



Nedsynkning/kraterdannelse i fylling på Nordlandsbanen ved km 356,710 den 15.02.2001

Geoteknisk vurdering





Notat

Til: Legges ved rapporten

Fra: Kjell Arne Skoglund

Dato: 18.04.2001

Saksref.: 01/01807 IT 717

Kopi til: Saken

Fordeling av geoteknisk rapport i forbindelse med nedsynkning/kraterdannelse i fylling på Nordlandsbanen ved km 356,710 den 15.02.01. RNTK-arkiv 118-6.72.

Rapporten er kopiert i 7 eksemplarer og fordelt til:

Hanne Louise Moe (Trondheim), banesjef

Jan Birger Almåsbro (Trondheim)


Are Sjømo (Mosjøen)

Kjell Arne Skoglund (Tondheim), Teknisk kontor

Erling Romstad, Scc Scandiaconsult, Steinkjer

Arkiv Teknisk kontor *Elin*

Saksmappe

 <p>JERNBANEVERKET Region Nord Teknisk kontor</p>	TITTEL Nedsynkning/kraterdannelse i fylling på Nordlandsbanen ved km 356,710 den 15.02.2001. Geoteknisk vurdering.	
	SAKSNR. 01/01807	ARKIVBETEGNELSE IT 717
	DATO 18.04.01	ANTALL SIDER OG BILAG 10 s + 12 bilag
OPPDRAKSGIVER Nordlandsbanen		OPPDRAKSGIVERS REFERANSE
SAKSBEHANDLER/PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Kjell Arne Skoglund		PROSJEKTMEDARBEIDERE
KVALITETSSIKRET AV FAGPERSON (NAVN, STILLING, SIGN.)		
GODKJENT (NAVN, STILLING, SIGN.) <i>Anne Eide</i>		
SAMMENDRAG Ved km 356,710 oppdaget/utløste nordgående visitasjon 15.02.01 ca. kl. 0900 en nedsynkning/kraterdannelse under skinnestigen i ei fylling. Ca. 30-40 m ³ masse forsvant ned i fyllinga og etterlot seg et traktformet krater der skinnestigen hang fritt over 6-7 m. Fyllinga er ca. 15 m høy på nedsida, 5 m på oppsida og består av silt/finsand og sprengstein. Det var teleskorpe med tykkelse 0,5-1 m på sidene. Nedsynkningen antas utløst av et voldsomt regnvær og påfølgende snøsmelting som med ca. 150 mm i total vanntilgang over to døgn førte til at fyllinga på skadestedet ble vannmettet, samtidig som det ble bygd opp et indre vanntrykk som ble hindret i å drenere ut pga. teleskorpa. Det er pekt på to mulige mekanismer som kan ha ført vann inn i fyllinga: 1) Vann har rent inn i sporet ved en planovergang ca. 150 m lenger nord. 2) Vann har blitt presset inn under trykk fra bunnen av fyllinga der det gamle elveløpet til den nærliggende Blåfjellelva lå. Fra vinteren/våren 1966 er det rapportert om to hendelser i samme fylling, men informasjonene om disse er mangelfulle. Umiddelbart etter hendelsen 15.02.01 ble teleskorpen på nedsiden av fyllinga fjernet, og krater og fyllingsskråning ble gjenfylt med pukk - tiltaket fungerer dermed også som en punktdrenasje i fyllinga. Det ble også etablert lukket drenering i fyllingsfot. Disse tiltakene ble utført ut fra at årsaken var som i punkt 1) ovenfor. Denne geotekniske vurderingen sannsynliggjør at årsaken like gjerne er vann under trykk tilført nedenfra (pkt 2)). Det bør derfor foretas en befaring for å avklare dette, og ev. utarbeides planer for ytterligere sikring. Det understrekes at det utførte tiltaket ikke er tilstrekkelig dersom årsaken er som i punkt 2) over.		

INNHALDSFORTEGNELSE

1. HENDELSE	4
2. OBSERVASJONER PÅ SKADESTEDET	4
3. BAKGRUNNSDATA	6
4. TIDLIGERE HENDELSER I SAMME OMRÅDE	7
5. ÅRSAKSFORHOLD OG DRØFTING AV DISSE	8
6. TILTAK	9
7. KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER	10

VEDLEGG

1. Oversiktskart over Svenningdal, Grane kommune
2. Kart over fylling ved Blåfjellelva bru
3. Dreneringskart
4. Konduktørkart
5. Døgnnedbør
6. Temperatur
7. Kart over meteorologiske stasjoner i området
8. Kopi av befaringsrapport fra Scc v/Erling Romstad
9. Fra seksjonsboka
10. Kopi av geoteknisk rapport, GK 3491
11. Overslagsberegning av vannmengder, strømningshastigheter, nedslagsfelt m.v.
12. Bilder fra skadestedet

1. Hendelse

Torsdag den 15. februar 2001 ca. kl. 0900 skjedde det ei nedsynkning/kraterdannelse i ei fylling på Nordlandsbanen ved km 356,710 ca. 2,2 km nord for Svenningdal stasjon, Grane kommune. Vedlegg 1 og 2 viser kart over det aktuelle området.

Banen var stengt mellom Mosjøen og Grong på hendelsestidspunktet pga. utvasking av sporet dagen før ved stikkrenne nord for Trofors, km 369,98, og også pga. generelt stor rasfare.

Nedsynkningen ble trolig utløst av ei Robel-tralle på veg nordover under linjevisitasjon. Hastigheten på Robel-tralla ble i ettertid anslått å være 40-50 km/h. På det aktuelle stedet ble det ikke observert skader i sporet i dagene før denne hendelsen og heller ikke av personalet på Robelen umiddelbart før passering. Robelen sporet ikke av, men personellet om bord kunne melde om kraftige rystelser ved passering av skadestedet. Mannskapet på Robelen bestod av Bjørn Sørum, Johnny Fløtnes og Harald Mellingen, alle fra Bane Produksjon.

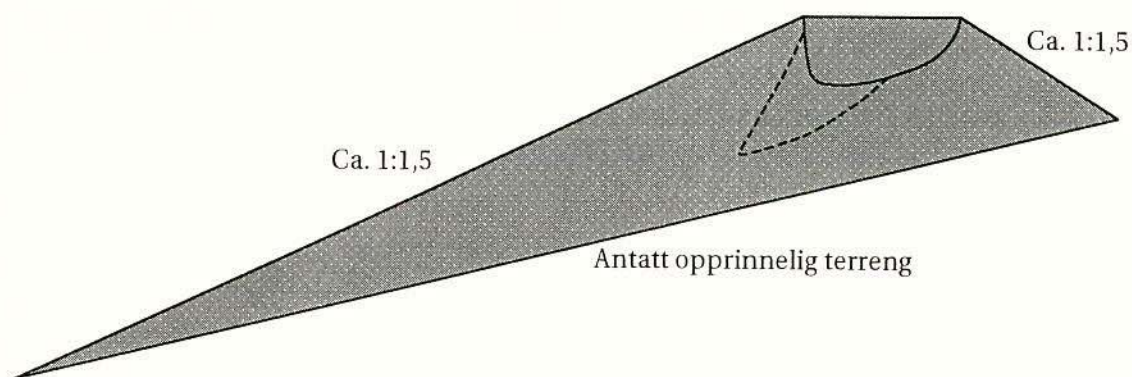
2. Observasjoner på skadestedet

Personalet på Robelen så at pukken under svillene sank hurtig ned, med påfølgende tilbakefjæring av skinnestigen. Tilbakefjæringen var kraftig, noen pukkstein ble slynget opp noen desimeter. Ifølge Robelmannskapet er det usikkert om det på forhånd var hulrom nedi fyllingen eller om dette ble dannet da Robelen kjørte over. Det ble observert vann i gropa umiddelbart etter hendelsen. Bjørn Sørum og Harald Mellingen anslo at vannstanden var ca. 2 meter over opprinnelig terrengnivå, 4-5 meter ned fra fyllingstopp. Vannet drenerte ut av gropa forholdsvis raskt. Pukkbalklasten fylte gropa i ca. 1 meters tykkelse, opprinnelig raskant ble anslått til 3-3,5 meter høy. Gropa var traktformet med en spiss ned innunder teleskorpen på nedsiden av fyllinga. Etter at vannet drenerte ut, ble gropa delvis fylt igjen av småras som gikk langs kanten.

Robelmannskapet oppgir at det under hendelsen var bortimot oppholdsvær og noen få cm snø på marka.

Skadestedet ble på ettermiddagen 15.02 (ca. kl. 1600) undersøkt visuelt av geotekniker Erling Romstad, Scc Scandiaconsult. Befaringen er beskrevet i en egen befaringsrapport, se Vedlegg 8. Kjell Arne Skoglund, geotekniker i JBV Region Nord, ankom skadestedet 16.02 ca. kl. 1500. Sistnevnte var også på skadestedet 17.03 og gjorde noen supplerende observasjoner.

Raskantene var ca. 2 m høye (nedrast pukk hadde delvis fylt gropa), lengden langs sporet var ca. 6-7 m mens bredden er 3,5-4 m. Anslagsvis 30-40 m³ masse gled ut. Massene forsvant ned i fyllinga og det er noe uvisst hvor de ble av siden det ikke var noen tydelige dreneringsveger ut fra fyllinga. På begge sider av trauet ble det stående raskanter tilbake som var frosset (teleskorpe). Teleskorpen var ca. 0,5 meter tykk i toppen av fyllinga, økende til ca. 1,0 meter i fyllingsfot på nedsida. Skinnestigen ble på denne måten hengende fritt over rasgropa. Figur 1 viser omtrentlig form på nedsynkningen.



Figur 1: Skisse av kraterdannelsen. Heltrukken strek viser form på hoveddelen av krateret, stiplet strek viser den traktformede delen der massene forsvant ned. Se tekst for mål. (Etter Erling Romstad).

Fyllinga består av silt/finsand og sprengstein opp til 0,5 meter i tverrmål. Forholdsvis lite materiale i grusfraksjonen. Ned mot fyllingsfoten økte den relative andelen av sprengstein, men også her var mye silt. Under utgravingen ble det observert svært bløte siltige masser, og som ikke var frosset, ned mot fyllingsfoten.

Fyllingsfoten på oversiden av ligger ca. 5 meter under sporet, mens foten på nedsiden ligger ca. 15 meter under sporet. Fyllinga ble trolig lagt ut i rasvinkel da den ble bygd (ca. 1933, byggeår for brua over Blåfjellelva, km 356,66).

På oversiden av fyllinga heller terrenget ned mot sporet og mot Blåfjellelva ca. 30-35 meter lenger sør, helning ca 1:6,5. Terrenget er skogkledt (hovedsakelig granskog). Fjellet stikker opp i dagen flere steder. Terrengformasjoner og vegetasjon tyder på at det også ellers er grunt til fjell, bortsett fra et område av 10-15 meters bredde nærmest fyllingsfoten hvor løsmassedeckket er noe dypere. Det er blottlagt fjell i løpet til Blåfjellelva ved brustedet.

På nedsiden av fyllinga er det anlagt skogsbilveg/kommunal veg tett inntil fyllingsfoten ved rasstedet. Denne er bygd ca. 1952 (ifølge Steinar Lund, Svenningdal).

I grøfta mellom fyllingsfoten og vegen ble det meldt om bløte, siltige masser etter at raset hadde gått. Men det var ingen spor i snøen som indikerte at massene hadde drenert ut her. Rundt dette bløte området var det teleskorpe med ca. 1 meters tykkelse. Det kan tenkes, uten at dette kan fastslås sikkert, at noe av rasmassene har trengt ut i sprengsteinen i fyllingsfoten og at dette er årsaken til det bløte partiet.

Det var ingen spor på terrengoverflata av rennende vatn fra Blåfjellelva og inn mot fyllinga.

Når det gjelder observasjoner på stedet vises det også til bildene i Vedlegg 12.

3. Bakgrunnsdata

Ifølge Banedatabanken (BDB) og kart går banen i en innkurve med radius +400 meter og overhøyde 140 millimeter mellom km 356,548 og km 356,970. Mellom km 356,613 og km 357,548 er banen horisontal med h.o.h. 130,65 meter. Over bruddstedet er det S49 skinner med betongsviller, svilleavstand 65 cm. Det er pukkballast.

Dreneringssystemet er vist på dreneringskart, se Vedlegg 3, samt på konduktørkart, se Vedlegg 4. BDB angir at det er ei murt stikkrenne ved km 356,732. Dimensjonen på stikkrenna blir angitt til 0,80/1,20, lengden 30 m og høyden fra spor ned til renna 8 m. Brua over Blåfjellelva har lysåpning ca. 6 x 5 meter.

Banemannskapet opplyser at det på hendelsestidspunktet var det mildt i været (noen få varmegrader) og noen få cm snø på bakken. Før regnet begynte, dvs. før 12. februar, var det ca. 10 cm lett snø på bakken i det aktuelle området.

Det er hentet inn mer omfattende meteorologiske data fra Meteorologisk institutt (DNMI) og fra Statens vegvesen (SVV). Vedlegg 7 viser beliggenheten av de meteorologiske målestasjonene. Generelt er dataene fra DNMI mer pålitelige enn fra SVV. Vedlegg 5 viser nedbør f.o.m. oktober –00 t.o.m. februar –01, samt nedbør for 11.-16. februar –01. Det ses tydelig at nedbørmengden forut for hendelsen var svært stor for de målestasjonene nærmest bruddstedet (Fiplingvatn, Fallmoen og Majavatn). For Fiplingvatn innebærer dette 84,9 mm, og for Fallmoen 77,2 mm de siste 24 timer fram til kl. 0800 den 15.02. I tillegg kommer bidraget fra snøsmelting, som minst må antas å ligge i området 10-20 mm nedbør - ut fra en dybde på ca. 10 cm med løs snø som angitt av banepersonalet. Data fra DNMI angir bortsmelting av 21 cm snø for Fallmoen og 28 cm for Fiplingvatn, men snødybdene kan variere mye lokalt. Når det gjelder mer nøyaktig tidsangivelse av de svært store nedbørmengdene tyder DNMI-målingene på at de må ha begynt mellom kl. 12 og kl. 24 den 13.02. SVV-målingene angir noe før, men da er det viktig å være klar over at nedbørmålerne til SVV registrerer all nedbør uansett form som et visst antall millimeter. Ut fra temperaturen på det aktuelle tidspunktet (se vedlegg 6) kan det være grunn til å anta at nedbøren på dette tidspunktet var snø. Nedbøren avtok i morgentimene den 15.02.

Vedlegg 6 viser midlere døgntemperatur f.o.m. oktober –00 t.o.m. februar –01, og temperatur for de angitte tidspunkt i perioden 11.-16. februar –01. Det har vært noen lengre kuldeperioder i vinter og kombinert med lite snø har dette gitt betydelig nedtrengning av tele i bakken. Når det gjelder temperaturen på rasstedet kan den i snitt antas å ligge ca. 1 grad høyere enn ved målestasjon Fiplingvatn. Sammenliknes kurvene for nedbør og temperatur ser vi at begge har sine toppunkt innenfor et døgn eller så før nedsynkningen skjedde.

Banepersonalet opplyser at Blåfjellelva ble delvis omlagt i forbindelse med brubygginga over jernbanen. Ut fra seksjonsboka, se vedlegg 9, kan man også se at det opprinnelige terrenget og fjelloverflata synes å være lavest ved km 356,7, altså omtrent ved kraterdannelsen.

Av geologiske forhold nevnes at marin grense i området trolig er 129-130 m.o.h. ifølge NGUs kvartærgeologiske kart 'Grane' (1:50 000) (som riktignok dekker et område fra ca. 5 km lenger nord og nordover). Uten at det er nærmere undersøkt er

det derfor en mulighet at fyllinga ligger på marint avsatte masser. Bergrunnen på rasstedet består av granittiske og granodiorittiske bergarter ifølge NGUs berggrunnskart 'Mosjøen' (1:250 000).

Diagram fra målevognskjøringer høsten 2000 viser ingen unormale setninger ved skadestedet. Heller ikke banemannskapet kan melde om spesielle setningsproblemer her. Det er likevel meldt om småfeil i sporbeliggenheten som skyldes tele, men dette gjelder i hele fyllingas lengde.

4. Tidligere hendelser i samme område

Geoteknisk rapport GK 3491, se Vedlegg 10, melder om et ras eller setning i fyllinga på omtrent samme sted, km 356,7, i april-mai 1966. Skissa i rapporten er ikke særlig nøyaktig, men ut fra denne er det antydnet et større krater – kanskje opptil 10x10 meter – som strekker seg fra fyllingsfot og nesten til toppen på nedstrøms side. Det er ikke angitt noen dybde.

Det blir antydnet at vann gjennom fyllinga er den primære årsak til kraterdannelsen. Vannbelastninga skyldes i sin tur en terrengrøft som ikke skjærer av vannstrømmen som forutsatt, samt en stikkrenne (sannsynligvis ved km 356,732) som er blitt tettet av snø. Stikkrenna ble dessuten ikke forlenget gjennom vegen i samband med vegbygginga.

GK 3491 antyder også om uregelmessigheter tidligere ut fra at det har blitt etterfylt med stein på linjens overside.

Med litt "kildekritisk" lesning er det et par forhold som ikke stemmer i GK3491:

- Det er angitt km 356,7, men ut fra drenskart og observasjoner på stedet kan den angitte terrengrøft C-D være den som har avløp gjennom stikkrenne ved km 356,732 (merket A i rapporten). Dersom km-angivelsen i rapporten likevel er korrekt er det Blåfjellelva bru som er merket med A.
- Mye tyder på at utbredelsen til krateret er atskillig mindre. Dette fordi tidsangivelsen for hendelsen er forholdsvis unøyaktig – noe som skulle tilsi at det var en mindre skade som ble oppdaget litt tilfeldig.

Det ble tatt kontakt med tidligere banearbeider Kåre Hjortskarmo (f. 1929), Svenningdal, som kjenner den aktuelle strekningen godt etter mer enn 40 års virke ved jernbanen. Han kunne ikke huske denne kraterdannelsen, noe som også skulle tilsi at denne utgravingen var av mindre karakter.

Konklusjonen er at hendelsen rapportert i GK3491, som mest sannsynlig var av et begrenset omfang, neppe kan relateres til den nedsynkningen som fant sted 15.02.01.

I tillegg til Kåre Hjortskarmo er det tatt kontakt med pensjonert skogsarbeider Steinar Lund, Svenningdal. Lund er født og oppvokst i Svenningdal og kjenner området ved Blåfjellelva godt. Han opplyste at Blåfjellelva under isgang delvis kan gå i sitt gamle løp pga. utilstrekkelig forbygning der elva ble lagt om, ca. 150-200 meter oppstrøms fra jernbanen. Det skal være steinblokker i det gamle elveløpet som delvis kan skjule vann som renner her. Dessuten er ikke dette forlatte elveløpet så synlig i dag pga. vegetasjon. Han mente å huske en rashendelse på samme sted i

februar 1966 som sperret jernbanen. Dette blir likevel ikke bekreftet fra andre kilder (BDB, Bekkevold, Hjortskarmo, Helgeland Arbeiderblads arkiv).

5. Årsaksforhold og drøfting av disse

Det antas at den utløsende mekanismen har vært vann som har bygd opp et indre trykk i fyllinga. Dette har kunnet skje som følge av at dreneringsvegen ut har vært helt eller delvis blokkert av teleskorpen. Ev. mindre drensveger ut av teleskorpen frøs sannsynligvis til som en følge av tilgang på vann og oppmagasinert frost i de ytre jordlagene.

På grunn av fyllingas tverrprofil og at utglidningen er begrenset til toppen av fyllinga er det i utgangspunktet to hovedmeknismer som kan tenkes å ha ført vann inn i fyllinga:

1. Det har rent vann etter trauet og fylt fyllinga. Brorparten av dette vannet har rent inn i sporet fra sideterrenget, men noe kommer også fra nedbøren som har falt ned over sporet.
2. Vann tilført fra bunnen av fyllinga som følge av artesisk overtrykk. Det må da være vannførende lag under og oppstrøms fyllinga med tette overliggende lag. Som vannførende lag kan tenkes grovere masser fra stein til sand. Som overliggende tetting kan tenkes et finsiltlag eller teleskorpe. En variant av denne er vannførende sprekker eller hulrom i berget med drenasje rett under fyllinga.

Stikkrenne ved km 356,732 kan også tenkes å ha ført vann inn i fyllinga, men stikkrenna ser ut til å ha fungert. På grunn av høydeforskjellen opp til der raset gikk er det ikke sannsynlig at den har bidratt til vanntrykk så vidt høyt opp i fyllinga som der utglidninga skjedde.

De to hovedmekanismene er nærmere utredet i Vedlegg 11 der det også er noen beregninger over vannmengder, strømningsforhold m.v.

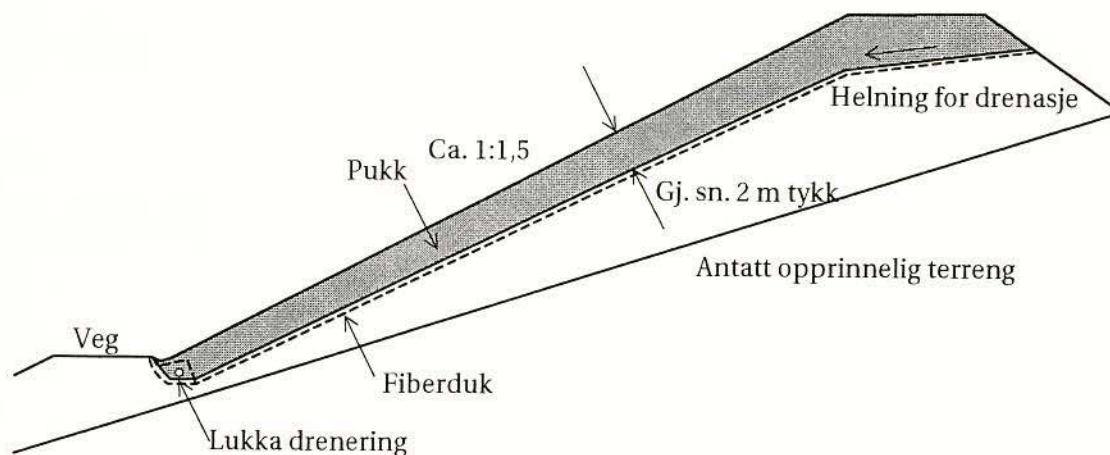
Den første årsaksforklaringa virket umiddelbart mest sannsynlig ved ankomst på stedet da det ikke var synlige spor i snøen etter vann fra sideterrenget i umiddelbar nærhet. Vi tenkte oss da at vannet kunne renne inn i sporet ved planovergangen ved km 356,862, der det ble observert vann i linjegrøfta på oppsiden av sporet, sør for den kryssende skogsvegen (se bilde i Vedlegg 12). Årsaken til vannansamlingen var sannsynligvis manglende stikkrenne under den kryssende vegen. Ut fra de observasjoner som ble gjort 17.02 så det ut til at det var ca. 20 cm fra topp veg opp til topp puk i sporet. Pga. at pukken har en viss dybde kan det tenkes at noe vann har rent inn i sporet her, men helt "ideelle" forhold for dette har det ikke vært.

Ut fra vurderingene i Vedlegg 11 samt de observasjoner som er gjort av lokalkjente synes ikke et hendelsesforløp etter mekanisme 2 å være uaktuelt. Det bør derfor foretas en befaring i området, gjerne med lokalkjente, for om mulig å klarlegge om en del forhold knyttet til mekanisme 2 er til stede. Rent beregningsmessig (se Vedlegg 11) kan det også hevdes at en konklusjon til fordel for mekanisme 1 er mindre robust for endring i inngangsdataene enn tilfellet er for mekanisme 2.

Det har ikke vært mulig å fastslå hvor rasmassene har tatt vegen. Kanskje har de dels fylt opp reir av sprengstein i fyllinga, dels drenert ut etter det gamle elveløpet til Blåfjellelva, men dette blir spekulasjoner.

6. Tiltak

Erling Romstad, Scc Scandiaconsult, utformet en plan for reparasjon av skaden:



Figur 2: Reetablering av fyllingsskråning inkl. lukka drenering

Utførende maskinentreprenør var Nordvin Nystad, Trofors.

Følgende ble gjort:

- Teleskorpen på nedsiden ble fjernet ned til fyllingsfot, dessuten ytterligere masser for å sikre godt fundament og tilfredsstillende drenering i fyllinga.
- Fiberduk klasse 3 lagt ut.
- Igjenfylling med pukk fra Veset pukkverk nord for Mosjøen. Transportert inn med jernbanevogner. Opprinnelig tenkt fylt igjen med kult/sprengstein, men pukk var lettest tilgjengelig.
- Lukket drenering anlagt langs fyllingsfot med utløp i Blåfjellelva. Består av drenerør omfylt med grov, rundet stein (masser entreprenøren stilte til rådighet), fiberduk mot omliggende masser.

Lengde langs sporet på tiltaket er ca. 10 m, bredde opp fyllingsskråning er ca. 20 m, mens gjennomsnittlig dybde er ca. 2 m. Totalt volum beregnet til 4-600 m³.

Arbeidet var kommet så langt om ettermiddagen fredag den 16. at sporet var klart for trafikk. Etter geoteknisk sjekk av andre forhold lenger nord ble sporet åpnet for trafikk ca. kl. 1800.

Det ble innført saktekjøring forbi bruddstedet og det ble i dagene etterpå kjørt på en del ekstra pukk for sporjustering og pakking.

Tiltaket vurderes som fullgodt dersom årsaken til nedsynkningen er at vann har rent etter sporet og inn i fyllinga (hovedmekanisme 1). Tiltaket vil da fungere som en punktdrenasje slik at ev. vann som renner inni fyllinga vil dreneres ut.

Dersom årsaken heller er at vann under trykk har kommet inn i bunn av fyllinga etter det gamle elveløpet til Blåfjellelva (hovedmekanisme 2) vil også det utførte

tiltaket fungere som drenering. Men da det i dette tilfellet kan bli snakk om relativt store vannmengder, og under trykk, bør det i tillegg utføres andre tiltak dersom en befaring skulle vise at dette er nødvendig:

- Der elva er omlagt bør det bygges en mer tett fangdam slik at vannet ikke lekker ned gjennom det gamle elveløpet. Muligens kan man som et alternativ sprengte det omlagte elveløpet ned i bergrunnen.
- Fanggrøft nedstrøms dammen for å fange opp ev. lekkasjevann og vann drenert til det gamle elveløpet fra omliggende terreng mellom fangdam og jernbanen. Denne grøfta bør legges så nært jernbanen som mulig, men med godt fall ned mot nåværende løp til Blåfjellelva.

Det understrekes at dersom hovedårsaken skulle vise seg å være i tråd med det som er beskrevet i hovedmekanisme 2 representerer dette et sikkerhetsproblem for jernbanen selv med det tiltaket som er gjennomført. Sannsynligheten for et liknende tilfelle skal oppstå igjen vurderes likevel som relativt liten, kanskje med en returperiode på 30-40 år. Ev. tiltak bør gjennomføres innen 2-4 år, og dette bør være mulig da de skisserte tiltakene neppe vil være forbundet med store kostnader.

7. Konklusjoner og anbefalinger

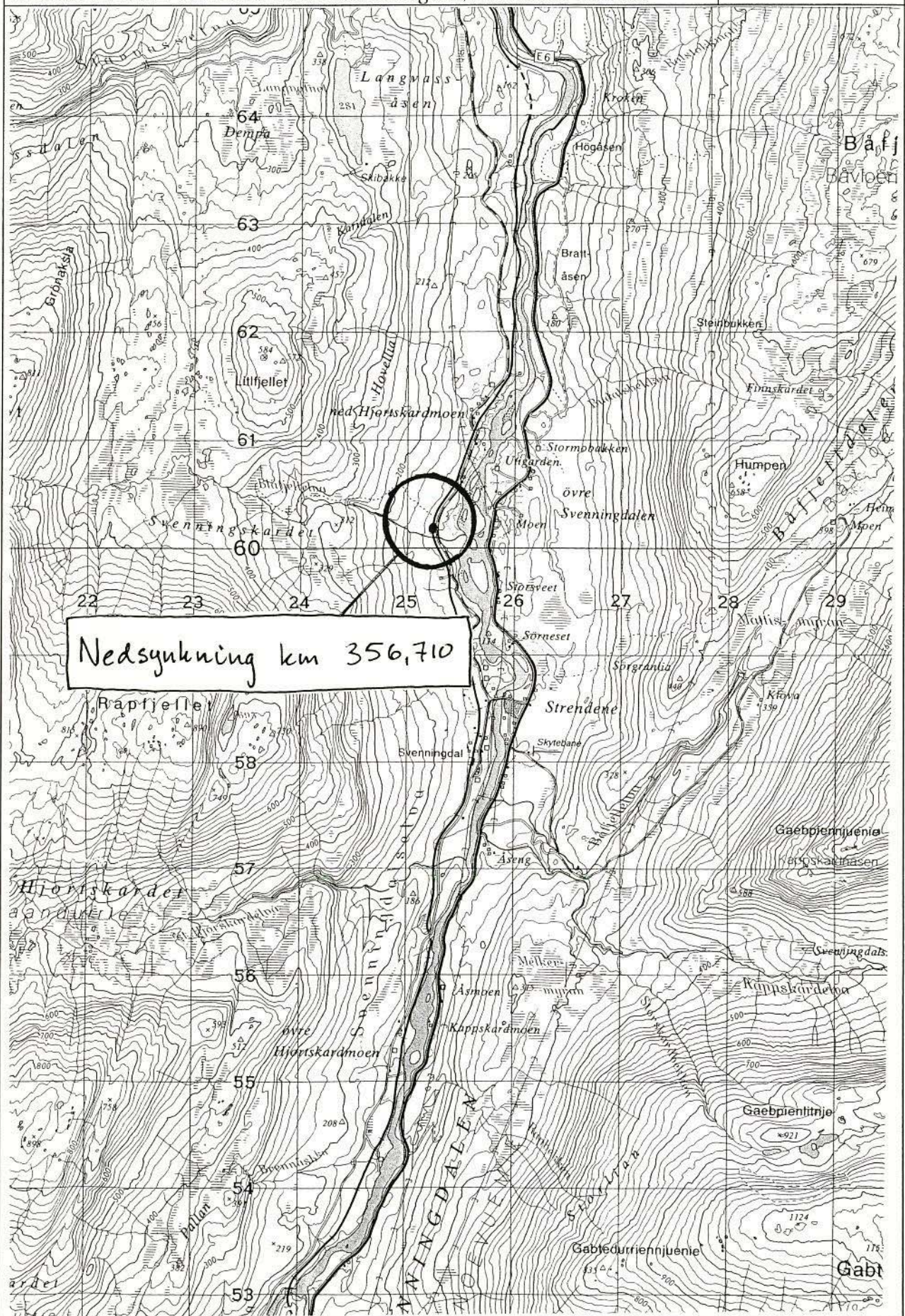
- Vann har trengt inn i fyllinga og skapt et vanntrykk som er hovedårsaken til nedsynkningen/kraterdannelsen.
- Årsaken til at dette vanntrykket oppstod er ikke helt klart, men to alternative hovedmekanismer eller en kombinasjon av disse synes mest sannsynlig: 1) Vann har rent inn fra sideterrenget og inn i sporet, og videre langs traueet. 2) Vann har rent inn under fyllinga etter det gamle elveløpet til Blåfjellelva og pga. tette lag har det oppstått et vanntrykk i fyllinga.
- Vanntrykket i fyllinga har kunnet bygge seg opp fordi teleskorpen på utsiden av fyllinga stengte helt eller delvis for utdrenasje.
- Det bør foretas en befaring for om mulig å klarlegge hvorvidt hovedmekanisme 2 kan være årsak til kraterdannelsen.
- Dersom befaringa sannsynliggjør at hovedmekanisme 2 kan være årsak til hendelsen anbefales det å gjøre tiltak som skissert i avsnitt 6 slik at hendelsen ikke gjentar seg.

VEDLEGG

(Oversikt over vedleggene finnes i innholdsfortegnelsen)

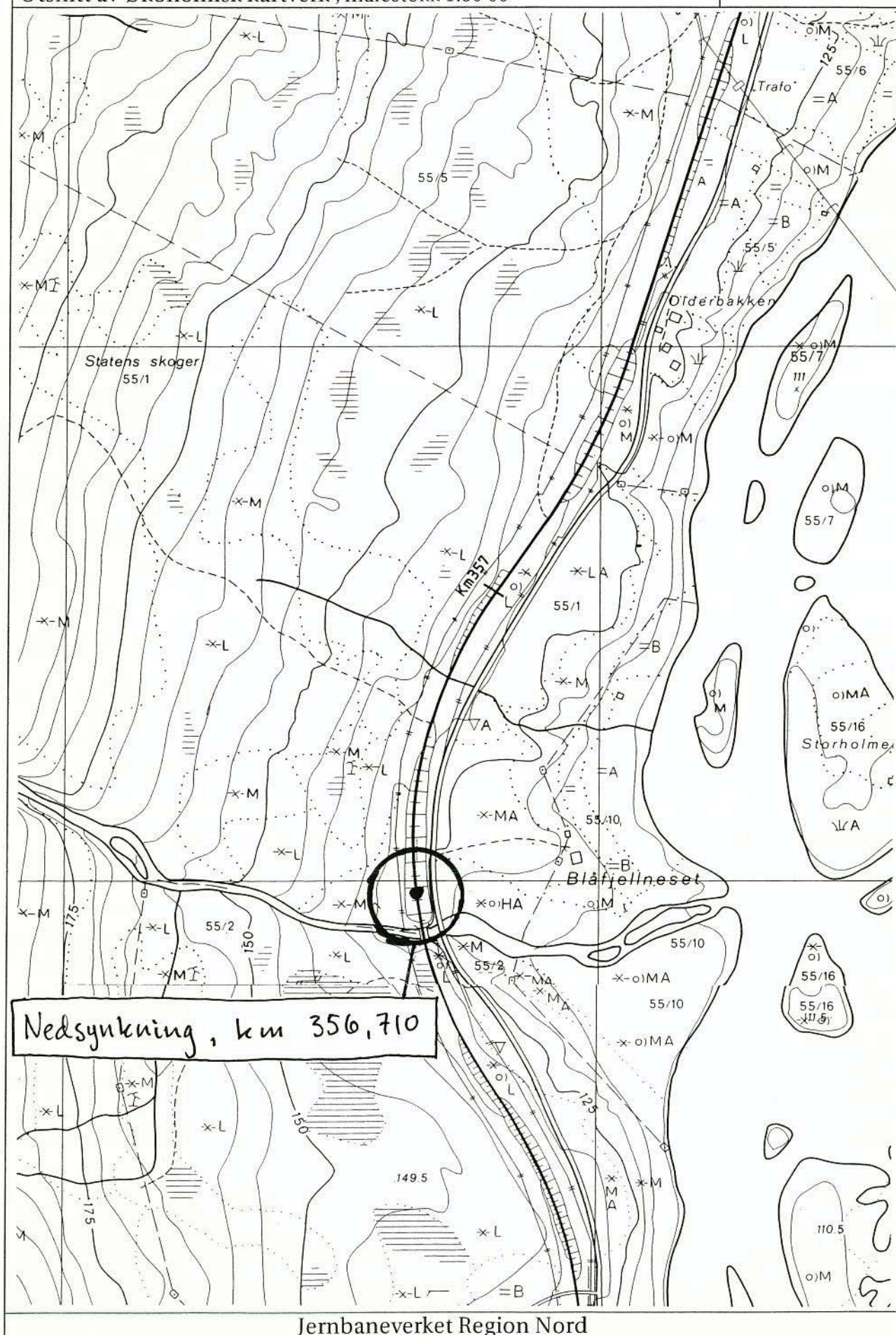
OVERSIKTSKART OVER SVENNINGDAL, GRANE KOMMUNE
Nedsynkning/kraterdannelse Nordlandsbanen onsdag 15. feb. 2001
Utsnitt av M711-kartblad 1925 IV Svenningdal , målestokk 1:50 000

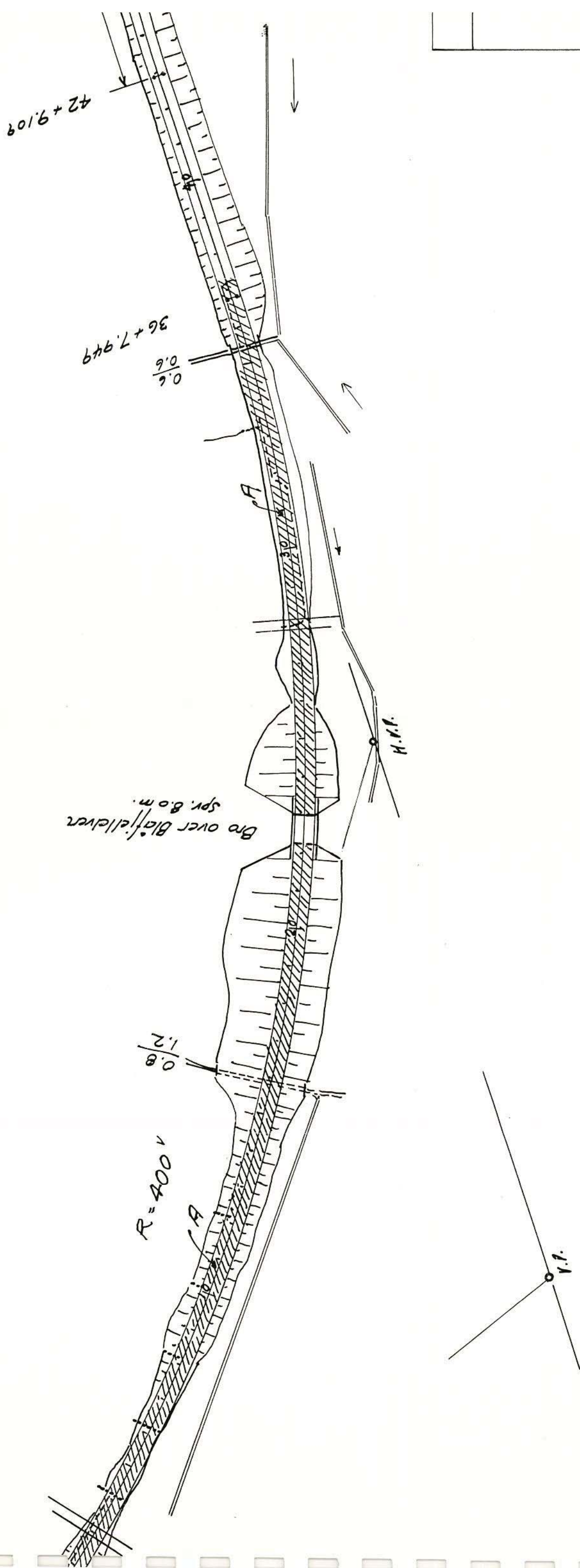
Vedlegg 1



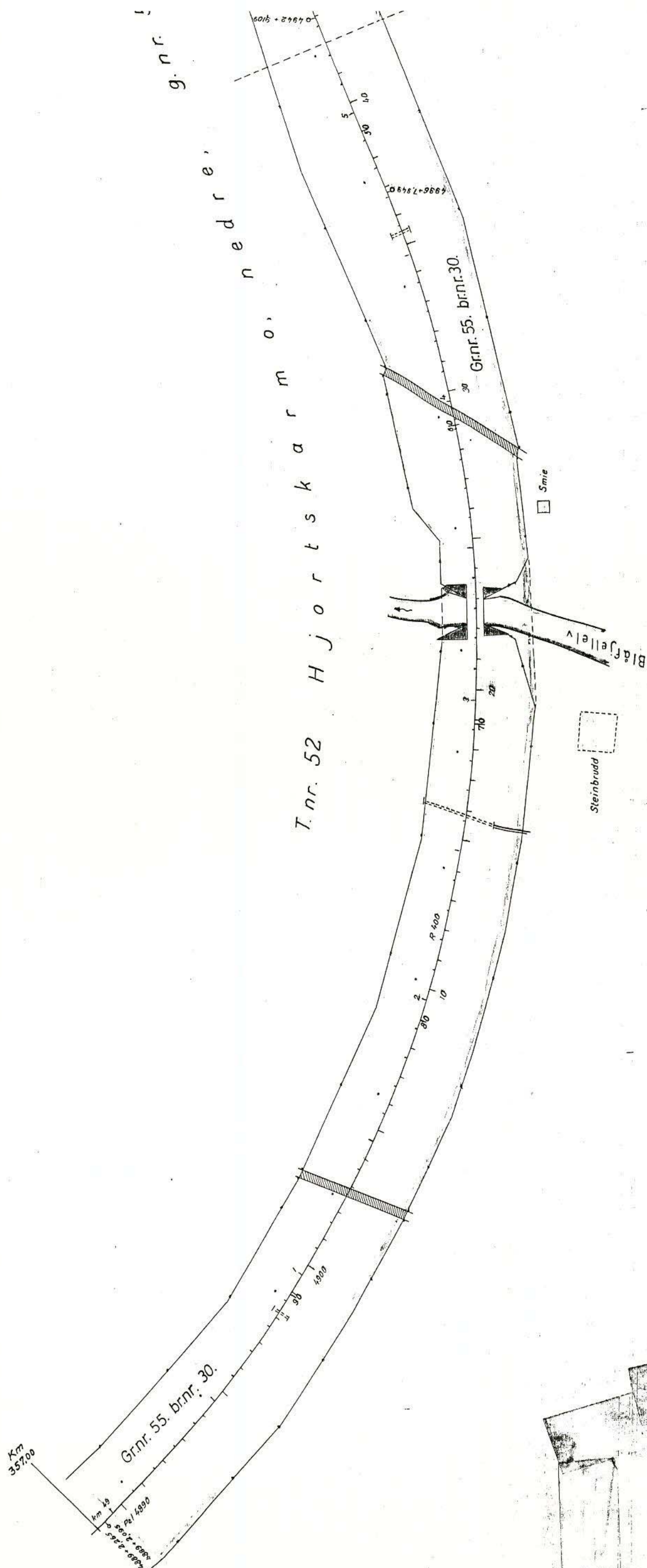
KART OVER FYLLING VED BLÅFJELLELVA, GRANE KOMMUNE
 Nedsynkning/kraterdannelse Nordlandsbanen onsdag 15. feb. 2001
 Utsnitt av Økonomisk kartverk , målestokk 1:50 00

Vedlegg 2

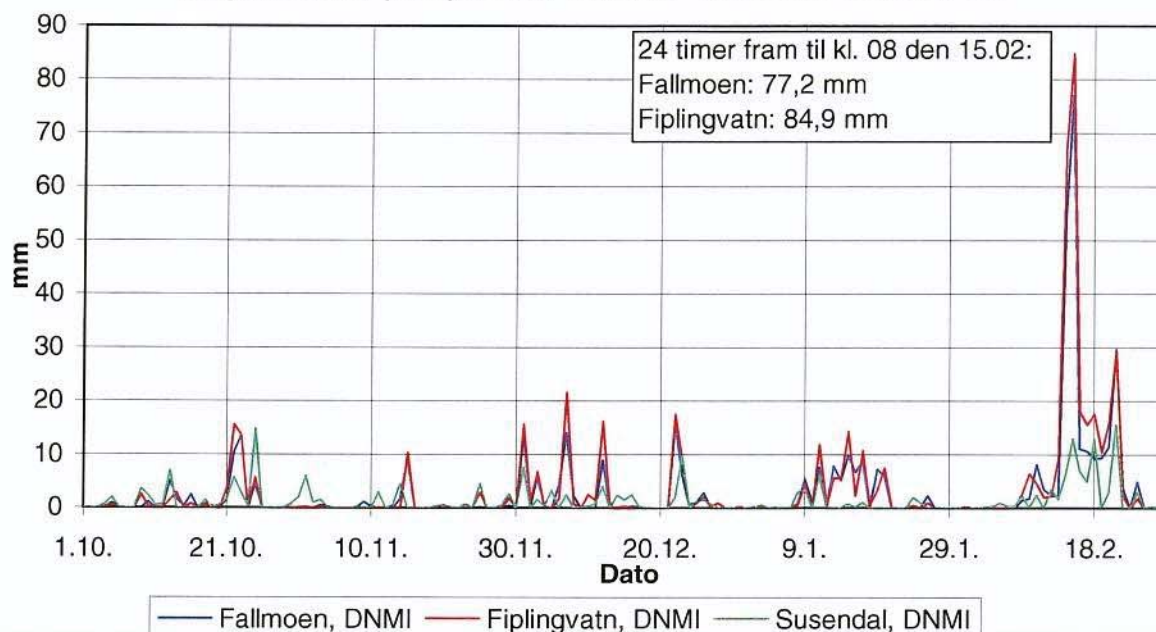




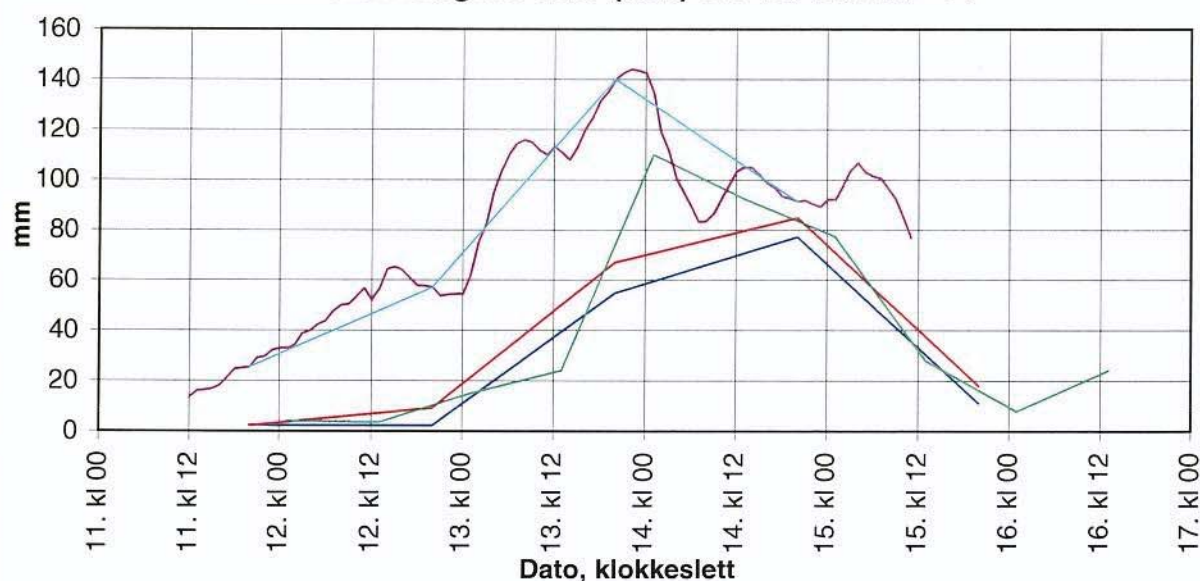
Vedlegg 4



Døggnedbør (mm) f.o.m. oktober -00 t.o.m. februar -01

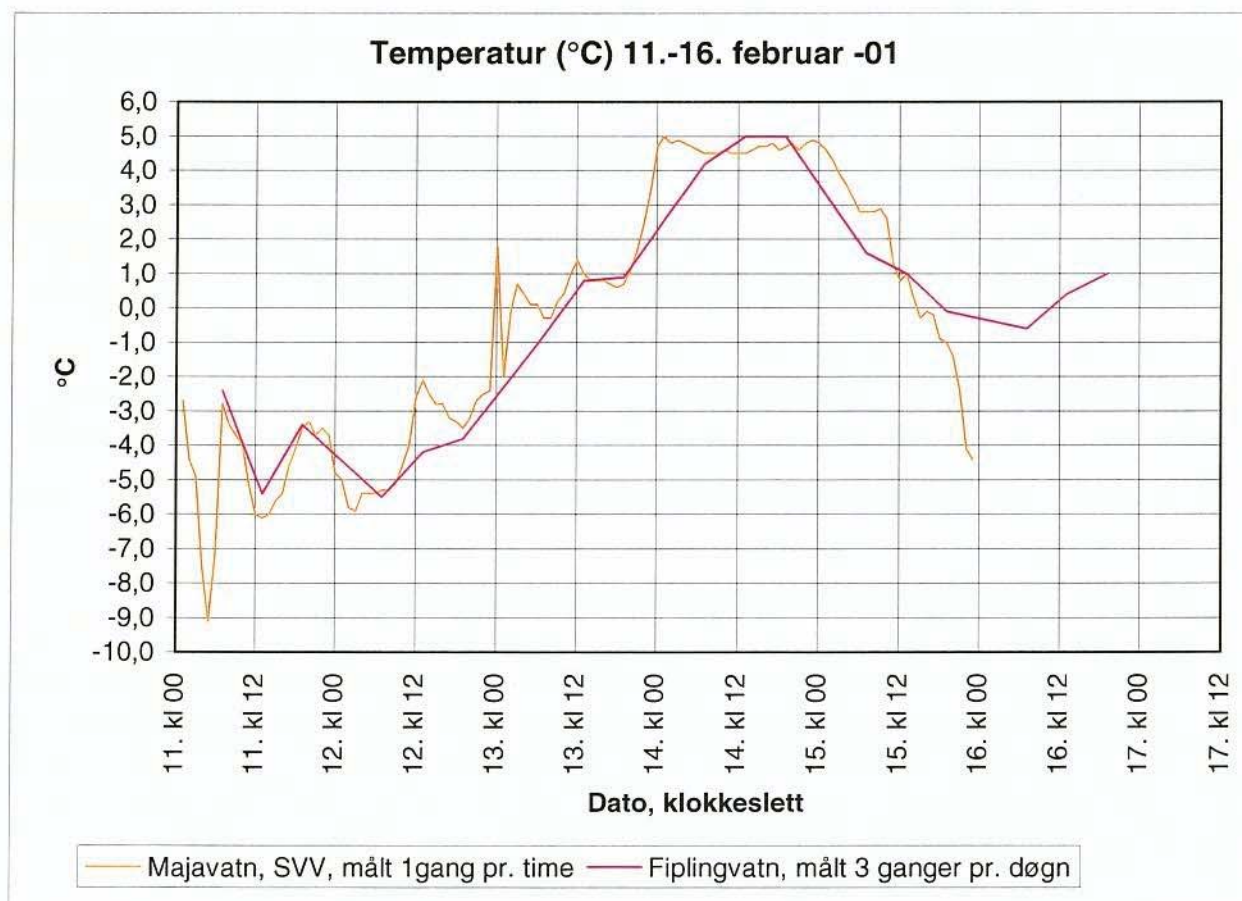
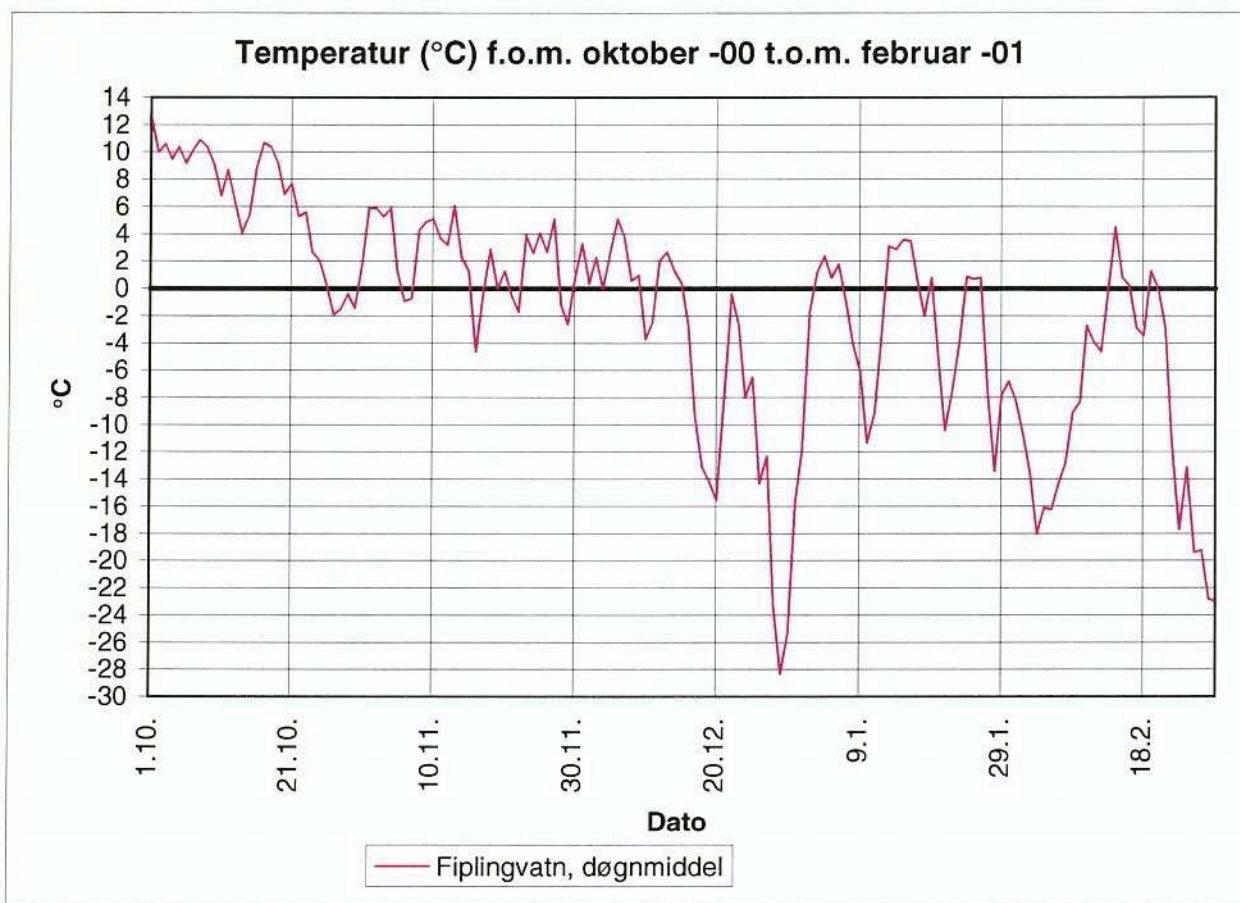


Ekvivalent døggnedbør (mm) 11.-16. februar -01



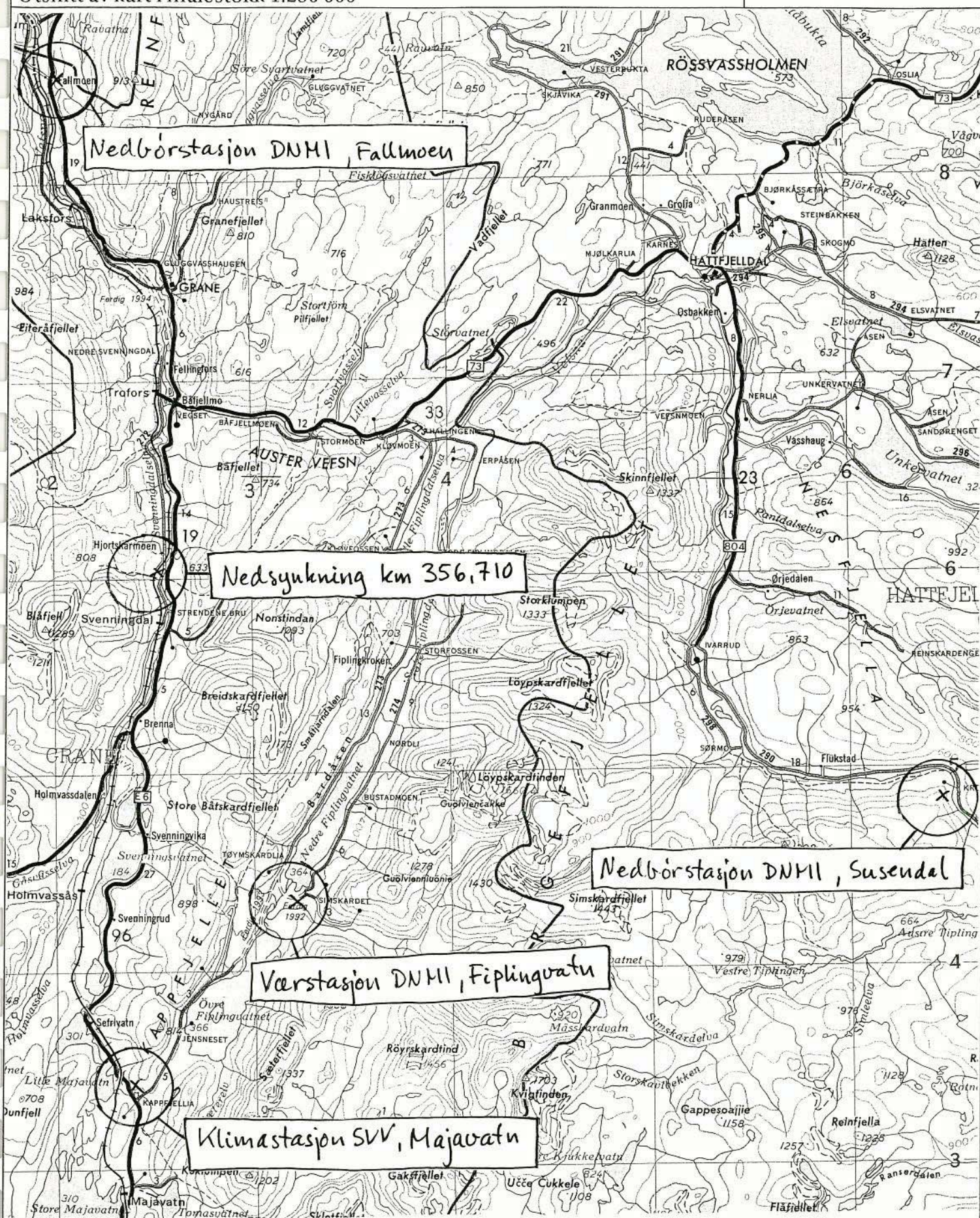
- Fallmoen, DNMI, målt 1 gang pr. døgn
- Fiplingvatn, DNMI, målt 1 gang pr. døgn
- Fiplingvatn, DNMI, målt 2 ganger pr. døgn
- Majavatn, SVV, omgjort til løpende 24 timers måling
- Majavatn, SVV, omgjort til 1 gang pr. døgn

NB! Alle nedbørsverdier er plottet midt i måleperioden, dvs., en døgnmåling tatt kl. 0800 er plottet kl. 2000 dagen før.



KART OVER METEOROLOGISKE STASJONER I OMRÅDET
Nedsynkning/kraterdannelse Nordlandsbanen onsdag 15. feb. 2001
Utsnitt av kart i målestokk 1:250 000

Vedlegg 7



Sted/Dato
Steinkjer / 2001-03-07

Vår referanse
600166/ERO
Deres referanse
Roar Nålsund

Arkivreferanse
c:\winword\oppdrag\600166a\km 356.700.doc

Til:	Adr.:
Jernbaneverket Region Nord, Nordlandsbanen v/banesjef Hanne Louise Moe	Pirsentret, 7462 TRONDHEIM
Kopi:	Adr.:
Jernbaneverket Region Nord, Teknisk avd. v/Roar Nålsund.	Pirsentret, 7462 TRONDHEIM

BEFARINGSRAPPORT

1. Rapport nr./tittel:

SCC oppdrag/rapport nr.:	Bane/km./sted:
600166 / 07	Nordlandsbanen km. 356,700: Svenningdal
Hendelsesdato:	Hendelse:
15.02.2001	Ras i fylling

2. JBV bestillingsreferanse:

JBV bestillingsnr.:	JBV bestillingsdato:	JBV referanse/rekvirent:	JBV koststed/prosjekt:
34031761	Muntlig 15.02.2001	Hoven/Eggen	34910

3. Rapport med vurdering:

Befaringsdato/tid:	Rapport skrevet:
15.02.2001 / kl. 16	Dato: 21.02.2001 Sign.: <i>Erling Romstad</i>

Befaringsdeltakere:

JBV/Nb: Are Sjømo, Bjørn Sørum
 SCC: Erling Romstad
 Andre: Midt-Norge entreprenør as: Norwin Nystad

Observasjoner/kort beskrivelse av hendelse/tilstand:

Sterk nedbør (ca 100 mm/døgn) medførte skade på stikkrenne og påfølgende stengning av banen. Visitasjon (med robeltralle, ca 26 tonn) før gjenåpning utløste ras ved km 356,700 ca kl 8.30. *Sjåfør: Bjørn Sørum*. Overkjøring med robel var utløsende årsak. Det ble observert vann i øvre del av fyllinga like etter at raset var utløst. Vannnivået var høyere enn terrenget på øvre og nedre side av fyllinga. Fyllingshøyde: ca 15 meter på nedstrøms side og ca 5 meter på oppstrøms side.

På grunn av barfrost hadde det dannet seg teleskorpe i fyllingsoverflata: ca 0,5 meter tykkelse i øvre del av fyllinga og ca 1 meter ved fyllingsfoten på nedstrøms side (ved veggen).

Rasmassene "forsvant", det vil si at det ikke ble liggende rasmasser på fyllingsoverflata (!), og det dannet seg et "krater" i bunnen av rasgropa. Raset var ca 8 meter bredt (langs sporet) og rasmassene sank ca 2 meter ned rett under sporet. Høydeforskjellen var ca 3 – 4 meter fra skinnegangen til bunnen av gropa på nedstrøms side av fyllinga.

Fyllingsoverflata på nedstrøms side hadde trolig fått en liten horisontal forskyvning utover, men forskyvninga var ikke lett synlig.

SCANDIACONSULT AS

Divisjon Geo og Miljø
Ilsvikveien 22
N-7493 TRONDHEIM
Tlf 73 84 10 00
Fax 73 84 11 10

E-post: trondheim@scc.no

Internettadr: www.scc.no

Foretaksregisteret: NO 915 251 293 MVA



Årsak:

Hovedårsak: Sterk nedbør og påfølgende høy grunnvannstand i fyllinga.

Utløsende årsak: overkjøring med robel-tralle.

Fyllinga er relativt bratt, trolig utlagt i rasvinkel. Vanntilstrømninga har trolig kommet i ballastlaget langs sporet og var innesperra av ei tykk teleskorpe. Tette masser på utsida av sporet/ballastlaget hindrer effektiv drenasje av ballastlaget.

Anbefalte tiltak – kort sikt:

Raset ble sikra ved uttrauing av oppbløtte masser (sand, siltig, grusig, noe steinholdig på oppstrøms side) og tilbakefylt med sprengt stein og pukk. Masseutskiftinga fungerer som punkt-drenasje av overbygninga.

Vekk-ledning av drens vann i grøft langs fyllingsfoten.

Grøft: dybde ca 1 meter, fiberduk, 160 mm drensledning, pukk, avløp til elva ca 40 meter fra raset.

Anbefalte tiltak – lang sikt:

Sikringsarbeidene utført som permanent sikring.

Sammendrag - tiltak:
Kort sikt: (Momenter):

Anleggsmessige tiltak: masseutskifting med sprengt stein og pukk

Visitasjon før hvert tog: de første dagene

Vakthold ved spor: ikke nødvendig

Saktekjøring av tog: de første dagene

Stenging av spor: banen var stengt da raset ble utløst, tiltak utført 15. – 16.02., åpning 16.02. om kvelden

Annet:

Lang sikt: Sikringstiltakene utført som permanent tiltak.


Oppfølging - forslag:

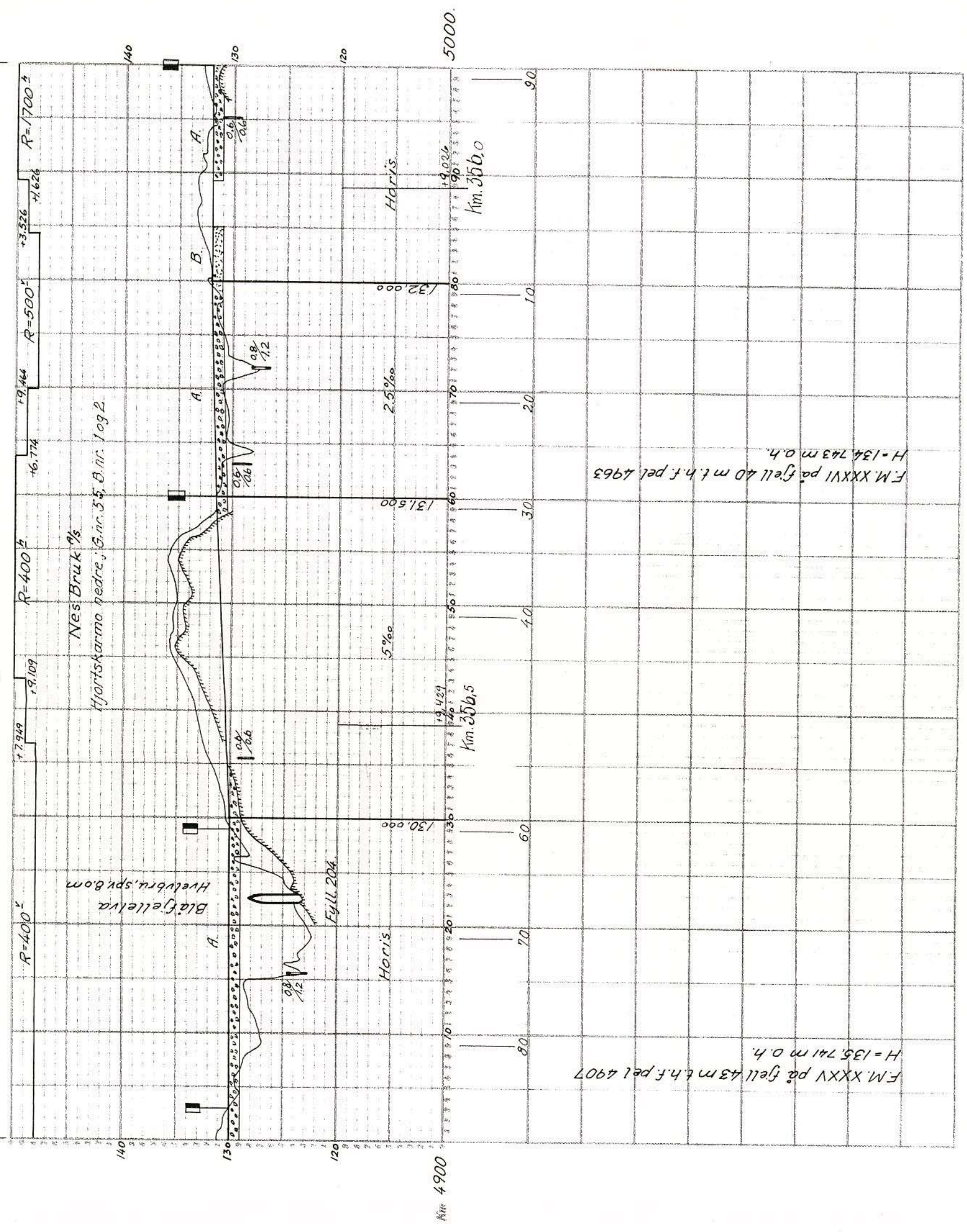
Påvisning av eventuelle setninger.

Eventuelt pakking av sporet.

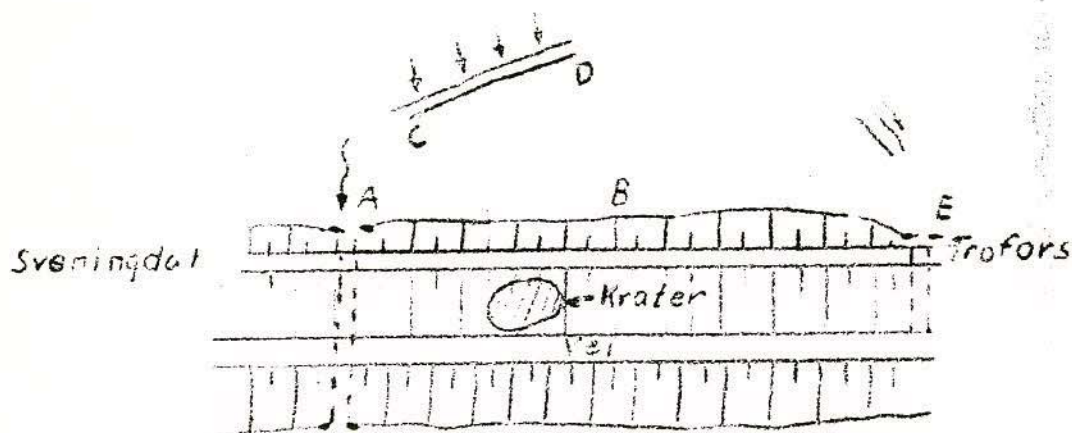
Km
355,888

Kjødning 1963

Km
355,889



Km 356,7. Ras, setning i fylling.



I april-mai 1966 oppsto et krater i jernbanens fyllingsskråning og det ble fylt med stein. Angivelig har anlegget etterfylt med stein på linjens overside, så det må ha vært uregelmessigheter tidligere.

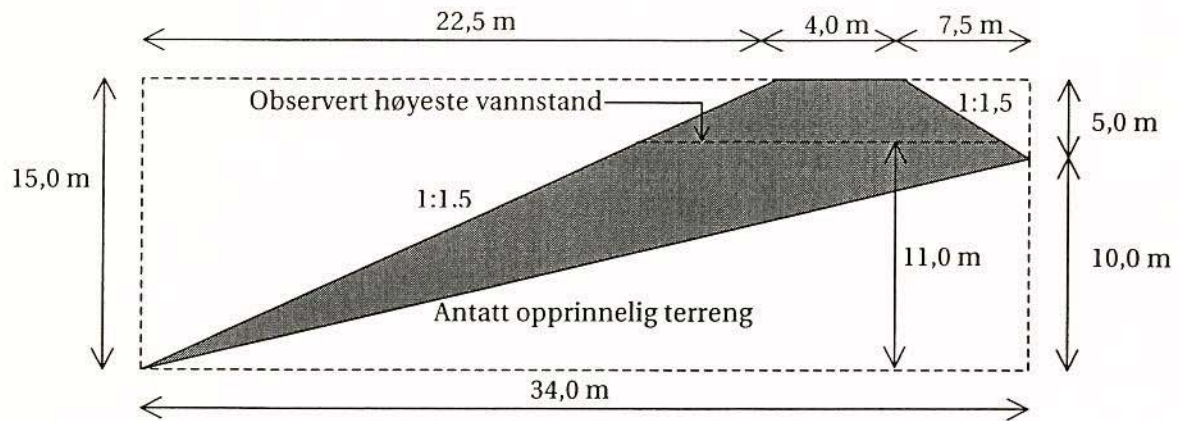
Det er stikkrenne for bekk ved A gjennom jernbanen. Dessuten er det overvannsgrøft C-D hvor det kommer ned 4 smeltevannsløp, det ene årsikkert, som alle er tankt avskåret. Grøften er blitt for grunn og vannet går under jernbanefyllingen. På ned-siden (høyre side) er det for 5-6 år siden bygget vei langs jernbanens fyllingsfot. Det ble ikke påsett at stikkrennen ved E ble forlenget, det ble fylt stein. Den tettet seg med snø våren 1966.

1. Veibyggerne må tilpliktes å forlenge stikkrennen.
2. Overvannsgrøften C-D gjøres dypere og kles i bunnen med betong.
3. Grusfilter på veifyllingens utside kan antakelig utstå inntil videre. Krateret kunne med fordel ha vært fylt med grus i stedet for stein, men gjort er gjort.

Overslagsberegning av vannmengder, strømningshastigheter, nedslagsfelt m.v.

Bergninger for hovedmekanisme 1: Vann har rent inn fra sideterreng og langs trauet

Volum av fyllinga fra Blåfjelleva bru, km 356,66 (største tverrsnitt) til planovergang ved km 356,862 (der fyllingstverrsnittet antas å gå ut i null):



Antatt tverrsnitt ved nordre brukar Blåfjelleva (omtrentlige mål)

Arealet av hele fyllingstverrsnittet (det grå) er ca. 150 m^2 .

Antar ut fra observasjoner av robelmannskapet at øverste vannstand er 4,0 m ned fra sporplanet. Den del som er under øverste observerte vannstand er ca. 110 m^2 .

Regnes fyllinga som en 'liggende pyramide' blir volumet av hele fyllinga:

$$V = (1/3) \cdot A \cdot l = (1/3) \cdot 150 \cdot 200 = 10\,000 \text{ m}^3$$

Tilsvarende blir volumet under høyeste registrerte vannstand ca. 7300 m^3 .

Antar en porøsitet på $n=20\%$ som kan være rimelig for ei fylling bestående av forholdsvis ensgraderte siltemasser iblandet 30-50% sprengstein. Dvs. vannmengde som skal til for å fylle fyllinga opp til høyeste observerte vannstand ca. 1500 m^3 .

Hvor mye vann som er i fyllinga før nedbøren og snøsmeltinga satte inn er vanskelig å beregne. Dette vil i stor grad være avhengig av kapillær stighøyde i de aktuelle massene og tilgangen på vann. P.g.a. relativt tørr vinter antar vi at det er plass til 1000 m^3 .

Et rimelig anslag for hvor lang tid de ekstreme vannmengdene eksponerte sporet før nedsynkningen skjedde kan være ca. 40 timer (1,7 døgn). Bidraget fra nedbør over sporet (regner ikke noe bidrag fra snøsmelting her p.g.a. brøyting) når døgnnedbøren regnes til 70 mm over dette tidsrommet blir:

$$\begin{aligned} & (\text{Arealet av spor}) \cdot (\text{mm døgnnedbør}) \cdot (\text{antall døgn}) \cdot (\text{faktor for å omgjøre} \\ & \text{fra mm pr. kvadratmeter til kubikkmeter}) \\ & = (4 \cdot 200) \cdot 70 \cdot 1,7 \cdot 0,001 = 95 \approx 100 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Vannbidraget fra sideterrenget blir altså 900 m^3 . Over 40 timer utgjør dette en tilstrømning på ca. $6,0 \text{ l/s}$.

Gjennomsnittlig strømningshastighet dersom denne vannmengden skulle renne i pukken: Pukklagets bredde og høyde under svillene antas til h.h.v. 4,0 m og 0,3 m, dvs. tverrsnitt $1,2$

m². En rimelig porøsitet for noe slitt pukk er 35%. Tilgjengelig areal for strømning blir da 0,42 m². Strømningshastigheten i porene blir da (6 l/s) / 0,42 m² = 1,4 cm/s.

En strømningshastighet på 1-2 cm/s bør være mulig i pukklaget forutsatt et visst fall. Det er ikke gjort noen beregninger for å sannsynggjøre hvor stort dette fallet må være. Ifølge BDB er sporet horisontalt over fyllinga. Det kan også tenkes at overhøyden i sporet og frostinntregning fra sidene vil redusere det tilgjengelige strømningsarealet. Begge deler resuserer muligheten for vannstrømning etter sporet.

Beregning av størrelsen på nedslagsfeltet dersom man antar at vannet har rent inn i sporet ved planovergang ved km 356,862:

Antar at det er behov for 900 m³ vann. Antar 70 mm nedbør pr. døgn i pluss et bidrag fra snøsmeltingen på totalt 20 mm. Antall kvadratmeter nedslagsfelt blir da:

$900 / (0.07 \cdot 1,7 + 0,020) \approx 6500 \text{ m}^2 = 6,5 \text{ daa}$. Ut fra økonomisk kartverk for området ovenfor planovergangen er en slik størrelse på nedslagsfeltet mulig – kanskje er et mulig nedslagsfelt rundt 15 daa.

Beregning av nødvendig infiltrasjonsgradient:

(Se "Beregninger for hovedmekanisme 2" nedenfor for mer utførlig forklaring)

Antar ut fra observasjoner av robelmannskapet at fyllingshøyden ned til opprinnelig terrengnivå er 6 meter der skaden oppstod. Hvis man antar at det tok 40 timer til vannet nådde bunn av fyllinga og vanntrykk kunne begynne å bygge seg opp blir strømningshastigheten: 6 m / 40 timer = $4,2 \cdot 10^{-3} \text{ cm/s}$.

For permeabilitet 10^{-3} cm/s (silt) blir den nødvendige gradienten: $4,2 \cdot 10^{-3} / 10^{-3} = 4,2$

Ved naturlig infiltrasjon er den nedadrettede hydrauliske gradienten lik 1,0, men kan bli litt større, men neppe så stor som 4,2, dersom vanntilgangen er så stor at det dannes et vanntrykk over infiltrasjonsfronten.

Dersom permeabiliteten er større, f.eks. pga. av steinreir eller iblandet sand/grus vil nødvendig infiltrasjonsgradient bli mindre. (Ved "hengende vann" dvs. vann kun i toppen av fyllinga p.g.a. tette lag eller stor vanntilgang vil det også være mindre nødvendig gradient fordi infiltrasjonsvegen blir kortere, men dette kan utelukkes ut fra de observasjoner som robelmannskapet gjorde). I utgangspunktet er likevel den nødvendige gradienten noe for stor ut ra det som anses som mulig.

Trykkberegninger: I bunnen av fyllinga vil det være et poretrykk på ca. 11 meters vannsøyle eller 110 kPa. I tillegg kan det tenkes at de bløte jordmassene setter opp et aktivt jordtrykk mot teleskorpen, men dette er vanskelig å beregne. Det blir dessuten et tilleggstrykk idet Robelen kjører over fyllinga. Dette trykket er også vanskelig å beregne. Som et maksimumsanslag kan det regnes at trykket fordeler seg på 10 meters lengde (akselavstanden er 6-7 m) og 2,4 meters bredde (svillelengden), dvs. 24 m² i nivå med høyeste vannstand. Trykket fra Robelen blir da $15 \cdot 9,81 / 24 = 6 \text{ kPa}$. Dersom alt dette trykket overføres til vannfasen øker vanntrykket med 6 kPa. Robelen bidrar altså forholdsvis lite til det totale vanntrykket, men ut fra observasjonen om at vannet drenerte ut like etter passering ser det ut til at trykket Robelen har bidratt til å åpne drensvegen ut av fyllinga.

Beregningene for denne hovedmekanismen forutsetter at alt vann som renner inn i fyllinga blir samlet opp i fyllinga og ikke renner ut. Ut fra den teleskorpen som var i fyllingsskråninga kan det være grunn til å tro at fyllinga var forholdsvis tett, men på den andre sida skal det forholdsvis små lekkasjer til før dette gir betydelige bidrag og dermed svekker beregningsgrunnlaget.

Noe som kan styrke beregningen er at ikke hele fyllinga ble fylt opp vann, men bare den delen som raset gikk i. Dette forutsetter at vannet blir ledet til rasstedet uten for mye lekkasje til den øvrige fyllinga. Pga. tele i sporet også under pukken kan dette i teorien være mulig, men pga. den relativt lange avstanden og horisontalt spor er det ikke helt sannsynlig.

Det er her forutsatt at vann har rent fra planovergangen i nord og inn i fyllinga. Det kan også tenkes at vann har rent inn fra sør, mer er ut fra forholdene på stedet vurdert som mindre sannsynlig p.g.a. dypere grøfter.

Beregninger for hovedmekanisme 2: Oppadrettede hydrauliske gradienter

Ved oppadrettede gradienter vil fyllinga bli ustabil dersom gradienten blir så stor at en vesentlig del av effektivspenningene (kontaktspenningene) mellom de enkelte korna blir borte. Medrivningskreftene fra det strømmende vannet er da store. Massene blir helt flytende dersom gradienten gir medrivningskrefter som er like store som tyngdekraften (jf. kvikksand). Når massene er finkornige, og dermed hydraulisk tette, vil en hurtig trykkpåvirkning, f.eks. fra et passerende tog, forplante seg i vannfasen og minske effektivspenningene ytterligere.

Ved oppfukting med oppadrettede strømningsgradienter vil den drivende gradienten avta etter hvert som fyllinga blir mettet med vann opp mot fyllingstopp. Dessuten vil geometrien på fylling og vannfront komplisere det hele. Her skal det derfor kun gjøres en overslagsberegning.

Beregning av gjennomsnittlige vertikale gradienter:

Silt, som fyllinga for en stor del antas å bestå av, har gjerne permeabilitet (hydraulisk konduktivitet) i området 10^{-3} cm/s ned til 10^{-6} cm/s (Kompendium i eksperimentell geoteknikk, NTH, 1992). Videre antas at høyden fra opprinnelig terreng opp til høyeste vannstand loddrett ned fra sporets senterlinje er 2 meter (jf. observasjoner til robelmannskapet). Vi forutsetter mating av vann fra opprinnelig terrengnivå i samme senterlinje. Det antas også at oppfuktinga av fyllinga tar 40 timer, dvs. like lenge som nedbørstoppen fram til nedsynkningen inntraff.

Darcys lov omformes: Vannhastighet = Permeabilitet · Gradient
Gradient = Vannhastighet/Permeabilitet

Vannhastighet = 2 m/40 timer = $1,4 \cdot 10^{-3}$ cm/s

For permeabilitet 10^{-3} cm/s blir den nødvendige gradienten: $1,4 \cdot 10^{-3} / 10^{-3} = 1,4$

(For permeabilitet 10^{-6} cm/s blir gradienten 1000 ganger høyere og helt uaktuell)

Dette er en stor gradient og tilsvarer en hydrostatisk vannstand oppstrøms på $1,4 \cdot 2 = 2,8$ meter høyere enn vannets observerte toppnivå i fyllinga. Det kan tenkes at vannstanden i fyllinga var noe høyere forut for hendelsen, ev. at vannstanden nådde dette nivået på kortere tid enn 40 timer. Begge disse forholdene vil bidra til å øke den opptredende gradienten. På den annen side vil f.eks. steinreir eller sandinnblanding øke permeabiliteten og senke gradienten. Med forholdsvis unøyaktige antakelser har vi likevel funnet riktig størrelsesorden på gradienten som passer med lengde på strømningsvegen og med jordartens permeabilitet!

Når vi vet at minste kritiske gradient er i området 0,8-1,2 (jf. N. Janbu, Grunnlag i geoteknikk) ser vi at det er store muligheter for et hydraulisk grunnbrudd med de massene som fyllinga består av. Dette forutsetter at tette lag i terrenget oppom fyllinga har stengt vannet inne.

Muligens har strømningsvegen vært noe lengre enn 2 meter ut fra observasjonen av at vannet drenerte ut gjennom ei trakt som stakk seg ned inn under teleskorpen på utsiden. I fall vannet også strømmet inn denne vegen blir nødvendig gradient høyere med tilsvarende høyere nødvendig vannstand oppstrøms etter det gamle elveleiet.

Tryktpåvirkningen fra Robelen blir den samme som for mekanisme 1.

Et veldig viktig poeng i forbindelse med en slik oppfukting ved hjelp av hydrauliske gradienter er at ikke hele fyllinga trenger å fylles med vann før en får et grunnbrudd. Dersom matinga av vann skjer fra ett punkt vil ikke vannet rekke å strømme fra dette punktet og ut i hele fyllinga p.g.a. de relativt tette massene dersom fyllinga har stor utstrekning. Det må antas at tilgangen på vann etter det gamle elveleiet kan være atskillig større enn det som er tilfelle for mekanisme 1, men disse vannmengdene er det vanskelig å beregne.

Beregningsmessige konklusjoner

Hovedmekanisme 1: Vann har rent inn fra sideterreng og langs trauet

- Beregningene viser at det er nok vann til stede for å fylle fyllinga dersom det har rent inn i sporet ved planovergangen ved km 356,862.
- Nedbør som falt ned over sporet gir for små bidrag til å fylle fyllinga alene.
- Det kan stilles spørsmål ved om det er nok fall langs sporet og nok tilgjengelig tverrsnitt i pukken for vannet å strømme i .
- Det kan også stilles spørsmål ved om infiltrasjonen på skadestedet kan gå så hurtig i de massene som fyllinga består av.
- Beregningene noe usikre, særlig der det kreves permeabilitetsverdier.

Hovedmekanisme 2: Oppadrettede hydrauliske gradienter

- Beregningene viser at med de massene fyllinga består av kan et indre grunnbrudd i fyllinga oppstå for relativt lave hydrostatiske vanntrykk i fyllinga.
- Beregningsmessig og ut fra observasjoner på skadestedet skal det en mindre (oppadrettet) gradient til for et indre grunnbrudd enn for infiltrasjon fra toppen (nedadrettet gradient) etter hovedmekanisme 1.
- Det trengs mindre vannmengder enn ved hovedmekanisme 1 for å få brudd i fyllinga.
- Denne mekanismen står og faller på i hovedsak to ting: 1) Tilgang på tilstrekkelige mengder vann som kommer inn under fyllinga. 2) At det bygger seg opp trykk i vannet p.g.a. et tett overliggende lag i terrenget oppstrøms fyllinga.
- Beregningene noe usikre, særlig p.g.a. usikre permeabilitetsverdier.

Bilder fra skadestedet

Bilde 7 og 8 er tatt av Helgeland Arbeiderblad, Mosjøen. De andre bildene er tatt av JBV's personell.

Bildetekster

- 1-4: Rasgropa hendelsesdagen 15.02.01.
- 5-6: Traktforma krater med dreneringsveg ut.
- 7-8: Fjerning av teleskorpe og pussing av rasgrop natt til 16.02.01.
- 9: Rasstedet sett mot sør.
- 10: Fyllingsskråning på nedsiden etter gjenfylling med pukk.
- 11-12: Fyllingsskråning på oppsiden etter gjenfylling med pukk.
- 13: Raskant som består av teleskorpe i siltige masser.
- 14: Vann som demmes i linjegrøfta av kryssende veg ved planovergang ved km 356,862 (sett mot sør).
- 15: Terrenget på oppsiden av jernbanen sett mot nord fra ca. km 356,840.
- 16: Terrenget på oppsiden av jernbanen sett mot nord fra ca. km 356,790.



3



4



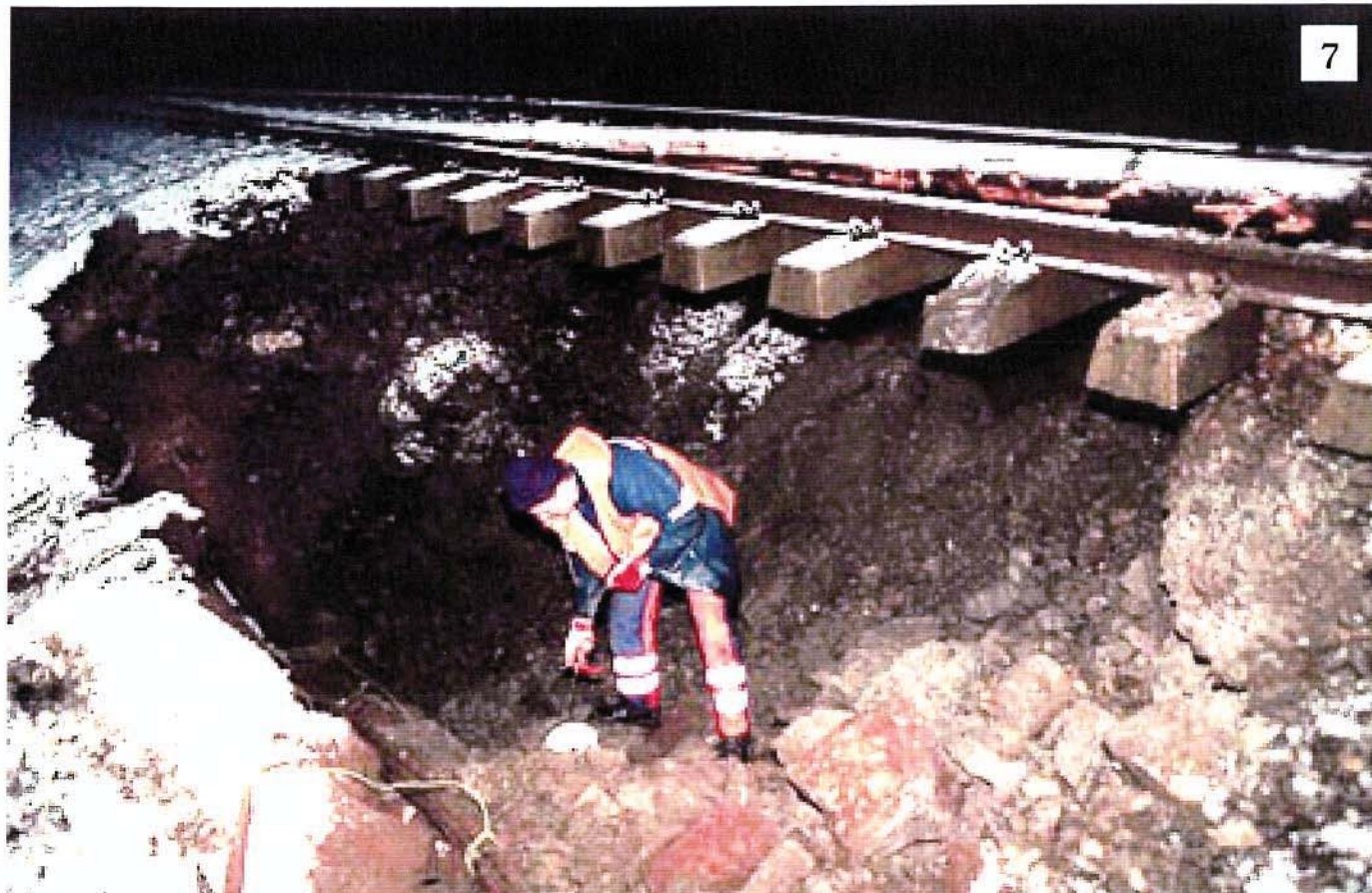
5



6



7

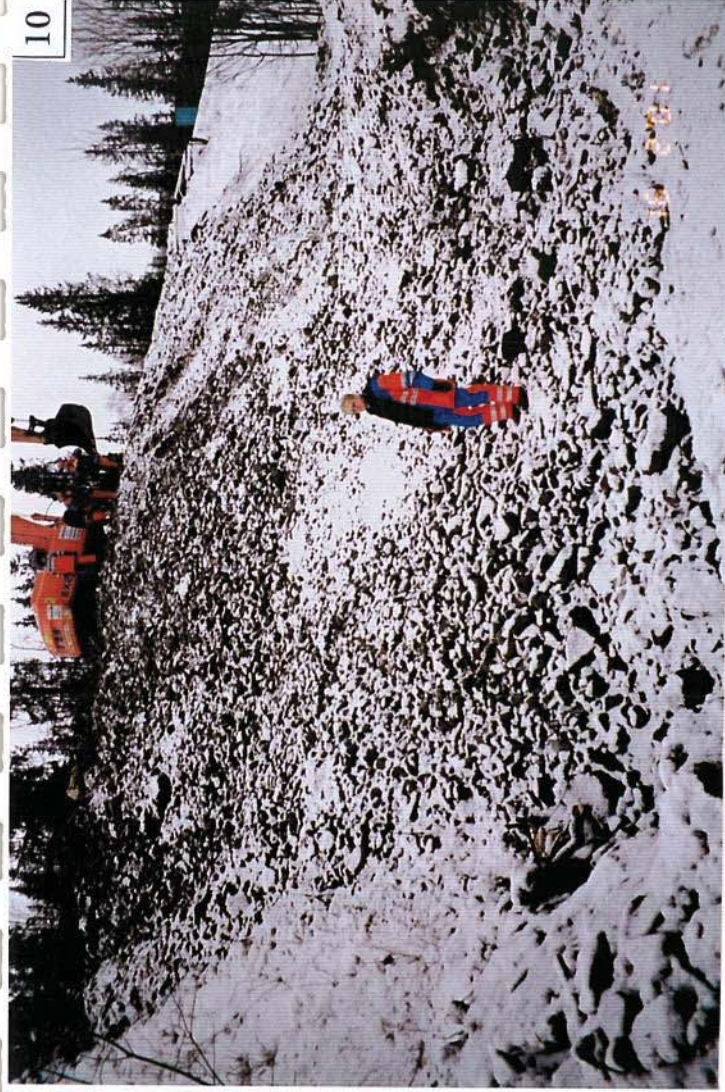


8





9



10

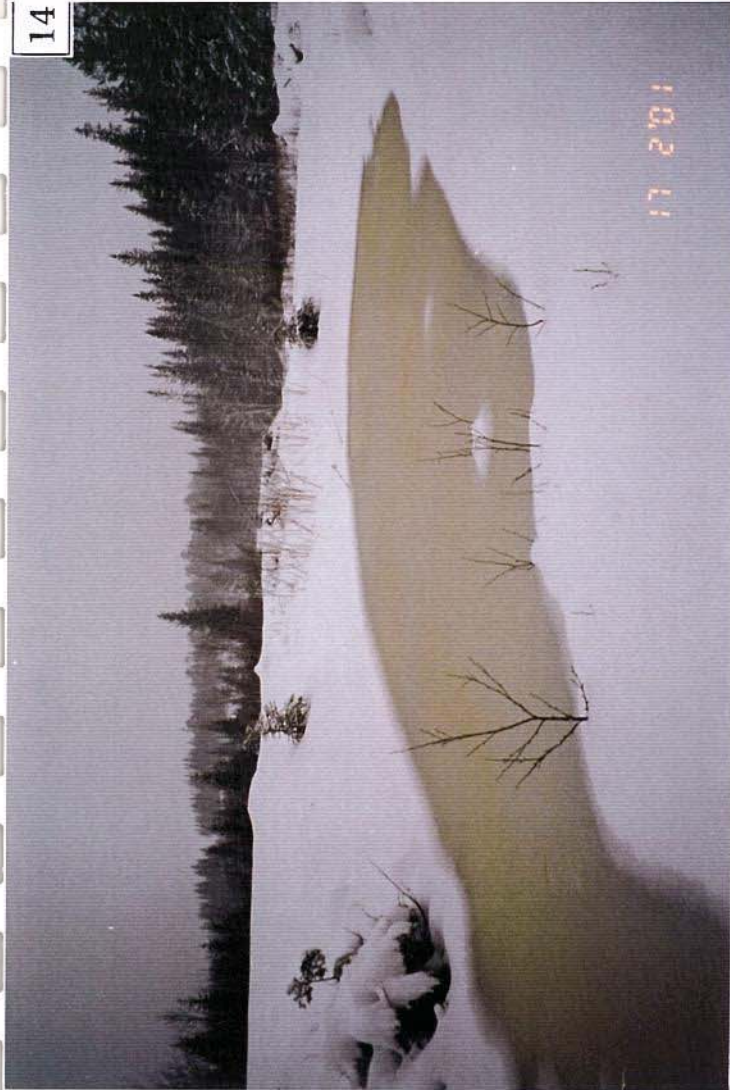


11



12

14



16



13



15

