35
- 35 - 45
- 45 - 60
- 60 - 90

Skredfarekartlegging Svalbard

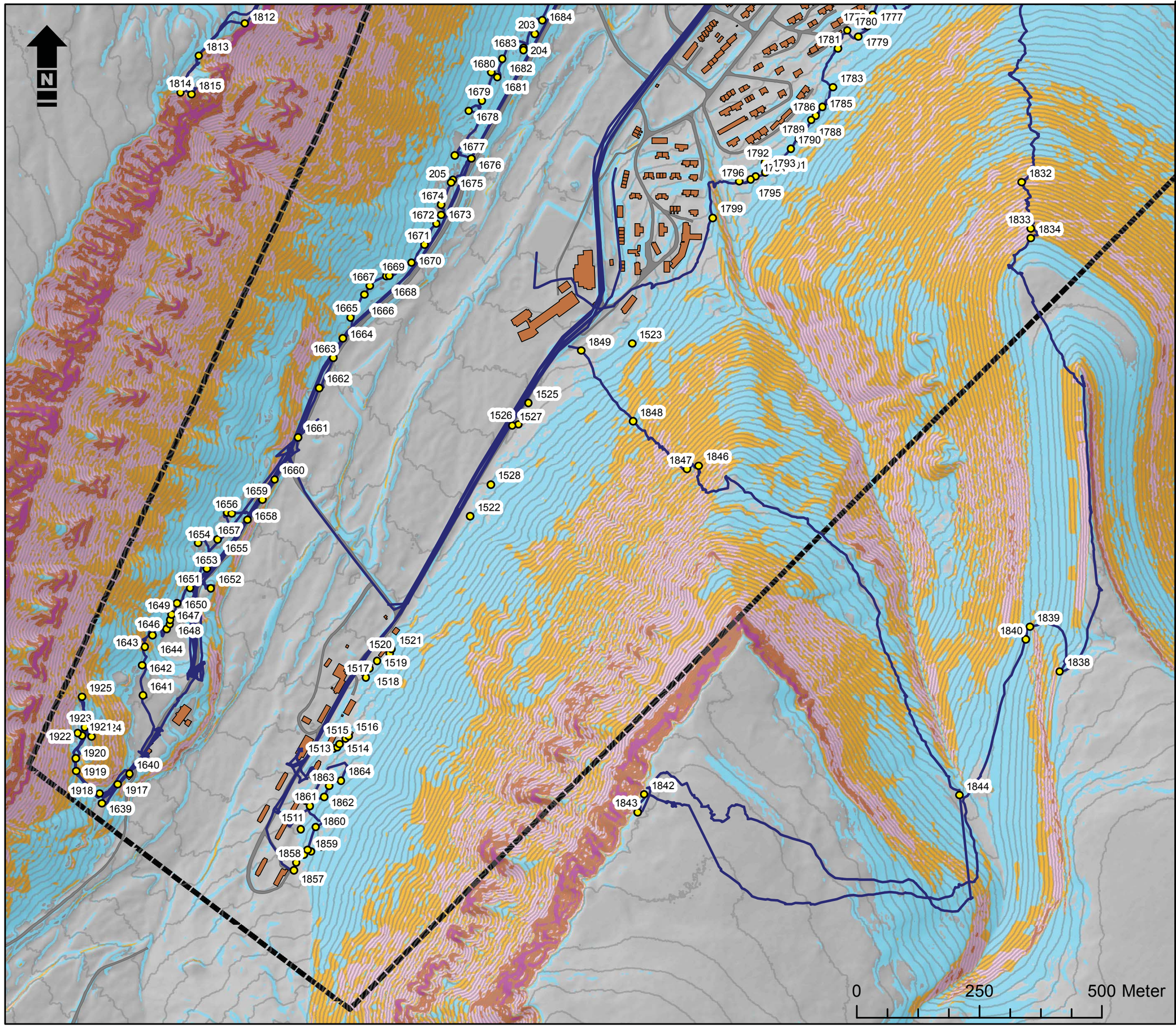
Helningskart med feltregistreringer og befaringsrute
Longyearbyen Nord
A3 1:10 000

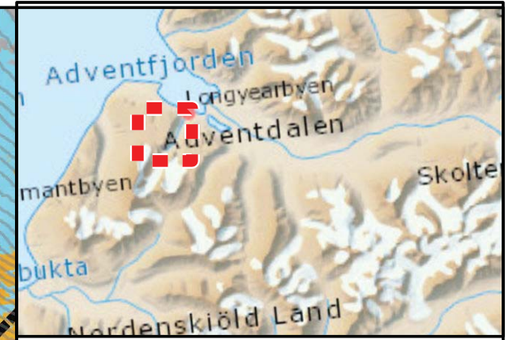
Kunde: NVE

Oppdragsnummer: 713416

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: PEEH/JOL	Godkjent: TUT
Dato: 28-10-2016	Kart nr: C-3

Multiconsult





Tegnforklaring

- Kartleggingsområder
- Høydekoter, 5 m
- Registreringspunkter
- Befaringsrute

Helning i grader

- < 10
- 10 - 27
- 27 - 35
- 35 - 45
- 45 - 60
- 60 - 90

Skredfarekartlegging Svalbard

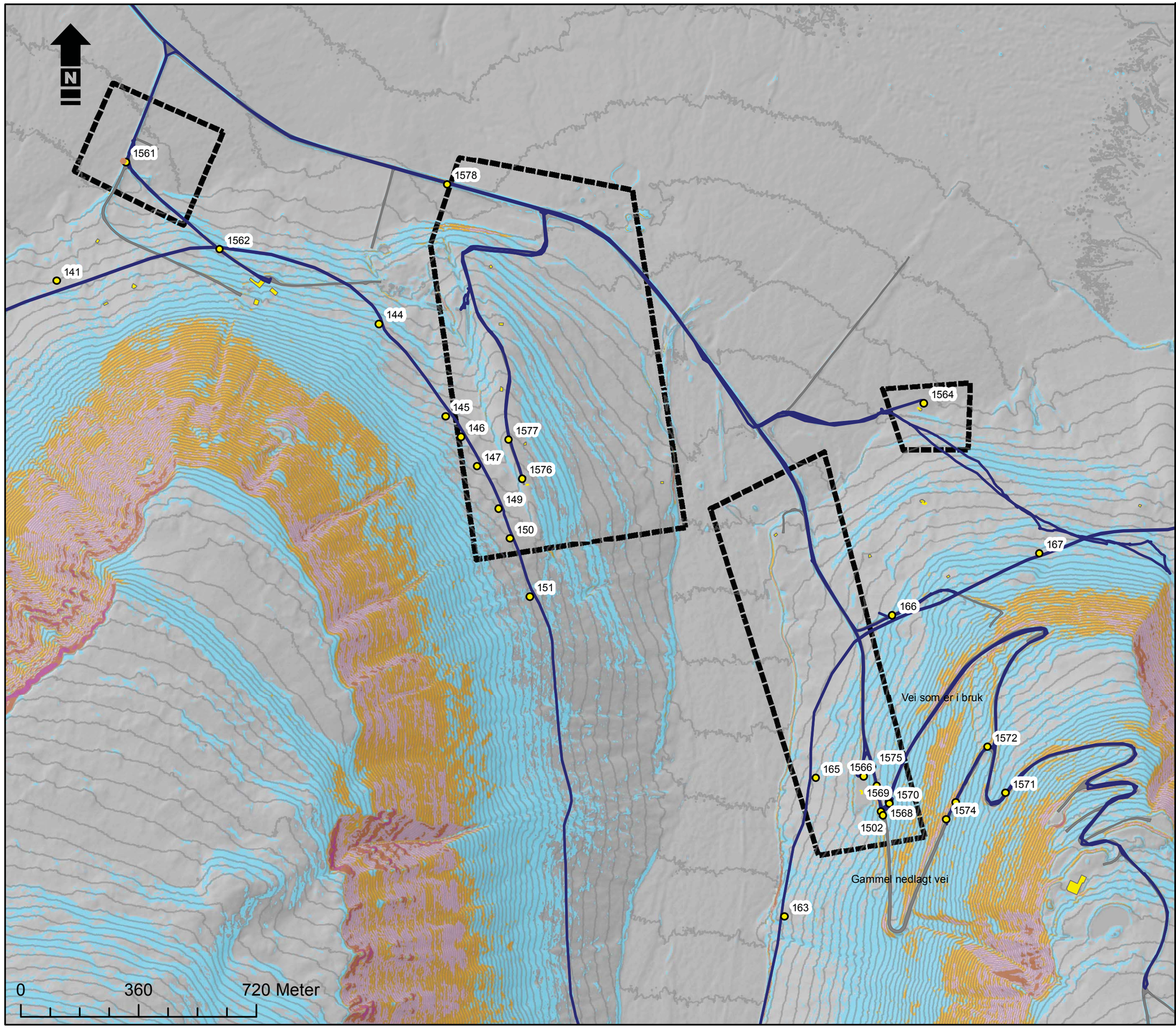
Helningskart med feltregistreringer og befaringsrute
Longyearbyen Sør
A3 1:10 000

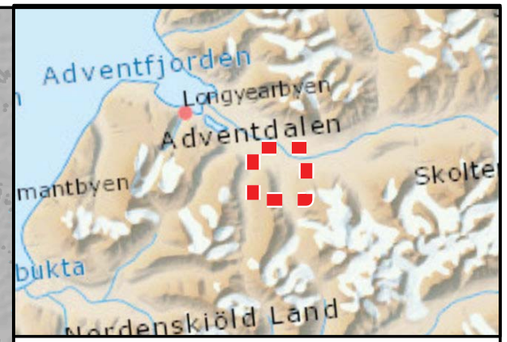
Kunde: NVE

Oppdragsnummer: 713416

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: PEEH/JOL	Godkjent: TUT
Dato: 28-10-2016	Kart nr: C-4

Multiconsult





Tegnforklaring

- Kartleggingsområder
- Høydekoter, 5 m
- Registreringspunkt
- Befaringsrute

Helning i grader

- < 10
- 10 - 27
- 27 - 35
- 35 - 45
- 45 - 60
- 60 - 90

Skredfarekartlegging Svalbard

Helningskart med feltregistreringer og befaringsrute
Todalen, Bolterdalen-Foxdalen
A3 1:15 000

Kunde: NVE

Oppdragsnummer: 713416

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: PEEH/JOL	Godkjent: TUT
Dato: 28-10-2016	Kart nr: C-5

Multiconsult

Vedlegg D

Beskrivelse registreringspunkter under befaring

Det er her beskrevet observasjoner i form av ID- og med en enkel tekst beskrivelse på hva som er registrert/ observert.

Punktene angir observasjoner som kan ha betydning for vurdering av skredfaren i området, punktene kan også være angitt for annen identifisering og orientering.

1. **Vestpynten-Bykaia**
2. **Longyearbyen**
3. **Todalen, Bolterdalen- Foxdalen**

Vedlegg D

1 Vestpynten-Bykaia

ID	Beskrivelse
1579	Erosjon av kraftig vannføring.
1580	Skråning består av finere løsmasser.
1581	Skråning består av finere løsmasser.
1582	Flomskredleveer, potensielt steinsprangfare. Grove masser i øvre del av skråning, i nedre del finere.
1585	Vannførende bekk som renner på berg, og mulig akkumuleringsområde for snø.
1586	Erosjon av kraftig vannføring.
1587	Snøskredavsetning helt ned til veien.
1588	Ved skytebanen, snøskavler og dam med vann.
1589	Fra dette punktet og videre nord stiger terrenget.
1590	Snøskredavsetning med vann under som drenerer.
1591	Snø-sørpeskredavsetning muligens helt ned til dette punktet.
1592	Snøskredavsetning, langt utløp med mye vann og spor av kraftig vannerosjon i avsetningen.
1593	Ravine på nedsiden av veien, kan være potensielt løsneområde for mindre jordskred.
1594	Spor av flomerosjon i skråningen.
1595	På veien nedenfor Blomsterdalen, lite sannsynlig at vann/flommasser vil gå over veien.
1596	Bekk som renner over berg, dårlig drenering mot veien.
1597	Potensielt løsneområde for snø innover mot Bjørndalen. Bilder.
1598	Skredavsetning, snø/sørpe.
1599	Skredavsetning snø/sørpe.
1600	Skredavsetning snø/sørpe, skred slutter litt før dette punktet.
1601	Snøskredavsetning, fersk avsetning 30 meter opp.
1602	Gammel snøskredavsetning, overgrodd.
1603	Snøskredavsetning av kullbiter, muligens fra skråningen via snøskred.
1604	Snø/flomskredavsetning
1605	Flomskredsavsetning fram til dette punktet.
1606	Gammel strandlinje.
1607	Kullavsetning, kan ha blitt transportert i gammelt flomskred.
1616	Ravine
1617	Toppen av ravine, skredprosesser ned over veien.
1618	Flomskredavsetning, utløp helt ned til dette punktet
1619	Ravine med stein.
1620	Ravine
1621	Ravine
1622	Ravine
1623	Ravine, mindre
1624	Ravine
1625	Ravine
1626	Ravine m/vannføring
1627	Finere masser i ravineskråningen
1628	Flomskredavsetning

1629	Overfor dette punktet ikke fare for skred, men nedenfor punktet er det fare for flomskred.
1630	Vannførende bekk.
1631	Ravine. Erosjonsfare på nedsiden av punkt. Bilder.
1632	Markant flomskredavsetning.
1633	Markant flomskredavsetning.
1634	Flomskred
1635	Dreneringstiltak
1636	Løsmasseavsetning ned til veien.
1816	Fast berg ned til elvebanken.
1817	Stor flate
1818	Flomskred gått på andre side av Blomstranddalen.
1819	Forvitringsur
1820	Finere løsmasser, luftehull for gruve, tipp for grus og sand.
1821	Luftehull til gruve.
1822	Fast berg i skråningen, meget oppsprukket og forvitret.
1823	Flate
1824	Toppen av flate, Blomsterdalshøgda.
1825	Elvesving, brink.
1826	Fast berg i elveleiet.
185	Ved helikopter befaring, potensielt akkumuleringsområde for snø i skråningens øvre del.
186	Helikopterbefaring, . Blomsterdalen, finere løsmasser oppe i skråningene.
187	Helikopterbefaring. Snøskavler starter omlag i dette området. Høyt oppe i Blomsterdalen. Punktet er ikke med på utsnitt.
1879	Veien, god oversikt. Området bærer preg av mye menneskelig påvirkning ligger lavt.
1880	På kullslagg haug, erosjonsømfintlig, kraftig erosjonskanal ned.
1881	Dreneringskulvert 0,7 Ø. Starten av markant bekkekløp på nedsiden av Burmaveien
1882	Kulvert inntak 0,7 Ø skal drenere et stort område langs oversiden av Burmaveien. En betongplate som skal beskytte for akkumulering av løsmasser er plassert foran inngang, men ikke godt nok.
1883	Jord og flomskredavsetning fram til dette punktet. Startet i den lave skråningen rett over. Blandingsmasser, små stein, sand og grus.
1884	Samme som tidligere punkt. Lignende masser langs hele denne delen av skråningen
1885	Jord- flomskredavsetning, potensielt Løsneområde i dette punkt.
1886	Utglidning av gammel vei, lite utløp. Stoppet rett nedenfor haugen.
1887	Ømfintlige jordmasser. Vått. Erosjonskløfter hele veien et stykke mot byen, men stopper før de når ned til Burmaveien.
1888	Omtrentlig utløp/avsetninger, langs linje under brinken som er over. Relativt ferske avsetninger.
1889	Erosjonskanal, kløft fra brink over forbi punkt og ned over stien under.
1890	Brinken består av erosjonsømfintlig materiale, jord- og flomskred utsatt.
1891	Jord- og flomskred avsetning. Videre mot flyplassen ingen avsetninger.
1892	Stort flatt område, ingen skredavsetninger, men bløtt/myr.
1893	Markant kant i terrenget, noen form av insynk-solifluk. Ikke skredrelatert, men annen arktisk prosess. Punkt i terrenget markert på stålplate nr. 29.
1894	Oversikt av Blomsterdalselva og erosjon av den, ca. 15 m ned til elveavsetning.
1895	Kulvert fra Blomsterelva ca.140 Ø, s bred elv med slakt terreng.
1896	Kulvert ut i sedimentbasseng/kulp, deretter betongkonstruksjon. Sterkt påvirket av erosjon, må erosjonssikres og forsterkes.

1897	Åpning mellom kulverter, ser ut som vann også renner på overflate av terrenget, men følger ikke tenkt løp.
1898	Start på løsneområde for jord- og flomskred. Kan gå ned i blomstrandelva ved veien.
1899	Frølagret, terrenget er påvirket av anleggsvirksomhet.
1900	Tydelige spor av inngrep av maskiner ved etablering av Frølagret.
1901	Grove forvitringsmasser, finere forvitringsmateriale med sand/jord som antas vaskes ut. Ikke skredprosesser.
1902	Forvitringsmark med frost/tine prosesser. Ikke skredrelatert.
1903	Markant søkk.
1904	Fra punkt mot byen grov forvitringsur 0.2-0.5 meter Ø.
1905	Fra punkt inngrep av maskiner.
1906	Kraftig innsenkning/hull i Frølagret, bygd ca. 2007.
1908	Start bekkekløft.
1909	Ytre del av kløft, god oversikt mot gråhytte over flyplassen.
1911	Flomavsetning vann og finere masser fra tippen har rent ned og helt over kanten.
1912	Fine slaggrester etter gruvedriften, flom helt bort mot elvegjelde/kløft.
1913	Starten av bekk, flatt område.
1914	Stor flate
1915	Kulvert
1916	Oversiktsfoto opp mot skytebanen, erosjon ved veien, flere kulverter som bare er 0,7 m Ø, erosjonssikre.
1932	Finere jord - og flomskredavsetning Mindre flomavsetning et stykke overfor grå hytte, stopper rett under skråningsfoten.
1933	Flom- og jordskredavsetning stein og finere meget kompakt, omlag 0,7 meter tykk avsetning 15-20 meter bred tunge. Antas skjedd juli-aug 2016.
1934	Grønn liten hytte, ligger nedenfor markant forhøyning.
1935	Gammel avsetning fram til dette punktet, mye fast berg oppe i siden.
1936	Potensieltløsneområde for snø oppe i skråningen. Men antas å stoppe ved foten. Skråningen ser tørr ut. Punkt er overfor rød hytte.
1937	Potensielt bredt løsneområde for snø oppe i skråningen. Skredavsetning men ingen ferske spor.
1938	Bjerrangshytta som ble tatt juni 2013 av sørpeskred.
1939	Ferske jord- og flomavsetning Sjekk endring fra første befaring.
1940	Fersk jord- og flomskredavsetning < 2 cm.
1941	Gammelt tykt skredavsetningslobe ca. 2 meter høy/tykk.
206	Skjæringskløft
207	Skjæringskløft
208	Skjæringskløft med vann
209	Skjæringskløft
210	Skjæringskløft
211	Skjæringskløft
212	Skjæringskløft, aktiv med mye vann.
213	Skjæringskløft
214	Skjæringskløft
215	Skjæringskløft med mye vann.
216	Gammel stor skjæringskløft fra høyre, litt fukt.
217	Gammel skjæringskløft fra høyre.
218	Skjæringskløft

219	Skjæringskløft
220	Åpen stor skjæringskløft, gammel skjæringskløft leder opp til Burmaveien.
221	Skjæringskløft
222	Skjæringskløft, aktiv, men lav fallhøyde ca. 2 meter.
228	Stor grønn hytte, ingen aktive løp, tørr skråning.
229	Liten hytte, meget vått rundt, noen form av målinger overfor.
239	Liten hytte, meget vått rundt, noen form av målinger overfor.

2 Longyearbyen

ID	Beskrivelse
1608	Dreneringskum, 80 cm øst.
1609	Akkumuleringsområde med snø/sørpe.
1610	Akkumuleringsområde, overfor konvekst parti.
1611	Solifluksjonslober, naturlig skråningsprosess i permafrostterreng.
1612	Vannvei
1613	Bekk ravine
1614	Finere masser i skråning på ravine.
1615	Ravine, toppen.
1637	Ravine, stor erosjon, kommer ned på hovedveien på utsiden av gummibåthavna.
1639	Ved foten av snøskred akkumuleringsområde> 30 meter høy.
1640	Nedenfor stor haug/tipp > 30 meter høy.
1641	Gammel snøskredavsetning
1642	Murhus/hytte, står i gammel skredavsetningm spor av snøskred.
1643	Snøskredavsetning. Nedenfor er vann/dam.
1644	Flomskredavsetning, ned til sølepytt.
1646	Snø - og flomskredavsetning.
1647	Snøskredavsetning
1648	Snøskredavsetning
1649	Snøskredavsetning
1650	Snøskredavsetning
1651	Snøskredavsetning avskjært av veien, aktiv.
1652	Gammel snøskredavsetning
1653	Gammel snøskredavsetning
1654	Snøskredavsetning
1655	Snøskredavsetning
1656	Nyere snøskredavsetning, ikke mose på stein.
1657	Gammel skredavsetning, lengre utløp, muligens utover veien.
1658	Snøskredavsetning
1659	Gammel snøskredavsetning til dette punktet, mer aktivt 10 meter lenger bort.
1660	Gammel snøskredavsetning. Ferske avsetninger ca. 40 meter opp. Menneskelig inngrep ved veien.
1661	Snøskredavsetning

1662	Hoppbakke Espen Bredesen 90 - tallet.
1663	Knuseverk Huset, bygget 1954.
1664	Snøskredavsetning, store steiner 2 X 1 meter.
1665	Snøskredavsetning, ikke aktiv.
1666	Snøskredavsetning
1667	Gammel snøskredavsetning ca. 20 meter opp, ikke mosegrodd.
1668	Flomskred med kraftig massetransport.
1669	Kraftig massetransport taubanebukk rast. Skred helt ned ovenfor veien, og i elva 1 - 2 meter høye flomleveer.
1670	Jord- og flomskredavsetning stopper ved dette punktet.
1671	Jord- og flomskredavsetning, overgrodd.
1672	Stor steinblokk > 50 år, 2,5 X 1,5 meter.
1673	Dimensjonerende stein eller jord- og flomskred til dette punktet.
1674	Grønn eng, potensielt steinsprangfare. Noe vått.
1675	Steinblokk, lys sandstein 2 X 1, 5 meter, nesten kubisk. Gammel snøskredavsetning, potensielt løsneområde for stein i skråning.
1676	Steinblokk, 1 X 1, 5 m, nesten kubisk.
1677	Flere store steiner, på gammel snøskredavsetning.
1678	Kirkegården, mindre steinsprang 0,5 X 0,5 meter Ø.
1679	Mindre steinsprang > 0,5X 0,5 meter.
1680	Overgrodd, muligens en gammel snøskredavsetning hit, område egnet for bebyggelse.
1681	Mindre steinblokker
1682	Jord- og flomskredavsetning.
1683	Steinutløp, men godt nedsunket i vått terreng.
1684	Jord- og flomskredavsetning
1685	Jord- og flomskredavsetning
1686	Flomskredavsetning
1687	0,3 X 0,3 meter steinblokker
1688	Jord- og flomskredavsetning
1754	Flomskredavsetning, gått helt ned til trykkbasseng.
1755	Ca. 20 meter opp flomskredavsetning.
1756	Markant flomskredbane, ned til vannførende bekk.
1757	Mindre flomskred fram til dette punkt.
1758	Mindre flomskredavsetning ca. 5 meter opp.
1759	Gammelt flomskredavsetning
1760	Gammelt flomskredavsetning.
1761	Gruvedalen, gammel flomskredavsetning.
1762	Mindre og lange flomskredbaner som heller ned i gruvedalen.
1763	Flatere område nedenfor taubanebukker.
1764	Slutt flomskredavsetning ved trykkbasseng.
1765	Øverste husrekke
1766	Sørligste av øverste husrekke
1768	Snøskavl starter muligens og bygges opp herifra.

1769	Ytterkant skredavsetning snø.
1770	Lite synlige spor etter stort snøskred i des 2015
1771	Rabber av stein, her er spor av stort snøskred i des 2015.
1772	Rett overfor hus nr. 21, 19, 17.
1773	Nedenfor to sørpe/flomskredspor i skråningen, stopper oppe ved starten av vegetasjonsområde.
1776	16,14,12,10,8,6 rød/oransje rekke. Flomskredavsetning helt ned til veien.
1777	Flomskredavsetning, fersk, stopper ca. 40 meter opp fra punkt.
1778	Flomskredavsetning
1779	Flomskredavsetning
1780	Flomskredavsetning
1781	Flomskredavsetning
1783	Gammelt flomskredavsetning
1785	Jord-/flomskredavsetning
1786	Jord-/flomskredavsetning
1788	Flomskredavsetning
1789	Jordutglidning
1790	Utglidning
1791	Jord-/flomskredavsetning ved siden av gjerdet, markant kløft i skråningen.
1792	Markante leveer med vann helt ned til veien.
1793	Gjerdekant
1794	Flomskredavsetning
1795	Gjerdekant går helt mot vannledningsdalen
1796	Gjerde
1799	På kronen på skredvollen, 3 meter bred, 10 - 15 meter ned.
1802	El-stolper mot platået.
1803	Ved siden av el-stolper ikke tegn på skredaktivitet
1804	Sortert steingrøft
1805	Grov ur
1807	Røyse på lille varden, potensielt løsneområde stein.
1808	Start på skredbane
1809	Mindre jord/grus utglidninger.
1810	Alkekongerenna over kirkegården.
1811	Kanten over kirkegården
1812	Oversiktsplass rett over huset
1813	Stort skred, startet herifra.
1814	Skredmasse små stein mye vann
1815	Tett oppsprukket berg
1827	Platå innen ryggen mot sukkertoppen, fritt for vegetasjon.
1828	Ryggen mot Sukkertoppen
1829	Toppen på brinken
1832	Ved siden av potensielt løsneområde for snø.
1833	Ved siden av potensielt Løsneområde for snø.

1834	Toppen på Sukkertoppen, solifluksjon på toppen mot byen
1838	Oversikt over snøfelt.
1839	Vannsig, liten bekk
1840	Mindre jordutglidning
1842	Skredbane rett over huset og veien, mye løst materiale.
1843	Skråningen spiser seg bakover, stor erosjon.
1844	Bekk, bergformasjon
1846	Oversikt over skolen, potensielt løsneområde for snø mot Nybyen.
1847	Overfor skolen, potensielt akkumuleringsområde snø. Solifluksjon i bakken.
1848	Toppen på skiheisen
1849	Bunn av skibakken
1857	Brakke 13 Jord/flom fra skråning og til dette punktet, ellers avsetninger fra elvedalen.
1858	Jord/flomavsetning
1859	Punktet er ca. 50 meter nedenfor snøskredavsetning, ikke spor av jord og flomskred.
1860	Forhøyning i terreng, ikke tegn på skredaktivitet.
1861	Skredleveer fram til punkt, ca. 1 meter dyp.
1862	Skredavsetning, samme som foregående, men jevnere, muligens sørpeskred.
1863	Snø/sørpeavsetning.
1864	Snø/sørpeavsetning.
1917	Stor stein, kommet fra tippen sommer 2016.
1918	Sti/vei bak tippen tydelig
1919	Tipp ca. 10 meter høy
1920	Skredbane søkk ned fra bergtrakten og hit, kanskje 7 meter vollhøyde her.
1921	Kanten av vollen er ca. 5 meter
1922	Bunn av tippen, men dypere og bredere mot byen.
1923	Toppen av tippen.
1924	Rett over gruvelageret, toppen av tippen.
1925	Slutt tipp, fare for bratt skred på baksiden
203	1,5 X 1,5 m stein
204	Stein
205	Kalibreringsstein ca. 1,2 X 1,2 meter.
225	Bred og stor skjæringskløft, lav fallhøyde, fuktig, ikke så aktiv. Liten kulvert 0,7 meter under Burmaveien. Mye skrot mellom Burmaveien og fram til punkt, demmer- kanskje stabiliserende løsmasser også.
226	Mye vann ved befaring. Ca. 10 meter høy. Ingen drenering videre under veien.
227	Stor skjæringskløft, aktiv mellom kraftstasjon og tank. Akkumuleringsbasseng ca. 1 meter høy, ingen drenering. Ved Bruen på Burmaveien.
1503	Ravine med stor vannføring. Tetting og løp over veien.
1504	Erosjonsspor i terrenget (grøft). Et lite jordskred har gått her. Kan få påfyll av masser ovenifra.
1506	Stor renne. Lite vann.
1507	Skredblokk, 1,4 x 0,5 x0 ,8 meter.
1508	Skredblokk, 1,2 x 0,5 x 1,6 meter.
1509	Gammel stor blokk x 2. 3 m^3.

1510	Enden av gammel vifte. Ferske prosesser stoppet lenger opp på viften.
1511	Menneskeskapt dreneringsgrøft kutter viften. Selve viften kan originalt ha gått mye lenger (til veien på andre siden av huset).
1512	Skredblokk 10 meter fra brakkehus, gammel.
1513	Skredblokk
1514	Skredblokk
1515	Muligens stor blokk av skred
1516	Stor blokk 2x1x2 meter. Avsatt for lenge siden. Begrodd av moser og lav.
1517	Enden av vifte
1518	Skredbane. Drenering.
1519	Flomskredtunge. Aktiv.
1520	Skredblokk med usorterte masser avsatt på toppen.
1521	Gammel skredblokk, begrodd av moser og lav. Står på vifte som er inaktiv, nærmere gruve er avsetningene begrodd av mose.
1522	Snøskred/flomskredbane, og enden av fersk avsetning.
1523	Enden av markant bratt skredavsetning/skåning. Nedenfor er det lite synlig erosjon eller avsetninger.
1524	Enden av eldre skredløptunge, flomskred.
1525	Enden av eldre skredløptunge, flomskred.
1526	Enden av flomskredtunge.
1527	Enden av skredløptunge, flomskred.
1528	Enden av vifte. Flomskred/snøskred.
1529	Enden av flomskredtunge
1530	Enden av en mindre flomskredtunge
1531	Enden av flomskredtunge
1532	Enden av snøskredutløp av mindre skred
1533	Endepunkt av flomskredtunger.
1534	Endepunkt av flomskredtunge
1535	Endepunkt av flomskredtunge
1536	Endepunkt av flomskredtunge

3 Todalen, Bolterdalen-Foxdalen

ID	Beskrivelse
141	Flomskredavsetning
144	Gammel flomskredavsetning, nedenfor tippen
145	Flomskredavsetninger
146	Flomskredavsetning
147	Snøskredavsetning oppe i skråningen
149	Flomskredavsetning
150	Flomskredavsetning, tydelig avskjæringsgrøft oppe i avsetningen. Antas laget for flere år siden av Robin Buzza når han drev hundegården. Opplysning fra helikopterpilot
151	Flomskredavsetning

1502	Stor bekk i svingen, mellom gamleveien og den nye veien.
1562	Potensielt akkumuleringsområde for snø i skråning.
1564	Camp Barentz/Våtviks. Ute på slette, god avstand fra skråning.
1565	Basecamp (nå Spitsbergen Travel) Hundegård
1566	Vannerosjon ca. 40 cm ned i terreng. Finere masser, mye kullstøv og avrundede småstein.
1567	Fra punkt ved veien og nedover, spor av jorderosjon - nå tørt, men ferskt.
1568	Etablert 3 meter dyp avskjæringsgrøft, rett etter en sving på veien. Veien går annen vei enn på kart. Ikke stabilt område.
1569	Bekk fra liten kulvert, stor gammel kulvert ved siden.
1570	Finere masser med avrundet små steiner.
1571	Overflateerosjon, fersk, men nå tørr.
1572	Tørt område
1573	Fra dette punktet og innover dalen, mer ustabile masser som blir påvirket av drenering, utover mer intakt skråning.
1574	Del av gammel vei, erodert bort. Ovenfor dette punkt ustabilt.
1575	Herifra og nord ikke direkte fare, mer stabilt.
1576	Green Dog Svalbard (gammel Buzza) Hundegård. Ligger på en markant høyde 5 meter over terrenget fra oversiden.
1577	Stor bekk som går ned i markant løp som har fast berg lengre ned.
1578	Stor aktiv bekk renner gjennom kløft i berget, erodert i fast berg.
163	Flomskredavsetning
165	Jordutglidning, flere mindre
166	Flom og jord, mindre avsetninger.
167	Flom og jord, mindre avsetninger.

Vedlegg E

Skredhendelser

Det finnes ikke pr.idag etter vår kjennskap noen samlet oversikt på tidligere skredhendelser på Svalbard som strekker seg over lengre periode.

Det er her gjort en sammenstilling på skredhendelser som er dokumentert, vil poengtere at det sikkert finnes flere.

Kart viser omtrentlig plassering på hendelser:

E-1 Vestpynten- Bykai Vest

E-2 Vestpynten- Bykaia Øst

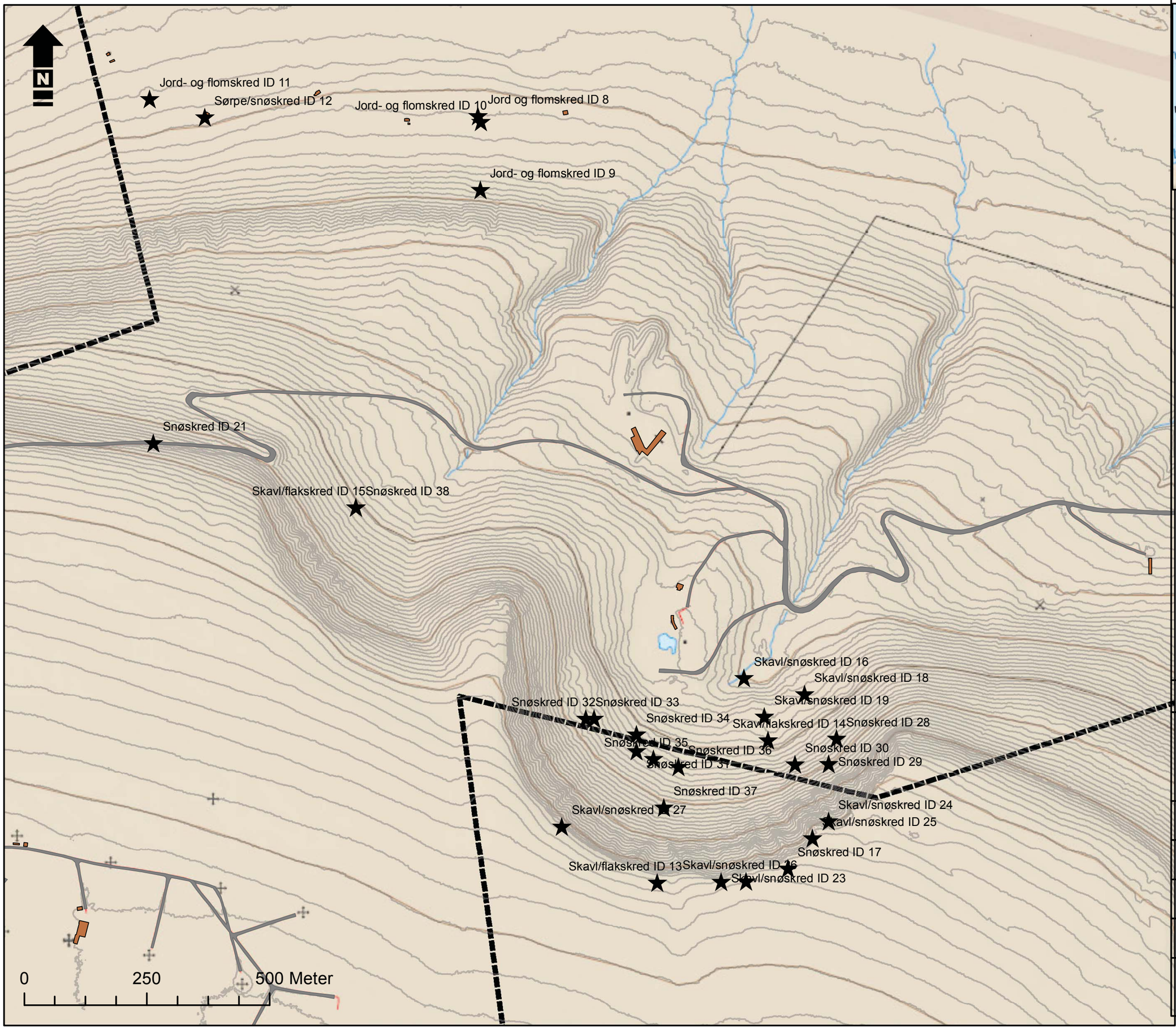
E-3 Longyearbyen Nord

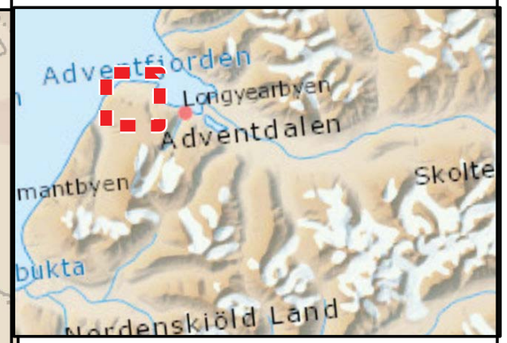
E-4 Longyearbyen Sør

Tabell som beskriver hendelsene

En tabell oversikt som kort beskriver hendelsene og hvor de er hentet fra.

1. Vestpynten- Bykaia
2. Longyearbyen





Tegnforklaring

- Kartleggingsområder
- Skredhendelser
- Bygninger
- Veger

Skredfarekartlegging Svalbard

Skredhendelser
Vestpynten-Bykaia Vest

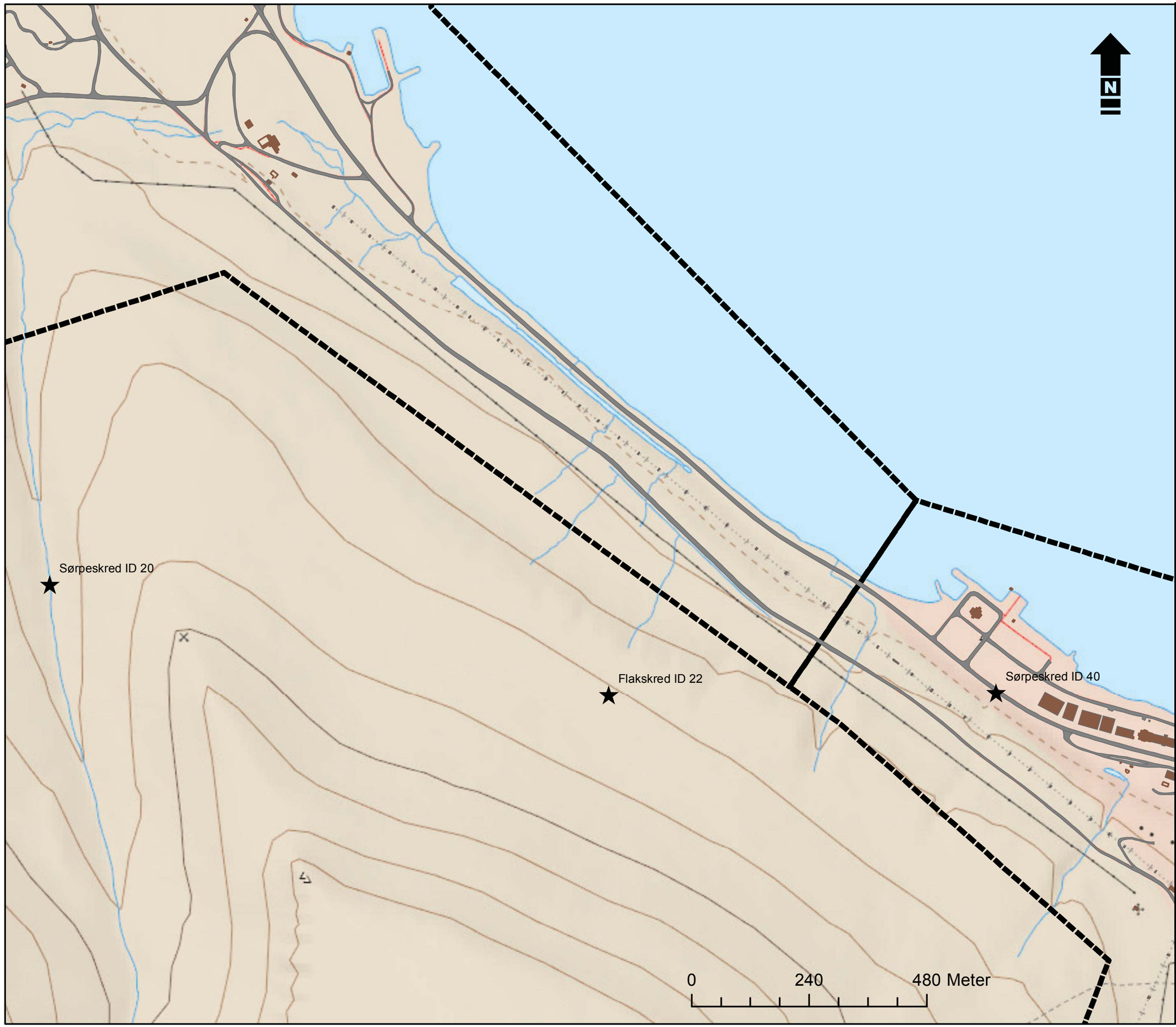
A3 1:10 000

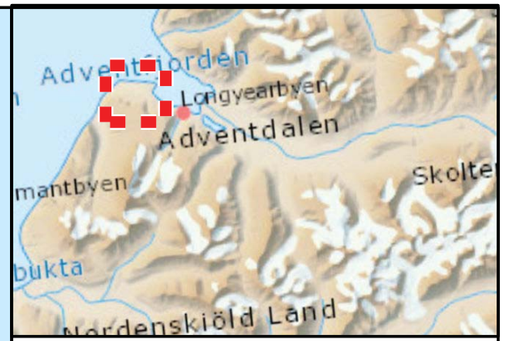
Kunde: NVE

Oppdragsnummer: 713416

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: PEEH/JOL	Godkjent: TUT
Dato: 28-11-2016	Kart nr: E-1

Multiconsult





Tegnforklaring

- Kartleggingsområder
- Skredhendelser
- Bygninger
- Veger

Skredfarekartlegging Svalbard

Skredhendelser
Vestpynten-Bykaia øst

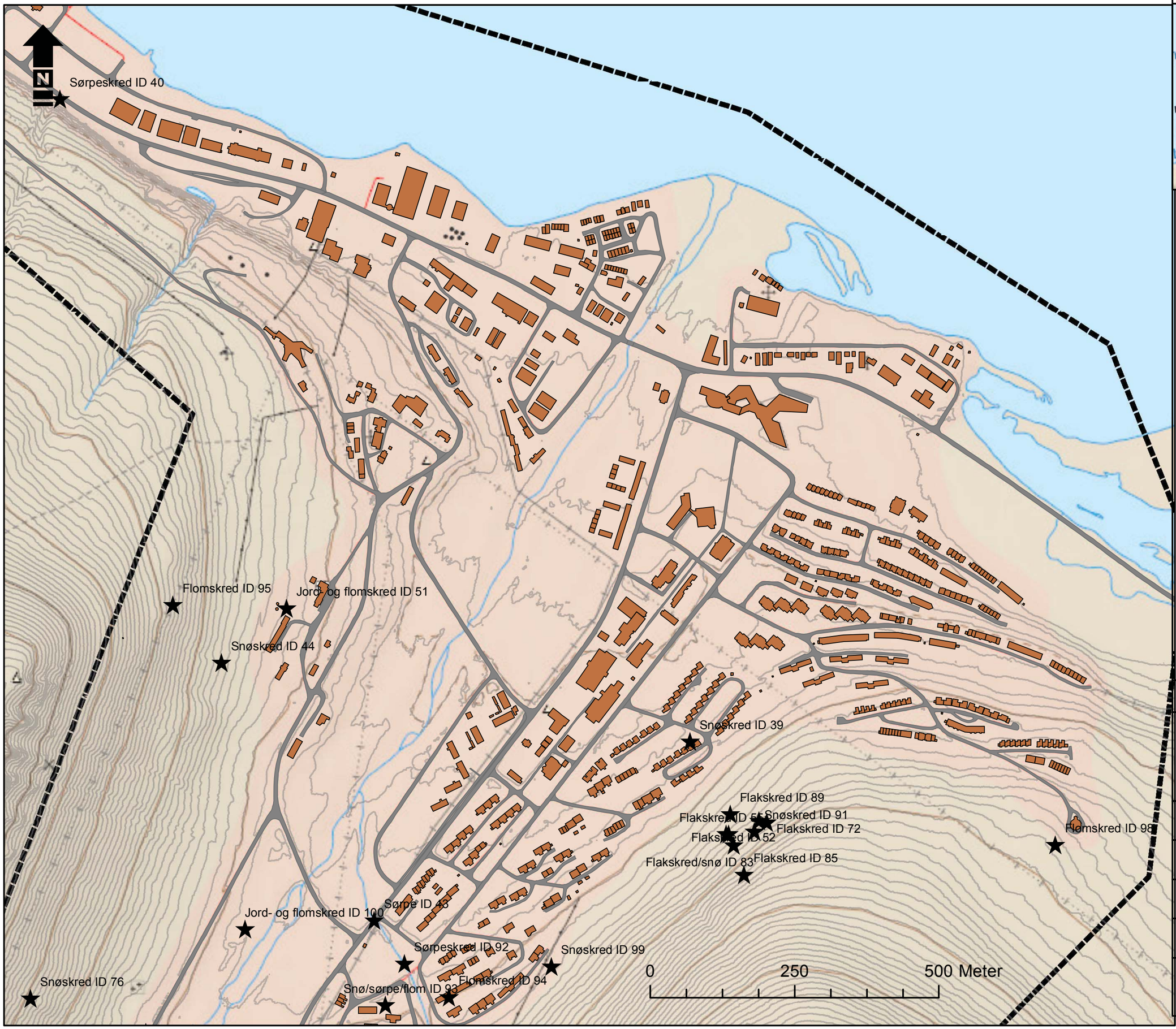
A3 1:10 000

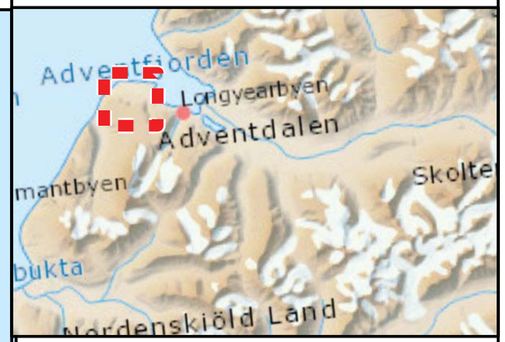
Kunde: NVE

Oppdragsnummer: 713416

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: PEEH/JOL	Godkjent: TUT
Dato: 28-10-2016	Kart nr: E-2

Multiconsult





Tegnforklaring

- Kartleggingsområder
- Skredhendelser
- Bygninger
- Veger

Skredfarekartlegging Svalbard

Skredhendelser
Longyearbyen Nord

A3 1:8 500

Kunde: NVE

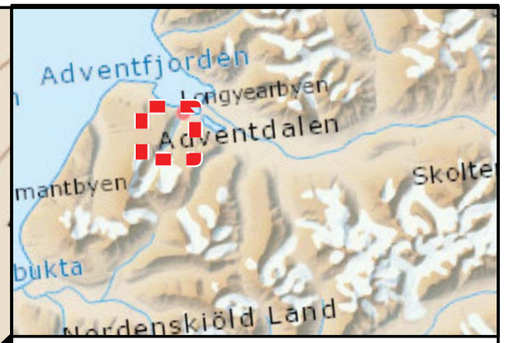
Oppdragsnummer: 713416

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: PEEH/JOL	Godkjent: TUT
Dato: 28-11-2016	Kart nr: E-3

Multiconsult

Flakskred ID 57
Flakskred ID 58
Flakskred ID 56
Løssnøskred ID 67
Skavl ID 84
Snøskred ID 97
Skavl/flakskred ID 73
Skavl/flakskred ID 50
Skavl/løssnø ID 69
Skavl ID 74
Skavl ID 86
Skavl ID 81
Snøskred ID 77
Flakskred ID 41
Skavl/snøskred ID 75
Skavl/løssnø ID 70
Sørpeskred ID 80
Snøskred ID 96
Løssnøskred ID 66
Stein/snøskred ID 65
Flakskred ID 49
Snøskred ID 53
Snøskred ID 42
Skavl/flakskred ID 54
Løssnøskred ID 68
Løssnøskred ID 62
Skavl/flakskred ID 60
Skavl/snøskred ID 78
Skavl ID 63
Skavl/snø ID 88
Skavl/løssnø ID 71
Skavl/snøskred ID 87
Skavl/flakskred ID 48
Skavl ID 82
Skavl og sørpeskred ID 59
Skavl/snøskred ID 79
Skavl/flakskred ID 61
Flakskred ID 47

0 200 400 Meter



Tegnforklaring

- Kartleggingsområder
- Skredhendelser
- Bygninger
- Veger

Skredfarekartlegging Svalbard

Skredhendelser
Longyearbyen sør

A3 1:8 500

Kunde: NVE

Oppdragsnummer: 713416

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: PEEH/JOL	Godkjent: TUT
Dato: 28-10-2016	Kart nr: E-4

Multiconsult

Vedlegg E

1 Vestpynten-Bykaia

Skredhendelse	Tid	Sted	Kilde	Beskrivelse
Jord og flomskred ID 8	15.10.2016	Sørsiden av flystipa	UNIS report 18 okt, 2016	Samme sted som det ved befaring i september ble registrert skred.
Jord- og flomskred ID 9	15.10.2016	I skråningen sør om flystripa.	UNIS report 18 okt, 2016	Flere sk. detachmentskred oppe i skråningen, stoppet oppe skråningen.
Jord- og flomskred ID 10	00.07.2016	På sørsiden av flystripa	Multiconsult befaring 2016	Flere mindre jord- og flomskred. Ca. 0.5 m tykk avsetning nådde langt ut på et slakt område. Vannmasser har gått lenger ut. Se under.
Jord- og flomskred ID 11	00.07.2016	Sør for flystripa	Multiconsult befaring 2016	Flere mindre jord- og flomskred. Avsetninger og vannmasser har nådd lenger. Registrert i sep. var ikke der første uken i juli.
Sørpe/snøskred ID 12	00.06.2013	Vestpynten	Svalbardposten	Skredet gikk i skråningen ved flyplassen. 1 hytte ødelagt. Snø/flakskred løsnet i øvre del. Fuktig/vannmettende snø i utløp.
Skavl/flakskred ID 13	15.01.2013	Skytebanen/svalsatveien	Cryoslope www.skred-svalbard.no	Skavl utløste flakskred i gryten over skytebanen. Antatt årsak er varmt vær og regn.
Skavl/flakskred ID 14	31.05.2010	skytebanen	Cryoslope www.skred-svalbard.no	
Skavl/flakskred ID 15	03.12.2009		Cryoslope www.skred-svalbard.no	
Skavl/snøskred ID 16	17.02.2008	Skytebanen	Cryoslope www.skred-svalbard.no	Skavl utløste snøskred. foto
Snøskred ID 17	21.02.2008	Skytebanen	Cryoslope www.skred-svalbard.no	I anmerkningsfeltet står det jordskjelv
Skavl/snøskred ID 18	14.04.2008	Skytebanen	Cryoslope www.skred-svalbard.no	
Skavl/snøskred ID 19	14.05.2008	Skytebanen-storgryta	Cryoslope www.skred-svalbard.no	Skavl utløste flakskred på en tidligere skredavsetning
Sørpeskred ID 20	28.03.2007	Blomsterdalen	Markus Eckerstorfer, 2016	
Snøskred ID 21	2002	Svalsat veien	Svalbard historie i årstall, 2005	Svalsat veien stenges av et 500 m langt snøskred. Området har erfart mange skred som ikke er med i registrreringer.
Flakskred ID 22	1996	I skråningen over Burmaveien	NGI rapport 20081311-1. foto omt. plass	Snøskred. Snøen var vått i avsetningsområdet.
Skavl/snøskred ID 23	23.05.2002	Platåberget. skytebanen	Cryo data fra M. Eckerstorfer, 2016	Skavl som utløste skred.
Skavl/snøskred ID 24	23.05.2002	Skytebanen	Cryo data fra M. Eckerstorfer, 2016	
Skavl/snøskred ID 25	03.06.2002	Skytebanen	Cryo data fra M. Eckerstorfer, 2016	
Skavl/snøskred ID 26	03.06.2002	Skytebanen	Cryo data fra M. Eckerstorfer, 2016	
Skavl/snøskred ID 27	03.06.2002	Skytebanen	Cryo data fra M. Eckerstorfer, 2016	
Snøskred ID 28	05.05.2009	Platå skytebanen	Cryo data fra M. Eckerstorfer, 2016	
Snøskred ID 29	05.05.2009	Platå skytebanen	Cryo data fra M. Eckerstorfer, 2016	
Snøskred ID 30	05.05.2009	Platå skytebanen	Cryo data fra M. Eckerstorfer, 2016	
Snøskred ID 31	05.05.2009	Platå skytebanen	Cryo data fra M. Eckerstorfer, 2016	
Snøskred ID 32	05.05.2009	Platå skytebanen	Cryo data fra M. Eckerstorfer, 2016	
Snøskred ID 33	13.05.2009	Skytebanen	Cryo data fra M. Eckerstorfer, 2016	
Snøskred ID 34	13.05.2009	Skytebanen	Cryo data fra M. Eckerstorfer, 2016	
Snøskred ID 35	13.05.2009	Skytebanen	Cryo data fra M. Eckerstorfer, 2016	
Snøskred ID 36	13.05.2009	Skytebanen	Cryo data fra M. Eckerstorfer, 2016	
Snøskred ID 37	13.05.2009	Skytebanen	Cryo data fra M. Eckerstorfer, 2016	
Snøskred ID 38	03.12.2009	Bowl nært svalsatveien	Cryo data fra M. Eckerstorfer, 2016	

2 Longyearbyen

Skredhendelse	Tid	Sted	Kilde	Beskrivelse
Snøskred ID 39	19.12.2015	Sukkertoppen. Spisshusene	Svalbardposten og flere andre kilder som riksdekkende media og DSB rapport, 2016.	11 hus ble totalskadd i skredet. 2 mennesker døde. Opplyses av NVE at også rekkehuset i veg 228 ble truffet.
Snøskred ID 99	19.12.2015	Snøskred ned mot vei 222	NGI 20150709-01-TN.2016 og Hekne.2016	Snøskred. Stoppet 15 m fra hus i vei 222.
Sørpeskred ID 40	05.06.2013	Sørpeskred kom over veien til flyplassen.	Bilder tilsendt fra Longyearbyen Lokalstyre..	Det gikk flere sørpeskred rundt byen, dette stengte veien. Skredmassene stoppet mot stålkontainere som stod på nedsiden av veien.
Flakskred ID 41	14.05.2012	Øvre del av skråningen nord for gruve 2	Flere bilder fra Lokalstyret der dato er med.	Flank under det brattere bergpartiet på Gruvefjellet løsnet flakskred
Snøskred ID 42	14.05.2012	Flank sør for gruve 2	Flere bilder fra lokalstyret og M.Eckerstorfer 2016	To mindre flanker løsner rett under brattere partier sør for Gruve 2.
Sørpe ID 43	30.01.2012	Vannledningsdalen- Perleporten	Svalbardposten 31.01.2012 kl.14.21	Nedkjørselen vei 222 stengt. Hovedveien 0.5 m sørpe og snø over veien. Hoveddelen gikk over veien.
Snøskred ID 44	28.03.2011	Longyearbyen barnehage-formannshuset	Masteroppgave 2014	Snøskred
Flakskred ID 45	00.12.2010	Lia - Sukkertoppen	M. Eckerstorfer, 2013	Skred registrert av M. Eckerstorfer. Bruddkant der maks. var på 150 cm. Foto ikke eksakt utløp det stoppet i skråningen.
Flakskred ID 46	28.01.2010	Sverdrupbyen	Cryoslope www.skred-svalbard.no	
Flakskred ID 47	28.04.2010	Gruvefjellet over Nybyen	Cryoslope www.skred-svalbard.no	
Skavl/flakskred ID 48	17.04.2010	Gruvefjellet over Nybyen	Cryoslope www.skred-svalbard.no	
Flakskred ID 49	27.02.2009	Vannledningsdalen, oppe i siden.	Cryoslope www.skred-svalbard.no	Oppe i Vannledningsdalen,NØ vendt skråning
Skavl/flakskred ID 50	30.03.2009	Gruvefjellet	Cryoslope www.skred-svalbard.no	
Jord- og flomskred ID 51	1993_1994	Longyearbyen barnehage	Antonsen. 2016	Flomskred gikk ned ved siden av bhg. Etter det ble grøft med gjerde etablert.
Flakskred ID 52	18.11.2008	Flakskred over spisshusene	Neumann et al., Cryoslope. 2014 og master	Skredet stoppet oppe i skråningen.
Snøskred ID 53	05.06.2008	Nybyen. nedre	Cryoslope www.skred-svalbard.no	
Skavl/flakskred ID 54	29.11.2008	Nybyen	Cryoslope www.skred-svalbard.no	Skavl med følgende flakskred snøblokker helt der scooter parkert.
Flakskred ID 55	28.02.2008	Lia Sukkertoppen. Omtrentlig plassering	Cryoslope www.skred-svalbard.no	Lite flakskred i lia ovenfor spisshusene. Antatt utløst av barn som lekte i området.
Flakskred ID 56	19.02.2008	Over huset veien	Cryoslope www.skred-svalbard.no	Flakskred

Flakskred ID 57	19.02.2008	Over huset veien	Cryoslope www.skred-svalbard.no	
Flakskred ID 58	19.02.2008	Over huset veien	Cryoslope www.skred-svalbard.no	
Skavl og sørpeskred ID 59	24.02.2008	Nybyen	Cryoslope www.skred-svalbard.no	
Skavl/flakskred ID 60	28.02.2008	Småhusene i Nybyen	Cryoslope www.skred-svalbard.no	Skavl løsnet og startet flakskred ca. 80 høydmeter lenger ned. Relativt stort skred som stopper før det når scooterløypa.
Skavl/flakskred ID 61	28.02.2008	Nybyen	Cryoslope www.skred-svalbard.no	
Løssnøskred ID 62	12.04.2008	Gruvefjellet	Cryoslope www.skred-svalbard.no	Flere mindre løssnøskred løsnet etter periode med stark vind fra SØ. Vestvendt skråning
Skavl ID 63	12.04.2008	Oppe i Vannledningsdalen fra sideskråning	Cryoslope www.skred-svalbard.no	Sørvestvendt skråning, stoppet oppe I dalen.
Flakskred ID 64	10.10.2008	Sverdrup	Cryo data fra M. Eckerstorfer, 2016	
Stein/snøskred ID 65	28.04.2008	Sverdrupbyen-betonghus	Cryoslope www.skred-svalbard.no	
Løssnøskred ID 66	16.05.2008	Sverdrupsbyen-betonghus	Cryoslope www.skred-svalbard.no	Skred som antas å ha løsnet mellom brinkene. Ikke skavl.
Løssnøskred ID 67	16.05.2008	Over Huset	Cryoslope www.skred-svalbard.no	I gryte over Huset. Stoppet i skråningen før taubanebukker.
Løssnøskred ID 68	16.05.2008	Sverdrupbyen-Gruvelagret	Cryoslope www.skred-svalbard.no	Snøskred stoppet før det gikk over tipp. Foto.
Skavl/løssnø ID 69	05.06.2008	Gruvefjellet	Cryoslope www.skred-svalbard.no	Skavl og snøskred som drog med seg store mengder stein og løsmasser
Skavl/løssnø ID 70	05.06.2008	Skolen-gruve 2	Cryoslope www.skred-svalbard.no	Skavl som tok med seg løssnø. Skredet delte seg i tre og ødela taubanebukk.
Skavl/løssnø ID 71	05.06.2008	Gruvefjellet	Cryoslope www.skred-svalbard.no	
Flakskred ID 72	18.11.2008	Lia, spisshusen	Cryoslope www.skred-svalbard.no	Mindre flakskred i Lia ovenfor spisshusene
Skavl/flakskred ID 73	31.03.2008	Gruvefjellet	Cryo data fra M. Eckerstorfer, 2016	
Skavl ID 74	11.04.2007	Gruvefjellet. Nord for gruve 2	Cryoslope www.skred-svalbard.no	
Skavl/snøskred ID 75	26.04.2007	Mellom Huset og Sverdrupbyen	Cryoslope www.skred-svalbard.no	Skavl som sannsynlig starte snøskred stoppet i skråningen
Snøskred ID 76	26.04.2007	Storsløkta over kirkegården	Cryoslope www.skred-svalbard.no	Storsløkte over kirkegården. koblings stn i skråningen
Snøskred ID 77	01.05.2007	Gruvefjellet. nord om gruve 2	Cryoslope www.skred-svalbard.no	Skavlbrekk med snøskred i skråningen under gruvefjellet. Klumper nesten helt ned til veien. Foto
Skavl/snøskred ID 78	01.05.2007	Nybyen	Cryoslope www.skred-svalbard.no	Snøskred. foto

Skavl/snøskred ID 79	16.04.2007	Nybyen	Cryoslope www.skred-svalbard.no	Flere studenter var vitne til skredet som gikk kl 21.30
Sørpeskred ID 80	15.05.2007	Sverdrupbyen	Cryoslope www.skred-svalbard.no	Et sørpeskred ovenfor betong hytte i Sverdrupbyen. Stoppet i skråningen over. Foto
Skavl ID 81	06.04.2007	Gruvefjellet. Nord om gruve 2	Cryoslope www.skred-svalbard.no	
Skavl ID 82	06.04.2007	Nybyen	Cryoslope www.skred-svalbard.no	
Flakskred/snø ID 83	08.11.2007	Lia-under sukkertoppen	Cryoslope www.skred-svalbard.no	
Skavl ID 84	12.03.2007	Mellom Huset og Kirkegården	Cryoslope www.skred-svalbard.no	
Flakskred ID 85	28.11.2007	Lia-under sukkertoppen	Cryoslope www.skred-svalbard.no	Et mindre flakskred. Mørketid, men månelys
Skavl ID 86	12.01.2007	Gruvefjellet. Nord om gruve 2	Cryoslope www.skred-svalbard.no	
Skavl/snøskred ID 87	16.04.2006	Under gruvefjellet	Cryoslope www.skred-svalbard.no	Skavlbrekk som utløste flere mindre løsneområder i skråningen. Avsetningen bestod av snøblokker og snømasser.
Skavl/snø ID 88	15.05.2005	Skråning under gruvefjellet	Cryoslope www.skred-svalbard.no	Skavlbrekk. Utløste snøskred som stoppet oppe i skråningen.
Flakskred ID 89	19.01.2004	Lia-under Sukkertoppen	Longyearbyen lokalstyre. Foto	Et stort flakskred. Bilde fra Lokalstyret.
Steinskred ID 90	20.02.2002	Kirkegården. Steinblokker over veien. Omtrentlig avmerket, foto.	Svalbard historie i årstall. 2005 og Svalbardpost nr 8, 2002.	Ras fra fjellsiden over kirkegården. Steinblokker knekte el stolpe og kors på kirkegården. Stoppet på nedsiden av veien.
Snøskred ID 91	05.04.1991	Lia snøskred	Vedlegg 2. NGI rapport 904025.2. foto	Rester av snøskred synes på bilde. Antatt omtrentlig plassering.
Sørpeskred ID 92	14.06.1989	Vannledningsdalen	Longyearbyens geologi. 2012	Sørpeskred. Ikke oppgitt utløp. Men ødeleggelser uten skader på mennesker.
Snø/sørpe/flom ID 93	11.06.1953	Haugen. Longyearbyen Sykehus. Der det lå i gamle dager.	Svalbards historie i årstall. 2005	Vannledningsdalen. Sørpeskred 3 døde og 30 ble såret. Flere hus ble ødelagt.
Flomskred ID 94	10.-11.7.1972	Haugen. Flere større flomskred etter heftig regnvær.	Larsson, 1982	31 mm nedbør ila 12t før skredene gikk
Flomskred ID 95	4.-5.8.1981	Flere flomskred i Longyearbyen	Larsson, 1982	
Snøskred ID 96	00.03.2000	Nybyen. Snøskred ned til rørgaten.	J.O. Larsen.2016	Snøskred ved rød hytte i Nybyen, stoppet ved rørgaten.
Snøskred ID 97	00.04.2009	Nord for Gruve 2. Snøskred over veien.	J.O. Larsen.2016	Snøskred over veien til Nybyen.
Flomskred ID 98	05.08.1981	Flomskred nord for Strammestasjonen	NGI rapport 924004-1.1992 vedlegg 4	Større flomskred ned ved siden av strammestasjonen tydelige leveer.
Snøskred ID 99	19.12.2015	Snøskred, mot vei 222 under Sukkertoppen	NGI 20150709-01-TN og Hekne, 2016.	Snøskred stoppet om lag 15 m ovenfor vei 222.

Jord- og flomskred ID 100	15.10.2016	Både jord og flomskred i skråning nord for kirkegård.	Svalbardposten nr 41, UNIS report 18 okt. og J.Rognmo, alle i 2016.	Jordskred som stopper på oversiden av veien, i samme skredbane går det flomskred som når over veien og et stykke ned mot elva. I hovedsak vann og finere masser som når over veien.
Steinskred ID 101	03.10.2002	Steinskred i skråningen over kirkegården. Omtrentlig avmerket, foto.	Svalbardposten nr 40, 2002 og W.Sørensen, 2016.	Et steinras ble bevitnet i mørkret kl. 22.25. Bil kjørte gjennom området rett etter uten å merke noe. Skredet stoppet oppe i skråningen.

Vedlegg F

Utvalgte modelleringsresultater

Vedlagt er et utvalg av beregninger og modelleringer som er utført i de aktuelle områdene.

Det er med α/β- modellen utført beregninger på snøskredsutløp.

Det er med simuleringsverktøyet RAMMS utført simuleringer på snøskred og flom/sørpeskred.

Kart:

F-1 Vestpynten- Bykaia Vest

F-2 Vestpynten- Bykaia Øst

F-3 Longyearbyen Nord

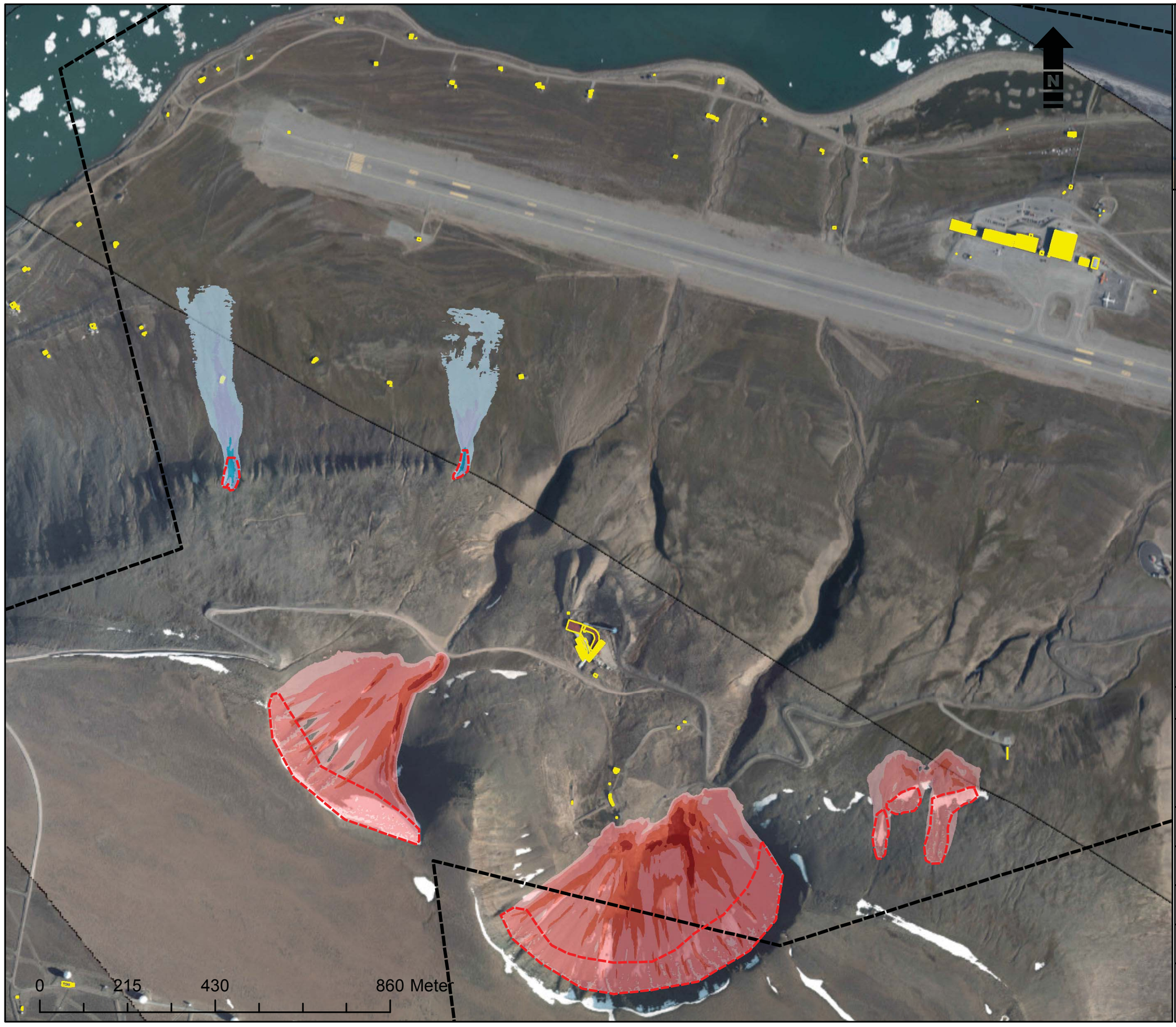
F-4 Longyearbyen Sør

F-5 Bolterdalen

Det er med programmet RocFall utført simuleringer av steinsprang.

Kart:

F-6 RocFall simuleringer-Longyearbyen



Tegnforklaring

Kartleggingsområde

Løsneområde (snøtykkelse se kap. 5.7)

Alfa - Beta modellen

Skredprofil

Utløsningspunkt

Beta

Alfa

Alfa-SD

RAMMS flom-/sørpeskred, maks høyde

(For informasjon om løsneområdet, se kpt.5.7)

0 - 0.1

< 0.5 m

0.5 - 1.5 m

1.5 - 3 m

3 - 5 m

5 - 8 m

RAMMS snøskred, maks høyde

(For informasjon om løsneområdet, se kpt.5.7)

0 - 0.1

< 0.5 m

0.5 - 1.5 m

1.5 - 3 m

3 - 6 m

Skredfarekartlegging Svalbard

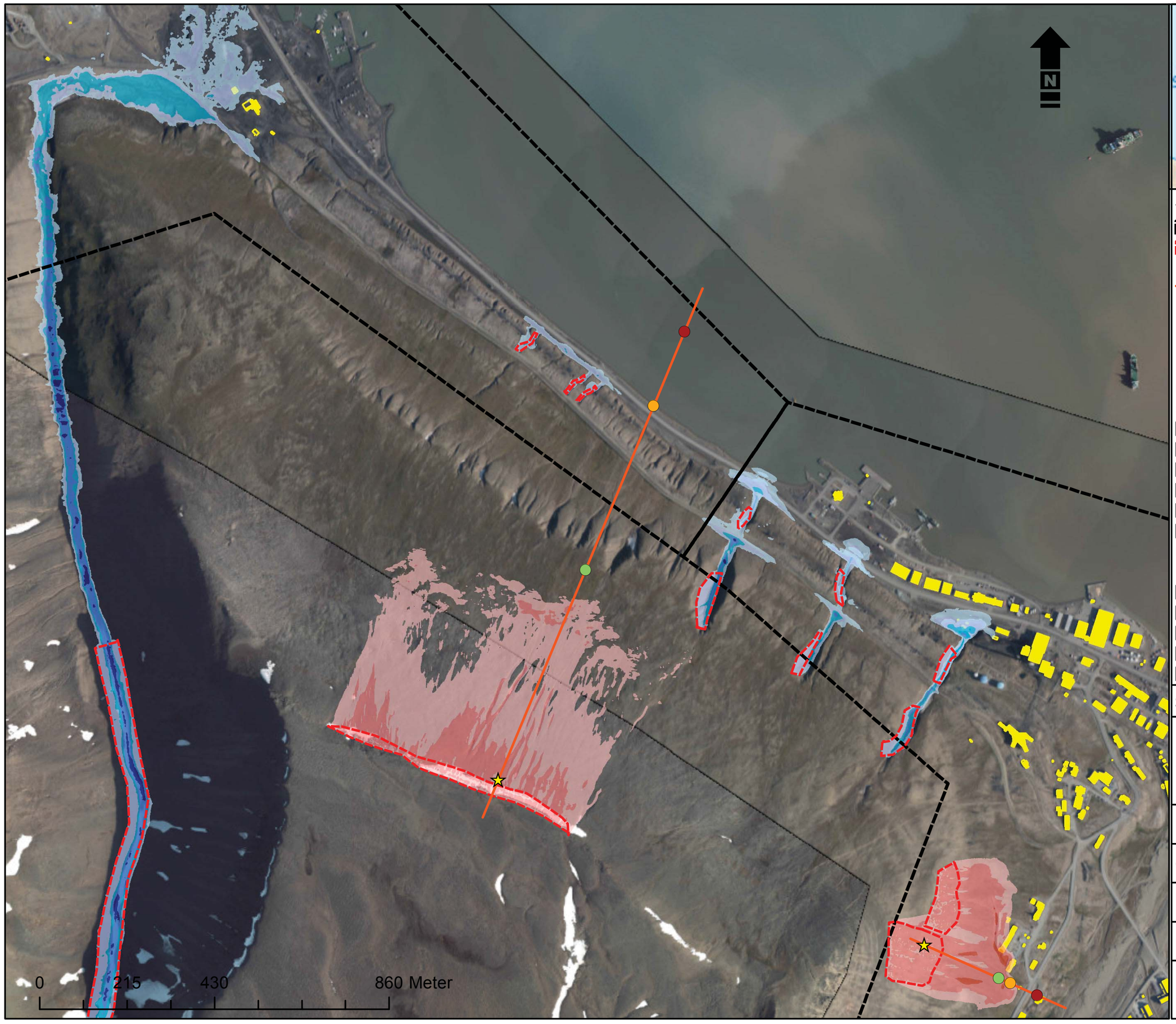
Utvalgte modelleringsresultater
fra RAMMS
Vestpynten-Bykaia vest
A3 1:12 000

Kunde: NVE

Oppdragsnr: 713416

Utført: OHB/MHP Kontrollert: MARIAH/JOL	Godkjent:TUT
Dato: 21-11-2016	Kart nr: F-1

Multiconsult



Tegnforklaring

Kartleggingsområde

Løsneområde (snøtykkelse se kap. 5.7)

Alfa - Beta modellen

Skredprofil

Utløsningspunkt

Beta

Alfa

Alfa-SD

RAMMS flom-/sørpeskred, maks høyde

(For informasjon om løsneområdet, se kpt.5.7)

0 - 0.1

< 0.5 m

0.5 - 1.5 m

1.5 - 3 m

3 - 5 m

5 - 8 m

RAMMS snøskred, maks høyde

(For informasjon om løsneområdet, se kpt.5.7)

0 - 0.1

< 0.5 m

0.5 - 1.5 m

1.5 - 3 m

3 - 6 m

Skredfarekartlegging Svalbard

Utvalgte modelleringsresultater
fra RAMMS og Alfa-Beta
Vestpynten-Bykaia øst
A3 1:12 000

Kunde: NVE

Oppdragsnr: 713416

Utført: OHB/MHP Kontrollert: MARIAH/JOL	Godkjent:TUT
Dato: 21-11-2016	Kart nr: F-2

Multiconsult

Tegnforklaring

Kartleggingsområde

Løsneområde (snøtykkelse se kap. 5.7)

Alfa - Beta modellen

Skredprofil

Utløsningspunkt

Beta

Alfa

Alfa-SD

RAMMS flom-/sørpeskred, maks høyde

(For informasjon om løsneområdet, se kpt.5.7)

0 - 0.1

< 0.5 m

0.5 - 1.5 m

1.5 - 3 m

3 - 5 m

5 - 8 m

RAMMS snøskred, maks høyde

(For informasjon om løsneområdet, se kpt.5.7)

0 - 0.1

< 0.5 m

0.5 - 1.5 m

1.5 - 3 m

3 - 6 m

Skredfarekartlegging Svalbard

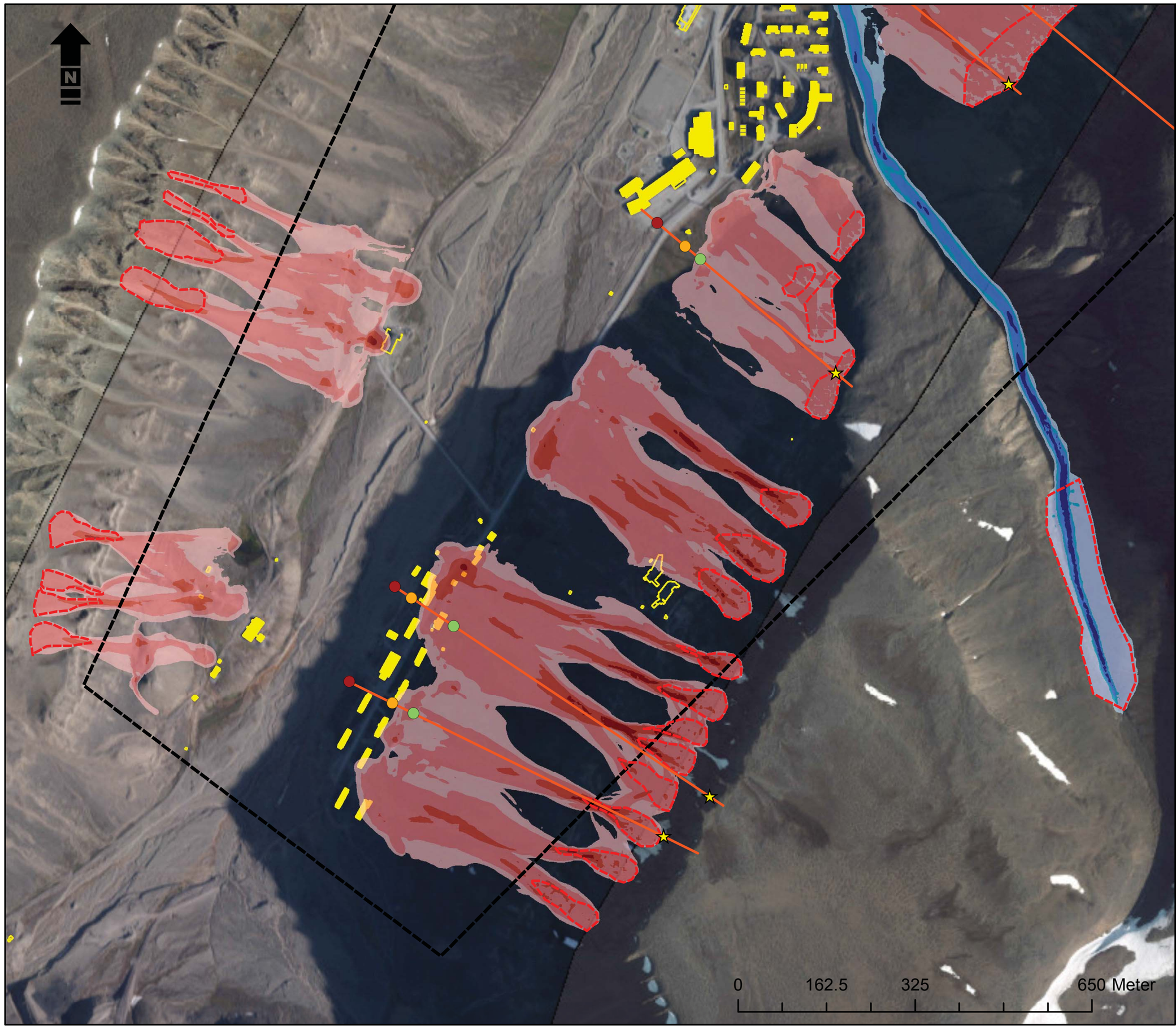
Utvalgte modelleringsresultater
fra RAMMS og Alfa-Beta
Longyearbyen nord
A3 1:6 000

Kunde: NVE

Oppdragsnr: 713416

Utført: OHB/MHP Kontrollert: MARIAH/JOL	Godkjent:TUT
Dato: 21-11-2016	Kart nr: F-3

Multiconsult



Tegnforklaring

Kartleggingsområde

Løsneområde (snøtykkelse se kap. 5.7)

Alfa - Beta modellen

Skredprofil

Utløsningspunkt

Beta

Alfa

Alfa-SD

RAMMS flom-/sørpeskred, maks høyde

(For informasjon om løsneområdet, se kpt.5.7)

0 - 0.1

< 0.5 m

0.5 - 1.5 m

1.5 - 3 m

3 - 5 m

5 - 8 m

RAMMS snøskred, maks høyde

(For informasjon om løsneområdet, se kpt.5.7)

0 - 0.1

< 0.5 m

0.5 - 1.5 m

1.5 - 3 m

3 - 6 m

Skredfarekartlegging Svalbard

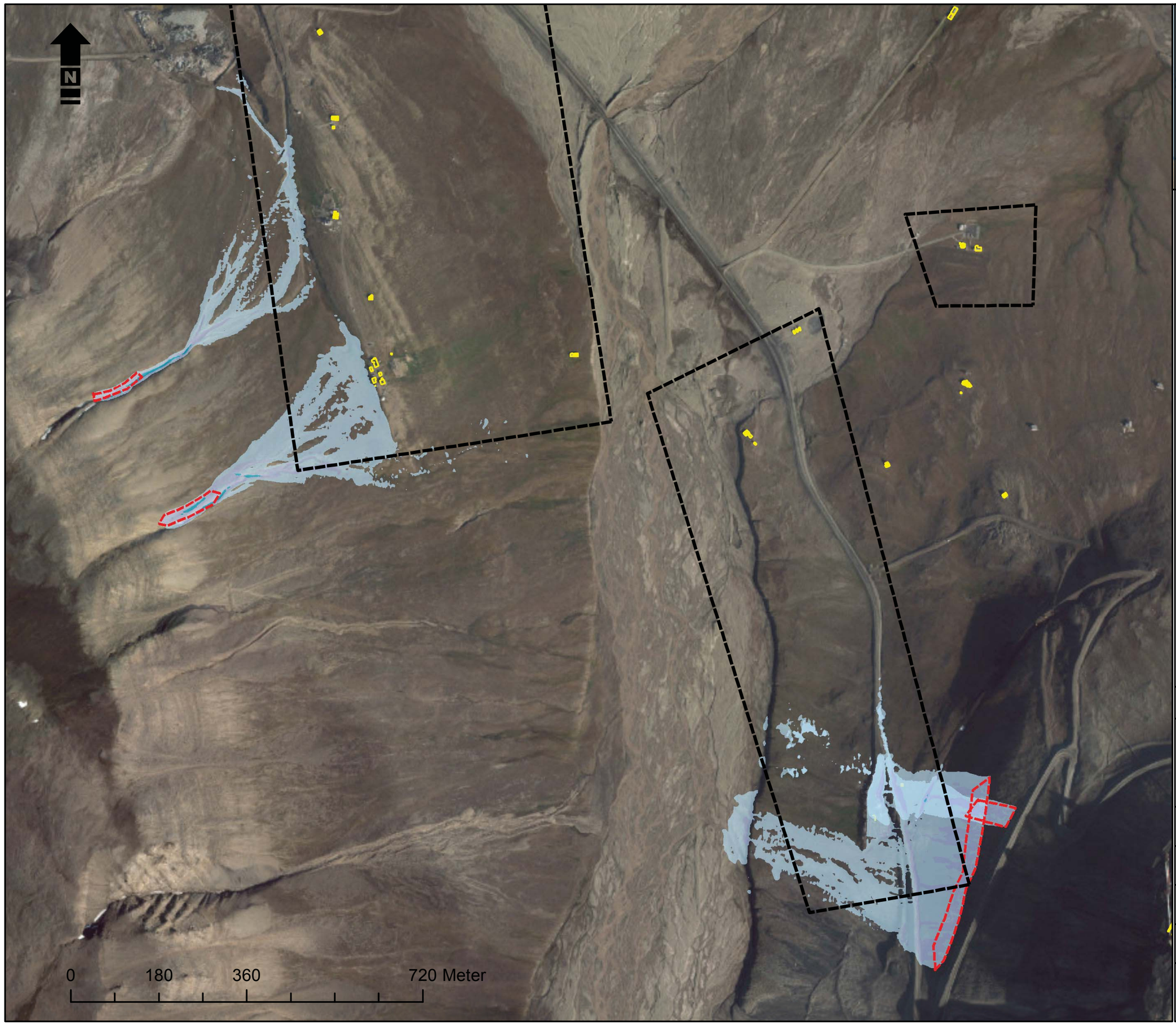
Utvalgte modelleringsresultater
fra RAMMS og Alfa-Beta
Longyearbyen sør
A3 1:9 000

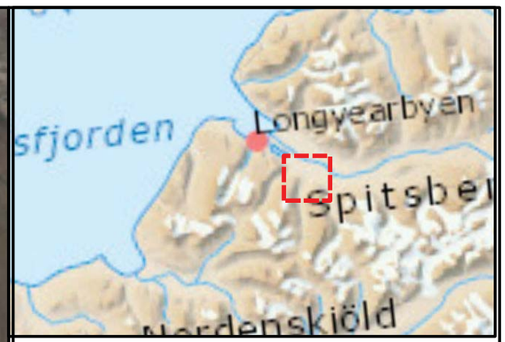
Kunde: NVE

Oppdragsnr: 713416

Utført: OHB/MHP Kontrollert: MARIAH/JOL	Godkjent:TUT
Dato: 21-11-2016	Kart nr: F-4

Multiconsult





Tegnforklaring

Kartleggingsområde

Løsneområde (snøtykkelse se kap. 5.7)

Alfa - Beta modellen

Skredprofil

Utløsningspunkt

Beta

Alfa

Alfa-SD

RAMMS flom-/sørpeskred, maks høyde

(For informasjon om løsneområdet, se kpt.5.7)

0 - 0.1

< 0.5 m

0.5 - 1.5 m

1.5 - 3 m

3 - 5 m

5 - 8 m

RAMMS snøskred, maks høyde

(For informasjon om løsneområdet, se kpt.5.7)

0 - 0.1

< 0.5 m

0.5 - 1.5 m

1.5 - 3 m

3 - 6 m

Skredfarekartlegging Svalbard

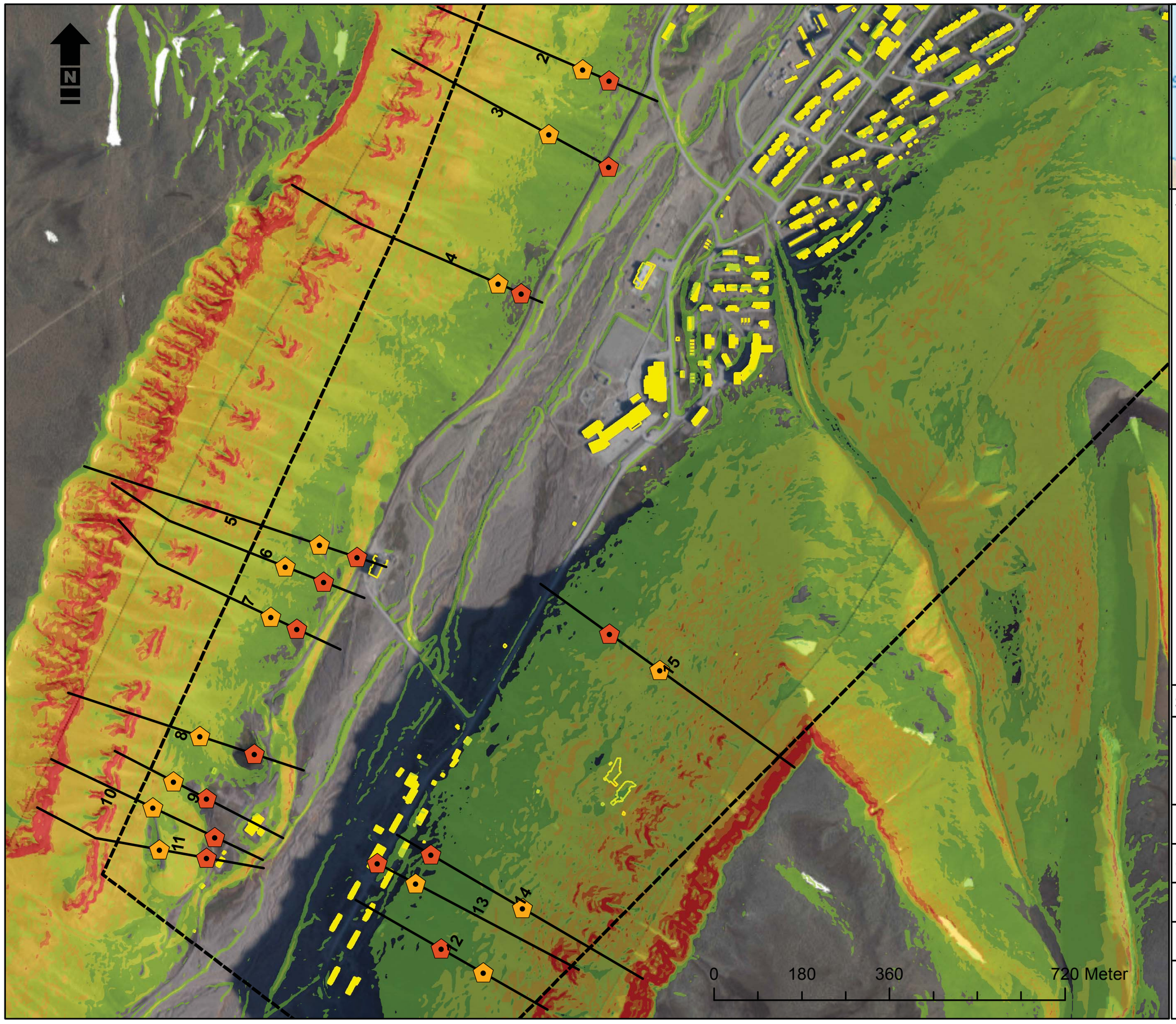
Utvalgte modelleringsresultater
fra RAMMS og Alfa-Beta
Bolterdalen
A3 1:10 000

Kunde: NVE

Oppdragsnr: 713416

Utført: OHB/MHP Kontrollert: MARIAH/JOL	Godkjent:TUT
Dato: 21-11-2016	Kart nr: F-5

Multiconsult



Tegnforklaring

- Kartleggingsområde
- Maks utløp
- Aller fleste stopper
- Steinsprangsprofil

Helning i grader

- 0 - 10
- 10 - 25
- 25 - 35
- 35 - 45
- 45 - 55
- 55 - 85

Skredfarekartlegging Svalbard

Utvalgte modelleringsresultater
Rocfall
Longyearbyen
A3 1:10 000

Kunde: NVE

Oppdragsnr: 713416

Utført: OHB/MHP Kontrollert: MARIAH/JOL	Godkjent:TUT
Dato: 21-11-2016	Kart nr: F-6

Multiconsult

Vedlegg G

Foto vedlegg

Vedlagt er et kompletterende utvalg foto/bilder fra enkelte av områdene.

I Vestpynten- Bykaia

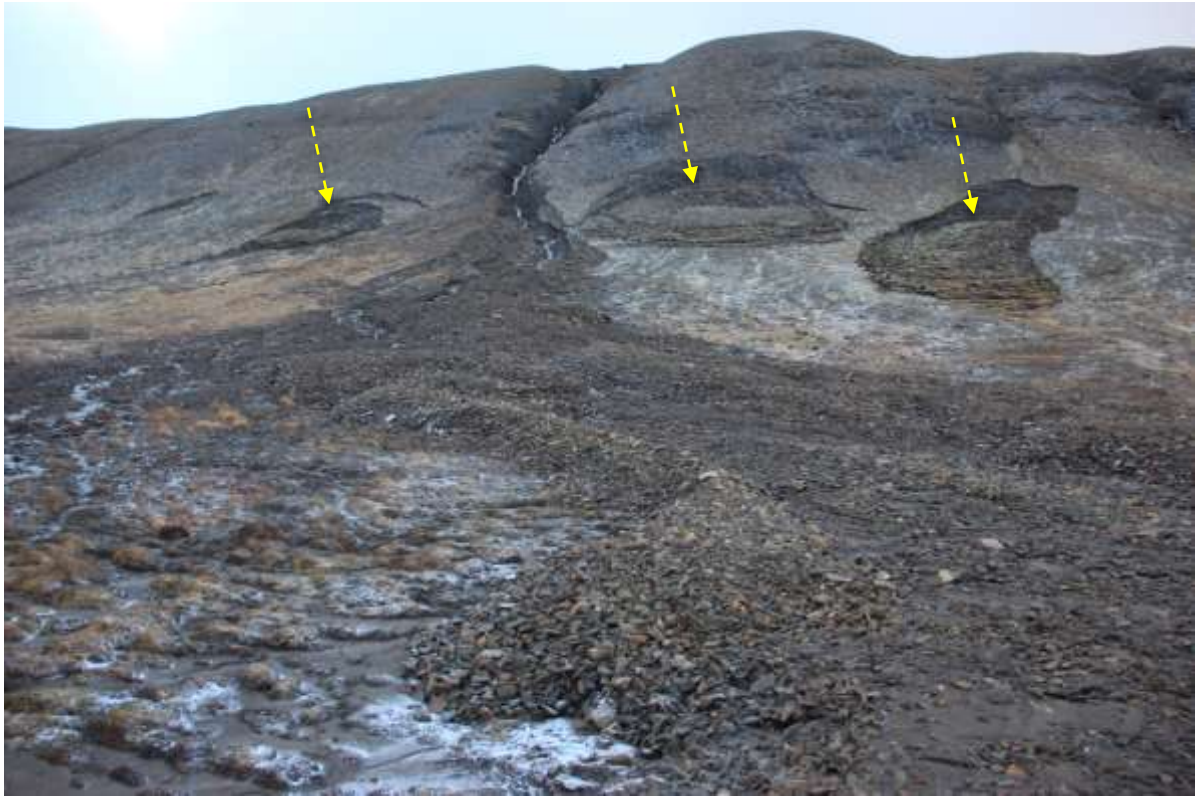
II Longyearbyen

Vedlegg G

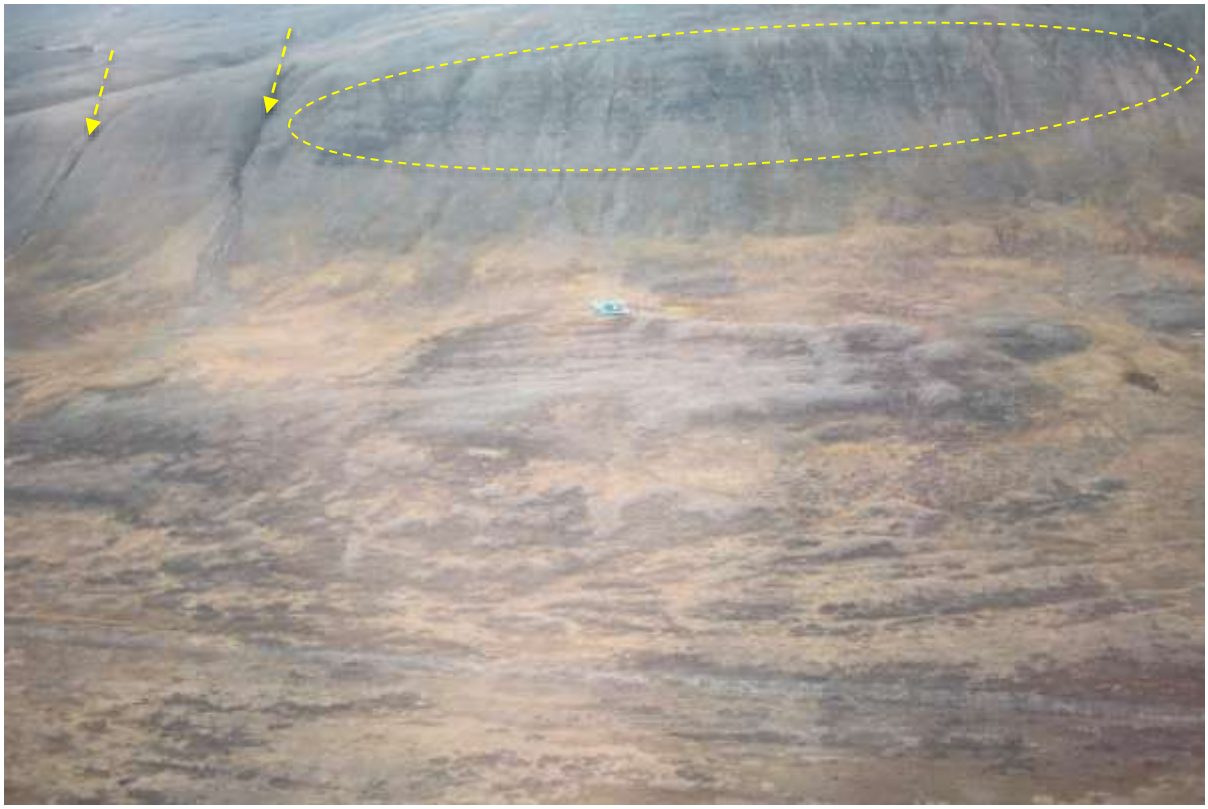
I Vestpynten-Bykaia

1 Figur 1. Ferske flomskredbaner ved hyttefeltet sørvest for flyplassen, september 2016. Sett mot sør. Skredbaner er anvist med gule piler

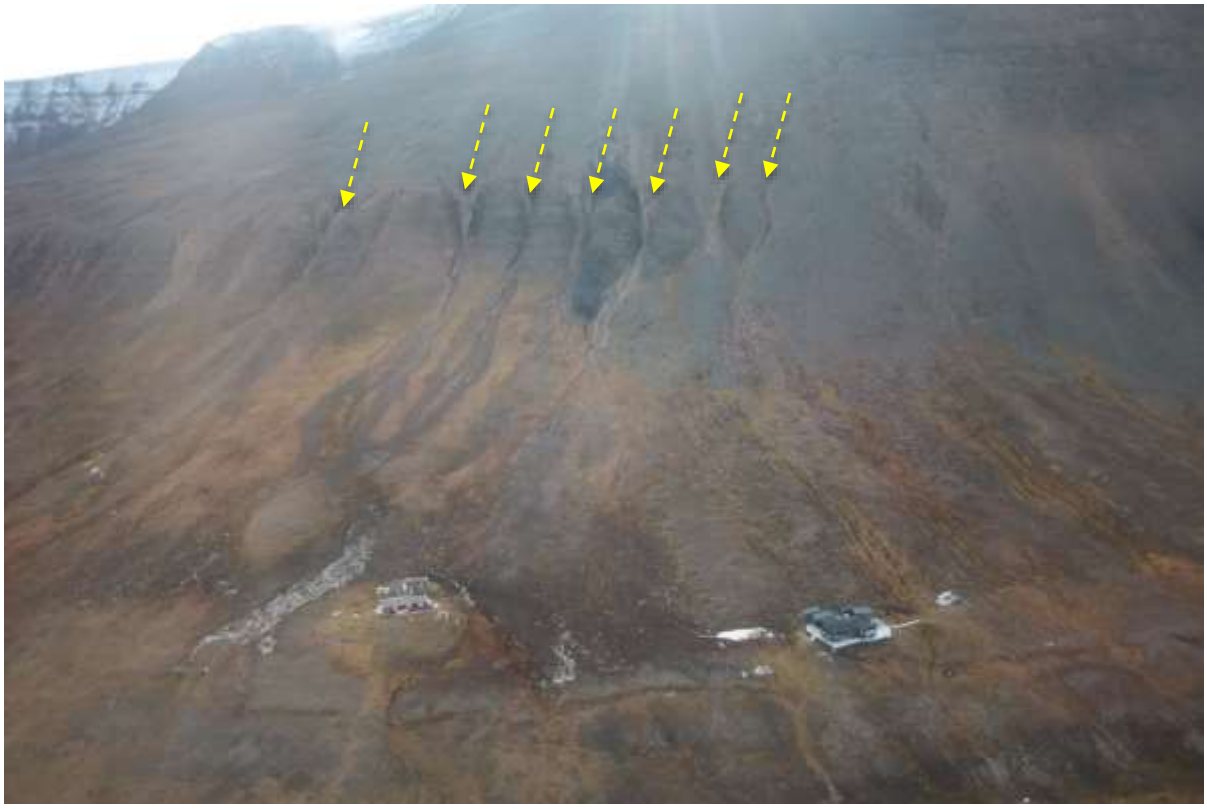
2 Figur 2. "Detachment" utglidninger/skred, samme sted som figur 2, foto fra Ngu.no, via NVE okt. 2016. Skredbaner/skred er anvist med gule piler



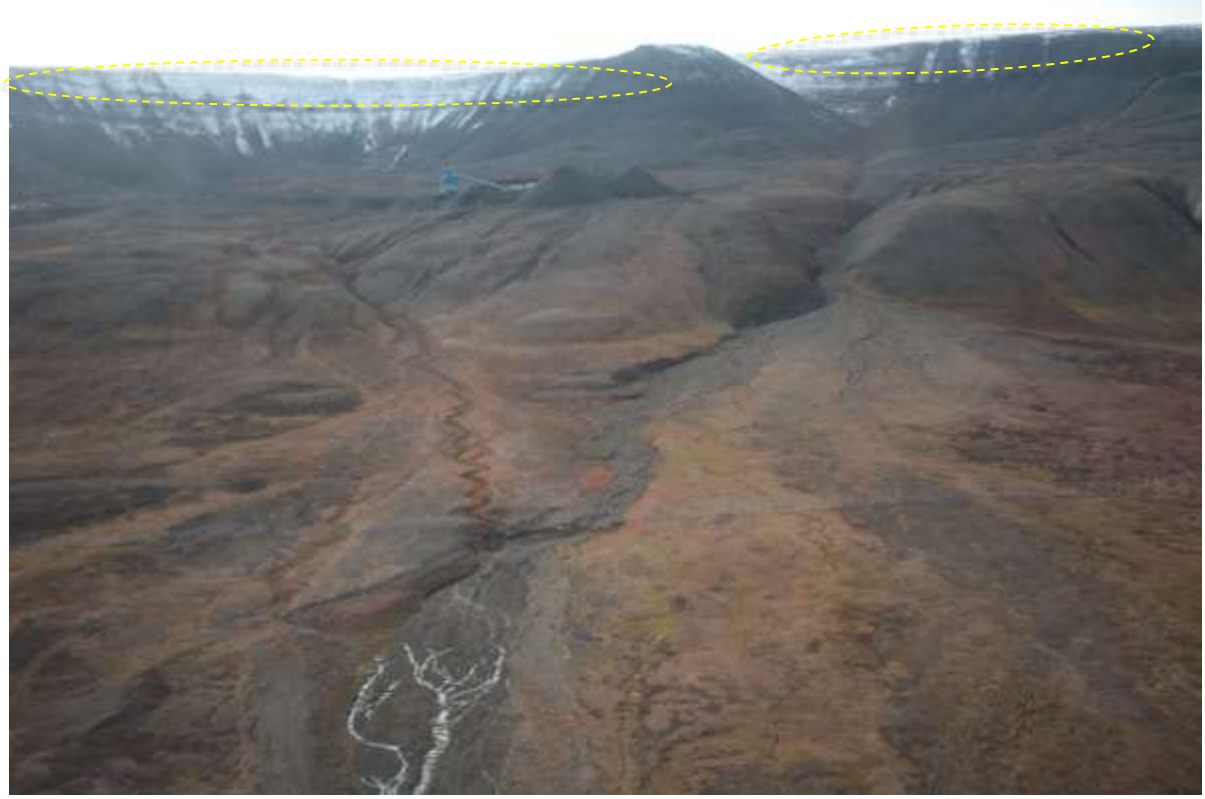
3 Figur 3.. "Detachment " utglidninger/skred i skråningen sørvest for flyplassen. Avsetning jord-flomskred i front. Foto Ngu.no, via NVE okt.2016. Skred er anvist med gule piler



4 Figur 4. Potensielle løsneområder for jord-, flom- og sørpeskred i skråningen ovenfor flyplassen, sett mot sør. Løsneområder er anvist med gul sirkel. Skredbaner er anvist med gule piler



5 Figur 5. Ferske spor av sørpeskred og flomskred ved hyttefeltet ved flyplassen. Rester av en hytte som ble tatt av sørpeskred i 2013 er synlig til venstre i bildet. Bildet er tatt mot sør, september 2016. Skredbaner er anvist med gule piler



6 Figur 6. Blanding av fluviale og flomskredavsetninger ovenfor flyplassen. Øverst til venstre i bildet ligger skytebanen og løsneområder for snøskred i bollen. Bildet er tatt mot sørvest. Løsneområder for skavelbrekk og snøskred er anvist med gule sirkler

7 Figur 7. Skråningen bak gruve 3 ved Platåfjellet, med Svalsatveien til høyre i bildet. Snøskred og steinsprangavsetninger er observert i skråningen. Bildet er tatt mot vest.

8 Figur 8. Snøskredavsetning i området vest for frølageret. Bildet er tatt mot sør. Avsetninger anvist med gul sirkel

9 Figur 9. Det er kjent at det er hyppig snøskredaktivitet i øvre del av Blomsterdalen. Etter skredaktivitet kan snømassene bli liggende i dalbunnen, og kan potensielt forårsake oppdemning av dreneringen. Dette kan føre til vannmetting av snømassene og at sørpemateriale blir transportert mot kartleggingsområdet. Foto er tilsendt av lokalstyret, og tatt mot nord.

10 Figur 10. Området ovenfor Burmaveien: nysnø i området der det tidligere er observert at det kan løsne mindre flakskred. De tydelige raviner lenger ned i skråningen er områder der jord-, flom og sørpeskred kan initieres. Bildet er tatt mot sørvest. Raviner er anvist med gule piler

11 Figur 11. Omtrent samme område som i figur 10. Bildet viser et sørpeskred ved den større ravinen. Skredet gikk helt ned og over veien. Foto er tilsendt av lokalstyret, og tatt mot sørvest i 2013. Ravine er anvist med gul pil

12 *Figur 12. Samme ravine som i figur 11 men sett fra Burmaveien. er tatt mot nordøst.*

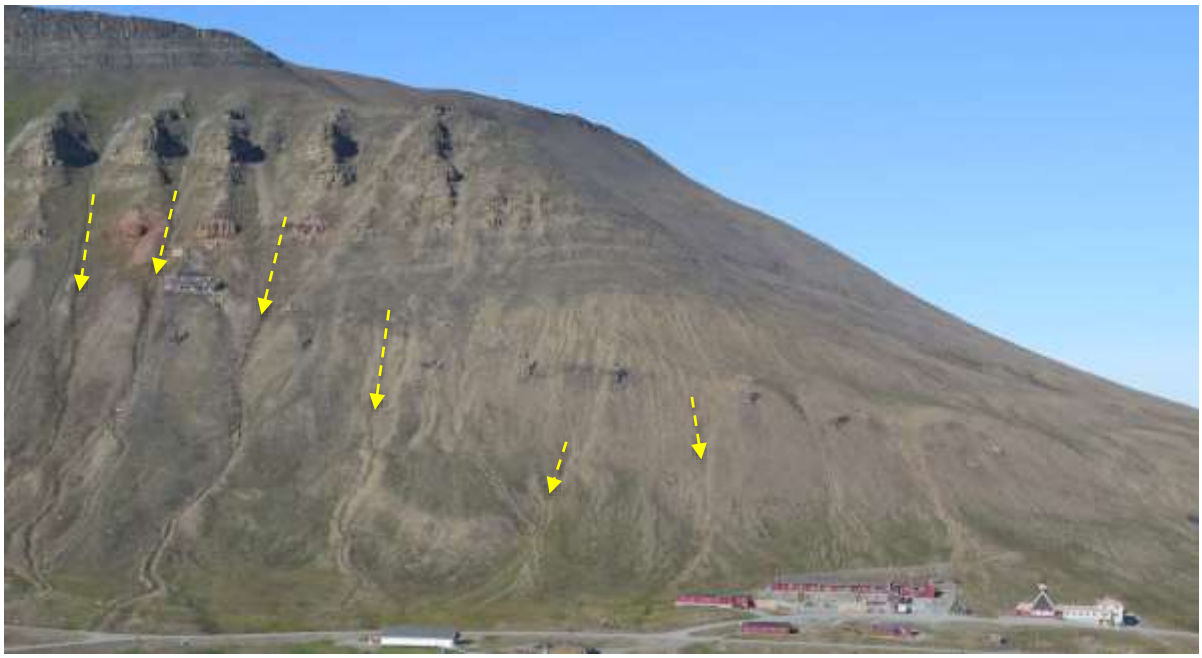
13 *Figur 13. Sørpeskred fra ravinen (figur 11 og 12) som gikk over veien i juni 2013. Foto er tilsendt av lokalstyret, og tatt mot nordvest.*

14 Figur 14. Ikke tilfredsstillende drenering, underdimensjonerte og skadde rør er en grunn til fare for skredfare ved ravinene langs Burmaveien og ned mot Flyplassveien. Bildet er tatt ca. mot øst.

15 Figur 15. Et eksempel av en typisk ravine ovenfor Burmaveien med aktiv erosjon. Bildet er tatt mot nordøst.

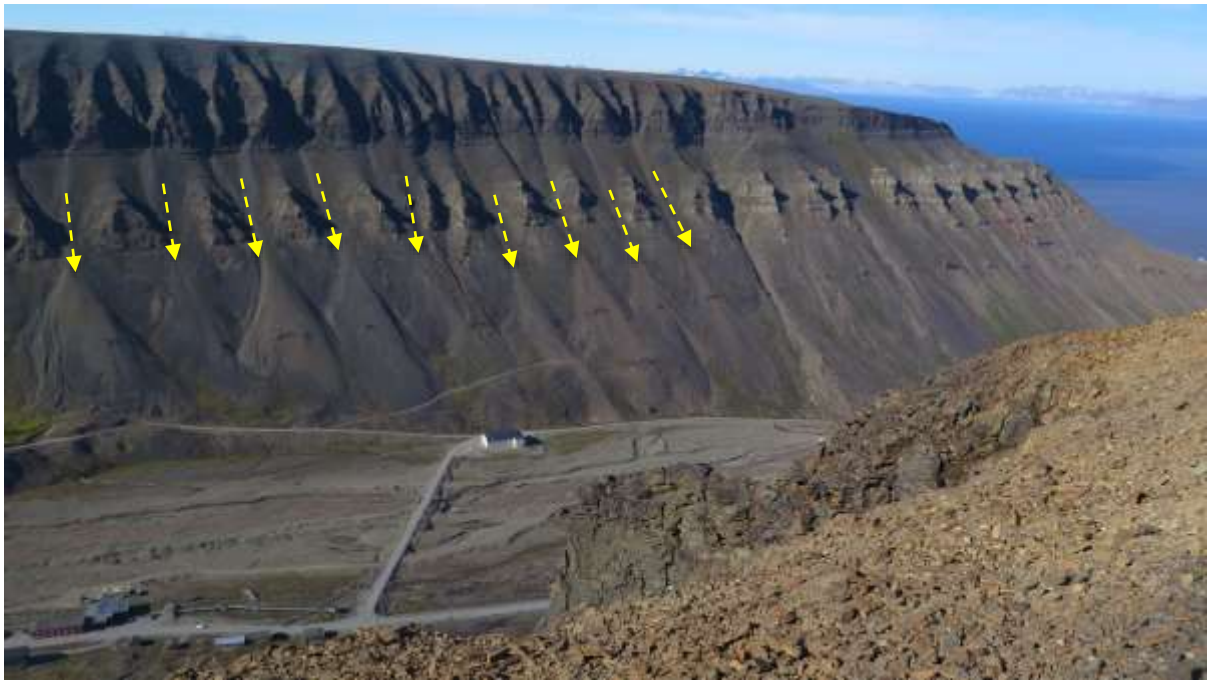
16 Figur 16. Området ovenfor Burmaveien mot Blomsterdalen: lite observerte spor av skredaktivitet i høyereliggende skråning. Ravinelandskap med potensielle løsneområder for mindre jord- og flomskred i nedre del av skråning ovenfor veien. Bildet er tatt mot sørvest. Raviner er anvist med gul sirkel

II Longyearbyen



Figur 17. Skråningen ovenfor Longyearbyen barnehage og kirkegården er dominert av flomskredprosesser. Bildet er tatt mot vest. Flomskredbaner er anvist med gul pil

Figur 18. Det er også kjent mindre snøskredhendelser i området ovenfor Longyearbyen barnehage. Foto er tilsendt av lokalstyret, og tatt mot nordvest i 2011.



Figur 19. Snø- og steinskredavsetninger dominerer i skråningen ovenfor Huset. Bildet er tatt mot nordvest. Avsetninger og skredbaner er anvist med gule piler.

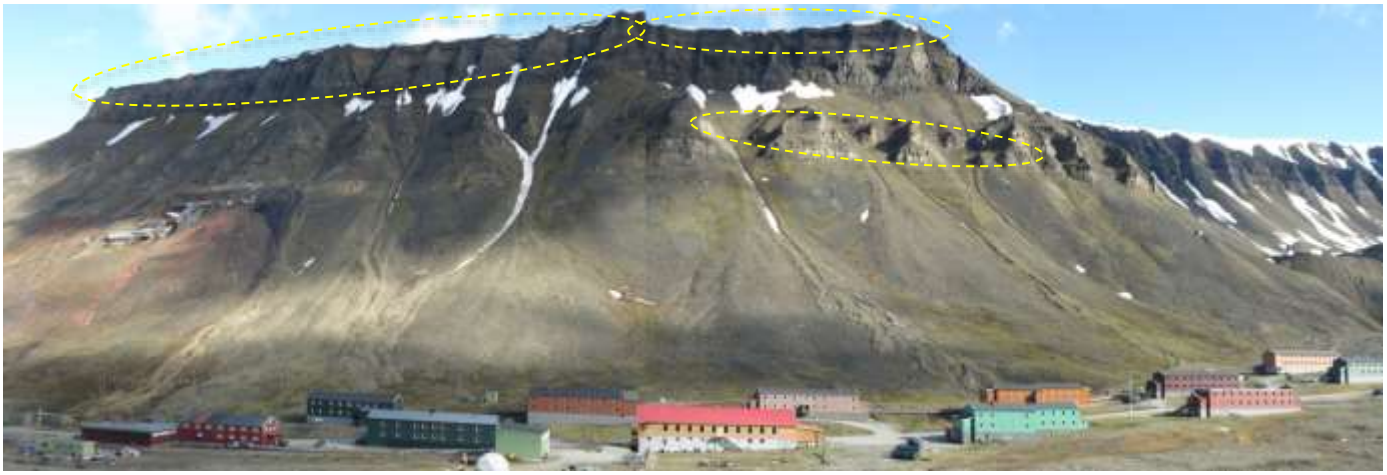
Figur 20. Steinsprang fra nyere tid i området mellom Longyearbyen barnehage og Huset. Størrelse på blokkene er ca. 1 m^3. Bildet er tatt mot sørvest.

Figur 21. Slik så det ut etter jord- flomskredet som gikk i Longyeardalen 15. oktober 2016. Foto: Trond Olsen, sysselmannførstebetjent, Sysselmannen på Svalbard.

Figur 22. Skråningen ovenfor Sverdrupbyen har både steinsprangaktivitet og mindre snøskredaktivitet fra de steile bergpartiene og skredbanene. Bildet er tatt mot vest. Bånd av bergpartier som frekvent kan gi steinsprang er anvist med gule piler, og skredbaner som har mindre snøskred er også avmerket.

Figur 23. Sverdrupbyen om vinteren 2008 etter et steinskred løsnet fra bergpartiet, og drog med seg snømasser på vei ned. Foto er tilsendt av lokalstyret, og tatt mot sørvest. Skredbaner er anvist med gule piler.

Figur 24. Steinblokk som antas remobilisert seg fra toppen på tippen ved Svedrupbyen fra 2016. Antatt opprinnelse er fra den sørlige delen av tippen. Bildet er tatt mot nordøst.



Figur 25. Skavldannelse langs Gruvefjellet er et årlig fenomen, som fører til skavlbrekk og snøskred i skråningen mot Nybyen og ved Gruve 2. De fleste snøskredene stopper i skråningen før bebyggelse: traktformede kløfter i øverste deler av skråningen er med på å binde skavlene. Partiene av berg lavere ned i skråningen i sørlige delen av Nybyen styrer også eventuelle skred i bestemte skredbaner. Dette medfører at det er mindre sannsynlig at større snøskred dannes og løsnes mot bebyggelse ved Nybyen. Det er registrert flere ferske flomskredavsetninger på snøskredviftene, samt steinsprangblokker (på ca. 1 m^3) på oversiden av bebyggelsen. Skavlpartier og partier av berg som styrer skred er anvist med gule sirkler.

Figur 26. På toppen av Gruvefjellet er det tydelige spor av hvordan skavlene eroderer og plukker opp steinmasser (anvist med gult) fra den øverste delen av skråningen. Bildet er tatt mot nord.

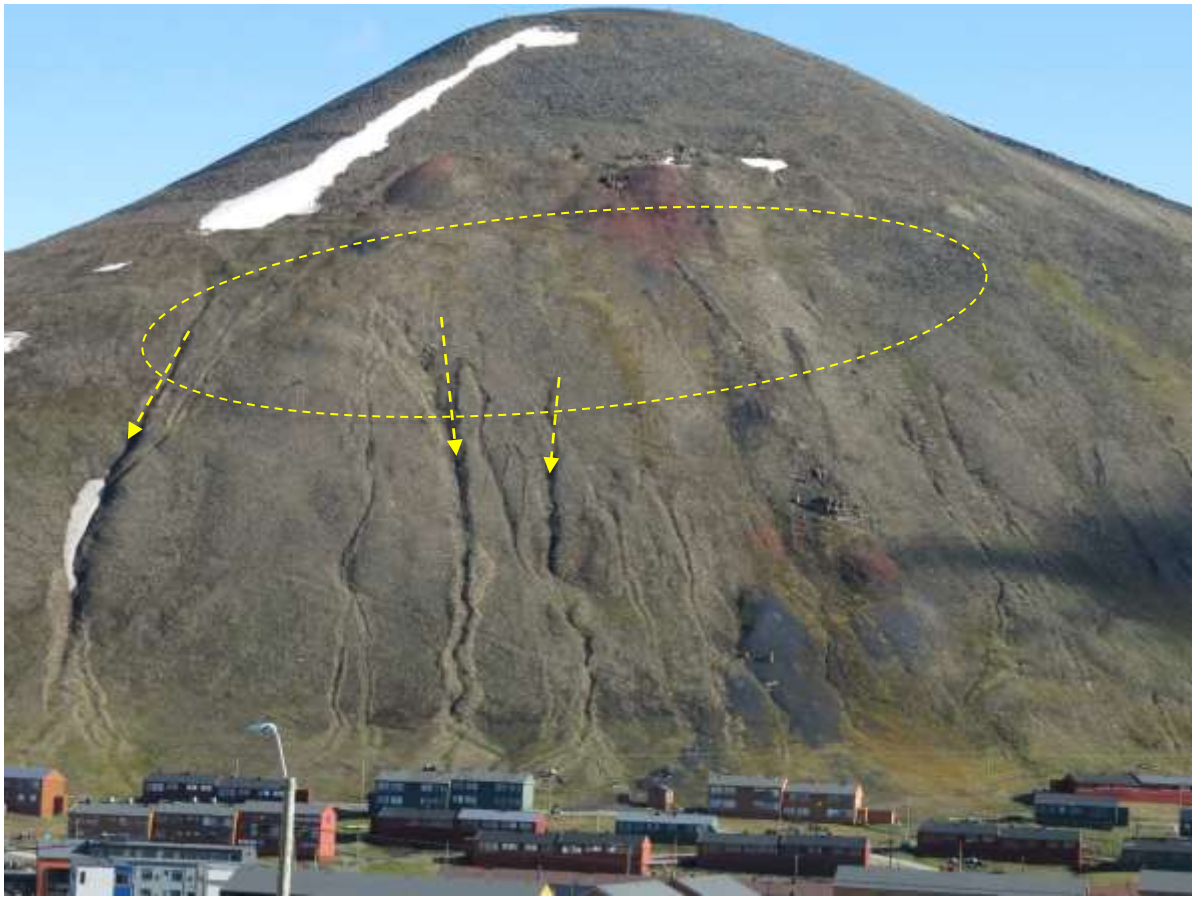
Figur 27. Flomskred- og snøskredavsetninger mellom de to små byggene i nordlige delen av Nybyen. Bildet er tatt mot øst. Skredbane er anvist med gul pil

Figur 28. Gamle steinsprangavsetninger ligger tett på bebyggelse ved Nybyen. Bildet er tatt mot nord.

Figur 29. To større flaksnøskred nordøst for Gruve 2, mai 2012. Denne delen av skråningen langs Gruvefjellet er mer utsatt for større snøskred grunnet rettere profil langs de øverste bergskrentene sammenlignet med området ovenfor husene i sørlige delen av Nybyen. Jevnere bergpartier uten utstikkere der skavlene dannes gjør at skavlbrekk blir med lengre utstrekking og kan utløse større flakskred i den tilstøtende skråningen rett nedenfor de brattere bergpartiene. Bilde av Markus Eckerstorfer, og tatt mot nordøst. Skredbaner er anvist med gule piler

Figur 30. Skråningen ovenfor skolen er utsatt for mindre snø-, sørpe-, og flomskred. Bildet er tatt mot sørøst. Skredbaner er anvist med gule piler

Figur 31. Skråningen ovenfor Spisshusene. Vindtransportert snø kan akkumuleres i store mengder i løpet av en kort tid i skråningen der det fortsatt på bilde ligger snø. Dette er et kjent løsneområde for flakskred, og det var her det fatale skredet løsnet i desember 2015. Bildet er tatt mot øst. Akkumuleringsområde er anvist med gul sirkel



Figur 32. Tydelige flomskredbaner og -avsetninger i skråningen ved Sukkertoppen. De midterste delene av skråningen er også potensielle akkumuleringsområder for snø ved enkelte vindretninger. Bildet er tatt mot sørøst. Skredbaner er anvist med gule piler. Akkumuleringsområde er anvist med gul sirkel

Figur 33. Vannledningsdalen er kjent for sin sørpeskredproblematikk, skredene starter lenger opp i dalen. Vollen til høyre i bildet ble først etablert sent på 50-tallet, men er forbedret i senere tid. Noter også aktive flomskredbaner fra Sukkertoppen til venstre i bildet. Bildet er tatt mot sørøst. Skredbaner er anvist med gule piler og Vannledningsdalen anvist med rød pil

Figur 34. Bildet er tatt etter sørpeskred fra Vannledningsdalen i juni 1989. Foto fra SNSK's arkiv, tatt mot sørøst.

Figur 35. Løsneområdet for sørpeskred i Vannledningsdalen. Bildet er tatt mot nordvest. Foto av J.O. Larsen.

Figur 36. Skråningen nord for Sukkertoppen, Skråningen ovenfor Strammestasjon har til vanlig lite akkumulering av snø. Det kan dokk akkumuleres snø ved sjeldne tilfeller i enkelte områder i denne skråningen. Bildet er tatt mot sørvest. Spor av tidligere flomskredhendelse.

Figur 37. Eldre flomskredavsetninger i nedre del av skråningen nord for Sukkertoppen, sett mot nordøst.

Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no