

## Holmestrand skitunnel

**Anette Kleppestø**

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2016

Hovedveileder: Amund Bruland, BAT

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for bygg, anlegg og transport



## **Forord**

Denne rapporten er en masteroppgave skrevet i emnet TBA4935 "Anleggsteknikk" ved institutt for bygg, anlegg og transport på NTNU våren 2016. Oppgaven er en videreføring fra prosjektoppgaven "Mulighetsstudie Holmestrand Skitunnel" fra høsten 2015 og inngår som en del av forprosjektet for Holmestrand Skitunnel. Forprosjektet skal være ferdig september 2016.

Oppgaven omhandler hensyn som må tas, forslag til løsninger og utforming ved bygging av en skitunnel med utgangspunkt i den gamle Holmestrandtunnelen.

Etttersom oppgaven er en del av et forprosjekt gis det antydende heller enn konkrete planer og løsninger. Løsningene bør derfor kvalitetssikres i detaljprosjekteringsfasen.

Oppgaven er først og fremst skrevet for Senter for Idrettsanlegg og Teknologi (SIAT) og Holmestrand Skitunnel AS. Den kan likevel være aktuell og av interesse i forbindelse med planlegging av andre skitunneler i fremtiden.

Jeg vil gjerne rette en stor takk til SIAT, NTNU, Jernbaneverket og alle andre som har hjulpet meg på veien.

Trondheim, 09-06-2016

Anette Kleppestø



## Sammendrag

Vintrene preges av stadig mildere klima og det knyttes stadig større usikkerhet til skisessongene i kystnære strøk. Det ses derfor på muligheten for å koble ut den naturlige klimafaktoren å bygge en skitunnel i Holmestrand. Her finnes det en nedlagt veitunnel som det er tenkt å ta utgangspunkt i, med håp om å skape et økonomisk fortrinn.

Denne oppgaven er skrevet som en del av forprosjektet for Holmestrand skitunnel. Fokuset i rapporten er hvilke geologiske, tekniske og økonomiske hensyn som må tas for å bygge en skitunnel i Holmestrand ved å besvare punktene:

1. Hvordan skal tunnelprofilen utformes med tanke på hvelv, dreneringsløsning og isolasjon og hva vil dette koste?
2. Hvordan skal en gå frem for å endre dagens tunneltrassé til å bli en attraktiv løypestrassé for skigåing? Hvilke geologiske, tekniske og økonomiske begrensninger må da tas hensyn til?
3. Kan høye konsentrasjoner av radongass bli en utfordring eller begrensning for prosjektet?
4. Hva kjennetegner god snøkvalitet og hvordan en skaffe snø til tunnelen?
5. Hvilke faktorer kan bidra til å gjøre Holmestrand skitunnel attraktiv?

Det finnes lite tilgjengelig litteratur om denne typen idrettsanlegg. Mye av informasjonen er bevart som fortrolig informasjon hos ulike aktører som har vært med å planlegge slike anlegg tidligere og lite informasjon er offentliggjort. Det er derfor tatt utgangspunkt i kilder fra andre fagfelt og forsøkt å tilpasse denne informasjonen til dette prosjektet. I tillegg er det funnet nyttig informasjon ved hjelp av nyhetsartikler, ulike produsenter og fagfolk. Spesielt informasjon fra nyhetsartikler, nettsider o.l. har vært viktig å kvalitetssikre ved hjelp av uavhengige kilder. Det har derfor vært til stor hjelp å benytte seg av kreativ problemløsning, både med tanke på måter å innhente relevant teori og med tanke på utforming av løsninger.

Radontesting av tunnelen er gjort som et praktisk forsøk som en del av denne oppgaven.

Det er presentert tre ulike alternativer for løypeprofil med tilhørende løsninger for drenering hvor en mellomting mellom alternativ to og tre er anbefalt. Hvelvløsninger og isola-

sjonsløsninger er presentert og foreslått. Faktorer som påvirker snøkvalitet er hensyntatt og vurdert og det er foreslått metoder for å skaffe snø til tunnelen på. Til å begynne med ser det ut til at snøhøsting vil være det rimligste og mest miljøvennlige alternativet. Det er ikke funnet indikasjoner på radonfare i tunnelen.

Det er gjort økonomiske beregninger på blant annet hvelvløsninger og utspregning av nytt løypeprofil. Basert på en helhetsvurdering av blant annet størrelse og omfang for tunnelen er det foreslått å dele prosjektet inn i flere byggetrinn hvor tunnelen og bygningsmassene i nord bygges først.

Løsningene som er presentert og diskutert i denne rapporten danner et grunnlag for videre arbeid i detaljprosjekteringsfasen.

## **Summary**

Winters are affected by climate change and we daily face milder climate and more rain. The cross-country seasons gets shorter every year, especially in coastal areas. By building a ski tunnel in Holmestrand and disconnect the natural climate factor and the ski tunnel will prolong the cross-country ski season. In Holmestrand, there is a disused road tunnel. The thought is to use this tunnel as a basis for the skitunnel in hope of creating an economic advantage.

This thesis is written as part of the pilot project for Holmestrand Ski Tunnel. The focus of the report is the geological, technical and economic considerations for building a ski tunnel in Holmestrand by answering this points:

1. How will the tunnel designed to secure tunnel arch, drainage system and insulation. What will this cost?
2. How should the current tunnel profile change to be an attractive profile for skiing? Which geological, technical and economic constraints must be taken into account?
3. May high concentrations of radon gas present a challenge or limitation for the project?
4. What characterizes good snow conditions and how should the tunnel get filled by snow?
5. Which factors can make the ski tunnel in Holmestrand to an attractive ski tunnel?

There are little available literature on the topic of ski tunnel. Much of informatics is preserved as confidential information of various stakeholders who have been planning such facilities earlier and little information has been made public. It is therefore based in sources from other disciplines and attempted to adapt this information to this project. It is found some useful information in news articles, various internet pages etc. Especially information from news articles, websites and sources like this, has been important to ensure the quality by using independent sources. It has been needed to use creative problem solving, both in terms of ways to obtain relevant theory and to figure out good answers and solutions for any kind of problems.

Radon testing of the tunnel is made as a practical test as part of this task.

Three different options for track profile is presented, where a cross between option two and three are recommended. Design of the tunnel arch, drainage system and insulation solutions are presented. Factors affecting the snow conditions are taken into account and considered, there are also proposed methods of obtaining snow tunnel on. To begin with, it appears that snow-harving will be the most inexpensive and most environmentally friendly option. It is not found indications for radon that makes it as a limitation for the tunnel.

It made economic calculations, for different types of tunnel arch and for blasting of a new track profile. Based on an overall assessment of the size and scope of the tunnel, it is proposed to divide the project into several stages where the tunnel and building masses in the north built first.

The solutions that are presented and discussed in this report provides a basis for further work in detail design phase.



# Innhold

Forord . . . . .	i
Sammendrag . . . . .	iii
Summary . . . . .	v
<b>1 Innledning</b>	<b>1</b>
1.1 Bakgrunn . . . . .	1
1.2 Problemstilling . . . . .	6
1.3 Leserveiledning . . . . .	6
<b>2 Metode</b>	<b>8</b>
2.1 Arbeidsmetode for rapportskrivning . . . . .	8
2.2 Radontesting . . . . .	12
<b>3 Teoretisk grunnlag</b>	<b>15</b>
3.1 Løypeprofil og trassévalg . . . . .	15
3.2 Geologi og sikring . . . . .	18
3.3 Drenering . . . . .	22
3.4 Isolasjon . . . . .	23
3.5 Hvelv . . . . .	25
3.6 Snøproduksjon og snøkvalitet . . . . .	29
3.7 Radon . . . . .	34
3.8 Anlegg . . . . .	36
3.9 Inneklima . . . . .	39
3.10 Kostnadsestimat . . . . .	40
3.11 Miljø og klimapåvirkning . . . . .	41
<b>4 Tilstansvurdering av Holmestrandtunnelen</b>	<b>43</b>
4.1 Innledning . . . . .	43

4.2	Geologi og sikring . . . . .	44
4.3	Teknisk tilstand . . . . .	53
4.4	Radon . . . . .	55
4.5	Arealer . . . . .	56
<b>5</b>	<b>Andre skitunneler</b>	<b>59</b>
5.1	Innledning . . . . .	59
5.2	Skitunneler i Finland . . . . .	59
5.3	Skitunneler utenom Finland . . . . .	60
5.4	Løypeprofiler . . . . .	61
5.5	Inneklime og luftkvalitet . . . . .	62
<b>6</b>	<b>Snø i Holmestrand skitunnel</b>	<b>63</b>
6.1	Innledning . . . . .	63
6.2	Fremskaffe og fjerne snø . . . . .	63
6.3	Vann til snøproduksjon . . . . .	64
6.4	Snø til nedkjøling . . . . .	67
<b>7</b>	<b>Flerbruk</b>	<b>68</b>
7.1	Innledning . . . . .	68
7.2	Aktiviteter på snø . . . . .	68
7.3	Curling . . . . .	69
7.4	Kunstisbane . . . . .	69
7.5	Skytebane . . . . .	70
7.6	Mosjonsløp . . . . .	71
7.7	Utleie . . . . .	73
<b>8</b>	<b>Innledning</b>	<b>74</b>
8.1	Utarbeidelse av løypeprofil . . . . .	74
8.2	Begrensninger ved utvidelse . . . . .	74
8.3	Generelt for alle alternativ . . . . .	76
8.4	Alternativ 1 - Nullalternativet . . . . .	78
8.5	Alternativ 2 - Motbakker og svinger . . . . .	79
8.6	Alternativ 3 - Det lille ekstra . . . . .	82

<b>9 Resultater</b>	<b>84</b>
9.1 Innledning . . . . .	84
9.2 Drenering . . . . .	84
9.3 Masser . . . . .	89
9.4 Hvelv . . . . .	92
9.5 Sikring av bergvegg ved utvidelse av tunnelrommet . . . . .	94
9.6 Radon . . . . .	94
<b>10 Diskusjon</b>	<b>96</b>
10.1 Inneklima . . . . .	96
10.2 Radon . . . . .	98
10.3 Trassé . . . . .	99
10.4 Geologi og sikring . . . . .	102
10.5 Isolasjon . . . . .	107
10.6 Hvelvløsning . . . . .	108
10.7 Snø og snøproduksjon . . . . .	115
10.8 Sammenlikning av alternativer for løypeprofil . . . . .	120
10.9 Anlegg . . . . .	120
10.10 Byggetrinn . . . . .	121
10.11 Tilleggselementer . . . . .	122
10.12 Flerbruk . . . . .	124
<b>11 Oppsummering</b>	<b>128</b>
<b>12 Videre arbeid</b>	<b>131</b>
<b>Referanseliste</b>	<b>133</b>
<b>Vedlegg</b>	<b>142</b>

# Figurer

1.1	Oversiktskart over Holmestrandts geografiske plassering . . . . .	1
1.2	Global middeltemperatur . . . . .	2
1.3	Estimert nedgang i antall skidager i perioden 2031-2060 i forhold til perioden 1971-2000 . . . . .	3
1.4	Antall skidager på Bjørnholt i Nordmarka fra 1895-2015. . . . .	4
2.1	Radonmåler nr 1 . . . . .	13
2.2	Radonmåler nr 2 . . . . .	14
2.3	Radonmåler nr 3 . . . . .	14
2.4	Radonmåler nr 4 . . . . .	14
3.1	Tabell over anbefalte standarder for internasjonale konkurranser for <i>stående utøvere med funksjonshemming</i> (Talle 2007). . . . .	17
3.2	Universell utforming av pigging på snø . . . . .	17
3.3	Tabell over anbefalte standarder for internasjonale konkurranser for <i>sittende utøvere med funksjonshemming</i> (langrennspiggere) (Talle 2007). . . . .	18
3.4	Oppdelt drift. De to øverste figurene viser toppstoll - bunnstrossmetoden, nederst vises bunnstoll - takstrossmetoden (Bruland 2013). . . . .	20
3.5	Snomax . . . . .	22
3.6	Firkantet tversnitt, illustrasjon fra Oberhof . . . . .	25
3.7	Alternativt tversnitt, illustrasjonsbilde fra Oberhof . . . . .	25
3.8	Normalt tunneltversnitt, illustrasjon fra Torsby . . . . .	25
3.9	Skihall i fjell. Illustrasjonsbilde fra Vesileppis i Finland . . . . .	26
3.10	Giertsenduk. Illustrasjonsbilde fra Bybanen i Bergen . . . . .	27
3.11	Illustrasjonsbilde av PE-skum som blir dekket med sprøytebetong (foto: Midt-norsk betongsprøyting AS). . . . .	28
3.12	Illustrasjonsbilde av betonghvelv under montering. (foto: Vegdirektoratet) . . . . .	28

3.13	Illustrasjonsbilde av Sikaplan WP 1100-15HL montert i tunnel (foto: Sika). . . . .	29
3.14	Illustrasjonsbilde av tunnel med malte vegger (foto: Opticon AS). . . . .	29
3.16	Prosessen for dannelse av isbre, hvordan snø går over til å bli plastisk "isbre is"	30
3.15	Illustrasjon av snøpartikler, en blanding av små og store korn. . . . .	31
3.17	Transformasjon fra snø til is. (a) Snøfnugg omdannes til rundere former. (b) Sintering. (c) Prosessen som skjer ved sintering. 1. Sublimasjon 2. Moleky- lar diffusjon mellom korn 3. Kjernedannelse og tilvekst av nye korn 4. Indre deformasjon av korn . . . . .	31
3.18	Viftekanon ( <i>Obereggen. Sie werden uns lieben!</i> ) . . . . .	33
3.19	Lanse- eller lavenergikanon ( <i>Snøkanonene går for fullt</i> ) . . . . .	33
3.20	Snomax . . . . .	33
3.21	Stråling med ulik rekkevidde . . . . .	36
3.22	Estimatklasser og estimat i ulike faser (NTNU 2011) . . . . .	41
4.1	Berggrunnskart . . . . .	45
4.2	Sprekkeroser . . . . .	46
4.3	Berggrunnskart . . . . .	47
4.4	Kostnadsestimat utført av Statens Vegvesen (Vie og Ødegaard 2015). . . . .	48
4.5	Rasmasser i vegg, ca ved profil 2625 (Magnussen 2009) . . . . .	49
4.6	Her har det rast ut ca $1 m^3$ med masser omtrent ved profil 2625 (Magnussen 2009)	49
4.7	Ras i Holmestrandtunnelen 2009, omtrent ved profil 2685-2690 (Magnussen 2009) . . . . .	49
4.8	Et parti i tunnelen uten hvelvkonstruksjon. her er berget sikret med bolter og noe nett (Vie og Ødegaard 2015) . . . . .	49
4.9	Situasjon bak tunnelhvelv. Generelt mye bart og lite sikret berg. Bergmassekva- liteten er oppsprukket og vurderes til dårlig (Vie og Ødegaard 2015) . . . . .	50
4.10	Forkastningssone ved bassengparken fungere som en hydrogeologisk barriere (Langford, Kveldsvik og Sagen 2011) . . . . .	51
4.11	Forkastningssone ved bassengparken fungere som en hydrogeologisk barriere (Langford, Kveldsvik og Sagen 2011) . . . . .	52
4.12	Rømningslomme med omtrentlige mål (A. Kleppestø, befaring, August 2015) .	52
4.13	Berggrunnslag i Holmestrand . . . . .	55
4.14	Radonkart over Holmestrand (NGU 2015b) . . . . .	56

4.15	Holmestrandveggen og områdene utenfor tunnelportalen i nord (Holmestrand utvikling 2015) . . . . .	57
4.16	Området rett foran søndre tunnelportal (Degelmann og Martens 2010). . . . .	57
4.17	Oversikt over sprekkesett i området rundt søndre portal (Degelmann og Martens 2010). . . . .	57
4.18	De laveste 2-4 metrene av den høye skjæringen på figur 4.16 (Degelmann og Martens 2010). . . . .	58
4.19	Dalen som er dannet av en av hovedsvakhetssonene, sett mot vest (Degelmann og Martens 2010). . . . .	58
5.1	Mollierdiagram, temperatur og fuktighet i tunnelluften og tunnelveggen . . . .	61
5.2	Løypeprofil Torsby, Sverige. Tunnelen er 1,3 km lang (Torsby skidtunnel og sportcenter 2016) . . . . .	61
5.3	Løypeprofil Pappi, Finland ( <i>Hiihtotunneli</i> ) . . . . .	61
5.4	Løypeprofil for den planlagte skitunnelen på Veggli, Norge (SINTEF 2009) . .	62
6.1	Vannføring . . . . .	65
6.2	Middeltemperatur Holmestrand . . . . .	66
6.3	Figur som viser energiutnyttelsen av snø på Gardemoen. Snøen som brøytes om vinteren kommer tilbake som filtrert smeltevann til terminalbygget ( <i>Skal kjøle flyterminalen med snø</i> ). . . . .	67
7.1	Illustrasjonsbilde av hundekjøring i skitunnel fra Vesileppis i Finnland . . . . .	68
7.2	Curling, illustrasjonsbilde . . . . .	69
7.3	Aktiviteter som kan utøves på en hockeybane . . . . .	70
7.4	Ishockeybaner kan også benyttes til hest og ridestevner, her illustrert ved en istøltkonkurranse på en ishockeybane i Asker . . . . .	70
7.5	Alfhallen, innendørs skytehall med standplasser i to etasjer, dette gir både en 25 og en 50m bane. . . . .	71
7.6	Kart over skytebaner i nærheten av Holmestrand . . . . .	72
7.7	Stockholm tunnel run var fulltegnet . . . . .	72
8.1	Illustrasjonsbilde for skytebane i sørenden av skitunnelen. . . . .	77

8.2	Illustrasjonsbilde for skileikområde inne i skitunnelen (Haugnes, Kleppestø og Nøstvik 2016) . . . . .	77
8.3	Løypealternativ 1 . . . . .	78
8.4	Løypealternativ 2. . . . .	79
8.5	Løypealternativ 3, hele lengden . . . . .	82
8.6	Prinsippskisse for bro med kryssing . . . . .	83
9.1	Avstand til pukkverk i nærheten . . . . .	90
9.2	Kostnad per løse kubikkmeter for lastebil 6x4 som funksjon av transportstrekning. Basiskostnaden gjelder ved 6 effektive timer per skift . . . . .	91
10.1	Prinsipp 1 for ventilasjonsløsning, hvor utluften føres tilbake til utgangspunktet for å kunne benyttes til kjøling av ny luft. Tunnelen har ikke adskilte løyperetninger. . . . .	97
10.2	Prinsipp 2 for ventilasjonsløsning, hvor utluften føres tilbake til utgangspunktet for å kunne benyttes til kjøling av ny luft. Tunnelen har adskilte løyperetninger. . . . .	97
10.3	Illustrasjonsbilde 1, skileik . . . . .	100
10.4	Illustrasjonsbilde 2, skileik . . . . .	100
10.5	Illustrasjonsbilde 3, skileik . . . . .	100
10.6	Bakke 1 og 2 sammenliknet med geologien rundt tunnelen. Gul linje er omtrentlig trassé for løypeprofilen. Fritt etter vedlegg 8 . . . . .	104
10.7	Bakke 3 og 4 sammenliknet med geologien rundt tunnelen. Gul linje er omtrentlig trassé for løypeprofilen. Samme tegnforklaring som på figur 10.6. Fritt etter vedlegg 8 . . . . .	104
10.8	Illustrasjon av dreneringsforslag av hvelv med flatt tak. . . . .	110
10.9	Illustrasjon av snø og isfigurer som pynt i tunnelen. . . . .	112
10.10	Illustrasjonsbilde skitunnel med råsprengt berg . . . . .	113
10.11	Illustrasjonsbilde skitunnel med betonghvelv . . . . .	113
10.12	Grovkornet (t.v.) og finkornet snø (t.h.). . . . .	119

# Tabeller

2.1	Treffliste for søkeordet “Skitunnel” i ulike databaser. Skitunnel er et internasjonalt ord og det kom opp treff på flere språk. . . . .	8
2.2	Treffliste for søkeordet “Ski tunnel” i ulike databaser. Ski og tunnel er internasjonale ord og det kom opp treff på flere språk. . . . .	9
3.1	Forkortelser med forklaring . . . . .	16
3.2	Definisjon av kategori A, B og C bakker (Bjørkestøl, Aalberg og Ponikvar 2012). . . . .	16
3.3	FIS/NSF reglement for løyper, senior og junior, fritt etter (Talle 2007). . . . .	16
3.4	Forslag til ny definisjon av kategori A, B og C bakker for sittende/ langrennspigere (Talle 2007) . . . . .	17
3.5	Prisanslag for arbeider i Holmestrandtunnelen . . . . .	21
3.6	Naturlig radioaktivitet i bergarter, eksempler (Myran 2014) . . . . .	35
4.1	Tekniske spesifikasjoner . . . . .	43
8.1	Oversikt over stigning, høydeforskjell og type kategori for bakkene i alternativ 1. Bakkene er nummerert fra nord til sør. . . . .	78
8.2	Sammenlikning av krav til løypeutforming for ulike utøvergrupper mot løypeprofil 1. . . . .	78
8.3	Sammenlikning av krav til løypeutforming for ulike utøvergrupper mot løypeprofil 2 (og 3). . . . .	79
8.4	Oversikt over stigning, høydeforskjell og type kategori for bakkene i alternativ 2. Bakkene er nummerert fra nord til sør. . . . .	79
9.1	Kostnad for å pumpe bort dreneringsvann fra gropene i løypeprofilen ved ulike vannmengder . . . . .	87
9.2	Sammenlikning av priser for fjerning av bergmasse for de tre løypealternativene som er presentert. . . . .	89



9.3	Sammenlikning av bortkjøringskostnader for de tre løypealternativene . . . .	90
9.4	Prisoversikt for ulike hvelvløsninger. Prisene er tentative og vil være både være steds og mengdeavhengig . . . . .	93
10.1	Sammenlikning av krav til løypeutforming for ulike utøvergrupper mot de foreslåtte alternativene for løypeprofil. . . . .	121

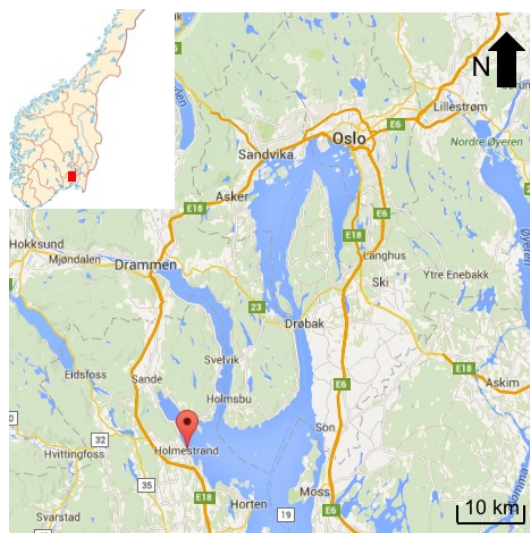


# Kapittel 1

## Innledning

### 1.1 Bakgrunn

Holmestrand ligger sentralt i Vestfold fylke (se figur 1.1). Holmestrandtunnelen er en sentrumsnær tunnel som ble bygget på starten av 1980-tallet med den hensikt å lede biltrafikken utenom Holmestrand sentrum. Veien var på denne tiden klassifisert som europavei (E18). På 2000-tallet ble det vedtatt og bygget en ny E18-trassé lenger inn i landet på grunn av økt trafikkbelastning, tunnelen ble da omgjort til en del av fylkesvei 313 og trafikkmengden sank betydelig. I 2012 ble tunnelen stengt for biltrafikk i forbindelse med at Jernbaneverket (JBV) startet opp et prosjekt for utvide- og bygge ny trassé for Vestfoldbanen. Dette prosjektet innebærer blant annet en 12 km lang dobbeltsporet jernbanetunnel i tillegg til at Holmestrand stasjon skal bygges i fjell (*Holm-Nykirke*) (Se vedlegg 3). Holmestrandtunnelen har siden stengningen i 2012 blitt brukt som anleggsvei for dette prosjektet.

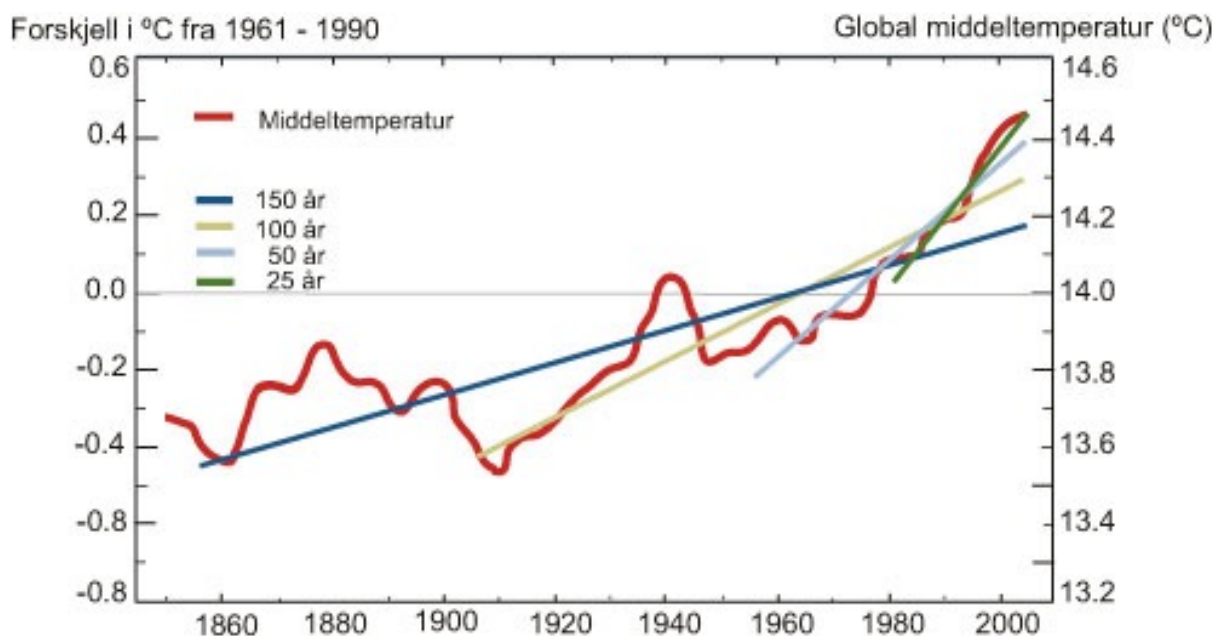


Figur 1.1: Oversiktskart over Holmestrandts geografiske plassering

Det var opprinnelig planer om å gjenåpne tunnelen etter at Vestfoldbanen var ferdig bygget, men på grunn av høye kostnader med blant annet oppgradering av berg-, vann og frostsikring for å sette tunnelen i stand igjen vedtok Statens vegvesen i 2012 å ikke gjenåpne

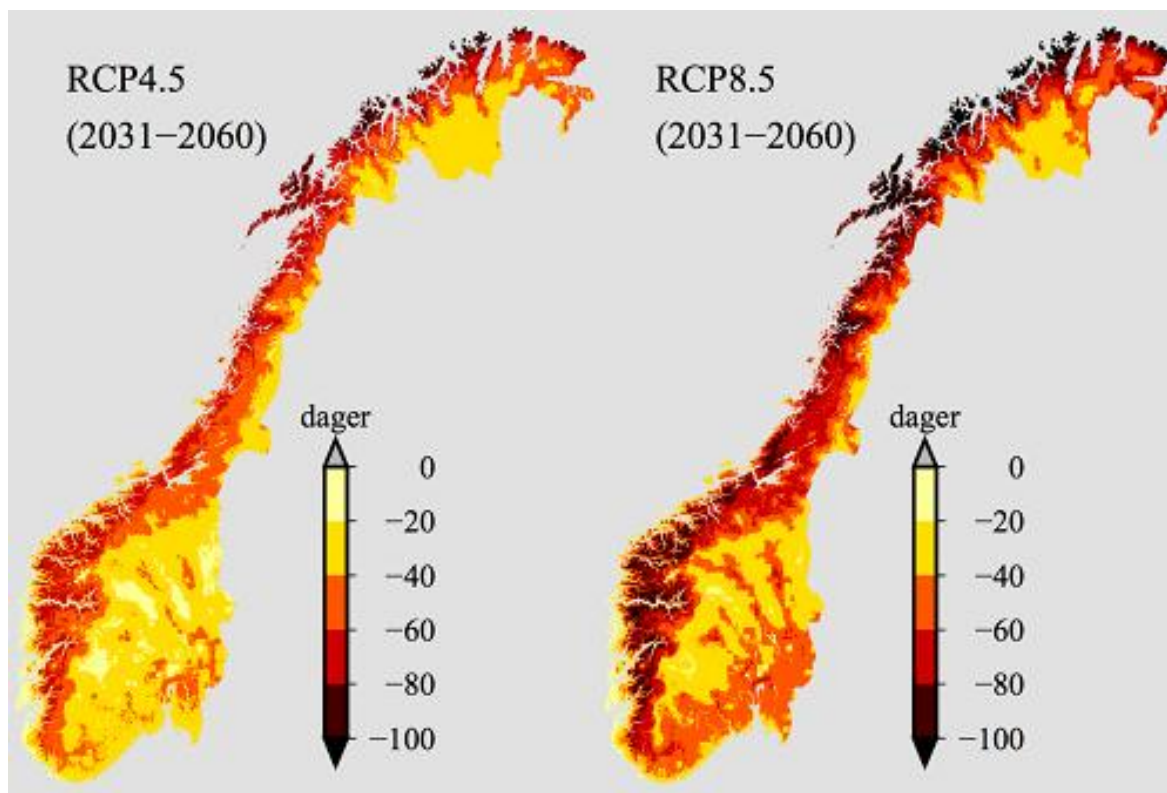
tunnelen for trafikk (Statens Vegvesen 2015c).

Vintrene preges av stadig mildere klima. Den globale gjennomsnittstemperaturen er beregnet å øke med mellom 1,8 og 4°C frem mot 2100 i forhold til år 2000 (Klima- og miljødepartementet 2007) (se figur 1.2). Dette betyr at det vil bli kortere snøperioder, særlig i kystnære strøk. Ut fra beregninger og prognoser gjort av FNs klimapanelers utviklingsbaner er det vist en figur med prognose for antall dager med skiføre i årene fremover (se figur 1.3). Forskere fra meteorologisk institutt og Norges vassdrags- og energidirektorat beskriver utviklingen på følgende måte i en kronikk Dagens Næringslivs helgemagasin, D2, i 2015:



Figur 1.2: Global middeltemperatur. Vertikal akse til høyre viser global middeltemperatur basert på målinger. Aksene til venstre viser temperaturavvik sammenliknet med gjennomsnittet fra 1961-90. De lineære trendene viser at global oppvarming skjer stadig hurtigere. (Klima- og miljødepartementet 2007)

Observasjoner viser at både vinter og vår har blitt varmere de siste 100 årene. Lufttemperaturen i Norge har økt med opptil 0,8 grader om vinteren og opptil 1,5 grader om våren. I samme periode har vinternedbøren økt med 16% og vårenedbøren med 23%. Temperaturøkningen har ført til at den gjennomsnittlige snøgrensen har krøpet innover i landet og oppover i høyden. Snøsesongen blir kortere. Snøen legger seg senere på høsten og smelter tidligere om våren. Vi har fått færre dager med skiføre. Spesielt merkbart er dette i mange befolkningstette

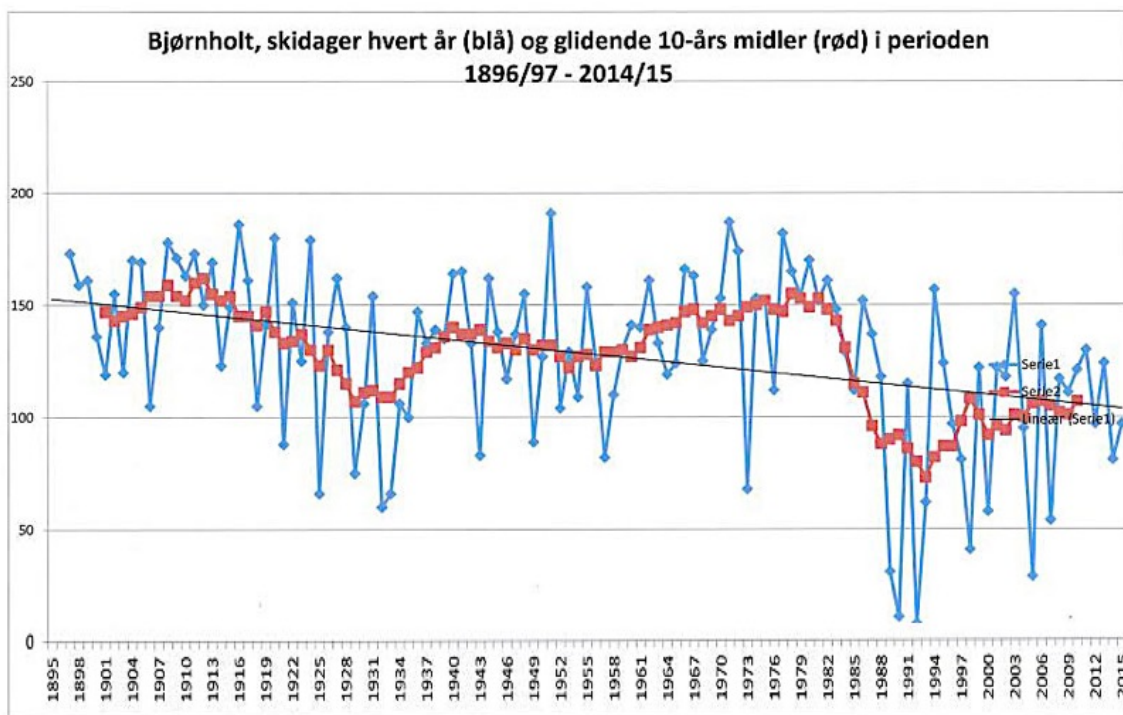


Figur 1.3: Estimert nedgang i antall skidager i perioden 2031-2060 i forhold til perioden 1971-2000. Kartet er basert på FNs klimapanelts utviklingsbaner (RCP) og NVEs snømodell. RCP 4,5 er FNs scenario med nest lavest utslipp. RCP 8,5 er FNs scenario med høyest utslipp. En skidag er definert som minst 25 cm snø (Schuler mfl. 2015)

områder som rundt Oslo og Trondheim (Schuler mfl. 2015).

Økte nedbørsmengder og grønne vintre forventes i lavlandet, mens enkelte vintre forventes å bli mer snørike i høyfjellet. Mot slutten av dette århundret vil snøgrensen krype enda høyere i terrenget, og det blir mindre snø i hele landet (Schuler mfl. 2015). Den negative trenden med stadig færre skidager er allerede tydelig, her vist ved en statistikk fra Nordmarka i Oslo (se figur 1.4).

En konsekvens av klimaendringene er at snø og vinteridretter blir mindre tilgjengelig for folk flest. Lange skitradisjoner har bidratt til at skiidrett er blitt Norges nasjonalsport (Thorsnæs 2013). For at nordmenn fortsatt skal ha muligheten til å gå på ski i nærmiljøet, selv om klimaet forandres, må det gjøres tiltak. Skiforbundet har blant annet meldt en økt satsing på automatisk snøproduksjonsutstyr for å utnytte "kuldelommene" til snøproduksjon maksimalt. De satser også på mer kompakte og optimaliserte løypetrasseer som legges strategisk i forhold til vind og soleksponering (Gjerland 2015).



Figur 1.4: Antall skidager på Bjørnholt i Nordmarka fra 1895-2015. Skidag er definert som snødybde større enn 25 cm (Bjørnbæk 2016)

I Holmestrand går en egne veier ved å *satse på full snøsikkerhet*. Ved å legge skiløypene innendørs, kobles den naturlige klimafaktoren ut og skisessongen gjøres tilgjengelig hele året, uansett vær. Dette er ikke banebrytende tenkning, da det allerede finnes flere skitunneler rundt om i Europa. Det har flere ganger vært både forslag og planer om et slikt anlegg her til lands også. Høye kostnadsestimater har dessverre vært en faktor som har gått igjen og som har stoppet flere av forslagene. I Holmestrand er håpet at *gjenbruk* av den gamle Holmestrandtunnelen, vil kunne skape et økonomisk fortrinn som skal bidra til å realisere skitunnelplanene.

Langrenn er langt fra den eneste utendørsidretten som har flyttet inn, skøyter med både hockey og lengdeløp, svømming, fjellklatring, isklatring løping, ja til og med fallskjermhopping og surfing har blitt innendørsidretter (Halvorsen 2016). De fleste innendørsaktiviteter vi kjenner i dag har faktisk sitt opphav fra aktiviteter ute i friluft. Norge har mange anlegg for ulike idretter og aktiviteter, men som en av verdens beste vintersportsnasjoner (*Derfor er Norge blant verdens beste vintersportsnasjoner*) kan vi fortsatt ikke skryte av å ha et innendørs

anlegg for langrenn. Enn så lenge drar norske utøvere til andre europeiske skitunneler for å finne snø sommerstid.

Selv om det nå planlegges å flytte skiføre innendørs, er det fortsatt ønskelig å kunne gå på ski ute. Det er derfor viktig at tunnelen i så liten grad som mulig bidrar til økte klimagassutslipp og høyere utendørstemperaturer.

Holmestrand ligger sentralt til på østlandet, en times kjøretur fra Oslo og i nærheten av flere store byer (se vedlegg 11). Seks idrettslag i nærområdet står i dag som eiere av tunnelen (Holmestrand Skitunnel 2016). Den sentrale beliggenheten på østlandet, samt en stor interesse for skigåing lokalt er antatt å gi tunnelen et tilstrekkelig besøksgrunnlag. I dag drar flere idrettslag fra østlandet og andre skigrupper til Torsby i Sverige for å trene om sommeren, faktisk er så mye som halvparten av de besøkende i Torsby norske (Kirkebøen 2013). De har flest besøkende fra Oslo-området, hvor de markedsfører seg, men har også besøkende fra andre steder i Norge, som Trondheim og Bergen. Det har også blitt flere og flere mosjonister som bruker tunnelen (Drangsholt 2015).

I desember 2015 ble det bevilget penger fra Vestfold fylke og Holmestrand kommune til å starte et forprosjekt. En prosjektadministrasjon ble hyret inn, hvor SIAT ved NTNU bistår med utredning av tekniske løsninger. Denne oppgaven er tilknyttet NTNU og SIAT. Ressurser fra Olympiatoppen og Toppidrettssenteret i Granåsen, som er tilknyttet NTNU, deltar også i viktige deler av studiene.

Etter at sluttrapporten er levert i september, vil den endelige beslutningen om å starte prosjektet tas. Dersom det vedtas at tunnelen skal bygges, blir neste fase detaljprosjektering før bygging.

For mer info om skitunnelens infrastruktur og de mulighetene en skitunnel vil gi Holmestrand, se prosjektoppgaven "Mulighetsstudie Holmestrand Skitunnel" (Kleppestø 2015) eller nettsidene til Holmestrand skitunnel; [www.holmestrandskitunnel.no](http://www.holmestrandskitunnel.no).

## 1.2 Problemstilling

Fokuset i denne rapporten er “ hvilke geologiske, tekniske og økonomiske hensyn som må tas for å bygge en skitunnel med utgangspunkt i den nedlagte Holmestrandtunnelen”.

Problemstillingen er avgrenset til å gjelde følgende punkter:

1. Hvordan skal tunnelprofilet utformes med tanke på hvelv, dreneringsløsning og isolasjon og hva vil dette koste?
2. Hvordan skal en gå frem for å endre dagens tunneltrassé til å bli en attraktiv løypetrassé for skigåing? Hvilke geologiske, tekniske og økonomiske begrensninger må da tas hensyn til?
3. Kan høye konsentrasjoner av radongass bli en utfordring eller begrensning for prosjektet?
4. Hva kjennetegner god snøkvalitet og hvordan en skaffe snø til tunnelen?
5. Hvilke faktorer kan bidra til å gjøre Holmestrand skitunnel attraktiv?

Temaer innen brann, rømning og logistikk for utlegging av snø er ikke tatt med. Med tanke på utforming av tunnelprofilet omfatter dette de store linjene og ikke tekniske detaljløsninger som oppbygning av dekke osv. Utover dette har forfatteren handlet med god tro med tanke på relevant innhold og avgrensning av oppgaven.

Det må forventes at felter som er utelatt i denne rapporten vil kunne påvirke anvendeligheten til løsningene som er valgt og presentert.

## 1.3 Leserveiledning

Diskusjon og presentasjon av løsninger utgjør en stor del av denne oppgaven. Dette skyldes delvis at prosjektet er i startfasen og delvis mangel på kvalitetssikret og spesifikk litteratur innen feltet skitunnel. Litteratur og løsninger må derfor diskuteres og begrunnes samtidig som de ulike løsningene må veies mot hverandre.

Mange løsninger og fagfelt er nært tilknyttet hverandre, hvilken løsning som velges på et område påvirker også valg av løsning på andre områder. Detaljeringsgraden og fylldigheten til hvert tema i rapporten, er ment å stå i stil med hvor vesentlig informasjonen er for totalpro-



duktet.

Oppgaven er videre bygget opp med en metode- og teoridel. Deretter er det gjort en tilstandsvurdering av tunnelen før det presentert fakta fra andre skitunneler. Videre er det skrevet om muligheter for å skaffe snø til tunnelen og ulike former for flerbruk før de tre alternativene for løypeprofil blir presentert. Videre presenteres utregninger og resultater fra radontestingen før løsningene fra de ulike fagfeltene diskuteres i diskusjonsdelen. Til slutt oppsummeres det hele før forslag til videre arbeid presenteres.

Prosjektoppgaven, "Mulighetsstudie Holmestrand Skitunnel" (Kleppestø 2015) er et viktig grunnlagsmateriale for denne rapporten. Det finnes mange sammenhenger mellom rapportene, selv om det ikke nødvendigvis henvises spesifikt hver gang. Det er ikke brukt tid eller plass til å gjengi stoff, da det er lagt opp til at leseren på egen hånd har gjort seg kjent med prosjektoppgaven og at denne rapporten leses som en videreføring av den.

# Kapittel 2

## Metode

### 2.1 Arbeidsmetode for rapportskriving

I forhold til et litratur søk, vil teorien rundt dette i hovedsak omhandle fordelingen mellom kvalitative og kvantitative metoder, validitet, reliabilitet og tidsbestandighet. Det er i tillegg viktig å vurdere om informasjonen som benyttes er objektiv og troverdig.

Det er lite teknisk informasjon tilgjengelig innen tema skitunnel. Store deler av utredningene knyttet til dette er bevart som fortrolig informasjon hos ulike firmaer. Nedenfor er det vist en tabell med antall treff hos ulike databaser (se tabell 2.1 og 2.2). “Skitunnel” eller “skitunnel” er et internasjonalt treff og det dukket opp resultater på flere ulike språk. Selv søk i politelige databaser som de som er listet opp under gir “dårlige” treff, det dukket for eksempel opp en link til wikipedia, sider som ikke finnes etc.

Tabell 2.1: Treffliste for søkeordet “Skitunnel” i ulike databaser. Skitunnel er et internasjonalt ord og det kom opp treff på flere språk.

*Søkeord: Skitunnel*

<b>Database</b>	<b>Antall treff</b>	<b>Kommentar</b>
Oria	3	3 artikler
Scopus	0	
Compendex (Ei Village 2)	1	Om energisystemer
Google Scholar	16	Med avgrensning for sitater

På grunn av at det har vært lite spesifikk informasjon tilgjengelig, er det søkt bredt for å finne informasjon fra mange ulike kilder. Det har vært begrenset med informasjon som dekker

Tabell 2.2: Treffliste for søkeordet "Ski tunnel" i ulike databaser. Ski og tunnel er internasjonale ord og det kom opp treff på flere språk.

*Søkeord: Ski tunnel"*

<b>Database</b>	<b>Antall treff</b>	<b>Kommentar</b>
Oria	6	2 kilder fra wikipedia og 2 treff på sammen kilde
Scopus	6	
Compendex (Ei Village 2)	3	
Google Scholar	79	Med avgrensning for sitater

temaet skitunnel direkte slik at andre søkeord og beslektede fagfelt er benyttet. Informasjonen som er funnet antas dermed å ha god validitet og litt dårligere reliabilitet. Det er også blitt benyttet en del ikke-vitenskapelige kilder i form av avisartikler o.l., denne informasjonen er kvalitetssikret mot andre kilder for å stadfeste fakta. Det er ekstra viktig å kvalitetssikre slike kilder, da kvaliteten og troverdigheten deres varierer.

Det har vært vesentlig å finne og tilpasse informasjon fra andre fagfelt som for eksempel vei og tunnel. Slik informasjon må tilpasses, da det stilles andre krav til for eksempel sikring av en veitunnel enn en skitunnel. Kravene til frostisolasjon for ulike hvelvtyper er også noe som vil variere fra en veitunnel til en skitunnel. Kreativ problemløsning har vært et sentralt stikkord, det er gjort flere egne betraktninger og vurderinger fra den informasjonen som er funnet.

Ulik forskning krever ulike fremgangsmetoder, et eksperiment eller en spørreundersøkelse vil nødvendigvis ha andre utgangspunkt for vurdering og valg av metoder enn en teoretisk oppgave. I denne oppgaven er det hovedsakelig benyttet en kvalitativ metode med tekstlig informasjon, intervjuer, e-post, samtaler og personlige møter. Det er også gjort to enkle befaringer i tunnelen sommeren 2015, en sammen med Jernbaneverket og en alene. Dette for å samle spesifikk og relevant info om temaet skitunnel fra personer som kan sitte på informasjon rundt dette. Det er også tatt kontakt med personer som jobber innen beslektede fagfelt for å få deres syn på dette temaet. Etterprøvbareheten for muntlig og personlig kommunikasjon kan være vanskelig. Informasjonen er kvalitetsikret ved å vurdere kildene opp mot andre uavhengige kilder.

For denne oppgaven, som i hovedsak har gått ut på å finne- og vurdere litteratur, jobbe

tverrfaglig, kreativt og løsningsorientert, vil en metoderefleksjon i utgangspunktet omfatte teori i forhold til et litteartursøk og tverrfaglig arbeidsmetodikk. Metodebegrepene antas videre å være kjent for leseren.

Utarbeidelse av løypeprofil har foregått i samarbeid med masterstudent Pål Haugnes fra Senter for toppidrettsforskning (SenTIF). Målet med dette samarbeidet var å gjøre løypen attraktiv for utøvere i alle aldre med ulike behov ut fra et idrettfaglig syn. Samtidig som dette må passe med begrensningene og kostnadene for de tekniske løsningene.

Det er ikke gjort noen undersøkelser i tunnelen annet enn målinger av radon. Dette gir da ikke grunnlag for grundige og detaljerte geologiske betraktninger.

Prosjektet rundt Holmestrand skitunnel er i forprosjekt-fasen, hvilket betyr at en er ute etter forslag og overslag, ikke detaljerte planer og kostnader. Forprosjekter er kanskje den aller viktigste fasen i prosessen. Det er her man definerer om- og hvorfor prosjektet igangsettes, samt hva som ønskes oppnådd. Det er en fase hvor det stilles mye spørsmål og hvor alle spørsmålene ikke nødvendigvis blir besvart (Kommunal- og regionaldepartementet 2010). Et forprosjekt kan starte med en mulighetsstudie, eller det kan starte helt fra bunn av. Forprosjektet i forbindelse med Holmestrand skitunnel har ikke hatt noen skisseprosjekt å ta utgangspunkt i.

I arbeidet med denne oppgaven er det avholdt møter med en arbeidsgruppe gjennomsnittlig en gang i måneden hele våren. Utenom disse møtene har det vært opp til en selv og følge opp og sette seg inn i andre fagfelt for å komme frem til gode og tilpassede løsninger for prosjektet. For å finne en god løsning på en problemstilling, må en gjerne innom flere fagfelt slik at en klarer å sette ting i en sammenheng, danne seg en helhetsforståelse og på den måten jobbe seg frem mot en mest mulig optimal løsning på tvers av flere fagfelt. Nettopp dette, at feltene henger så tett sammen og er avhengig av hverandre, samtidig som ting er på et overordnet nivå heller enn et detaljnivå har bidratt til at rapporten for både prosjektoppgaven og denne masteren har blitt såpass tverrfaglig.

For temaer der det finnes lite vitenskapelig kunnskap, er det som sagt viktig med ekstra

god kvalitetssikring. I denne oppgaven er det gjort ved å intervju flere personer og sjekke kilder mot hverandre. Dette er et viktig hjelpemiddel for å være så objektiv som mulig og for ikke å bli "farget" av et spesielt syn. Det har til tider vært krevende å gjøre seg opp en mening om hva som er best når man står mellom flere ulike metoder. Det har også vært spennende og måtte utfordre seg selv i å tenke kreativt for å komme frem til gode løsninger og for å finne best mulig informasjon ut fra den litteraturen og informasjonen som har vært tilgjengelig.

Mangel på informasjon og informasjonsinnhenting på tvers av fagfelt gjorde det utfordrende å skille mellom teori og diskusjon ved utarbeidelse av denne rapporten. Et logisk oppsett har også vært utfordrende å lage, da det ikke alltid er klare avgrensinger mellom teori, resultater og diskusjon, slik det gjerne er i for vitenskapelig rapporter basert på praktiske forsøk. Det har også vært en utfordring å flette sammen de ulike fagfeltene på en ryddig og logisk måte. Etter mye arbeid med strukturering og sortering tror en at stoffet nå er presentert på en oversiktlig og logisk måte.

Det har underveis i prosessen stadig kommet opp nye problemstillinger, både i forhold til tidligere- og aktuelle tema. Dette har ført til endringer og nytenkninger underveis, det har til tider vært utfordrende å holde seg til den røde tråden, og ikke spore av og forville seg inn i nye ideer som ligger utenfor rammene av denne oppgaven. Samtidig er det viktig i en forprosjektfase å være åpen for kreative ideer og innspill. Det å tørre å spille videre på dem, uten å gå for langt, og det å klare å stoppe i tide når ideene fører feil vei, har vært en utfordrende balansegang. Her har team-møtene vært viktig, både i forhold til å holde riktig fremdrift og fokus, og for å diskutere hvilke ideer som kan være interessante å spille videre på og hva som bør forkastes eller legges til side.

Det er tatt lærdom fra arbeidet med prosjektoppgaven, der det etterhvert ble utfordrende å begrense oppgaven. Metoden som da ble brukt var å starte bredt ut, innhente mye informasjon for så å spisse problemstillingen. Dette gjorde det vanskelig å velge hvilke områder man skulle fordype seg i. Ved arbeidet med denne rapporten, valgte en derfor å teste en motsatt strategi; ved å starte smalt for så å utvide problemstillingen etterhvert som det har vært naturlig. Strategien har fungert bra, det å begynne smalt for så å utvide problemstillingen har gjort prosessen mer oversiktlig og kontrollert. Det kan tenkes at denne strategien har fungert ekstra

godt ettersom en har vært orientert om emnet fra tidligere da arbeidet med prosjektoppgaven har gitt en god oversikt over prosjektet. Problemstillingen er utvidet etterhvert som relevante og interessante problemstillinger som har dukket opp.

Det ble fra starten av produsert tekst etterhvert som teori, forslag til løsninger og ideer falt på plass. Dette har fungert som en relativt god fremgangsmåte, men arbeidet burde vært noe bedre strukturert fra start av. Rapporten har blitt lang og omfattende, noe som stiller sterkere krav til struktur og ryddighet underveis for å beholde oversikten over blant annet hva som er skrevet og ikke skrevet mot slutten.

Med tanke på informasjonsinnhenting, kunne det vært veldig nyttig å dra på besøk til andre skitunneler, særlig skitunneler bygget i fjell for å se på hvilke løsninger og produkter som er benyttet der. Det har dessverre ikke vært mulighet for dette i forbindelse med denne oppgaven, det ble forsøkt å få i stand et besøk hos Bräcke skitunnel som er under bygging i Sverige, men dette lot seg ikke gjøre. Intervju med skiløpere og driftpersonell eller eventuelt en brukerundersøkelse på allerede eksisterende anlegg kunne også vært interessant med tanke på valg og utforming av anlegget. Det kunne også vært gjort praktiske forsøk i forhold til bergmasse og geologi, dette er nå foreslått utført som en del av detaljprosjekteringen.

## 2.2 Radontesting

Det er utført radonmålinger med langtidssporfilm i Holmestrand tunnelen. Sporfilmene har stått fra 31.mars til 4.mai 2016. Langtidssporfilmer skal i utgangspunktet stå ute i 2 måneder, men disse filmene har altså kun stått ute i en drøy måned. Måleprosedyren for denne typen utstyr er først og fremst tilpasset bopeler, hvor en har store endringer i klimaet gjennom varierende temperatur, lufttrykk og lufutskiftning på grunn av bevegelse, lufting osv. Ut ifra en antagelse om relativt stabile luftforhold i tunnelen er det i fellesskap med radonekspert Tom Myran, kommet fram til at en drøy måned for radontestene er tilstrekkelig.

Målet og bakgrunnen for plasseringer av sporfilmene var å få en best mulig oversikt over radonnivået i hele tunnelen. Målerne er satt ut i lav høyde, (0-0,5 m over bakken) for å få en mest mulig korrekt måling, da radongass er tyngre enn luft (se del 3.7). Målerne ble godt

merket (se figur 2.1, 2.2, 2.3, 2.4) og arbeidslagene som ferdes i tunnelen ble informert om at målerne ikke skulle flyttes på og at lengre tomgangskjøring i direkte nærhet til målerne skulle unngås.

Plassering av målerne er beskrevet under, se forøvrig også vedlegg 2:

*Måler 1:* Plassert ca 110 meter nord for tverrslag R9 venstre side (sett mot nord) (se figur 2.1). Tunnelen går her igjennom basalt (se vedlegg 8).

*Måler 2:* I gammelt tverrslag ca 15 meter ut fra bankett i gamle Holmestrandstunnelen (høyre side) (se figur 2.2). Denne delen av tunnelen ligger også i et område med basalt (se vedlegg 15).

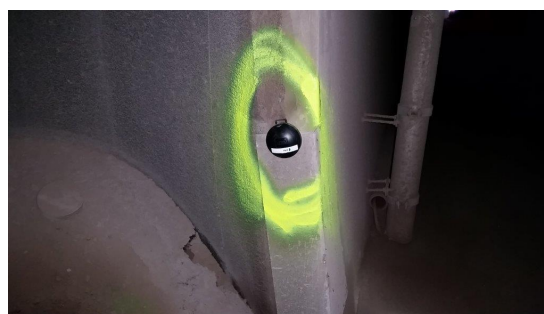
*Måler 3:* Plassert ca 75 meter nord for tverrslag R10 høyre side (sett mot nord) (se figur 2.3). Denne måleren er satt i tilknytning til den største svakhetssonen som krysser tunnelen, det er her antatt at det er mest sannsynlig at radongass kan sive ut fra underliggende lag.

*Måler 4:* Plassert ca 50 meter fra sørenden av Holmestrandstunnelen, på høyre side av tunnelen (sett mot nord) (se figur 2.4). Her er tunnelen hovedsakelig drevet igjennom siltstein og leirmineraler, til forskjell fra resten av tunnelen som hovedsakelig går gjennom basalt (se vedlegg 15).

Ventilasjonen i Holmestrandtunnelen trekker vanligvis fra sør mot nord. På utsetningsdagen var det omvendt og luften trakk fra nord mot sør. I tunnelens gamle tverrslag, synes det som om luften stod bortimot stille under utsetting av målerne.



(a) Oversiktsbilde

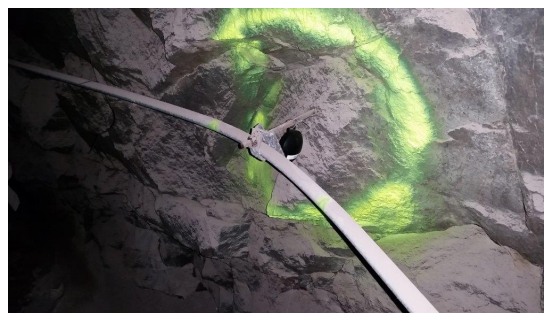


(b) Nærbilde

Figur 2.1: Radonmåler nr 1

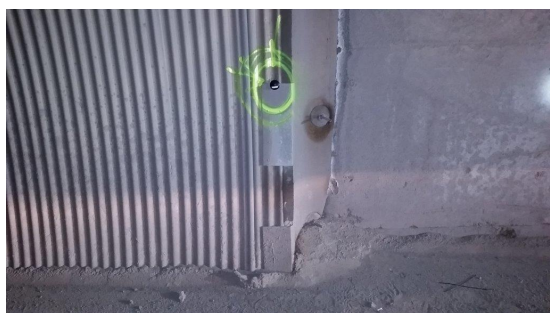


(a) Oversiktsbilde

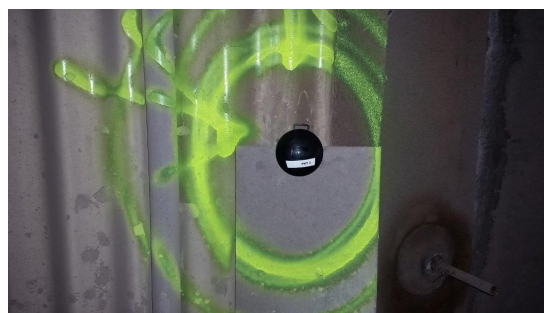


(b) Nærbilde

Figur 2.2: Radonmåler nr 2



(a) Oversiktsbilde

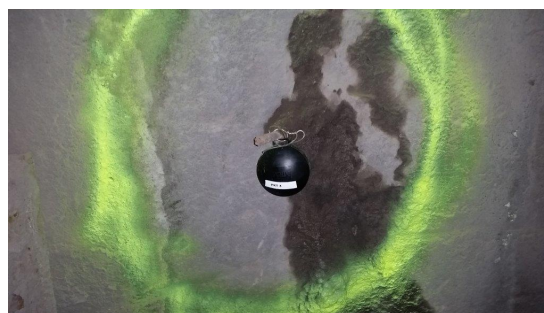


(b) Nærbilde

Figur 2.3: Radonmåler nr 3



(a) Oversiktsbilde



(b) Nærbilde

Figur 2.4: Radonmåler nr 4



# Kapittel 3

## Teoretisk grunnlag

### 3.1 Løypeprofil og trassévalg

Norges skiforbund har i samarbeid med kultur - og kirke departementet utarbeidet en veileder for bygging og drift av anlegg for langrenn og skiskyting. Veilederen ble sist oppdatert i januar 2007 og er lagt til grunn som teoretiske grunnlaget for valg av løypeprofil (Talle 2007).

Om løypene skal benyttes til konkurranser, eller om de kun skal benyttes til trening utgjør en vesentlig forskjell i forhold til kravene i veilederen. Nivået er også utslagsgivende, skal det arrangeres World-cup, gir dette andre krav enn om det arrangeres norgescup for juniorer. Til trening er ikke kravene like strenge, men løypene burde likne konkurranseløypene, slik at løperne får mulighet til å trene på det de skal bli gode på. Et felles krav er likevel at løypene skal være "morsomme, gi utfordringer og gi skiglede" (Talle 2007).

Løypene må tilpasses de forskjellige aldersgruppene. Fiskebeinsbakker bør unngås for yngre årsklasser, grensa for fiskebeinsbakker er ca. 18 prosent for de beste senioren og ca. 15 prosent for yngre løpere. Det bør legges inn skileikmomenter for aldersklassene opp til 13 år. For å tilfredsstille flere årsklasser og nivåer, bør en planlegge løyper med mindre sum stigning og slakere stigninger enn maksimumstallene. Dette kan gjøres ved å planlegge alternative sløyfer i stigninger, med ulik stigningsgrad sløyfer som går inntil hverandre, og der en kan kutte ut tyngre partier for yngre og heller legge inn partier som er morsomt å gå i som for eksempel et skileikområdet inn til stadion (Talle 2007).

I prinsippet skal en langrennsløype bestå av *en tredjedel* motbakker med stigningsgrad på 9-18%, en høydeforskjell på over 10 m og noen kortere stigninger brattere enn 18%. *En tredjedel* småkuppert, bølgende terreng hvor en utnytter alle terrengdetaljer, med korte stigninger og nedkjøringer med høydeforskjell på 1-9 m. Den siste *tredjedelen* skal ha varierte nedkjøringer hvor det stilles krav til skikkelig, variert utforteknikk, samtidig som sikkerhet ivaretas (Talle 2007). Tabell 3.3 viser stigninger og bakker ved løypelengder opp til 5 km.

Standard forkortelser er vanlig i beskrivelse av løypeutforming, forklaring til disse finnes i tabell 3.1. Bakkene er også definert etter ulike kategorier, disse er presentert i tabell 3.2.

Tabell 3.1: Forkortelser med forklaring

TC	<i>Total Climb</i> (Total stigning)
MC	<i>Max Climb</i> (Maksimal stigning)
HD	<i>Height Difference</i> (Høydeforskjell)
PHD	<i>Partial Hight Difference</i> (Høydeforskjell i en stigning)

Tabell 3.2: Definisjon av kategori A, B og C bakker (Bjørkestøl, Aalberg og Ponikvar 2012).

A	30 - 80 m PHD og stigning mellom 9-18%
B	10 - 29 m PHD og stigning mellom 9-18%
C	4 - 10 m PHD og stigning > 18 %

Tabell 3.3: FIS/NSF reglement for løyper, senior og junior, fritt etter (Talle 2007).

Løypelengde	TC	MC	HD	Bakker
2,5 km	75-105	50	50	1 A, 1-3 B, 1-2 C
3,3 km	100-135	50	65	1 A, 2-3 B, 1-2 C
3,75 km	100-150	50	75	1 A, 2-3 B, 1-2 C
5 km	150-210	50	100	2 A, 3-5 B, 1-3 C

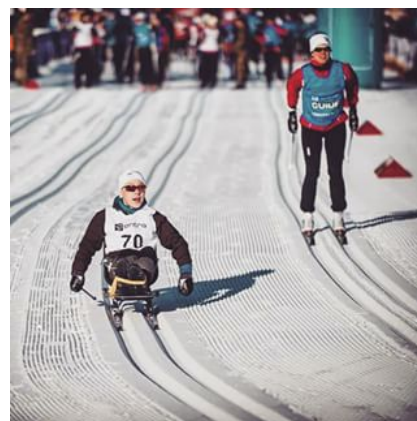
Universell utforming er viktig å ta hensyn til ved utarbeidelse av løypeprofil. Hørsels-hemmede og "stående" bevegelseshemmede/synshemmede (med visse unntak) deltar i konkurranser på samme premisser som funksjonsfriske med tanke på løypeprofil og lengder. Det bør imidlertid tas i betraktning at utforkjøringer som gir stor fart med skarpe svinger midt i eller i bunn av bakken bør unngås da disse kan skape vanskeligheter og være farlig for synshemmede og beinskadde. Bruk av kortere runder som går fler ganger gjør det lettere for de synshemmede og blinde å lære løypa, noe som kan øke mestringsfølelsen deres. Det bør

etableres færre A-bakker, disse bør erstattes med B-bakker for å tilpasse løypen til gruppen med stående bevegelseshemmede og synshemmede. Området for TC bør være i den lavere delen av området (f.eks. 150-108 m for 5 km jfr. tabell 3.3). Tabell 3.1 viser for anbefalte standarder for TC, MC og HD for internasjonale konkurranser for stående (Talle 2007).

Course	TC	MC	HD	Hills
5 km	150 - 180	40	75	0-1 A hill, 4-6 B hills, 0-2 C-hills
3.3 km	110 - 135	30	50	3-5 B hills, 0-1 C hill
2.5 km	75 - 90	30	50	2-3 B hills, 0-1 C hill

Figur 3.1: Tabell over anbefalte standarder for internasjonale konkurranser for *stående utøvere med funksjonshemming* (Talle 2007).

Sittende bevegelseshemmede - piggere - har flere faktorer som må tas i betraktning, ganske enkelt fordi disse utøverne sitter og kan kun bruke overkropp og armer (bilde 3.2). Det er derfor foreslått å endre definisjonen for de ulike bakkekategoriene etter tabell 3.4. Motbakkene bør altså ikke ha mer enn 10-12% stigning, de bør heller ikke være lengre enn 250 m. Utforbakker bør ikke være brattere enn 12-14% og bør ha en mest mulig rett slutt. En svak motbakke i bunn som senker hastigheten er å foretrekke. Svinger og vendinger bør plasseres der hastigheten er lav. Svinger i flate partier av løypa bør optimalt ikke være mindre enn 90° vinkel, større vinkel er påkrevd for utforkjøringer. Utøverne skal kunne følge sporet hele veien, også gjennom svingene. Tabell 3.1 viser for anbefalte standarder for TC, MC og HD for internasjonale konkurranser for piggere (Talle 2007).



Figur 3.2: Illustrasjonsbilde: universell utforming, piggig på snø (Eriksen 2015)

Tabell 3.4: Forslag til ny definisjon av kategori A, B og C bakker for sittende/langrennspiggere (Talle 2007).

$A_p$	10-20 m PHD og stigning mellom 4-12%
$B_p$	4-9 m PHD og stigning mellom 4-12 %
$C_p$	distanse < 30 m, stigning > 12%

Course	TC	MC	HD	Hills
5 km	150 - 180	40	75	0-1 A hill, 4-6 B hills, 0-2 C-hills
3.3 km	110 - 135	30	50	3-5 B hills, 0-1 C hill
2.5 km	75 - 90	30	50	2-3 B hills, 0-1 C hill

Figur 3.3: Tabell over anbefalte standarder for internasjonale konkurranser for *sittende utøvere med funksjonshemming* (langrennspiggere) (Talle 2007).

## 3.2 Geologi og sikring

### 3.2.1 Geologi

I tilfelle med Holmestrand skitunnel er det snakk om en utvidelse av et eksisterende bergrom, teorien som presenteres tar derfor utgangspunkt i dette, at orientering og beliggenhet av tunnelen er gitt.

Når sted for et bergrom er valgt, er også selve bygningsmaterialet, altså bergmassen og de forhold som påvirker denne, valgt. Det ligger derfor i sakens natur at det er de naturgitte eller geologiske forholdene som vil dominere når stabilitetsproblemer i tunneler og bergrom skal diskuteres (Bjørn Nilsen 2011).

De geologiske forholdene som påvirker stabiliteten av et bergrom eller en tunnel er materialegenskapene, spenningssituasjonen, vannforholdene og de geometriske forholdene rundt tunnelen. Dette er imidlertid forhold som kan endre seg med tiden, så ved stabilitetsvurderinger må også tiden tas i betraktning (Bjørn Nilsen 2011). Med de geometriske forholdene menes blant annet de innbyrdes vinkler mellom spenninger og oppsprekningretnigner, og de vinkler disse og svakhetssoner danner med bergrommets forskjellige vegg- og takflater. Sprekkeavstander, bredder på svakhetssoner og bergrommets størrelse er også viktige geometriske forhold (Bjørn Nilsen 2011).

For å få en oversikt over de forskjellig sprekkeplans orientering og relative hyppighet, benyttes gjerne en sprekkerose. Her avsettes sprekkenes og sleppenes strøkretning på en forenklet kompassrose. Det er vanlig å slå sammen observasjoner innen intervall på 5 til 10 grader. Antall observasjoner innen hvert intervall angis langs radielle akser. Fallvinklene angis

ved siden av diagrammet sammen med en kort karakteristikk av sprekkeflatene. Sprekkerosen gir umiddelbart et visuelt inntrykk av strøkretningene og er velegnet for tekniske betraktninger (Bjørn Nilsen 2011).

Det er av stor betydning for byggefasen så vel som den senere bruk av anlegget at en forsøker å skaffe seg oversikt over de forskjellige problemer *vann* kan forårsake. Da den vesentligste delen av anlegg i berg vil befinne seg under grunnvannsspeilet. Anlegget som befinner seg under grunnvannsspeilet vil kunne påvirkes av blant annet grunnvannsstrømmer og vanntrykk som igjen kan føre til lekkasjer, store vanninnbrudd, aggressivt vann osv. En spesiell type problemer kan oppstå ved vann i frossen tilstand, en vil da kunne få problemer med frostsprengning og istapper (Bjørn Nilsen 2011).

Spenningene som oppstår rundt et bergrom er et resultat av bergrommets form og de spenninger som eksisterte på stedet før rommet ble utsprengt. Når disse to forholdene er kjent, kan en i prinsippet beregne fordelingen av spenningene rundt bergrommet. Har en videre bruddkriterier for den bergmassen som omgir rommet, kan områdene langs rommets periferi hvor bergmassen vil bli overbelastet og brudd finne sted, kartlegges (Bjørn Nilsen 2011).

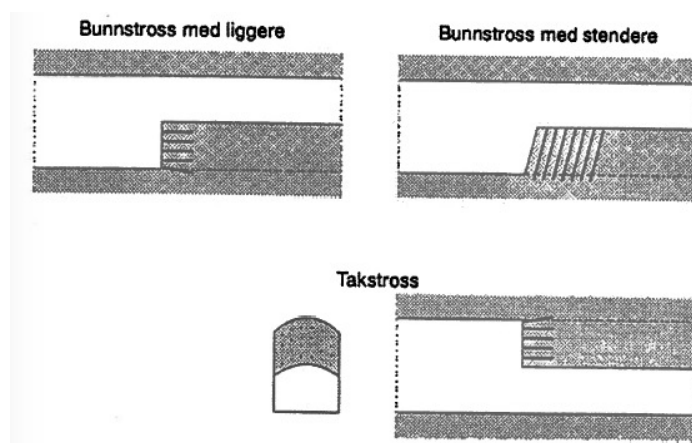
Bergmassen kan imidlertid være både diskontinuerlig og anisotrop, slik at å finne bruddkriteriene kan være meget vanskelig og beheftet med atskillig usikkerhet. Direkte målinger av spenninger i berg er basert på at de skal foregå i borhull og slisser, mens indirekte metoder forutsetter kjennskap til materialets elastiske egenskaper. Beregning av spenningsforholdene kan utføres ved hjelp av numerisk analyse, for eksempel ved endelig elementmetode, men også disse forutsetter i prinsippet kjennskap til bergmassens elastiske egenskaper i hvert element av den oppbygde modellen. Vurderinger som legges til grunn for hvor en kan forvente at et fjellanlegg kan bli forstyrret av uheldige spenningsforhold og forårsake hva som ofte betegnes som bergtrykksproblemer, er derfor i stor grad basert på empiriske erfaringer (Bjørn Nilsen 2011).

Varmeledningsevne vil variere mellom ulike bergarter og mineraler. Kvarts skiller seg ut som et spesielt varmeledende mineral. For hovedtyngden av bergarter vil varmeledningsfor-

holdene i stor grad preges av deres kvartsinnhold, idet dette mineralets varmeledningsevne er omtrent tre ganger større enn for andre viktige mineraler som feltspat, glimmer og hornblende (Bjørn Nilsen 2011). Bergarter har også ulik grad av naturlig radioaktivitet, for mer om dette, se del 3.7 om radon.

### 3.2.2 Utvidelse av et eksisterende bergrom

Utvidelse av et eksisterende bergrom kan utføres tilsvarende driving med “oppdelt drift”. Dette vil si at en driver ut en del av tverrsnittet først (det eksisterende bergrommet), før del to, tre osv. drives. Oppdelt drift er vanlig for store tverrsnitt og kan drives etter flere metoder. Det kan drives etter toppstoll - bunnstrossmetoden hvor en driver toppstollen til gjennomslag før en angriper nedre del av tverrsnittet, altså bunnstrossen. Alternativt kan det drives etter bunnstoll - takstrossmetoden (Bruland 2013). Figur 3.4 viser den prinsipielle forskjellen mellom de to metodene.



Figur 3.4: Oppdelt drift. De to øverste figurene viser toppstoll - bunnstrossmetoden, nederst vises bunnstoll - takstrossmetoden (Bruland 2013).

Toppstoll - bunnstross metoden har den fordel at det bare blir *en* takkontur som skal sprenges forsiktig, renskes, sikres. Sikringstiltakene kan også skje fra gunstig høyde. Metoden er enerådende ved oppdelt drift for tunneler av noe lengde. Bunnstoll - takstrollmetoden kan på sin side by på fordeler i forbindelse med sammensatte fjellanlegg (Bruland 2013). Generelt sett gjelder det at strossing krever enklere utstyr enn tunneldrift.

Bredden, eller spennvidden er ofte kritisk for et bergrom. Ved vurdering av spennvidde

er det derfor viktig å ha klart for seg at eventuelle stabilitetsproblem vanligvis vil øke med økende spennvidde. Det er særlig viktig for stabiliteten av hengen at det er tilstrekkelig horisontalspenninger (Bjørn Nilsen 2011).

Prisen for selve drivingen er ca.  $175 \text{ kr/m}^3$  (Zare 2007). Med de små volumene det er snakk om her, kan en minst doble drivekostnaden til  $350 \text{ kr/m}^3$  for å inkludere "alt" (sprengning, lasting, rigg/drift, transport etc.) (Amund Bruland, mail, 31.03.16).

Med tanke på inngrep i hengen, bør hengen ende opp med en buet eller sirkulær fassong. Et råsprengt tunneltverrsnitt med en firkantet fassong vil gi stabilitet- og spenningproblemer. Dette vil kunne føre til økt nedfall langs veggene og behov for mer sikring (Hoek 1966).

### 3.2.3 Sikring

#### Innledning/generelt

Teoretisk grunnlag i forhold til sikringsmetoder og sikringsklasser ble gjennomgått i prosjekt-oppgaven "Mulighetsstudie Holmestrand skitunnel" (Kleppestø 2015), det vises til denne for mer info.

#### Kostnader

For å kunne gi et kostnadsestimat på hva det vil koste å utbedre tunnelen for å skape en løypeprofil er det funnet priser på ulike arbeider. Prisene er gitt i forhold til mengde og størrelse (se tabell 3.5).

Tabell 3.5: Prisanslag for arbeider i Holmestrandtunnelen

Hva	Pris/enhet	Kilde
Driving	Min $350 \text{ kr/sm}^3$	(Amund Bruland, mail, 31.03.16)
Bolter (CT-bolt, 4m)	$1000 \text{ kr/stk}$	(Vie og Ødegaard 2015)
Sprøytbetong	$5000 \text{ kr/m}^3$	(Amund Bruland, mail, 07.04.16)
Pigging av armert betong	$350 - 400 \text{ kr/m}^3$	(Odd Solum AF Decom, samtale, 30.05.16)

Det anbefalt å sikre veggen med bolter når total høyde av tunnelrommet overstiger 7,5 - 8

m. Det anbefales da å sikre veggen med 1 bolt per 3 – 4  $m^2$  (Amund Bruland, mail, 07.04.16).

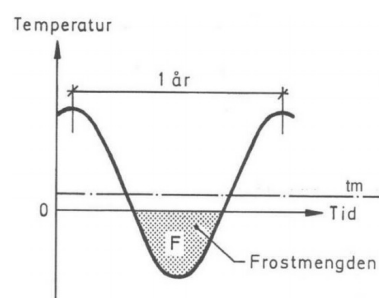
Sprøytebetong anvendes først og fremst for sikring av tett oppsprukket eller “småfalent” berg. Påføring av 5-10 cm sprøytebetong i slike tilfeller gir vanligvis en tilfredsstillende permanent sikring (Bjørn Nilsen 2011).

### 3.3 Drenering

Når tunnelen er drevet vil fordelingen mellom våte og tørre partier i vegg, såle og heng, og samlet mengde vann være kjent. Først da vil blant annet rørdimensjoner for drens-systemet kunne fastsettes endelig. Ved dimensjonering av drens-system er det flere forhold som skal tas hensyn til. Dette gjelder blant annet forventet lekkasje og mulige endringer i lekkasjer over tid, nedslagsfelt og nedbørsmengder i dagsoner, spesielle vurderinger ved lite fall og fare for tilslamming eller begroing av ledninger, behov for reservemagasin i forbindelse med lavbrekk, frostsikring av drens-systemet og kummer (Vegdirektoratet 2014).

Dreneringsvannet kan disponeres lokalt eller transporteres bort og renses når dette er påkrevd. Overvannet skal så slippes ut i en egnet og godkjent resipient. Det er anbefalt at ledningsanlegg med selvføll benyttes så langt det er mulig (Thorolfsson 2011). Ledningsanlegg med selvføll, det vil si rør med friskeisstrømning eller kanalstrømning. Når avløpsvannet ikke lenger kan transporteres ved hjelp av gravitasjon, må det settes inn pumper og vanntransport i trykkledninger. Dykkerledning er en type trykkledning hvor tverrsnittet er fylt og forutsetter at utløpet til ledningen ligger lavere enn “inntaket”, slik at gravitasjonstransport kan benyttes. Dykkerledninger sparer energi i forhold til bruk av pumpe-systemer (Thorolfsson 2011). Den er også billigere enn en pumpeløsning i både anlegg og drift, og vil i tillegg være langt mer driftssikker (*VA-norm. 6.A Andre krav*).

Dersom frostmengden i tunnelen er større enn 6 000  $h^0C$  skal drens-systemet frostsikres med isolasjon eller tilstrekkelig dyp grøft (Vegdirektoratet 2014). Frostmengden for et gitt sted er definert som tidsintegralet av forskjellen mellom negativ lufttemperatur og 0 °C over de perioder



Figur 3.5: Illustrasjon av frostmengdebegrepet (Caric 2011)



hvor lufttemperaturen er under 0 °C (Thue 2009b), se figur 3.5. Frostmengden kan regnes ut ved hjelp av formel 3.1 (UiO 1999).

$$F(t) = \Delta t \sum_i -T \quad (3.1)$$

$F(t)$  = Frostmengde

$\Delta t$  = tid i konstante temperaturintervaller

$T$  = Temperatur [°C]

Ved bruk av isolert vegfundament ivaretas frostsikringen ved at isolasjonen i vegfundamentet føres over grøft og frem til kontakt med eventuell konstruksjon for vann- og frostsikring av vegg og hvelv. Risikoen for kuldebroer mellom grøft og vann- og frostsikring skal vurderes spesielt og i tilfeller med store lekkasjer kan det være hensiktsmessig å anlegge grøfter på begge sider av tunnelen (Vegdirektoratet 2014).

Ved en frostmengde større enn 15 000 h°C må tunnelens grøfter og kummer alltid frostisolerers. Til frostsikring av grøfter benyttes fortrinnsvis skumglassgranulat eller lettklinker. Isolasjonsplater av typen XPS kan også benyttes, etter vegstandarden må denne da ha en korttids trykkfasthet på 500 kPa og være min 50 mm tykk. Isolasjonen skal legges dypest mulig i grøften (Vegdirektoratet 2014).

### 3.4 Isolasjon

Det finnes flere ulike metoder for å tilpasse tunnelklimaet i en skitunnel. En kan oppnå et kjølig klima i tunnelen ved å isolere hvelvet slik at den kalde luften isoleres fra bergveggen eller ved å kjøle ned bergmassen tilsvarende et kjøle- eller fryselager. En kan også kjøle ned luften i rommet uten å bruke energi på verken å isolere eller kjøle ned bergmassen.

Det finnes mange ulike materialer og produkter for å isolere et tunnelhvelv. Her kan en nevne Gjertsenduk WGT-100, som er en type hvelv som isolerer ved hjelp av "termoseffekten" (se del 3.5.3). Aluway isolert platehvelv er et eksempel på et annet konsept, som består av kassetmoduler som er isolert med Glava og innfestet i røroppheng til fjellet. Andre typer

hvelv som kan nevnes er isolerte betonghvelv, WaPro og Isolon. PE-skum er et eksempel på en isolerende løsning som ikke omfatter hvelv. PE-skummet må dekkes med sprøytebetong på grunn av brannsikkerhet (Harald Buvik 2008).

Nedkjøling av bergmassen vil ta lang tid å kreve mye energi, ettersom bergmassen har en dårlig isolasjonsevne (se del 3.2). Fryselagre i fjell er et konsept hvor bergmassens evne til å lagre energi over tid benyttes. Bergmassen har veldig dårlig isolasjonsevne, men til gjengjeld er tykkelsen meget stor og en oppnår økt temperaturstabilitet når bergmassen først er kjølt ned (Lorentzen 1960). Det er noe usikkert hvilken forskjell en kan forvente seg i forhold til erfaringene man har med fryselagre, da fryselagre kjøles ned til en mye lavere temperatur enn hva en forventer seg i skitunnelen (Kleppestø 2015).

Å kjøle ned luften i rommet uten å bruke direkte energi på å isolere eller kjøle ned bergmassen kan fungere ettersom overgangsenergien mellom luft og fast stoff er høy (Anne-Lise Berggren *Geofrost*, telefonsamtale, 21.04.2016).

Det ble anslått at det vil koste rundt 3,1 mill kr å kjøle ned berget fra bergets nåværende temperatur på  $7^{\circ}\text{C}$  til en overflatetemperatur på  $-1^{\circ}\text{C}$ . Innetemperaturen i skitunnelen er anslått å være  $-3^{\circ}\text{C}$ , det gir en overflatetemperatur for berget på  $-1^{\circ}\text{C}$ . Dette skyldes varmeovergangstallet mellom luft og berg (Kleppestø 2015). For priser på ulike typer hvelv se del 3.5.3.

Det bør isoleres mellom snø og bergmasse for at energien som tilføres for å holde snøen kald ikke skal bli brukt til å kjøle ned bergmassen. For å unngå å sløse energi på denne måten, bør det isoleres. Ved å isolere kan en altså både spare penger ved et lavere energibruk og ved at kapasiteten på kjølerørene kan minkes (Anne-Lise Berggren *Geofrost*, telefonsamtale, 21.04.2016).

## 3.5 Hvelv

### 3.5.1 Utforming av hvelvet

Det finnes flere alternativer for utforming av hvelv. Valgmulighetene kommer an på hvilke funksjoner en ønsker at hvelvet skal ha. Nedenfor er det foreslått tre hvelv med ulike geometrier.



Figur 3.6: Firkantet tverrsnitt, illustrasjon fra Oberhof (*DKB-Skisport-Halle*)



Figur 3.7: Alternativt tverrsnitt, illustrasjon 2 fra Oberhof (Hörminal 2009)



Figur 3.8: Normalt tunneltverrsnitt, illustrasjon fra Torsby (Sollén 2010)

Et firkantet tverrsnitt med rette vegger (figur 3.6) vil gi lik takhøyde i hele tverrsnittet, god romfølelse og en dårlig drenering av vann om drypper fra hengen.

Tverrsnittet på figur 3.7 er et annet alternativ, dette har rette vegger med vinkel i øverst i hjørnene. Denne utformingen gir god takhøyde og en noe bedre dreneringseffekt enn det firkantede tverrsnittet.

Et buet tverrsnitt vil gi god takhøyde på midten og lavere takhøyde langs kanten. Dette kan gi løperne i ytre del av løypen en følelse av å stange i taket.

### 3.5.2 Ingen hvelv

Det er også mulig ha en ren råsprengt bergoverflate eller en bergflate dekket med sprøytebetong etter sikringsbehov (se figur 3.9).



Figur 3.9: Skihall i fjell uten hvelv. Illustrasjonsbilde fra Vesileppis i Finland (*Ohjelmapalvelut* 2016)

### 3.5.3 Hvelvløsninger

Nedenfor er det hentet frem priser og forslag til ulike hvelvtyper. Det er gjort et overslag over investeringskostnadene til de ulike hvelvtypene i resultatdelen.

Pris er vanskelig å spesifisere konkret da dette vil være steds- og ikke minst mengdeavhengig (Buvik 2007). Prisene som presenteres er derfor ikke nødvendigvis korrekte, men gir et utgangspunkt for å danne et omtrentlig bilde av hvor prisnivået kommer til å ligge. Løsningene som presenteres kan kombineres.

#### Gjertsenduk

Gjertsenduk WGT-100 er en dukløsning utviklet for vegtunneler. Duken har en drenerende og isolerende effekt. Systemet består av en armert duk og stålbuer, som sammen tar opp påførte krefter fra trafikk og gjennomstrømming. WGT-100 er en vannsikringsløsning som er ment å gi et tunnelhvelv fritt for vanngjennomtrenging og drypp (*Komplett letthvelvsløsning for lavtrafikk tunneler*).

WGT-100 er blant annet levert og installert på tunnelene til Bybanen i Bergen (se figur 3.10). Systemet sikrer lave vedlikeholds- og driftskostnader. Leverandøren har effektive rutiner for reparasjon av skader, dette sikrer kort nedetid på anlegget om uhellet skulle være ute. Duken er selvslukkende og vil ikke overtennes. Forventet levetid på duken er 50 år for bruk i veitunnel (*Komplett letthvelvsløsning for lavtrafikk tunneler*). Isolasjonsevnen varierer med størrelsen på luftsjiktet mellom duken og berget da duken isolerer ved hjelp av "termoseffekten" (Farstad 2012). Luftsjiktet er som regel mellom 30-60 cm, men kan bli noe mindre dersom konturen på bergveggen er veldig fin. Den isolerende effekten av selve duken er omtrent som en enkelt



Figur 3.10: Giertsenduk. Illustrasjonsbilde fra Bybanen i Bergen (Komplett letthvelvsløsning for lavtrafikk tunneler)

glassrute (Alv Hanstvedt W. Giertsen Tunnel AS, telefonsamtale, 17.03.2016).

Pisen på gjertsenduk WGT-100 er ca  $700 \text{ kr/m}^2$  ferdig montert (Alv Hanstvedt W. Giertsen Tunnel AS, telefonsamtale, 17.03.2016).

### PE-skum

PE-skum (figur 3.11) fungerer som vann- og frostsikring. Sprøytebetong sammen med PE-skum omtales gjerne som et isolert sprøytebetonghvelv. I kombinasjon med med sprøytebetong fungerer PE-skum som brannsikring etter restriksjoner gitt av Statens vegvesen (W. Giertsen Tunnel AS 2016). Prisen for PE-skum med nettarmert sprøytebetong og PP fiber lå i 2007 i størrelsesorden  $600 \text{ kr/m}^2$  (Buvik 2007). Ut i fra kostnadsindeksen for veganlegg (Byggekostnadsindeks for veganlegg "fjelltunnel") utgjør dette en pris på  $768 \text{ kr/m}^2$  med dagens prisnivå.

### Betongelementer

Betongelementer (figur 3.12) både isolerer og drenerer. Prisen for betongelementer i hele profilet lå i 2007 på rundt  $1200 \text{ kr/m}^2$  (Buvik 2007). Omregning ved kostnadsindeksen for veganlegg (Byggekostnadsindeks for veganlegg "fjelltunnel") gir en pris på  $1536 \text{ kr/m}^2$  med dagens prisnivå.



Figur 3.11: Illustrasjonsbilde av PE-skum som blir dekket med sprøytebetong (foto: Midt-norsk betongsprøyting AS).



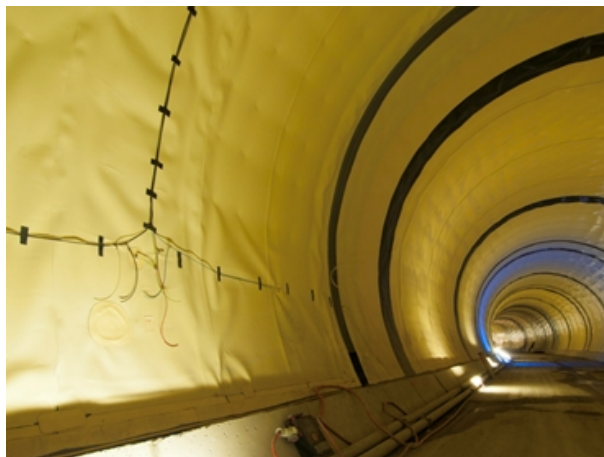
Figur 3.12: Illustrasjonsbilde av betonghvelv under montering. (foto: Vegdirektoratet)

## Membran

Membraner er vanntette konstruksjoner og finnes i flere former og varianter. Både sprøytbare og ikke sprøytbare membraner er å finne på markedet. Sikaplan WP 1100-15HL (figur 3.13) er en ikke sprøytbar membran, denne er 1,5 mm tykk og er basert på polyvinylklorid (PVC-P) (Sika Egypt for Construction Chemicals 2015). Duken i seg selv koster  $92 \text{ kr/m}^2$ , uten rigg drift og eventuelt andre kostnader (Sika Norge AS 2016). Membran kan benyttes sammen med sprøytebetong og omtales da gjerne som et uisolert sprøytebetonghvelv.

## Maling

Det kan være aktuelt å male bergoverflaten eller hvelvet for å gjøre tunnelen lysere (se figur 3.14). Berget og hvelvet må vaskes før det males. Opticon AS oppgir en pris på ca  $40 \text{ kr/m}^2$  for maling,  $20 \text{ kr/m}^2$  for vask og 12 500 kr for rigg og drift. Transportkostnader kommer i



Figur 3.13: Illustrasjonsbilde av Sikaplan WP 1100-15HL monterert i tunnel (foto: Sika).

tillegg (Mona Sikkerbøl *Opticon AS*, mail, 02.05.2016). Ved maling over 3,5 m høyde kreves mer omfattende tildekking, dette vil også være et tillegg i prisen (Jarle Sikkerbøl *Opticon AS*, mail, 03.05.2016).



Figur 3.14: Illustrasjonsbilde av tunnel med malte vegger (foto: Opticon AS).

## 3.6 Snøproduksjon og snøkvalitet

### 3.6.1 Innledning

Kvaliteten på snø avhenger av både produksjonsmetode, alder og hvilket klima snøen har vært utsatt for. Snø dannes ved en kjemisk prosess mellom snø, kulde og eventuelt andre partikler. All snø vil gjennomgå en naturlig aldringsprosess med tiden. For å produsere snø med best mulig kvalitet er det viktig å være klar over hvilke parametere som innvirker på produksjonen.

Temperatur, luftfuktighet og kjemisk sammensetning av vannet er ledd i prosessen som er med å påvirke kvaliteten på snøen som blir produsert.

### 3.6.2 Type snø

Snø finnes i mange former og varianter. Snøen kan være tørr, våt, grovkornet, finkornet, ny og gammel. Temperatur og klima påvirker hastigheten for snøens aldringsprosess. Aldringen skjer raskere i varmt og fuktig klima enn i kaldt og tørt (Johan Wåhlin, samtale, 17.03.2016). Det er bare å tenke på hvor raskt den siste nysnøen som faller i skisporet om vinteren blir gammel og kornet, i motsetning til kald januar-snø som gjerne holder seg fin og “ny” lenge.

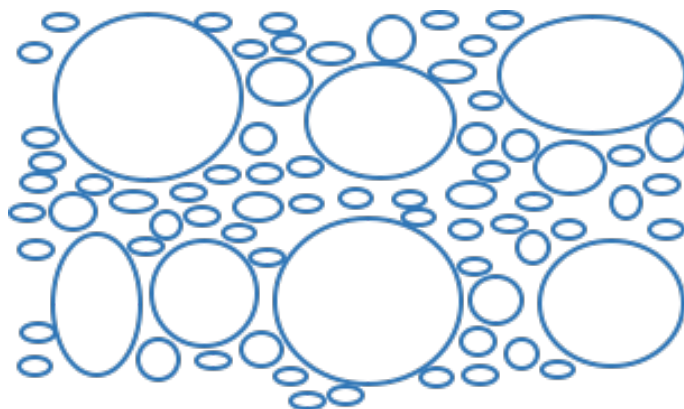
Snø består gjerne av en masse med store og små partikler blandet (se figur 3.15). Store snøkorn er en samling av mange mindre korn som er bundet sammen i et felles snøkorn med stor kjerne, et slikt korn er et eksempel på et eldet snøkorn. Store snøkorn har vanskeligere for å dele seg på grunn av de sterke bindingene og den store kjernen. Små og “ferske” snøkorn derimot har svakere bindinger og en liten kjerne som holder det sammen, dette gjør at de lett kan spaltes i mindre korn. Mindre korn har lettere for å binde seg til større korn. Det er altså slik at små korn blir mindre og bidrar til at store korn blir større når snøen eldes. En ender opp med en aldring av snø hvor fin “puddersnø” og nysnø med små korn sakte men sikkert går over til å bli grovkornet gammel snø med større korn. Hvor lang tid denne prosessen tar, fra snøen er finkornet til den blir grovkornet avhenger av temperatur og fuktighet (Johan Wåhler, samtale, 17.03.2016). Et eksempel på rask aldring av snø er at regnskyll gjerne gir klisterføre i langrennsløypene. Klisterføre er synonymt med våt snø i plussgrader, eller is. Her er kornene grovere og rundere sammenliknet med for voksføre, hvor snøkornene er mindre, finere og spissere.

Snø kan transformeres til is (se figur 3.16). Dette skjer over tid og i flere steg. Det starter med at snøkrystallene går fra krystallform til en rundere form (se figur 3.17a). Her frigjøres det energi og størrelsen på de ferske snøkornene minker. Denne prosessen er temperaturavhengig og skjer raskere ved høye temperaturer. Neste steg i prosessen kalles sintring, som betyr at konsistensen forandres idet enkelte partikler kitter seg sam-



Figur 3.16: Prosessen for dannelse av isbre, hvordan snø

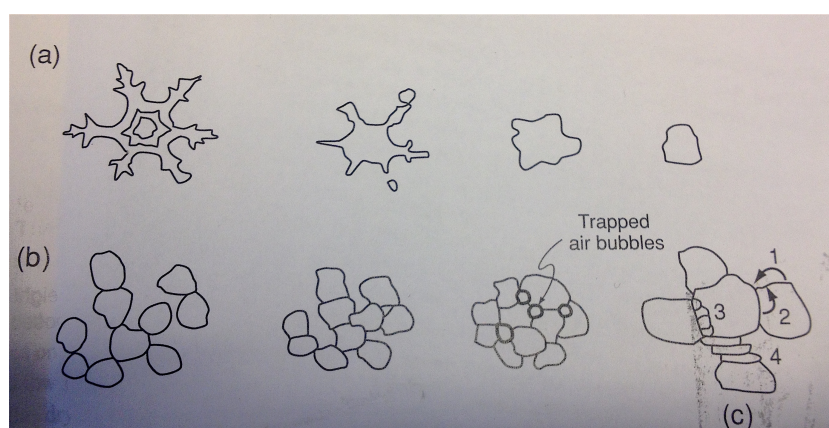




Figur 3.15: Illustrasjon av snøpartikler, en blanding av små og store korn.

men (se figur 3.17b). Videre transformeres snøpartiklene ved sublimasjon og molekylar diffusjon av korn, kjernedannelse og tilvekst av nye korn samt en indre deformasjon av korn (se figur 3.17c). Sublimasjonen er viktigst i starten når porevolumet er stort.

Den interne deformasjonen øker jo dypere man kommer ned i snøen på grunn av økt press på krystallene. Ved en densitet rundt  $830 \text{ kg/m}^3$  begynner porene å lukke seg og luft kan ikke lenger bevege seg gjennom isen. Snøen er altså blitt til is (Hooke 2005). Isbreer består av både is og snø, dette skyldes både den naturlige aldringsprosessen og tyngden av overliggende, som komprimerer snøen til is (Liestøl og Hagen 2015).



Figur 3.17: Transformasjon fra snø til is. (a) Snøfnugg omdannes til rundere former. (b) Sintering. (c) Prosessen som skjer ved sintering. 1. Sublimasjon 2. Molekylar diffusjon mellom korn 3. Kjernedannelse og tilvekst av nye korn 4. Indre deformasjon av korn

### 3.6.3 Produksjon av snø

Ved produksjon av snø er temperatur og luftfuktighet de viktigste parametrene med tanke på snøkvalitet. I prinsippet betyr det at det ved lav luftfuktighet og tørr luft kan produseres snø ved høyere temperatur enn om luftfuktigheten er høy. Andre faktorer, som kjølede drag, frost i bakken og forurensing i vannet, vil også spille inn (Olsen 2004).

Ved produksjon av kunstsne er det viktig å være påpasselig med å justere blandingen mellom luft og vann, for mye vann vil gi våt snø, mens for lite vann vil gi tørr snø. Veilederen for snøproduksjon fra kulturdepartementet presenterer en skala for snøkvalitet. Skalaen går fra 1-9, hvor 1 er pudde, 5 er kram snø og 9 er nesten regn. Egenvekt på kvalitet 5 er  $0,3 - 0,4 \text{ kg/dm}^3$ , normalt bør det produseres snø mellom kvalitet 4 og 5. Snøkvalitet 5 kjennetegnes ved at snøkrystallene ikke fester seg til jakkeermet når den blir ristet. Ved snøkvalitet 4 spretter krystallene rett av jakken (Olsen 2004).

En snøkanon produserer snø ved å skyte ut vanndråper. Når vanndråpene kommer i kontakt med kald luft, vil en del av vannet fordampe mens resten blir til snø. Dersom den kalde luften er meget fuktig får man ikke laget snø. Da sier man at luften er mett og det dannes en tåkesky rundt snøproduksjonen. Vannet vil da etterhvert ikke vil fryse på grunn av den høye fuktigheten i luften (Olsen 2004).

Når en lager snø er det som sagt viktig med riktig temperatur og luftfuktighet. Kanonene bør gjerne flyttes underveis i produksjonen og snøkrystallene bør være i luften så lenge som mulig før de når bakken. Temperaturen på vannet bør være så lav som mulig da høy vannetemperatur vil kreve kjøligere luft (Olsen 2004).

Det finnes tre hovedtyper av snøkanoner, det er viftekanoner, høytrykkskanoner og Lanse- eller lavenergikanoner. Alle disse produserer snø opp mot  $-2^{\circ}\text{C}$ . Viftekanonene (figur 3.18) har stor kapasitet, bruker relativt lite energi per  $\text{m}^3$  produsert snø, de produserer meget god snøkvalitet og er relativt støysvake. De er store, tunge og relativt dyre, de krever mye vedlikehold over tid og trenger mye strøm, men ikke trykkluftgate. Høytrykkskanonene er i ferd med å fases ut på grunn av høye energikostnader og støy. Disse har stor kapasitet, kan produsere meget god snøkvalitet, det er lite eller ingen vedlikehold på kanonene, men de



Figur 3.18: Viftekanon (Obereggen. Sie werden uns lieben!)



Figur 3.19: Lanse- eller lavenergikanon (Snøkanonene går for fullt)

trenger store stasjonære kompressorer og luftrørgate. Lanse- eller lavenergikanonene (se figur 3.19) har relativt liten kapasitet, bruker lite energi per  $m^3$  produsert snø, er støysvake, krever lite vedlikehold og er enkle i drift, men har færre justeringsmuligheter for snøkvaliteten (Wiik og Opsal 2014).

### 3.6.4 Snomax som tilsetningsstoff

Snomax er et tilsetningsstoff som kan brukes ved snøproduksjon. Dette stoffet øker volumet av produsert snø og gjør snøen tørrere. Grunnen til dette er at Snomax inneholder en bakterie som gjør at vann fryser ved høyere temperatur enn normalt (Hansen 1995). Dersom vannet har en forholdsvis høy temperatur, som eksempelvis vann fra offentlig tilførsel, innvirker Snomax positivt (Olsen 2004).



Figur 3.20: Snomax (Halsall 2015)

### 3.6.5 Vann til snøproduksjon

Den kjemiske sammensetningen av vannet vil påvirke snøproduksjonen. Forskjellige vannkilder har ulike kvaliteter. Videre skal en se på hva som egner seg best til snøproduksjon.

Vanndråper med små partikler fryser lettere enn rent vann fordi partiklene gir vanndråpene noe å fryse seg fast til, frysingen kommer på den måten raskere i gang. Dette betyr at det er lettere å lage snø med partikkelholdig vann enn med destillert vann. Det er altså ikke nød-

vendig å bruke energi på å rense vannet i noen særlig grad før det benyttes til snøproduksjon (Schrödingers katt 2016). Det er heller en fordel at vannet inneholder små partikler, men med en slik mengde at de ikke tetter igjen vannfiltre og dyser (Olsen 2004).

### 3.6.6 Snø i tunnel

Snøen bør holdes kjølig for å sinke aldringsprosessen og beholde kvaliteten. Å holde snøen kjølig vil også hindre avsmelting.

Det er mindre energikrevende å overføre energi fra væske til fast stoff, enn fra luft til faststoff (jfr. del 3.4). For å kjøle ned snøen, kan det legges fryserør under snøen som fylles med kjølevæske. Som kjølevæske bør det benyttes en væske med god varmeovergang. Her kan det for eksempel benyttes natronklorid eller kalsiumklorid (Anne-Lise Berggren *Geofrost*, telefonsamtale, 21.04.2016).

Ved andre skitunnelanlegg er det tidligere påpekt problemer med dårlig luftkvalitet og sykdomsproblemer ved bruk av skitunnelen. Dette kan skyldes gammel snø med mye bakterier. Folk spytter og slimer i snøen mens de går, noe som kan utgjøre en smittefare (Venæs mfl. 2009).

## 3.7 Radon

Radon er en usynlig og luktfri gass som dannes kontinuerlig fra uran i jordskorpa. Det er en radioaktiv edelgass uten farge, lukt eller smak som utgjør en helserisiko ved innånding. På grunn av helserisikoen, er det i strålevernforskriften angitt grenseverdier for radonnivå hvor tiltak bør eller må iverksettes. Statens strålevern er engasjert for å forvalte radonkravene i denne forskriften (Statens strålevern 2014).

Radon er åtte ganger tyngre enn luft og har liten evne til å binde seg til faste stoffer (Myran 2014). Dette fører til at gassen lett unnslipper materialer og frigjøres til luft (Statens strålevern 2014). Gassen produseres ved spalting av det radioaktive grunnstoffet radium, et stoff som finnes i små mengder over alt i naturen. Det første leddet i radiumkjeden er uran (U-238), som kan påvises i alle berg- og jordarter, med en mengde på i gjennomsnitt 2-4 ppm (Myran 1983). Tabell 3.6 viser naturlig radioaktivitet for noen utvalgte bergarter.

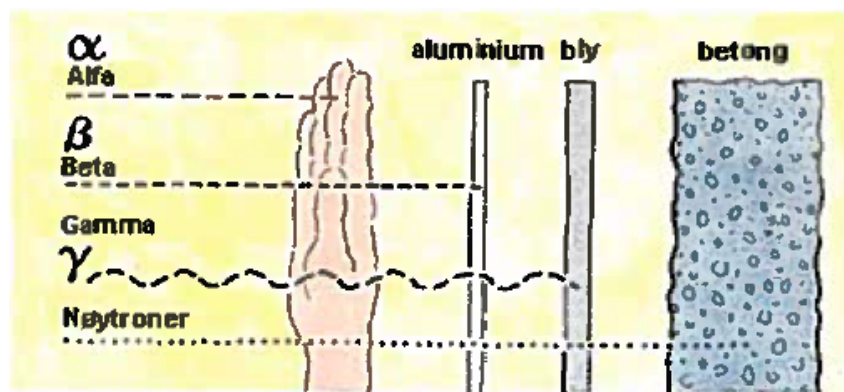
Tabell 3.6: Naturlig radioaktivitet i bergarter, eksempler (Myran 2014)

Bergarter/jordtype	Radiumkonsentrasjon (Bq/kg)
Normal granitt	20-120
Uranrik granitt	100-600
Gneis	20-100
Dioritt	1-120
Sandstein	5-60
Kalkstein	5-20
Skifer	10-120
Alunskifer (midtre kambrium)	120-600
Alunskifer (øvre kambrium eller nedre ordovicium)	600-5000
Morenejord	20-80
Leire	20-120
Sand og silt	5-25

De høyeste konsentrasjonene av radon som er funnet, er i bergrom som gruver, kraftstasjoner og tunneler. Radon i berget frigjøres til lufta fra bergoverflaten, eller det kan følge med grunnvannet over lange avstander før det frigjøres. Grunnvann inneholder ofte mer radon enn vann direkte fra dagen. Normalt måles høyere radonkonsentrasjoner i bergrom i grunnfjell enn i yngre bergarter, under ellers samme forhold (Myran 1973).

Den mest utbredte helserisikoen ved radongass er økt risiko for lungekreft. Denne risikoen kommer av radon og radondøtre (kortlivede radonnuklider) innåndes og fester seg til vev i bronkiene og lungene. Både radon og radondøtre avgir alfastråling og kan gi skader på levende celler slik at de utvikler seg til kreftceller. Alfastråling stoppes lett i luft og trenger ikke gjennom hudoverflaten (se figur 3.21). Det er derfor ved innånding at radon utgjør en fare (Statens stålvern 2014). Risikoøkningen bestemmes av hvor lang tid man utsettes for gassen og av hvor høyt nivået er. I tillegg vil en persons individuelle disponibilitet, røykevaner, radondøtrene sammensetning, forekomst av annen luftforurensning m.m. også påvirke denne risikoen. Normalt vil radonkonsentrasjonen utendørs være lav og ha få helsemessige virkninger. Helsefare oppstår først når gassen siver inn og oppkonsentreres i inne- og arbeidsmiljøet.

De anbefalte grenseverdiene til statens strålevern ble oppdatert september 2010. Årsmid-



Figur 3.21: Stråling med ulik rekkevidde,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  (RADON, radondøtre og ioniserende stråling)

delverdien for varig opphold er på  $100 \text{ Bq/m}^3$ , mens maksimumsgrenseverdien er på  $200 \text{ Bq/m}^3$ . Dersom verdiene overstiger tiltaksgrensen anbefales det å iverksette tiltak, og om verdiene overstiger maksimumsgrenseverdien bør det iverksettes tiltak. Generelt sett er det anbefalt med så lave nivåer som mulig (Statens stålvern 2014).

Helse, miljø og sikkerhet må tas på alvor og ved høye radonkonsentrasjoner bør det som sagt iverksettes tiltak. En effektiv måte å redusere strålingsnivået på, er gjennom isolasjon og effektive ventilasjonstiltak (RADON, radondøtre og ioniserende stråling). Frost kan også til en viss grad redusere radonkonsentrasjonen, en må riktignok helt ned til  $-71^{\circ}\text{C}$  for å redusere den generelle strålingen til et minimum (Myran 1973).

## 3.8 Anlegg

### 3.8.1 Innledning

Når et anlegg skal planlegges er det mange ting som må fastsettes og bestemmes. Regjeringen har en egen ordning for tildeling av midler til idrettsanlegg. I 2012 ble det vedtatt at idrettsanlegg med høyt brukspotensial, gode muligheter for flerbruk, høy dekningsgrad og mangfold vil bli prioritert (Kulturdepartementet 2012). De viktigste målgruppene er barn (6–12 år) og ungdom (13–19 år). Anlegg i lokalmiljøet som stimulerer og tilfredsstiller barns behov for fysisk aktivitet i organiserte og egenorganiserte former prioriteres spesielt (Talle 2007).

Med tanke på markedsføring er det viktig å gjøre tunnelen attraktiv for eliteløpere. Bredden

søker seg dit eliten er, eliteløpere vil altså bli et trekkplaser og en form for et kvalitetsstempel (Bräcke kommun 2013).

### **3.8.2 Type anlegg**

Avklaring om hvilket geografisk område anlegget skal dekke er vesentlig i forhold til størrelse, krav og dimensjonering. I veilederen for skianlegg fra Norges skiforbund skiller en mellom nærmiljøanlegg, ordinære anlegg og nasjonalanlegg. Nærmiljøanlegg er enkle og tilrettelegger for fysisk aktivitet i nærmiljøet, ordinære anlegg gjør det mulig å arrangere mesterskap fra KM til NM (disse kan også være nærmiljøanlegg). Nasjonale anlegg har en standard som gjør det mulig å arrangere internasjonale mesterskap og større konkurranser, et eksempel på slikt anlegg her i Norge er Holmenkollen nasjonalanlegg (Talle 2007).

### **3.8.3 Infrastruktur**

Med tanke på å lage et attraktivt skianlegg er det viktig med god infrastruktur, tilgang til offentlige transportmidler og gode parkeringsmuligheter. Det er også vesentlig at man har tilgang på nok vann og strøm til snøproduksjon. Avstand til garderobes og innkvartering bør heller ikke være for stor (Talle 2007).

Estetikk kan bidra til å gi et godt helhetsinntrykk anlegget. Den estetiske oppfattelsen knyttes til hva som oppleves som vakkert, ønskelig og verdifullt. Dette omhandler kvalitative verdier og ikke kvantitative egenskaper i bygg og anlegg. Inntrykket avhenger blant annet av at anlegget fungerer i praksis, om materialene er tilpasset bruken, om rommene er hyggelige å oppholde seg i og at anlegget er tilpasset landskapet. Kvantitative egenskaper som vil være viktig for et skianlegg er tekniske løsninger og dimensjoner. Eksempler på dette er at det må være god kvalitet på snøen, bra garderobekapasitet, nok parkeringsplasser osv (Talle 2007).

### **3.8.4 Flerbruk**

Samlokalisering vil skape større idrettslig mangfold, gi et rikere idrettsmiljø og ha positive driftsmessige ringvirkninger (Ingvaldsen 2015). Dessuten vil flerbruk, ut i fra regjeringens tippene, falle positivt ut i forhold til offentlig støtte (Kulturdepartementet 2012).

I startfasen av et prosjekt må en avklare idrettslige funksjoner og behov, samt eventuelt felles bruk. Flerbruk er positivt med hensyn til arealbruk, gjenbruk av anlegg, bygninger, utstyr, miljø og infrastruktur.

### 3.8.5 Universell utforming

Universell utforming innebærer at det skal legges til rette slik at anlegg og bygninger utformes på en måte at de kan brukes av alle mennesker på en likestilt måte (*Universell utforming i byggereglene*). I så stor utstrekning som mulig bør tilgjengelighet oppnås gjennom hovedløsningen, uten behov for tilpasning, særløsninger eller tilleggsløsninger (Talle 2007). Universell utforming er viktig å ta hensyn til tidlig i byggefasen, da dette gjerne vil gjøre løsningene rimeligere og mer gjennomtenkte (Øvsteda 2001).

### 3.8.6 Drift

Det er viktig å tenke drift fra et tidlig stadium. Tidligere var det ofte ønskelig å bygge "billigst mulig", da det var lettere å få penger til drift enn til nyanlegg. I dag har forholdet forandret seg slik at det nå er ønskelig at det bygges med tanke på lavest mulig driftsutgifter, og investeringer slår annerledes ut i det man kaller årskostnader enn tidligere. Grunnlaget for god driftsøkonomi legges i planleggingsfasen, det er derfor viktig at de som skal programmere og lede prosjekteringen også kan noe om drift (Glømsaker 2005).

### 3.8.7 Byggetrinn

Det er ofte av økonomiske hensyn at prosjekter deles inn i flere byggetrinn. Ut i fra en totaløkonomisk vurdering er det ikke spesielt lønnsomt å dele opp prosjektet ettersom dette totalt sett ofte vil bli en dyrere løsning. Rigg og utstyr må inn flere ganger avhengig av hvor tett trinnene bygges. I tillegg vil det sannsynligvis bli et eller flere driftsavbrudd på eksisterende anlegg i forbindelse med bygging av neste fase. Byggeprosessen for steg 2,3.. osv vil også bli noe mer komplisert da en må ta hensyn til den nåværende bruken av anlegget. Det vil likevel være lønnsomt å dele opp prosjektet i flere byggetrinn dersom en ønsker å realisere bygging av et anlegg som er større enn det startkapitalen strekker til (Bjørn Aas *SIAT*, samtale, 01.04.16).



### 3.9 Inneklima

For å sikre et best mulig inneklima for brukerne av et anlegg er luftfuktigheten sentral (Invinda prosjektledelse 2010). Inneklima er viktig for vår helse, trivsel og produktivitet. Et dårlig inneklima kan bidra til sykdom og plager, spesielt hos personer med astma, allergi og andre overfølsomhetssykdommer. Denne gruppen er spesielt sårbare og kan få betydelige økte helseplager i bygg med dårlig inneklima (Norges astma og allergiforbund 2016).

Luftveisproblemer virker å ha vært et problem for brukere ved flere skitunneler. Torsby ryktes å ha et dårlig inneklima og flere utøvere har opplevd luftveisproblemer eller sykdom etter å ha trent der (Norges astma og allergiforbund 2016). En eksperter i team (EiT) gruppe ved NTNU som skrev en oppgave om luftveisproblemer i skitunneler, fant ut at luftfuktigheten varierer stort blant ulike skitunneler, men at de fleste tunneler har en luftfuktighet mellom 60 og 100%. Gruppen konkluderte med at ugunstige verdier for relativ fuktighet, muggsopp, bakterie- og virusmitte kunne være bakenforeliggende faktorer til det sykdomsbildet som inntreffer. Videre kartlegging er imidlertid nødvendig for å kartlegge dette nøyaktig. Gruppen var i kontakt med blant andre Dr. Endsjø og Dr. Lereim, som hevdet at årsaken til symptomene i tillegg til faktorene som allerede er nevnt, også kunne skyldes høyt  $CO_2$ /lavt  $O_2$ -innhold, høyintensitetstrening, og kulde (Venæs mfl. 2009).

Til tross for omfattende studier, var det ikke mulig å påvise at fukt alene gir sykdom, selv om skitunnelene generelt har høy luftfuktighet. Mest sannsynlig er det ikke fuktigheten som er problemet, men det at høy luftfuktighet gir gode vekstforhold for sopp og bakterier, som i sin tur gir luftveisplager. Muggsopp sporer kan være en årsak til luftveissymptomene da for eksempel astma vil forverres av muggsopp. Muggsopp vil gi en diffus infeksjons sykdom som er vanskelig å diagnostisere, soppen virker også hemmende på immunforsvaret til affiserte individer, og gjør dem også mer disponert for andre virale og bakterielle infeksjoner. Det ble videre konkludert med at det finnes svært begrenset kunnskap om skitunneler og luftveisproblemer. Det foreligger heller ingen forskning på dette området. Gruppen anbefalte å sette utøverens helse i fokus ved bygging av nye skitunneler (Venæs mfl. 2009).

Mugg er sopp som kan spise mange forskjellige organiske stoffer inklusive kjemikalier som ingen andre organismer klarer å bryte ned. Muggsopp begynner å vokse når luftfuktigheten

er høyere enn 75% (Anticimex AS 2009), men den trives imidlertid ikke i kulde og snø (Aas 2005). De vanligste reaksjonene på mugg er forkjølelseslignende symptomer som tett eller rennende nese, røde eller kløende øyne, kløe i nese/hals, hodepine, nysing eller vedvarende tretthet (Norges astma og allergiforbund 2016). Et tiltak for å senke luftfuktigheten er å sette inn luftavfuktere (*Unngå mugg og lukt som følge av fuktig inneluft.*).

Avgasser fra løypemaskiner ser ikke ut til å være noe problem med tanke på luftkvalitet i andre skitunneler. Foreløpig finnes det ikke elektriske løypemaskiner. Det finnes imidlertid maskiner som benytter teknologier som gir reduserte og renere utslipp. Et eksempel på dette er AdBlue®teknologien. For mer info om ulike løypemaskiner, se vedlegg 5.

### 3.10 Kostnadsestimat

En viktig del av planleggingen av et prosjekt er å estimere hvor mye prosjektet kommer til å koste. Et kostnadsestimat er en prognose for de totale kostnader, noe som betyr at estimatet er en tilnærmet beregning som er beheftet med usikkerhet (NTNU 2011).

Det vil være flere ulike kostnader i løpet av prosjektets levetid. Ofte er det slik at billige løsninger i investeringsfasen må betales med ekstra vedlikehold. Investeringskostnadene ved bygging sammen med drifts og vedlikeholdskostnadene utgjør tilsammen prosjektets levetidskostnader. I prinsippet burde alle valg som gjøres være begrunnet i lavest mulig levetidskostnad, men i praksis kan dette bli for omstendelig (Hoff 2010).

Til de ulike prosjektfasene tilhører ulike estimatklasser (se figur 3.22). Ethvert kostnadsestimat vil være basert på visse forutsetninger. Det tas spesielt hensyn til hva som skal bygges og hvordan prosjektet skal gjennomføres med tanke på fremdrift og milepæler. I tillegg vil antakelser om prisnivå, og andre erfaringsdata danne grunnlaget for kostnadsestimeringen (NTNU 2011).

Det finnes mange ulike kalkylemetoder. Arealprismetoden eller løpeprismetoden er ofte benyttet for å lage kalkyler i tidlige faser av vegprosjekter. Dette er en effektiv og lite ressurskrevende metode. Elementkostnadsmetoden er en annen metode som går ut på å dele bygget

eller veien inn i ulike elementer, for så å sette en pris på hvert element. Detaljeringsgraden for elementene vil variere. For et vegprosjekt kan man for eksempel dele inn prosjektet i ulike elementer som rundkjøring, vei i dagen, tunnel osv. og gi en pris for hvert element før man summerer det sammen til en total kostnad. Detaljkalkulasjon er en siste metode som gjerne er produksjonsrettet og benyttes oftest i forbindelse med anbudskalkulasjon. Den baseres på material- og arbeidskraftforbruk med referanse til produksjonsmetoder og -utstyr samt andre forhold som påvirker kostnadene. Dette er en tidkrevende metode i en tidlig fase av prosjektet (NTNU 2011).

En kalkulasjon er ikke et fasitsvar eller en absolutt sannhet på hva arbeidet vil koste. Kun ettertiden vil gi svar på hva den virkelige kostnaden blir (NTNU 2011).

Fase	Prosjektinitiering			Prosjektdefinerings	
Trinn	Prosjektvaluering	Mulighetsstudie	Prosjektutvikling	Konseptutvikling	Prosjektdefinisjon
Estimatklasse	A	B	C	D	E
Beskrivelse	Tidlige estimater			Budsjett	
Typisk nivå på usikkerhet	40 %	30 %	20 %	15 %	10 %

Figur 3.22: Estimatklasser og estimat i ulike faser (NTNU 2011)

### 3.11 Miljø og klimapåvirkning

Det er i dag stor enighet blant verdens klimaforskere om at utslipp av drivhusgasser fører til global oppvarming. Faktisk sier 99 prosent av forskerne som arbeider med klima at det ikke er noen tvil om at det er drivhusgassene som får temperaturene til å stige (Brix 2014). Et varmere klima vil føre til færre dager med skiføre per år (jfr. del 1), som kan endre folks ønsker- og interesser for å gå på ski. Sett i lys av dette bør ikke en skitunnel, som har til hensikt å bidra til at flere folk kan ta del i skigleden i en større periode i løpet av året, bidra til økte klimautslipp og en forsterkning av global oppvarming. Bygging og drifting av tunnelen bør derfor foregå på en mest mulig miljøvennlig måte, med fokus på lave klimautslipp. I verden i dag kommer en stor andel av energien fra kilder med høyt karbonavtrykk. Tar en Norge som

et eksempel, kommer ca 33% av elektrisiteten fra fossilt brensel (Hovland og Sprenger 2010). Selv i Norge hvor vannkraft er veldig stort, er altså en stor andel av energien forbundet med høye klimautslipp. Dette bør Holmestrand skitunnel ta høyde for ved å velge løsninger for bygging og drifting som krever minst mulig energi. Løsninger som krever minst mulig energi, og bruker energien mest mulig effektiv er viktig i et miljøvennlig perspektiv.

# Kapittel 4

## Tilstansvurdering av Holmestrandtunnelen

### 4.1 Innledning

Basert på et grundig litteratursøk, intervjuer, en visuell inspeksjon samt en enkel befaring sammen med Jernbaneverket er det gjort en tilstandsvurdering. Vurderingen omfatter geologi og sikring, teknisk tilstand, radon og utvendige arealer. Den tekniske tilstandsvurderingen omfatter dugg, oppbygging av sålen, dagens hvelv og dekningsforhold i tunnelen. Tilstansvurderingen for arealene er grov og er først og fremst ment for å gi leseren et helhetsinntrykk av prosjektet. Holmestrandtunnelen var ferdig bygget på 1980-tallet og det er ikke gjort noen større utbedringer etter dette. Tabell 4.1 gir en oversikt over tekniske data for tunnelen.

Tabell 4.1: Tekniske spesifikasjoner

Tunnellengde:	1867m
Tverrsnitts-geomerti:	T 9,5m
Total bredde:	ca 9,5m
Fri høyde:	ca 6m
Åpnet:	1983
Stengt for trafikk siden:	2012
Lengde av tunnelen som er fullt utstøpt:	ca 320m
Buelengde for normalprofilen:	18,71 m (T9,5)

## 4.2 Geologi og sikring

### 4.2.1 Innledning

Rapporten vil supplere den geologiske vurderingen av sikring og geologi som ble gjort i prosjektoppgaven "Mulighetsstudie Holmestrand Skitunnel".

### 4.2.2 Berggrunn/Geologi

#### Innledende/overordnet

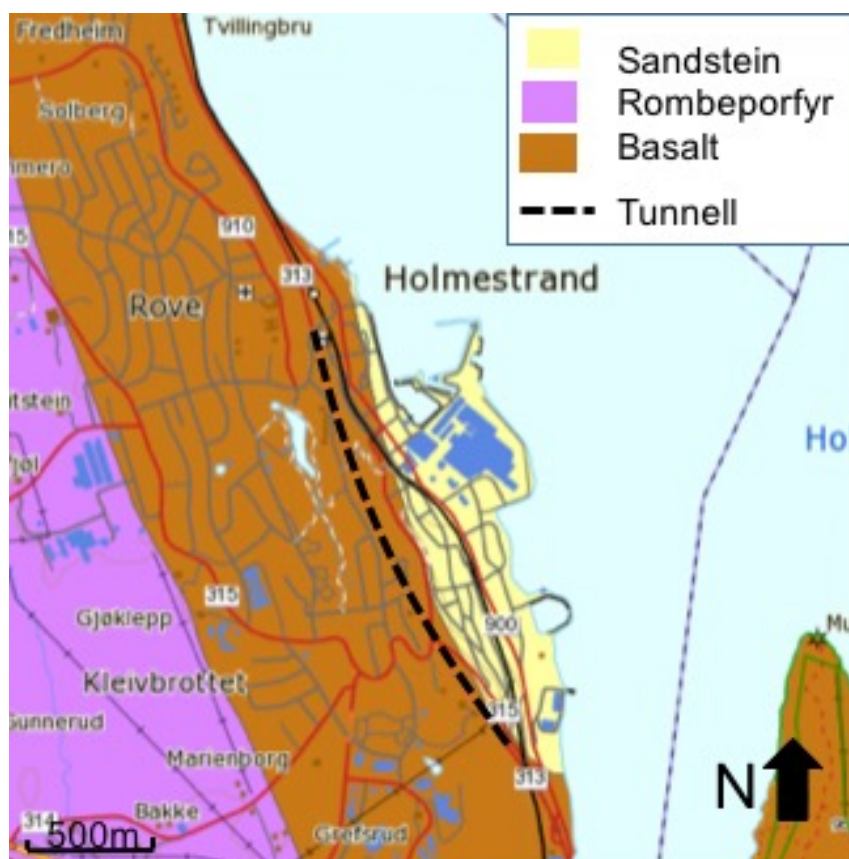
Holmestrand ligger i Oslofeltet, en geologisk provins som har bergarter som skiller det seg områdene omkring (*Oslofeltet*).

Holmestrandtunnelen ligger i et område med sandstein, rombeporfyr og basalt (se figur 4.1). Tunnelen er hovedsakelig drevet gjennom basalt, i tillegg til sedimentære og vulkanske bergarter fra permtiden. Basalten er godt egnet for tunneldrift (Grimstad 1981), selvom den varierer stort med hensyn til oppsprekking og sleppedannelse (Magnussen 2008).

Fra nord går tunnelen hovedsakelig gjennom basalter og mellomliggende agglomerater. De siste 300 m i sør er drevet igjennom konglomerat og kalkstein, siltstein med svellende egenskaper og leirskifer. Denne delen er i hovedsak fullt utstøpt. Det er flere partier med full utstøpning i tunnelen (se vedlegg XXX). Det henvises til prosjektoppgaven innen samme tema for informasjon utover det som er beskrevet her. (Kleppestø 2015)

I forbindelse med prosjektering av stasjonshallen til Jernbaneverket ble basalten målt til å ha en høy trykkfasthet. "Det er en så pass sterk bergart at den egentlig ikke burde gitt stabilitetsproblemer, om det ikke hadde vært for oppsprekkingen og de porefylte lavastrømmene" (Kjeilen 2011). Erfaringer fra Jernbaneverket er brukt for å få en bedre oversikt over berggrunnen rundt tunnelen, da disse dataene generelt sett er mer omfattende og av bedre kvalitet enn dokumentasjonen fra da tunnelen ble bygget.

Basalten rundt stasjonshallen var ventet å være en sterk bergart med god stabilitet i de sentrale deler av strømmene og med noe redusert stabilitet i strømtoppene, da disse kan være

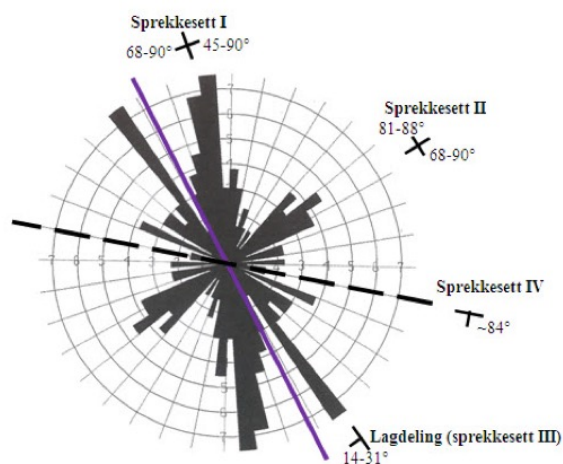


Figur 4.1: Berggrunnskart (NGU 2015a)

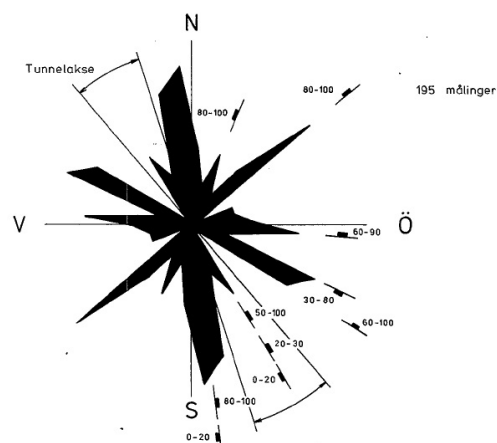
porøse på grunn av gassblærer eller innhold av sedimenter som silt og leire. I basalten er det kartlagt og definert tre sprekkesett, der to av sprekkesettene er parallelle med hallaksen. Spenningsmålinger har vist meget høye spenninger i fjellet (Kjeilen 2011).

Da Jernbaneverket startet sin kartlegging ble erfaringer fra Holmestrandtunnelen trukket frem, disse viste at basalten varierte sterkt med hensyn til oppsprekking og sleppedannelse. Bergartslagene strøk følger nesten tunnelen, noe som blant annet bidro til ustabil fjell med stabilitetsutfordringer under driving. Toppen av lagene var porøse og inneholdt kalkspatfylte blærom og tynne lag av sandstein og siltstein. Under drivingen ble det truffet på noen tilfeller med ustabil masse i form av forvitring eller leirlommer i strømtoppene. Stort sett var lagene brukbare, men med noe redusert stabilitet (Kjeilen 2011).

Der det funnet to sprekkeroser som antas å være representative for tunnelen. Den ene er fra prosjekteringen av Holmestrandtunnelen (se figur 4.2b), hvor det ble laget en sprekkerose ut fra observasjoner som ble gjort i Gausentunnelen, en gammel nedlagt jernbanetunnel som



(a) Nordlige del av tunneltraseen, tunneltraseens orientering på parsell UHN-04 Stasjonsentrepriisen er markert med lilla strek (NGI 2011)



(b) Gausentunnelen, en gammel jernbanetunnel som krysser over Holmestrandtunnelen, omtrent midt på lengdeprofilen (Grimstad 1980)

Figur 4.2: Sprekkeroser

krysser over Holmestrandtunnelen omtrent på midten. Den andre sprekkerosen (figur 4.2a) er fra Jernbaneverket sitt prosjekt og er laget i forbindelse med prosjektering av stasjonshallen.

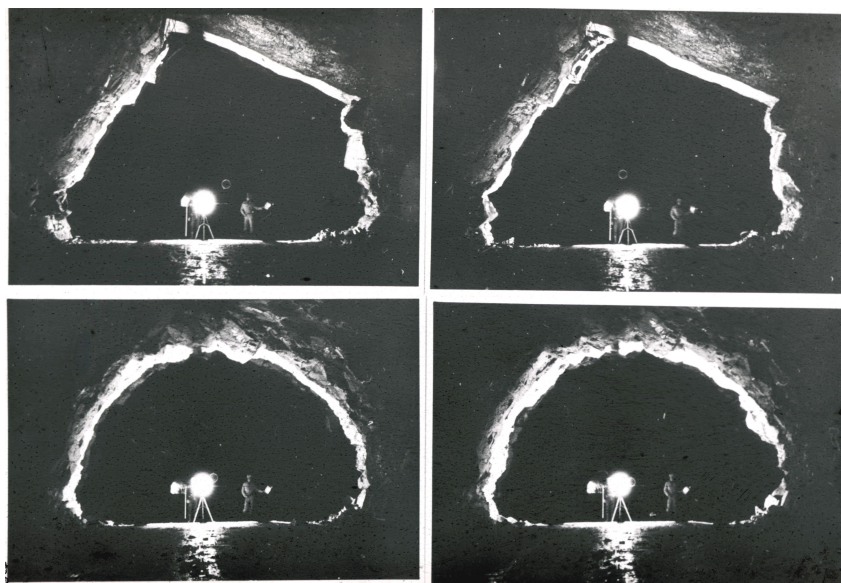
Ved steil søyleoppsprekkingen med en samtidig opptreden av markerte sleppedannede lagflater, oppstår et karakteristisk kasseprofil med skråtak etter lagflaten. Dette var tilfelle ved bygging av Holmestrandtunnelen (se figur 4.3) og ga ofte så store overmasser at utstøpning på stoff var nødvendig, selv om sprekketettheten er liten og forvitring og sprekkebelegg opptrådte i beskjedent omfang (Grimstad 1981).

I forbindelse med forundersøkelsene til Jernbaneverkets prosjekt laget NGU en rapport om de geologiske forholdene langs trasseén. Denne oppgir at skifrene i Askergruppen er til dels løse og ukonsoliderte, og tunneldrift i disse lagene vil potensielt kunne gi store stabilitetsproblemer og problemer med vannlekkasje. Det samme vil være tilfelle for tuff- og agglomeratlag i B1 formasjonen. Dersom tunnelen følger B1-formasjonen over en lengre strekning, vil dette kunne medføre stabilitetsproblemer og problemer med vannlekkasje i områder med tuff, sedimenter og agglomerater (Bøe, Lutro og Nordgulen 1999).

## Tilstand

Det er mye bart berg bak hvelvkonstruksjonene, dette gjelder for hele profilet. Berget er i stor grad oppsprukket og bergmassekvaliteten vurderes som middels





Figur 4.3: Karakteristisk kasseprofil, fra driving av Holmestrandtunnelen (A.Bruland, e-post, 14.09.2015)

til dårlig. Det er en del eksisterende sikring i tunnelen, men da i form av bolting, noe nettsikring i heng og enkelte mindre felt med sprøytebetong. Det er blitt avduket en rekke nedfall som ligger langs sålen på begge sider av hvelvet. Nedfallet sammen med sikringen gir et totalinntrykk om at tunnelen er undersikret og at det er fare for ytterligere blokknedfall og også større nedfall flere steder i tunnelen (Vie og Ødegaard 2015).

I 2009 gikk det er mindre ras i Holmestrandtunnelen, skadene ble utbedret og stedet ble sikret på nytt (Magnussen 2009).

Da tunnelen ble stengt i 2012 ble den tekniske tilstanden til tunnelen ble betegnet som "svært dårlig" (Johansen 2015).

### 4.2.3 Sikring

Det blir viktig å utføre gjennomgående sikring og spettrensk av berget før det blir forsvarlig å åpne tunnelen for regulær trafikk. Berget bør sikres med sprøytebetong samt systematisk bolting (Vie og Ødegaard 2015).

Opptreden av langsgående sprekker kombinert med horisontale lag og skifrihet i hengen er tilfelle i Holmestrandtunnelen. Dette gir behov for en mer omfattende sikring enn det

Q-verdien gir uttrykk for (Grimstad 1981).

For å i det hele tatt kunne ta i bruk tunnelen som skitunnel, må den rustes opp med tanke på de sikringskrav som gjelder i dag. Statens vegvesen gjorde en vurdering av hva som måtte gjøres og hva det ville koste å gjenåpne tunnelen som vegtunnel i februar 2015 (se tabell 4.4) (Vie og Ødegaard 2015). Dette skjedde i forbindelse med et hasteoppdrag og rapporteringen bærer nok preg av noe grovmasket prosjektering og kostnadsvurdering. Erfaringspriser er benyttet som grunnlag. Disse er reelle kostnader man bør forvente, men er likevel kanskje noe i overkant (Ole Christian Ødegaard, e-post, 20.04.2016). Sikringskravene vil være strengere dersom tunnelen skal benyttes som skitunnel (Kleppestø 2015).

Nettet som er benyttet til sikring i tunnelen er ikke i henhold til dagens standard. Det fungerer etter sin hensikt for å hindre nedfall av mindre størrelse, men er vurdert til å ikke kunne holde nedfall av betydelig størrelse (Magnussen 2008). Det er også funnet en del hull i nettet, hullene er på med størrelse med en fotball og skyldes trolig fjernede installasjoner. Gjennomgående for områdene med nett er at nettet er løst innfestet slik at det henger ned i poser. Det anbefales at nettene festes bedre inntil berget. Ellers er det ikke funnet noen synlige indikasjoner på at større utfall kan skje slik at nettet er tilfredsstillende (Magnussen 2008). Boltene som er benyttet er trolig av typen ørstabolt. Dette var en mye brukt boltetype på den tiden da tunnelen ble bygget (A. Bruland, samtale, 2015).

Prosesser	Kommentar	Enhet	Antall meter	Buelengde m	Mengde	Enhetspris	Sum eks moms
Riving	Riving av aluminiumshvelv + avfallshåndtering	m2	847	22	18634	150	2795100
Riving	Riving av glassfiberhvelv + avfallshåndtering	m2	188	22	4136	100	413600
Rensk	Spettrensk av bergflate	m2	1164	22	25608	30	768240
Spylereusk	Spylereusk før sprøyting	m2	1164	22	25608	10	256080
Sprøytebetong	Utjevningfaktor 1,5, prelltap 1,1	m3	1219	22	4424,97	4000	17699880
Bolter	CT- bolt, lengde 4m	stk.	1219	22	4290,88	1000	4290880
Vann/frostsikring	PE-skum hvelv med brannsikring	m2	1045	22	22990	1200	27588000
<b>Total</b>							<b>53811780</b>

Figur 4.4: Kostnadsestimat utført av Statens Vegvesen (Vie og Ødegaard 2015).

#### 4.2.4 Bilder

For å illustrere de foregående delene har en valgt å legge med noen bilder fra ulike inspeksjoner i tunnelen (se figur 4.9, 4.5, 4.6, 4.7 og 4.8).



Figur 4.5: Rasmasser i vegg, ca ved profil 2625 (Magnussen 2009)



Figur 4.6: Her har det rast ut ca  $1\text{ m}^3$  med masser omtrent ved profil 2625 (Magnussen 2009)



Figur 4.7: Ras i Holmestrandtunnelen 2009, omtrent ved profil 2685-2690 (Magnussen 2009)



Figur 4.8: Et parti i tunnelen uten hvelvkonstruksjon. her er berget sikret med bolter og noe nett (Vie og Ødegaard 2015)

#### 4.2.5 Hydrogeologi

Holmestrandtunnelen ligger i tettbebygd strøk med bebyggelse fundamentert på leire. Tunnelen slik den fremstår i dag, utgjør ingen fare for setninger eller annen påvirkning på omgivelsene, da de hydrogeologiske forholdene er antatt å ha stabilisert seg etter at tunnelen ble bygget (Langford, Kveldevik og Sagen 2011). Det ser det ut til at Holmestrandtunnelen allerede delvis har drenert deler av bergmassen i området nord og sør for Bassengdammen (Sagen 2008).



Figur 4.9: Situasjon bak tunnelhvelv. Generelt mye bart og lite sikret berg. Bergmassekvaliteten er oppsprukket og vurderes til dårlig (Vie og Ødegaard 2015)

Vannlekkasjene i tunnelen er sjelden store, men til gjengjeld hyppige. Sterk nedbør fører til markert økning i lekkasjene i etter kort tid (Grimstad 1981), dette ble også erfart under befaringen i august 2015. Der ble det registrert en del våte overflater og noe drypp. Registreringene er fra områdene som var synlige, altså de som ikke var dekket med hvelv. Befaringen skjedde etter et større regnvær (A. Kleppestø, befaring, august 2015).

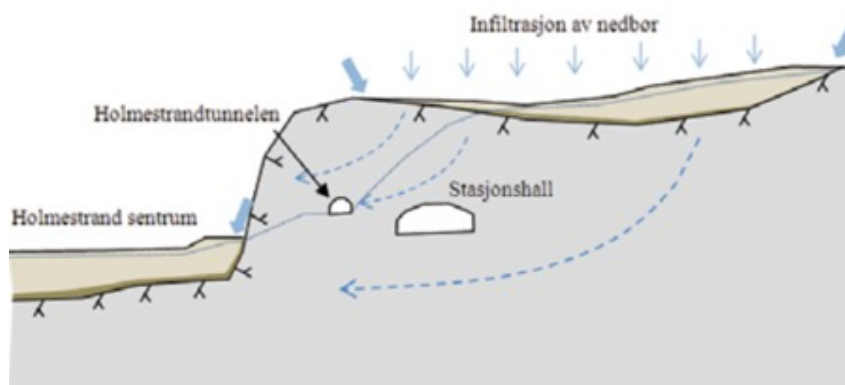
På “platået” over tunnelen ligger naturområdet Bassengparken som er en park med stier, skog og et vannspeil som er kontrollert ved hjelp av en damkonstruksjon. Terrengformasjonene sammen med opplysninger fra Holmestrand kommune indikerer at løsmassene i området ved og sør for Bassengparken består av leire og at det kan være løsmassemektigheter av betydning. Vannstanden i bassenget angir sannsynligvis det lokale grunnvannsnivå. I den sørlige forlengelsen fra bassengparken ligger et boligfelt, her kan det være løsmassemektigheter av betydning i denne dalgangen. Det er ikke registrert noen rødlistearter i selve dammen eller ravinen sør for denne, men Bassengparken og ravinen mot sør er definert som et viktig naturområde i DN's database Naturbase. Holmestrandtunnelen passerer under ryggen øst for dammen. Området sør for dammen er beskrevet som rik edellauskog med lønn, eik, gråor og hegg (Jernbaneverket 2008).

Innlekkasjen til tunnelen bør begrenses til ca 3-7 l/min/100m for å sikre at poretrykks-

reduksjonen ved fjelloverflaten ikke overskrider 1-3 m. I mange tilfeller kan senkningen av poretrykk ved fjell av denne størrelsesordenen aksepteres uten at det blir setninger på bebyggelse over anlegget (Langford, Kveldsvik og Sagen 2011).

### Grunnvannsførhold

Grunnvannstrømningen på tvers av tunnelen og Jernbaneverkets stasjonshall er skissert i figur 4.10. Det skjer en naturlig drenasje av grunnvann fra Holmestrandveggen og det antas at grunnvannsstanden er senket til bunnen av Holmestrandtunnelen ettersom tunnelen ikke er tett. Det ligger en større forkastning mellom Holmestrandtunnelen og stasjonshallen (se figur 4.11) som antas å fungere som en hydrogeologisk barriere mellom de to anleggene (Langford, Kveldsvik og Sagen 2011).



Figur 4.10: Forkastningssone ved bassengparken fungerer som en hydrogeologisk barriere (Langford, Kveldsvik og Sagen 2011)

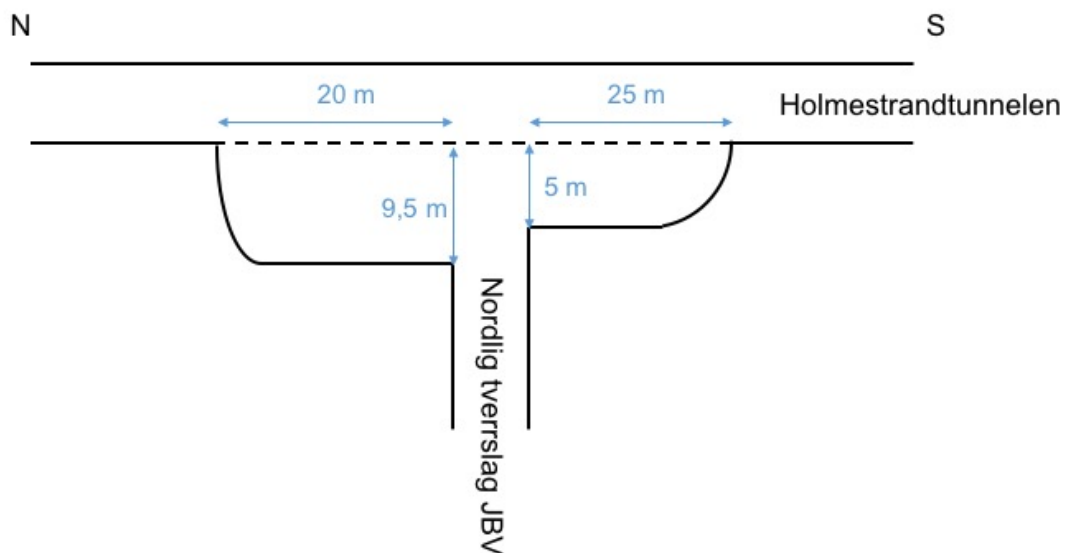
### 4.2.6 Tunnelrommet

Tunnelen er mellom 9 og 10 m bred. Den er dekket med ulike typer hvelv i tillegg til at den har både åpne- og fullt utstøpte partier. Utstøpningene skyldes krysning av svakhetssoner og dårlig bergkvalitet. Tunnelen har to små havarilommer, en i hver retning. Disse er ca 8 m lange, 4 m brede og har noe lavere takhøyde enn resten av tunnelen. For omtrentlig plassering av disse, se vedlegg X.



Figur 4.11: Forkastningssone ved bassengparken fungerer som en hydrogeologisk barriere (Langford, Kveldsvik og Sagen 2011)

Ved den nordlige tverrforbindelsen mellom jernbaneverkets tunnel og Holmestrandtunnelen er det sprengt ut en “rømningslomme”. Dette vil si at Holmestrandtunnelen er ekstra bred her (se figur 4.12) (A. Kleppestø, befarings, August 2015).



Figur 4.12: Rømningslomme med omtrentlige mål (A. Kleppestø, befarings, August 2015)

Tunnelen har et tverrslag som kommer ut i dagen litt ovenfor der “Bjergestredet” krysser Rv 315 (se vedlegg 3).

## 4.3 Teknisk tilstand

### 4.3.1 Dugg

Holmestrandtunnelen er blant annet kjent for duggproblemer fra tiden som veitunnel. Dugg oppstår ved at varm luft med høy fuktighet avkjøles. Fenomenet skyldes at varm luft kan inneholde mer vanndamp enn kald luft. Dersom den varme lufta inneholder tilstrekkelig med fuktighet og temperaturen senkes, vil luftens metningspunkt overstiges når lufta kjøles, det vil da dannes dugg. Molliers diagram er et luftfuktighetsdiagram som kan brukes for å lese av for eksempel duggpunkttemperaturer. Er temperaturen under frysepunktet vil vanndampen avsettes som rim istedenfor dugg (Rogstad mfl. 2007). Luft kan for eksempel avkjøles på en kald bilrute eller ved at varm luft inne i tunnelen kjøles ned av kald luft utenfra. Som løsninger på dette problemet vises det til innstallasjon av ventilasjonssjakt eller tverrlufting (Rogstad mfl. 2007).

### 4.3.2 Såle

Det ligger en viss usikkerhet i hva sålen i tunnelen består av. En kilde oppgir at sålen er dekket med 25 cm armert betongdekke (Olsen 2016), mens en annen kilde oppgir at sålen i tunnelen er dekket med et 16 cm tykt betongdekke med 15 cm grus under (vedlegg 13). Odd Tandberg, tidligere driftansvarlig for Holmestrandtunnelen oppgir at betongen er armert. (Odd Tandberg, telefonsamtale, 09.05.2016). Det er videre antatt at sålen er armert.

### 4.3.3 Hvelv

Tunnelen er tidligere brukt som testtunnel for ulike typer hvelv (Lindstrøm 2005) (Iversen 1997). Fra utsiden ser hvelvene jevne og fine ut, men bergforholdene på baksiden gjør det nødvendig at hvelvene fjernes før sikring av berget kan utføres, da berget ikke lar seg sikre uten at hvelvkonstruksjonene tas ned (Vie og Ødegaard 2015).

Kvaliteten på betongutstøpningene er stort sett bra, men noe reparasjon kreves (Statens Vegvesen 2015b).

#### 4.3.4 Drenering

Det er benyttet vanlige icodrenrør til drenering, med et rør på hver side av tunnelen. Det er mulig at det er ulik størrelse på rørene som er brukt (Odd Tandberg *tidl. driftansvarlig Holmestrandtunnelen*, telefonsamtale, 21.01.16). Det ble fastslått at drens-systemet var tett eller ødelagt i en utredning i forbindelse med mulig gjenåpning av tunnelen i februar 2015 (Statens Vegvesen 2015a).

Jernbaneverket har gjennomført en TV-inspeksjon av drensledningene i nordre ende av Holmestrandtunnelen, på bakgrunn av den innspeksjonsrapporten var deres inntrykk at høybrekket sør i tunnelen også fungerer som et høybrekk for dreneringen, vannet renner altså ut i begge ender av tunnelen (E. Riise-Johansen *Rambøll*, e-mail, 18.05.16).

Jernbaneverket har ved to anledninger brutt dreneringssystemet til Holmestrandtunnelen. Dette skjedde i forbindelse med byggingen av de to inngangstunnelene til stasjonshallen (Se vedlegg 3). Det ble da anslått fra entreprenør at det kom 100 l/s av dreneringsrørene til tunnelen, vann- og avløpsingeniør Espen Riise-Johansen fra Rambøll gor Jernbaneverket synes at dette hørtet veldig mye ut og at tallet ikke nødvendigvis er rett (Espen Riise-Johansen *Rambøll*, e-post, 21.01.2016). Drensvannet dekket i alle fall behovet for drivevann under deler av anleggsperioden for Jernbaneverket. Riise-Johansen kunne også bekrefte at drensledningene gikk fulle der de ble brutt ved søndre inngangstunnel. Ved arbeidet med nordre inngangstunnel ble all dreneringen koblet på en ø250 mm overvannsledning og det var ikke større vannmengder enn at denne holdt unna (Espen Riise-Johansen *Rambøll*, e-post, 21.01.2016).

Gjennom den bærende platen i Holmestrandtunnelen, over søndre inngangstunnelen ble det støpt inn 2 stk ø160 PVC ledninger. Disse ble koblet på det opprinnelige drens-systemet. Ved krysningen av dreneringssystemet ved nordre inngang var det ikke nok høyde for å føre vannet videre, slik at vannet her føres inn på den nye utslippsledningen til Jernbaneverket og videre ut i fjorden (Espen Riise-Johansen *Rambøll*, e-post, 22.01.2016).

#### 4.3.5 Dekning

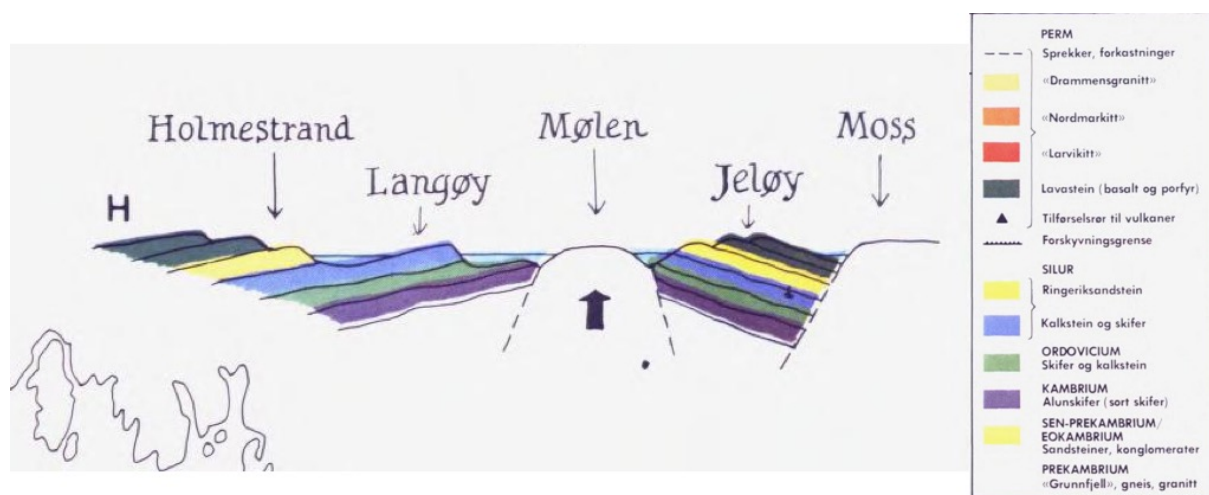
Det var radio- og mobildekning i tunnelen da den var i drift, men det er usikkert om dette fortsatt fungerer (Odd Tandberg *tidl. driftansvarlig Holmestrandtunnelen*, telefonsamtale,



21.01.16).

## 4.4 Radon

Avhengig av type berggrunn, kan konsentrasjonen av radon og radondøtre under jord bygges opp over tid. De viktigste radonkildene er stedvis sterkt radiumholdig berg og inntrenging av radonholdig grunnvann (Myran 2014). Bergarter har naturlig ulikt radoninnhold (se tabell 3.6). Noen bergarter inneholder mye uran og er veldig radioaktive, som for eksempel alunskifer. Andre bergarter har naturlig liten utstråling av radongass, som sand, silt og kalkstein (se tabell 3.6). Områder med løsmasser og berggrunn som inneholder radiumrike bergarter vil kunne føre til svært høye radonkonsentrasjoner (Statens stårlevern 2014). I Holmestrand finnes det alunskifer i berggrunnen (se bilde 4.13), men det ligger imidlertid flere andre bergartslag mellom alunskiferen og basalten som tunnelen hovedsakelig går igjennom. Dette vil sannsynligvis ha en positiv virkning med tanke på radonkonsentrasjonen i tunnelen, da disse lagene vil kunne fungere som isolasjon mot radongassen. Basalten i Oslofeltet er av permisk alder, og er altså en relativt ung bergart (Selbekk 2015). Basalten er heller ikke kjent for å være spesielt radioaktiv (se tabell 3.6).



Figur 4.13: Berggrunnslag i Holmestrand (Skjseth 1996)

Det er funnet to radonkart fra ulike kilder. Kartet på figur 4.14 ble valgt presentert på grunn av detaljeringsgraden. Kart nr 2 legger vedlagt (Se vedlegg 14).

I teoridelen ble det nevnt at vann også kan inneholde høye radonkonsentrasjoner. Vannet



Figur 4.14: Radonkart over Holmestrand (NGU 2015b)

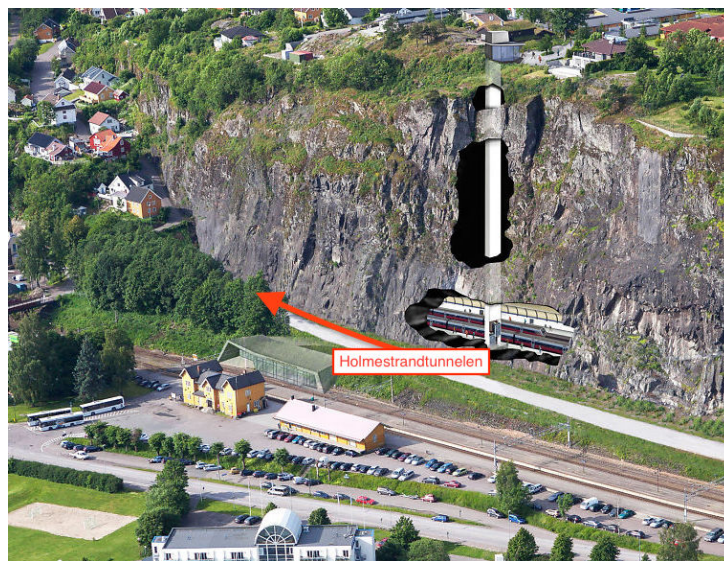
som lekker inn i tunnelen er antatt å hovedsakelig være overflatevann. Det er også antatt at det ikke befinner seg noen spesielt radonholdige bergarter over tunnelen som vannet kan renne igjennom og bli radioaktivt av (se vedlegg 15). Derfor er det ikke sett på som nødvendig å teste vannet for radon.

## 4.5 Arealer

Det er begrenset med arealer utenfor tunnelen (se vedlegg 18). Områdene grenser i tillegg til fjellveggen som tidligere er omtalt som holmestrandveggen. Nedenfor ligger et par bilder av områdene i endene av tunnelen.

Figur 4.15 viser områdene på den nordlige siden av tunnelen. Holmestrandveggen vises tydelig. Figur 4.16 viser området rett foran søndre tunnelportal. Tunnelportalen vises nede i høyre hjørne av bildet. Skjæringen har et sterkt sikringsbehov og består hovedsakelig av basalt. Nedre del består av relativt svake sedimenter fra askergruppen (se figur ??). Dalen som vises over tunnelportalen har oppstått på grunn av svakhetssonen vist på figur 4.17 (Degelmann og Martens 2010). Figur 4.17 viser en oversikt over sprekkesett i området rundt søndre portal.

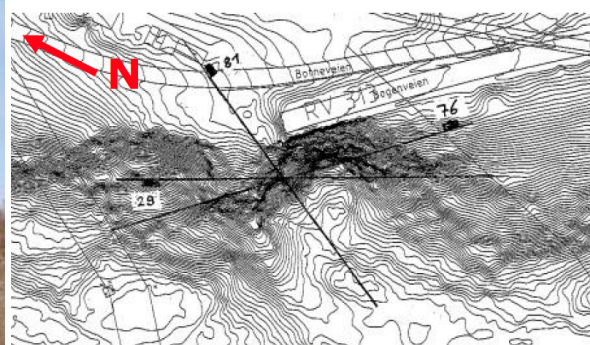
Sprekkesett med strøk NNØ-SSV er hovedgrunnen til svakhetssonen, og sprekkesett med strøk SSØ-NNV former dels den høye skjæringen (Degelmann og Martens 2010). Figur 4.18 viser de laveste 2-4 metrene av den høye skjæringen på figur 4.16. Området kjennetegnes av overgangen mellom askergruppens sedimenter og basalten (Degelmann og Martens 2010). Figur 4.19 viser dalen som er dannet av en av hovedsvakhetssonene i området (Degelmann og Martens 2010).



Figur 4.15: Holmestrandveggen og områdene utenfor tunnelportalen i nord (Holmestrand utvikling 2015)



Figur 4.16: Området rett foran søndre tunnelportal (Degelmann og Martens 2010).



Figur 4.17: Oversikt over sprekkesett i området rundt søndre portal (Degelmann og Martens 2010).



Figur 4.18: De laveste 2-4 metrene av den en av hovedsvakhetssonene, sett mot høye skjæringen på figur 4.16 (Degelmann vest(Degelmann og Martens 2010). og Martens 2010).

Figur 4.19: Dalen som er dannet av

# Kapittel 5

## Andre skitunneler

### 5.1 Innledning

Av de få skitunnelene som finnes på verdensbasis, er ingen av dem helt like. For å ha et best mulig utgangspunkt for å velge løsninger tilpasset prosjektet i Holmestrand, kan det være lurt å se hvilke løsninger andre skitunneler har valgt og hente inspirasjon fra disse. En kan både lære av andres feil og av deres suksess.

### 5.2 Skitunneler i Finland

Finland har flere skitunneler hvor det er valgt ulike løsninger. Informasjonen om de ulike skitunnelene er delvis hentet fra et referat fra en studietur arrangert av det finske og norske skiforbundet i 2007, her ble flere av tunnelene besøkt.

Skitunnelen i Jämijärvi benyttet natursnø. De høstet snøen fra en militær flyplass og lokale bønder ble brukt til arbeidet. I denne skitunnelen var det gode snøforhold. Snøen ble skiftet ut en gang i året og ble preppet annenhver dag. Tunnelen hadde ca 20 000 besøkende årlig. Anlegget hadde også kafeteria, sportsbod og curlingbane (Slundgård 2007).

Tunnelen i Uusikaupunki like ved Pori ble bygget i 2005. I 2007 var snøen fortsatt ikke skiftet ut og forholdene der var ikke gode. Her var det brukt kunstsne for å fylle tunnelen. Driften var lagt opp til at private drev en liten kafeteria, sportsbod og en curlingbane, i tillegg til at de fikk et bidrag for å selge inngangsbilletter til skitunnelen. Skitunnelen i Åbo benyttet

også kunstsno (Slundgård 2007).

Alle de finske skitunnelene som ble besøkt hadde en temperatur på ca -2 grader. Kjølingen var bygget opp forskjellig der de eldste brukte  $CO_2$  til kjøling, mens de nyeste anleggene benytter glykol, som krevde et mindre rørsystem (Slundgård 2007).

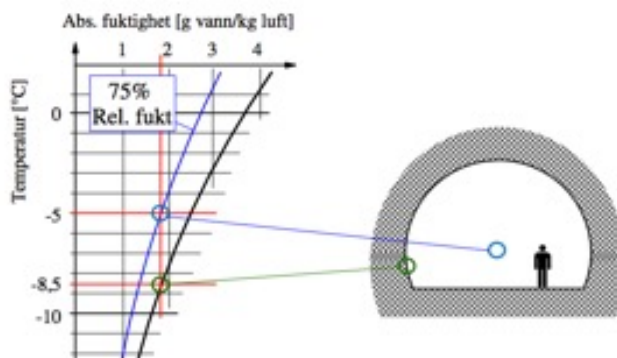
### 5.3 Skitunneler utenom Finland

Ved SkiDome i Göteborg har snøkvaliteten også vært et problemet. Etter ca ett års drift var det dannet en ca 10 cm tykk issåle i bunnen av snølaget i tillegg til at snøen var kornete og råttet. Total snødybde var 30-40 cm. Snøsmelting virket ikke å være noe problem (Bjørn Aas, Telefonsamtale, 14.03.16).

I skitunnelen i Oberhof i Tyskland produseres hovedsakelig snøen utendørs med vanlige snøkanoner om vinteren, men tunnelen har også noen kosmetiske snøkanoner inne. Temperaturen er  $-4^{\circ}C$  og  $RF \approx 100\%$ , det er luftfuktigheten som gjør det vanskelig å produsere snø innendørs. Tunnelen har en snødybde på 30-40 cm snø og løypene prepareres 1-2 ganger per uke. Snøen skiftes ut en gang per sesong ved at den gamle snøen kjøres ut og smeltes utendørs (Felix Breitschädel, e-post, 05.04.2016).

Ved prosjektering av en skitunnel på Veggli ble det foreslått en lufttemperatur på ca.  $-5^{\circ}C$ , en snøtemperaturen på  $-4^{\circ}C$  og en relativ luftfuktighet (RF) på mindre enn 75% (se figur 5.1) (Invida prosjektledelse 2010). I skiDome i Göteborg har snøen en temeperatur på  $-4^{\circ}C$  mens kjølerørene har en temperatur på  $-8^{\circ}C$  (Nordic Wellness 2016). Skitunnelen i Oberhof har lufttemperatur på  $-3$  til  $-4^{\circ}C$  og en snøtemperatur på  $-5$  til  $-7^{\circ}C$  (*Facts and Figures*).

Med tanke på utskifting av snø, finnes det to ulike kilder på hva som gjøres i Torsby i Sverige. Den ene kilden sier at 1/3 av snøen skiftes ut per år, nærmere bestemt i mars, og at arbeidet tar ca 10-14 dager (Bräcke kommun 2013). Den andre kilden sier at all snøen skiftes ut hvert år og blir flyttet ut til skiløypene utendørs når tunnelsessongen er over, typisk i januar (Snorre N. Olsen, e-post, 13.04.2016).

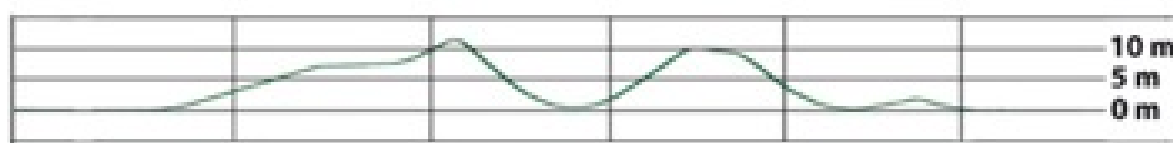


Figur 5.1: Mollierdiagram, temperatur og fuktighet i tunneluften og tunnelveggen (SINTEF 2009)

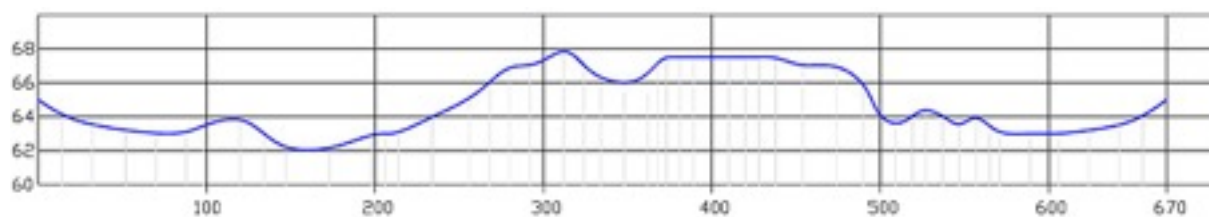
Bredden på “de fleste” skitunneler ligger rundt 8 m og lengden varierer mellom 1 og 2 km. Høydeforskjellen i Torsby, Jami, Oberhof og den som var planlagt på Veggli ligger mellom 11 og 14 m, mens den totalt stigningen ligger mellom 20 og 25 m. Mange av tunnelene har også skytebane for å tilrettelegge for skiskyting (Kleppestø 2015).

## 5.4 Løypeprofiler

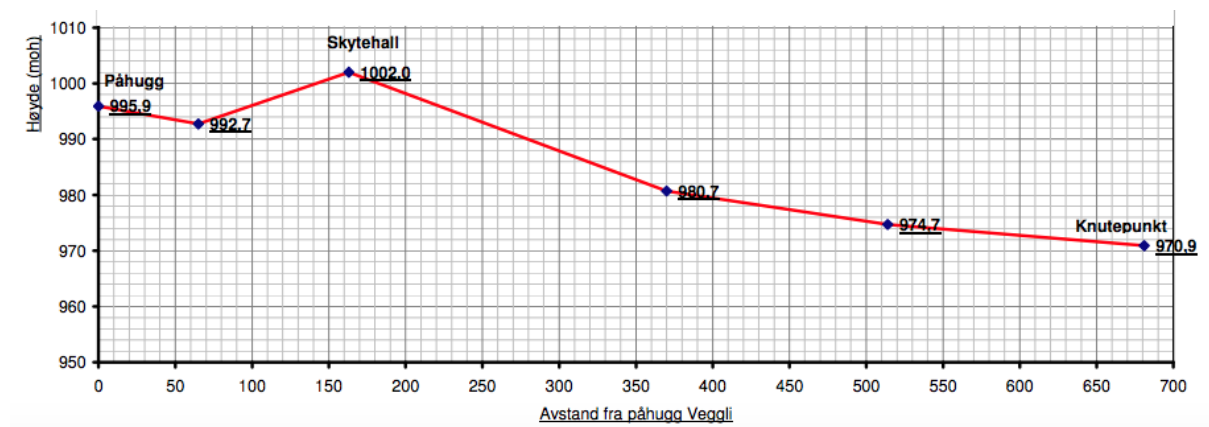
Figur 5.2, 5.3, 5.4 viser tre eksempler på hvordan andre skitunneler har eller har tenkt å utforme sin løypeprofil.



Figur 5.2: Løypeprofil Torsby, Sverige. Tunnelen er 1,3 km lang (Torsby skidtunnel og sport-center 2016)



Figur 5.3: Løypeprofil Pappi, Finland (*Hiihtotunneli*)



Figur 5.4: Løypeprofil for den planlagte skitunnelen på Veggli, Norge (SINTEF 2009)

## 5.5 Inneklima og luftkvalitet

Med tanke på inneklima i en skitunnel kom både ski- og skiskytterforbundet med innspill til skitunnelen som var planlagt på Veggli. Begge forbundene var da enige om at noe av det viktigste ved en skitunnel var at den har tilstrekkelig god luftkvalitet (Invida prosjektledelse 2010).

Forbundene så for seg at dersom luftkvaliteten var tilstrekkelig god, kunne det kjøres hardøkter i tunnelen. Begge landslagene benytter i dag skitunnelen i Torsby til treningssamling om høsten. De kjører da mest rolige økter i tunnelen og velger å gjennomføre de harde øktene på rulleski utendørs på grunn av luftkvaliteten (Invida prosjektledelse 2010).



# Kapittel 6

## Snø i Holmestrand skitunnel

### 6.1 Innledning

I dette kapitlet er det gått nærmer inn på hvilke muligheter som finnes for å skaffe snø til skitunnelen. Snøproduksjon og snøkvalitet er to viktige faktorer for at en skitunnel skal lykkes. Det finnes flere måter å produsere eller skaffe snø på. Snø kan produseres enten innendørs, utendørs eller det kan høstes fra omgivelsene.

### 6.2 Fremskaffe og fjerne snø

Ved høsting av snø fra omgivelsene må snøen kvalitetssikres for å unngå at steiner, grus og annen forurensing blir med inn i tunnelen. Snøen bør derfor først og fremst høstes fra “rene områder” som fotballbaner eller åkrer og ikke fra “skitne områder” som veier og fortau.

Utskifting av snø krever ikke bare ny snø, men også utkjøring eller smelting av den gamle snøen. Smelting kan eventuelt skje inne i tunnelen, og da vil det være en forutsetning at dette skjer ved sesongslutt eller ved en lengre driftstopp.

Når snøen skal fjernes bør det avklares om massene er rene eller om de må renses. Dersom det ikke er behov for rensing, står en relativt fritt med tanke på hvor massene legges til avsmelting. Det bør også undersøkes om massene er såpass rene at de kan dumpes i sjøen, dette krever tillatelse fra kommunen. I bynære områder som Trondheim, Asker og Sandvika er det gitt tillatelse til å dumpe snø i sjøen ved brøyting vinterstid (*Må dumpe snøen i Trond-*

*heimsfjorden) (På jakt etter snødeponi).*

Det krever tilstrekkelige arealer dersom en velger å la snøen smelte utendørs. I og med at Holmestrandtunnelen er en bynær tunnel og har begrenset med egne tomtearealer (se vedlegg 18), vil det være begrenset med arealer å ta av for å legge snø til smelting. Det er vanlig at skitunneler har en snødybde på ca 30 cm (jfr. del 5). Med en lengde på ca 2 km og en bredde på 10 m (jfr. del 4.1) vil dette utgjøre en total snømengde på ca.  $6000 \text{ m}^3$  for Holmestrand skitunnel (se formel 6.1). For å sette dette tallet i perspektiv, volumet vil tilsvare en over 11 m høy, piramideformet snøhaug med sidekanter på 40 m. Dette vil igjen si at snøhaugen dekker et areal på  $1600 \text{ m}^2$ , noe som tilsvarer størrelsen til to håndballbaner. En må altså ha et slikt område tilgjengelig, hvor snøen kan ligge til den har smeltet.

$$2000 \text{ m} \cdot 10 \text{ m} \cdot 0,30 \text{ m} = 6000 \text{ m}^3 \quad (6.1)$$

Når og hvor ofte snøen skal skiftes ut vil være vesentlig for å bestemme metode for utskifting. Hvis en ønsker å skifte ut snøen ved sesongslutt, når vinteren er i anmarsj, må en være klar over at det vil ta lang tid før snøen smelter om den legges utendørs. Dessuten vil denne snøen komme i tillegg til den naturlige snøen som faller på denne årstiden.

Det er også mulig å legge snøen som en såle eller som påfyll for skiløypene i nærheten.

### 6.3 Vann til snøproduksjon

Det finnes i hovedsak tre måter å dekke vannbehovet til tunnelen. En kan enten finne en egen vannkilde, kjøpe vann fra det lokale vannverket eller så kan det være mulig å benytte dreneringsvannet fra både Holmestrand- og jernbanetunnelen til å produsere snø.

Vann fra tjern, små elver og bekker kan benyttes som vannkilde dersom det ikke er tilgang til andre store vann i nærheten. Problemet med disse vannkildene er at vannkapasiteten kan være begrenset, spesielt ved tørkeperioder. Dette kan for eksempel løses ved oppdemning. Etablering av vannmagasin eller kunstige basseng er en annen mulighet som mange utendørsanlegg har benyttet. Dette kan være en god "buffer" i områder med marginal vanntilgang. Prinsippet er at bassenget etterfylles fra bekk eller at det pumpes vann dit fra en større

vannkilde i milde perioder eller når anlegget ikke kjøres (Norwegian Snow Consulting 2014). Vanntemperaturen øker raskere for små enn for store vannkilder i sommerhalvåret.

Bassengparken er et vannbasseng som ligger i umiddelbar nærhet til tunnelen (se vedlegg 16). Ved demningen til dette bassenget går det et overvannsløp. Dette overvannsløpet går i et 1000 mm rør ut i havet og går fullt ved flom, for rørtrassé, se vedlegg 17 (telefonsamtale, Roger Berg *Fagansvarlig VA Holmestrand kommune*, 02.03.16). Det ligger ingen andre ferskvannskilder i umiddelbar nærhet til tunnelen (se vedlegg 16).

For å beregne hvor mye vann som kommer fra dette bassenget, er det gjort en forenklet beregning. Helningen er funnet ved å anta en jevnt fall på røret fra bassenget til den nordre inngangen til tunnelen. Avstand og høyde er lest av direkte fra kartet til å være henholdsvis 190 m og 50 m, dette gir en gjennomsnittlig helning på 16,4%. Ruheten for overvann i betongrør er satt til 0,6 (*Vannføring*). Vannet fra overløpet fra bassenget er lagt i rør og det er derfor ikke sjenerende for omgivelsene å benytte vannet som vannkilde.

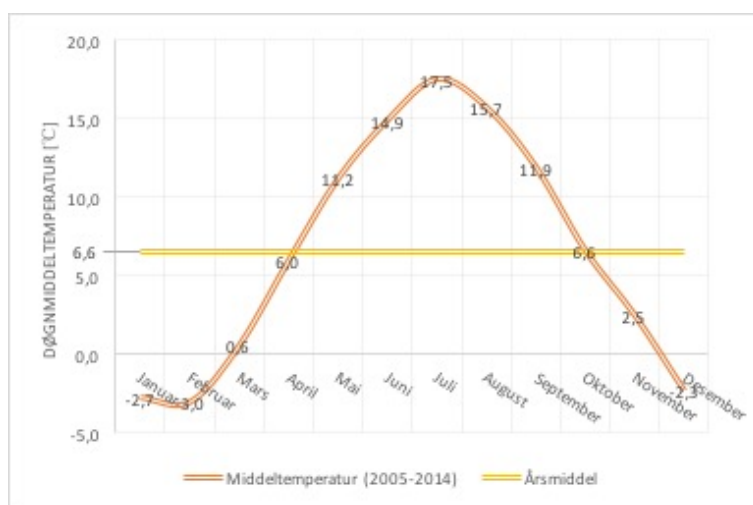
Vannføringen er regnet ut ved hjelp av Colebrook-White's formel (se figur 6.1). Vannføringen er beregnet å være 1413 l/s, 2494 l/s og 3361 l/s for henholdsvis 50, 70 og 100% fylt rør. Disse tallene er noe unøyaktige da inngangsparametrene er basert på grove anslag. Det er videre anslått at gjennomsnittlig vannføring ligger i underkant av 50% i bruksperioden for skitunnelen. Som en kapasitetsmessig sammenlikning utvidet et alpintanlegg på Fagernesfjellet i Narvik i 2015 kapasiteten fra 18 l/s til 200 l/s. Spesifikasjonene tilbyderne da hadde å forholde seg til var at de teoretisk skulle kunne snølegge 177.000 kvadratmeter med en halv meter snø i løpet av 100 timer (Næsje 26.03.2015). Vannet fra bassengparken ser altså ut til å være en tilstrekkelig vannkilde.

Innvendig diameter	<input type="text" value="1000"/> (mm)	Resultat: 50% fylte rør: <b>1413</b> l/s 70% fylte rør: <b>2494</b> l/s 100% fylte rør: <b>3361</b> l/s
Helning	<input type="text" value="16,4"/> (%)	
Ruhet	<input type="text" value="0,6"/> (mm)	
<input type="button" value="Regn ut vannføring"/>		

Figur 6.1: Vannføring regnet ut etter Colebrooks-White's formel (*Vannføring*).

En vannkilde som dette vil en være underlagt naturlige variasjoner i vannmengde og temperatur over året. Det er derfor viktig å kunne tilpasse bruken slik at det kan produseres snø når vannføringen er tilstrekkelig. Om sommeren kan det komme både tørkeperioder og flomperioder og da er det viktig å ha nok kapasitet til å kunne produsere snø når det er flom, slik at man er berget også i periodene med mindre vannføring. Det er generelt sett en stor fordel å jobbe med naturen, og ikke mot den.

Som nevnt i del 3.6.3 bør temperaturen på vannet være lavest mulig for en mest mulig effektiv snøproduksjon. Vanntemperaturen vil følge variasjonene til månedstemperaturene, slik at temperaturen er lavest sent på høsten, om vinteren og tidlig på våren (se figur 6.2). Temperaturen på vannet kan vise seg å bli et problem ved vannforsyning fra bassengparken, dette er et lite vann som kan ha store temperaturvariasjoner over året, særlig i overflaten. Dette er spesielt kritisk da vannet fra dammen renner i overløp.



Figur 6.2: Middeltemperatur Sande, Galleberg, nær Holmestrand (met.no 2015).

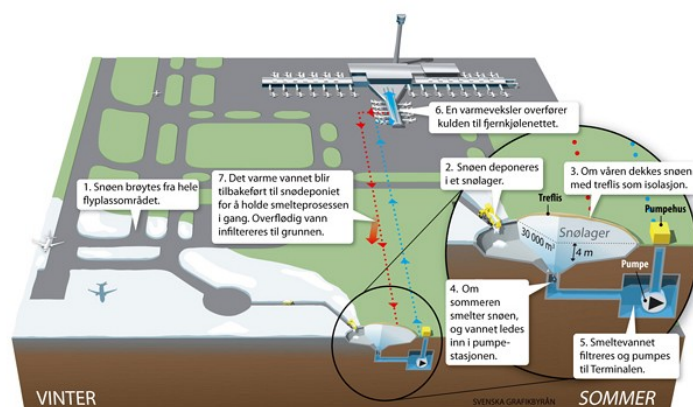
Å kjøpe vann fra kommunal vannforsyning er kanskje den sikreste måten å skaffe vann til tunnelen. Vannforsyningen til Holmestrand kommer fra magasinene Farris og Eikern som er to store vannmagasin (*Vann og avløp*). Selv om innkjøp av vann fra kommunal vannforsyning er sikkert, finnes det flere ulemper. Vannuttak til industri, som her ved en skitunnel, kan raskt redusere kapasiteten i nettet. I tillegg er kommunalt vann godt renset og kan holde en forholdsvis høy temperatur. Godt renset vann vil, som nevnt i teoridelen, føre til at vann fryser ved en lavere temperatur og vil ikke være særlig gunstig å benytte til snøproduksjon. Enhets-

prisen for vann i kommunen er  $9,99 \text{ kr}/\text{m}^3$ , i tillegg til gebyrer (Holmestrand kommune 2015).

Dreneringsvann er den tredje nevnte vannkilden til snøproduksjon. Dette vannet er lett tilgjengelig da dreneringsrørene fra både jernbanetunnelen og Holmestrandtunnelen ligger i umiddelbar nærhet til den nordre delen av anlegget. Dette alternativet bør utredes videre med tanke på krav og behov for rensing.

## 6.4 Snø til nedkjøling

Oslo Lufthavn Gardemoen oppnår en betydelig energiggevinst med å benytte snø til nedkjøling. Snøen som måkes av rullebanen om vinteren, samles og brukes til å kjøle ned lufta i terminalbygget om sommeren (se figur 6.3) (*Skal kjøle flyterminalen med snø*). Denne teknologien kan for eksempel benyttes for avkjøling av vann til snøproduksjon eller som et bidrag til nedkjøling av innelufta i skitunnelen om sommeren.



Figur 6.3: Figur som viser energiutnyttelsen av snø på Gardemoen. Snøen som brøytes om vinteren kommer tilbake som filtrert smeltevann til terminalbygget (*Skal kjøle flyterminalen med snø*).

# Kapittel 7

## Flerbruk

### 7.1 Innledning

Skitunnelen er planlagt som et flerbruksanlegg mellom langrenn og skiskyting. Det er i denne delen sett på ulike former for flerbruk utover dette. Nedenfor er det tenkt utenfor boksen og foreslått ulike former for sambruk som kan være aktuelle for skitunnelen.

### 7.2 Aktiviteter på snø

Sambruk mellom langrenn og skiskyting gir først og fremst en stor fordel som følge av felles bruk av løyper og prepareringsutstyr. I Finland har en også sett at skitunneler er blitt brukt til å praktisere hundekjøring (se figur 7.1), dette er en interessant form for sambruk som også kan være aktuelt i Holmestrand. Interessen, kundegrunnlaget og eventuelt tilpasninger av anlegget bør undersøkes videre for å finne ut om dette er aktuelt.



Figur 7.1: Illustrasjonsbilde av hundekjøring i skitunnel fra Vesileppis i Finland (Foto: Kuopiotahko)

### 7.3 Curling

Det kan være aktuelt å vurdere sambruk med curling ved å anlegge en curlingbane tilknyttet skytebanen. En curlingbane er 44,5-46 m lang og 4,27-5 m bred. Av eksisterende anlegg i Norge i dag, finnes det haller med 2-6 baner (Wikipedia 2016). Curlinganlegg er som regel samlokalisert med andre isanlegg, men forbundet har også erfart positive synergier ved samlokalisering av andre idrettsanlegg (Ingvaldsen 2015). En curlingbane kan for eksempel samlokaliseres med skytebanen i skitunnelen.



Figur 7.2: Curling, illustrasjonsbilde (Wikipedia 2015a)

### 7.4 Kunstisbane

En kunstis- eller ishockeybane kan også være aktuell til sambruk, dette vil være et alternativ til curlingbane og være tilknyttet skytebanen. En ishockeybane vil ikke bare bety flerbruk sammen med skianlegget, da et isanlegg er faktisk en flerbruksarena i seg selv. Den er tilpasset idrettene hockey, kortbaneskøyting og kunstløp (se figur 7.3). Det finnes også eksempler på at det er arrangert hestekonurraser på ishoceybaner. Dette er illustrert ved et bilde fra en Istøltkonkurransen i Askerhallen (se figur 7.4).

En ishockeybane har et banemål mellom  $30 \cdot 60m$ , og  $26 \cdot 56m$  (Ishockey). For skiskyting er skyteavstanden 50 m (Talle 2007).

I en reportasje fra nrk kan man lese at et av våre fremste kunstløphåp, Camilla Gjersem, sier at: "Et problem i Norge er at vi har så få ishaller, kun rundt 40. I Stocholm alene har man like mange ishaller og er 30-talls kunstløpklubber" (Pettersen 2016), det er altså et behov for



Figur 7.3: Aktiviteter som kan utøves på en hockeybane (Bilde: A. Kleppestø, Getty Images, AP Photo/Darron Cummings)



Figur 7.4: Ishockeybaner kan også benyttes til hest og ridestevner, her illustrert ved en istøtkonkurransse på en ishockeybane i Asker (Roaldsøy 2010)

flere slike anlegg.

## 7.5 Skytebane

Etter å ha vært i kontakt med Heidi Skaug, visepresident og anleggsansvarlig hos skiskytterforbundet i forbindelse med flerbruk, ble det klart at det er langt mer vanlig å kombinere langrenns- og skiskytteranlegg enn skyte- og skiskytteranlegg. Skau kjente ikke til noen anlegg som var planlagt fra starten av til å bli sambruksanlegg mellom skyting og skiskyting, men



at et par anlegg har utviklet seg til å bli det. Eksempler på kombinerte anlegg er Oppdal, Tingelstad/Lygna og Sunnlylven (Heidi Skaug, e-post, 09.03.2016).

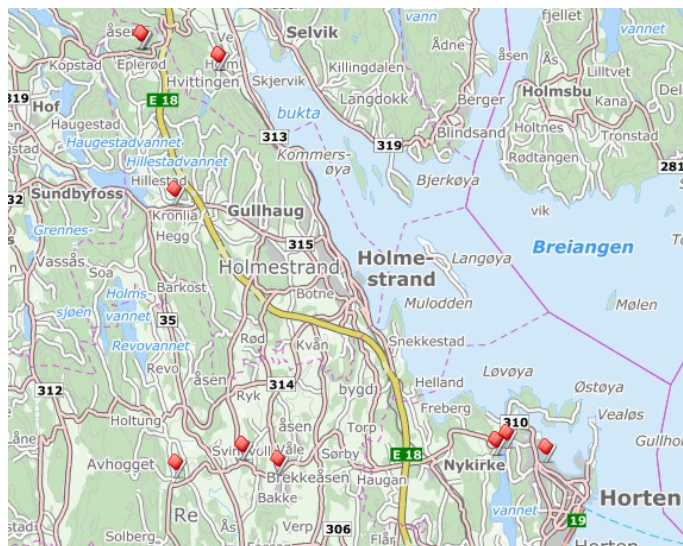
For innendørs skyting er 25 og 50 meters baner vanlig, disse benyttes hovedsakelig til rifle- og pistolskyting. Bueskyting har også baner kortere enn 50 m (Bryhn 2013). Bildet nedenfor er fra Alfhallen på Kløfta, dette er landets største innendørs skytebane. De har 24 blinker på 50m avstand, standplassen er bygget i to etasjer, slik at når det ikke skytes på 50 m, vil det være plass til tilsammen 42 skyttere som skyter med henholdsvis luftvåpen og miniatyrrifle på 25 m banen (orss 2012) (Se bilde 7.5). Banen skal tilfredsstillе sikkerhetsbestemmelsene om baner for kortholdsammunisjon (**skyteforskrift**). Skyting med ammunisjon innendørs krever lydisolering og gode avtrekks- og luftforhold. Det finnes også skytegrener som benytter elektroniske våpen.



Figur 7.5: Alfhallen, innendørs skytehall med standplasser i to etasjer, dette gir både en 25 og en 50m bane. (orss 2012)

## 7.6 Mosjonsløp

Ved flere anledninger har det blitt arrangert tunnellop både her til lands og utenlands. Tradisjonelt sett skjer slike løp gjerne som en engangshendelse i forbindelse av åpning av nye og større tunnellanlegg. "Stockholm tunnel run" ble for eksempel arrangert i 2014 i forbindelse med åpning av Norra Länken, som da var Nord-Europas største vegtunnelprosjekt (se figur 7.7) (Stockholm tunnel run 2014). Av norske tunnellop er det blant annet blitt arrangert løp i



Figur 7.6: Kart over skytebaner i nærheten av Holmestrand (kilde: idrettsanleggsregisteret)

Bjørvika to ganger, først i forbindelse med åpning av Festningstunnelen i 1990, så i forbindelse med åpningen av den nye Bjørvika-tunnelen i 2010 (Statens Vegvesen 2010).

Denne tradisjonen kan videreføres til Holmestrand, hvor man kan lage et løp før tunnelen åpnes og før den fylles med snø. Det er også en mulighet å gjøre dette til et årlig arrangement. Dette må da bli om vinteren etter at tunnelen er tømt for snø. Tradisjonelt sett er altså tunnellop et engangsarrangement.



Figur 7.7: Stockholm tunnel run var fulltegnet (foto: Andreas Sandström)

## **7.7 Utleie**

Å legge opp til utleie av hele, eller deler av skitunnelen kan være positivt både i forhold til omdømme og økonomi. Det er nok først og fremst bygningsmassene utenfor selve tunnelen som vil være egnet for utleie. Både sportslige og ikke-sportlige leietakere kan være aktuelle dersom skitunnelen har tilstrekkelig garderobekapasitet og lokaler eller rom som kan benyttes til selskapsformål.

Med tanke på monsterbakken som er foreslått i sør, kan det være en idé å bygge denne tilknyttet kontorer eller leiligheter. Dette vil kunne være en inntektskilde for tunnelen i form av regelmessige inntekter ved utleie eller som en engagsinntekt ved salg av denne bygningsmassen.

På det sportslige plan kan gode garderobefasiliteter stilles til disposisjon eller leies ut til idrettsarrangementer i Holmestrand, for eksempel arrangementer som Holmestrand maraton eller Holmestrand triatlon.

# Kapittel 8

## Innledning

### 8.1 Utarbeidelse av løypeprofil

For å holde kostnadene nede, tilrettelegge for flere brukergrupper og for å komme til enighet på tvers av fagfelt, har det blitt gjort justeringer og endringer i forhold til løypeveilederen som ble presentert i teorien. Kravene i veilederen varierer med brukergruppe og det er forskjellige krav for løpere med ulik alder, på ulikt nivå og med ulike handicap. For at skitunnelen i Holmestrand skal bli attraktiv, bør det tas hensyn til brukerkrav og anbefalinger for alle brukergrupper. Det er ikke til å komme unna at det da må gjøres noen kompromisser for å tilrettelegge best mulig på tvers av brukergrupper.

Holmestrandtunnelen har i dag et lite høybrekk helt i sør like ved tunnelportalen, videre faller den mellom 5 og 10 ‰ mot portalen i nord (se figur 8.3). For å gjøre tunnelen til et mer attraktivt sted å gå på ski, bør det gjøres inngrep for å endre dagens lengdeprofil slik at tunnelen får bakker og svinger. Et variert løypeprofil vil øke treningsutbytte for brukerne. Det skal være gøy å gå på ski i Holmestrand skitunnel og det skal være en arena for barn og unge, på lik linje som for mosjonister og eliteløpere.

### 8.2 Begrensninger ved utvidelse

Utforming av løypeprofil er en tverrfaglig problemstilling hvor mange fagfelt må samarbeide for å finne den mest optimale løsningen for Holmestrand skitunnel ut fra de begrensende faktorene en har å forholde seg til. Norges skiforbund har standarder for hvordan løypeprofilen

skal tilpasses ulike årsklasser, nivåer og handicap. Fagfeltene må samlet finne ut hvilket mulighetsrom en har å spille på. Her må det for eksempel tas hensyn til hvilke geologiske forhold har en i berget, om det noen steder det er mer gunstig å gjøre inngrep enn andre og hvilke hensyn som må tas med tanke på jernbaneverket og deres anlegg. Ventilasjon, klima, isolering samt brukervennlighet og dimensjonering for løypemaskin og prepareringsutstyr er også faktorer som det må tas hensyn til. I tillegg bør en ha et begrep om økonomien for de ulike feltene.

Søndre inngangstunnel til stasjonshallen krysser rett under Holmestrandtunnelen, dette sammen med tunnelens eget tverrslag er områder hvor tunnelen bør holdes på opprinnelig nivå. I tverrslagene til Jernbaneverkets anlegg finnes det to tekniske rom som begge må være tilgjengelig for inspeksjon. Tverrslagene fra jernbanetunnelen fungerer også som rømningsveier for den nye jernbanetunnelen.

Bergmassekvalitet og geologi vil utgjøre en vesentlig utgift. Denne utgiften vil avhenge av hvor inngrepene gjøres med tanke på bergkvalitet og sikring og hvor store inngrepene er med tanke på hvor stort volum som må fjernes. På det laveste, ved nordre tunnelportal, ligger tunnelen kun 11 m.o.h. (se vedlegg 6). Dersom en velger å gå dypere enn havnivå vil en risikere økte kostnader med tanke på tetting, drift og korrosjon på grunn av saltvann. Om en ønsker å sprengte seg oppover i profilet, må en blant annet ta hensyn til overdekningen, dette er spesielt et tema for de nordligste delene av tunnelen (se vedlegg 1). Det må også tas hensyn til dreneringsløsninger. Løsninger med tanke på rømning fra togtunnelen er ikke tatt med, men her vil det være vesentlig om tunnelen kan klassifiseres som et sikkert sted på linje med friluft.

Holmestrandtunnelen har i dag flere partier hvor det er brukt full utstøpning som sikringsmiddel. Dette tyder på dårlig bergmasse, gjerne i forbindelse med krysning av svakhetssoner. I disse sonene bør det unngås å gjøre inngrep.

Det er to små havarilommer i tunnelen i tillegg til at jernbaneverket har sprengt ut en såkalt "rømningslomme" ved nordre tverrslag (se kapittel 4.2.6). Disse kan for eksempel benyttes til å utforme svinger på en kostnadseffektiv måte.

### 8.3 Generelt for alle alternativ

Løypen vil i alle tilfeller være i underkant av 4 km. Tunnelen i seg selv er 1862 m lang, slik at en sløyfe som går frem og tilbake vil bli ca 3,7 km lang. Løypelengden vil avhenge av om vendingsområdene legges inne i eller utenfor tunnelen.

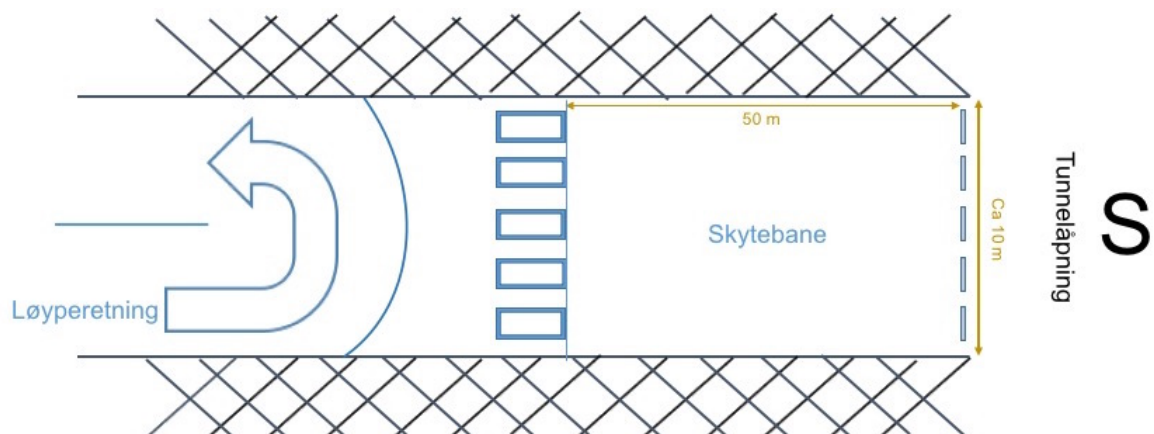
Det anbefales å sette opp fysiske skiller mellom sporene for å unngå tvilssituasjoner rundt hvilken retning løperne skal gå, disse bør være i en kontrastfylt farge, slike at de også er synlig for svaksynte.

Alle alternativene har mulighet til å fylle opp tverrsnittet litt i høyden, slik at det kan lages "småkuppert terreng" uten at det gjøres inngrep i form av sprengning eller utvidelse av dagens profil. Det er noe usikkert hvilken høyde en har å spille på, da det ikke er klarlagt hvor mye sålen må bygges opp for å være et egnet underlag i tunnelen og hvor mye plass ventilasjonen vil ta i taket.

Tunnelen har som nevnt to små havarilommer og en rømningslomme (jfr del 4.2.6). Disse kan for eksempel utnyttes til å lage svinger i løypeprofilen eller benyttes til lagring av utstyr langs løypa.

Skytebanen er tenkt som et bygg på utsiden av tunnelen i sør, eventuelt kan den plasseres i den sydlige delen av tunnelen benyttes til skytebane slik som vist i figur 8.1. Det er tenkt at det kan benyttes elektroniske våpen for å unngå problemer med støy og avgasser fra skytevåpnene og at en strafferunde strengt tatt ikke er nødvendig ettersom dette er et treningsanlegg. Det er imidlertid mulig å legge inn et vendingspunkt i traseen like ved skytebanen, slik at en får en liten sløyfe som kan fungere som en strafferunde. Dette kan imidlertid virke forstyrrende for andre løpere.

Det er forutsatt at hovedinngangen er i nordenden av tunnelen og at skiskytterarena ligger i sør. Det er tenkt at hovedinngangen legges i nord da denne enden har best plassering med tanke på nærhet til sentrum, togstasjonen og kollektiv transport. For alternativ to og tre er det foreslått et lekeområde i nord i nærheten av inngangen, en illustrasjon av dette kan ses i figur 8.2.



Figur 8.1: Illustrasjonsbilde for skytebane i sørenden av skitunnelen.

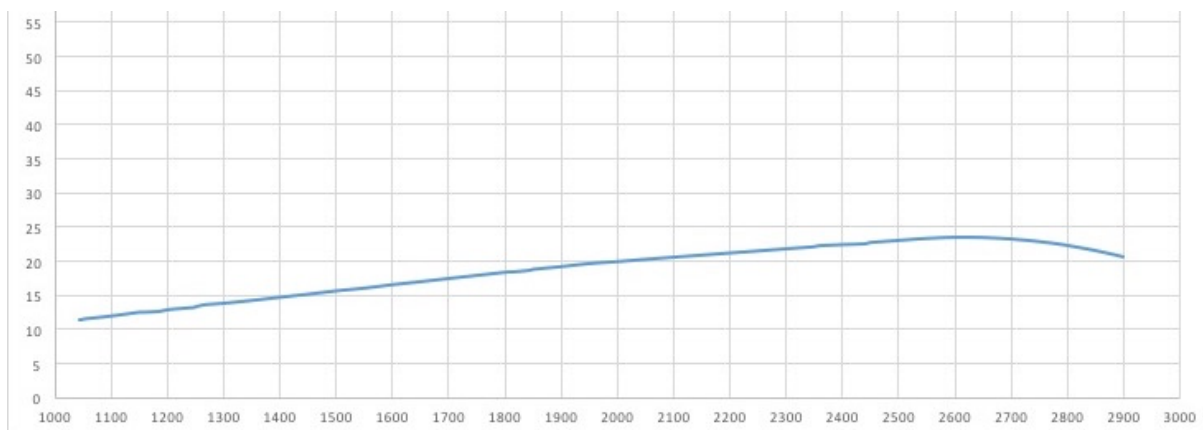
Nedenfor er tre ulike til løypeprofiler presentert. Ett nullalternativ, et alternativ med motbakker og et par svinger og et alternativ med “det lille ekstra”.



Figur 8.2: Illustrasjonsbilde for skileikområde inne i skitunnelen (Haugnes, Kleppestø og Nøstvik 2016)

## 8.4 Alternativ 1 - Nullalternativet

- A) Fylle tunnelen med snø
- B) Fylle tunnelen med snø og lage småkuppert terreng i den grad høyden i tunnelen tillater dette uten større inngrep



Figur 8.3: Løypealternativ 1

Tabell 8.1: Oversikt over stigning, høydeforskjell og type kategori for bakkene i alternativ 1. Bakkene er nummerert fra nord til sør.

Bakke	Stigning	Høydeforskjell	Kategori	Kategori, piggere
1	0,6-0,9 %	13 m	-	-
2	0,9%	2,8 m	-	-

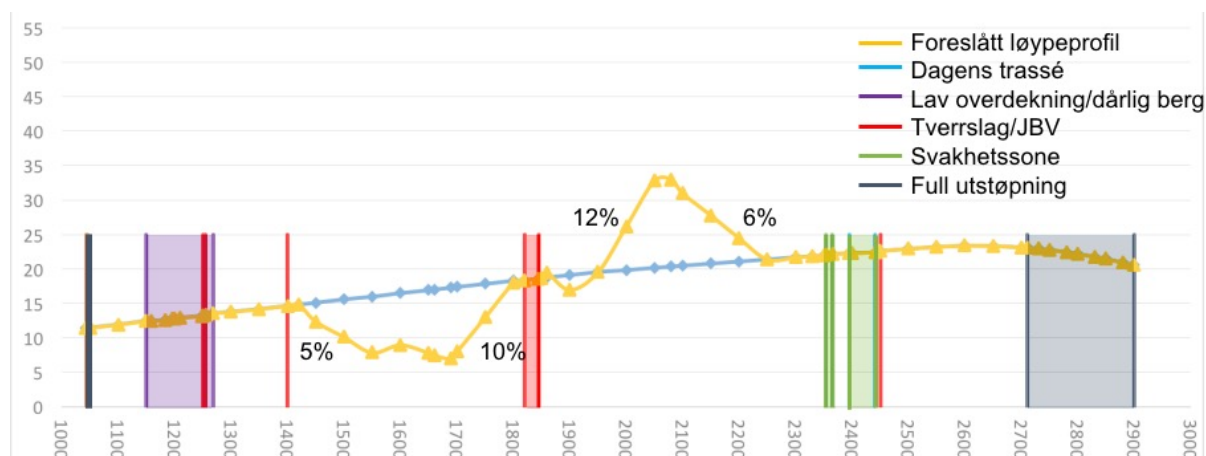
Tabell 8.2: Sammenlikning av krav til løypeutforming for ulike utøvergrupper mot løypeprofil 1.

	TC	MC	HD	Bakker
Holmestrand - ca 4 km	16 m	13	13	-

Dette løypealternativet gir liten sportslig utfordring og en monoton løypeprofil. Bakkene er så slake at de ikke kan defineres ved hjelp av kategoriseringen i løypestandard. Det er en relativt flat løype som for eksempel er lite egnet til å eksempel øve på ulike stilarter og teknikkskifter. Kostnadene ved dette alternativet vil tilsvare minimumskostnaden for å etablere en skitunnel i Holmestrand. Tunnelen må ettersikres og opprustes slik at den tilfredsstillers sikkerhetskravene før den fylles med snø.



## 8.5 Alternativ 2 - Motbakker og svinger



Figur 8.4: Løypealternativ 2.

Tabell 8.3: Sammenlikning av krav til løypeutforming for ulike utøvergrupper mot løypeprofil 2 (og 3).

	TC	MC	HD	Bakker
Holmestrand - Alternativ 2	63	16,6	29,5	3 B / 2 B <sub>p</sub> , 2A <sub>p</sub>

Dette alternativet har som mål å tilrettelegge for en sportslig god opplevelse. Det planlegges å tilpasse trasseén med bakker ved å utvide i over- og underkant av dagens tunneltrassé. Figur 8.4 viser det foreslåtte løypeprofilen.

Universell utforming står også i fokus, løypeprofilen tilrettelegges med de slakeste bakkene lengst nord ved hovedinngangen til tunnelen. Det er foreslått å lage et variert terreng i starten, lengst nord, bestående av noen kuler og humper, dette er et inngrep for å tilpasse tunnelen til barn.

Tabell 8.4: Oversikt over stigning, høydeforskjell og type kategori for bakkene i alternativ 2. Bakkene er nummerert fra nord til sør.

Bakke	Stigning	Høydeforskjell	Kategori	Kategori, piggere
1	5%	7 m	-	B
2	10%	11,4 m	B	A/B
3	12%	16,6 m	B	A
4	6%	14,9 m	B	A

Løypa har tre kategori B bakker ut i fra den vanlige definisjonen. Ut fra bakkekategori for piggere har løypa 2 A- og 2B bakker i tillegg til en bakke som ligger på grensen mellom

definisjonen av en A og en B bakke.

Den bratteste bakken har en stigning på 12%, dette er i øvre grense for hva som er anbefalt for piggere. Det er imidlertid under fiskebeinsnivå for både barn, junior og senior, slik at den er innenfor anbefalingene med tanke på å tilrettelegge løypen for barn. Bakkene blir gradvis brattere fra nord mot sør. Det er tenkt å legge inn et vendingspunkt etter hver bakke slik at for eksempel piggere har mulighet til å snu når det blir bratt. Det er også med tanke på at det skal være lav fart i vendingsområdene. Vending kan for eksempel legges til kulen mellom bakke 1 og 2, på bakketopper og på flater. Vendingene vil få en sving på  $180^\circ$ , dette er krapp sving hvor piggere ikke vil ha mulighet til å holde sporet.

Eksisterende rom utnyttes til å lage to svinger ved dagens tverrsnitt ut i dagen (se vedlegg 7).

Forslaget til utforming av løypeprofil er presentert som to større inngrep i form av lengre bakker. Denne løsningen er valgt fremfor løsninger med mindre bakker og "småkuppert" terreng både med tanke på kravene i løypestandarden og blant annet på grunn av kostnadene med fjerning av betongdekke (jfr del 9.3.2). Det vil ikke utgjøre noen forskjell for brukerne om en velger å lage høydeforskjellene i tunnelen som høybrekk eller lavbrekk så lenge høydeforskjellen er den samme.

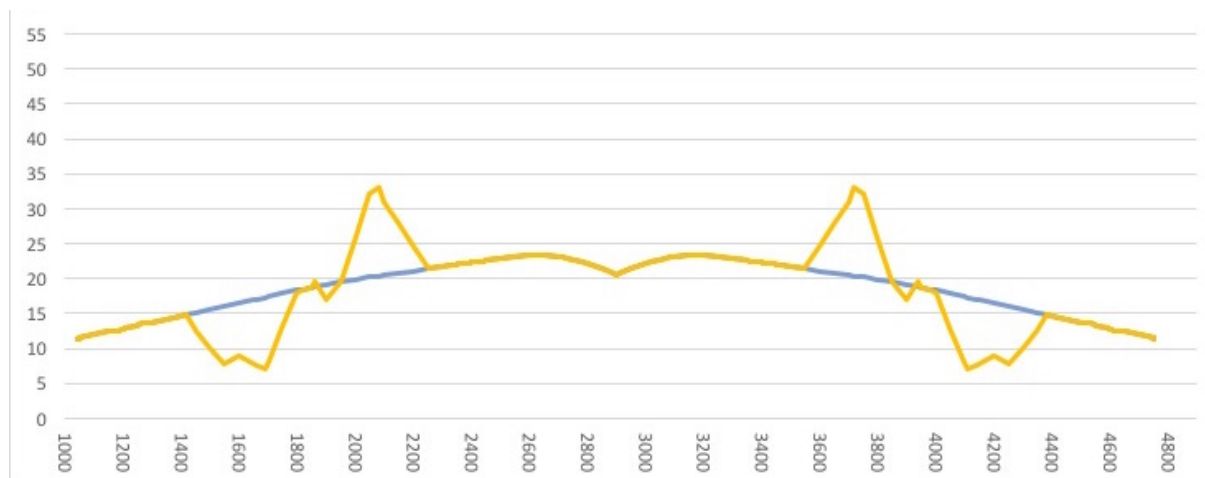
Utvidelsen av løypeprofilen vil gi en stor takhøyde. Takhøyden vil bli et resultat av de metrene sålen heves eller senkes pluss takhøyden på ca 6 m. Å sprenges seg ned 10 meter som foreslått, vil altså gi en total takhøyde på 16 m mellom såle og heng. Slike høyder i et bergrom kan gi stabilitetsmessige utfordringer. Et lavbrekk med en såpass stor takhøyde vil i tillegg romme et stort volum med luft. Dette kan by på ventilasjonsmessige utfordringer ved at kald luft synker, samles i bunn og danner en kuldegrop. Utvidelse av profilet oppover fra dagens nivå vil ikke gi samme ventilasjonsmessige utfordringer da bergrommet som sprenges ut vil fylles opp slik at en ender opp med en normal takhøyde.

En slik kuldegrop kan imidlertid bli et utmerket sted å produsere snø. Den kalde lufta sammen med den store takhøyden kan gi snø av høy kvalitet ettersom den produserte snøen

får lang falltid i kald luft.

For å skaffe snø til tunnelen er det foreslått å høste snø. Ved høsting vil det ikke være aktuelt å produsere snø inne i tunnelen. Det anbefales derfor å montere en duk eller et hvelv slik at tverrsnittet beholder samme form og størrelse gjennom hele tunnelen, da dette vil gjøre det lettere å føre ventilasjonsluft som en jevn strøm gjennom tunnelen. Dersom det etterhvert blir aktuelt å flytte snøproduksjonen inn, kan snøproduksjon i lavbrekket løses ved å innstalleres en mobil hvelvløsning. Ved en mobil hvelvløsning kan det tenkes at hvelvet kan fjernes når det skal produseres snø før sesongen og settes tilbake igjen når tunnelen åpner.

## 8.6 Alternativ 3 - Det lille ekstra

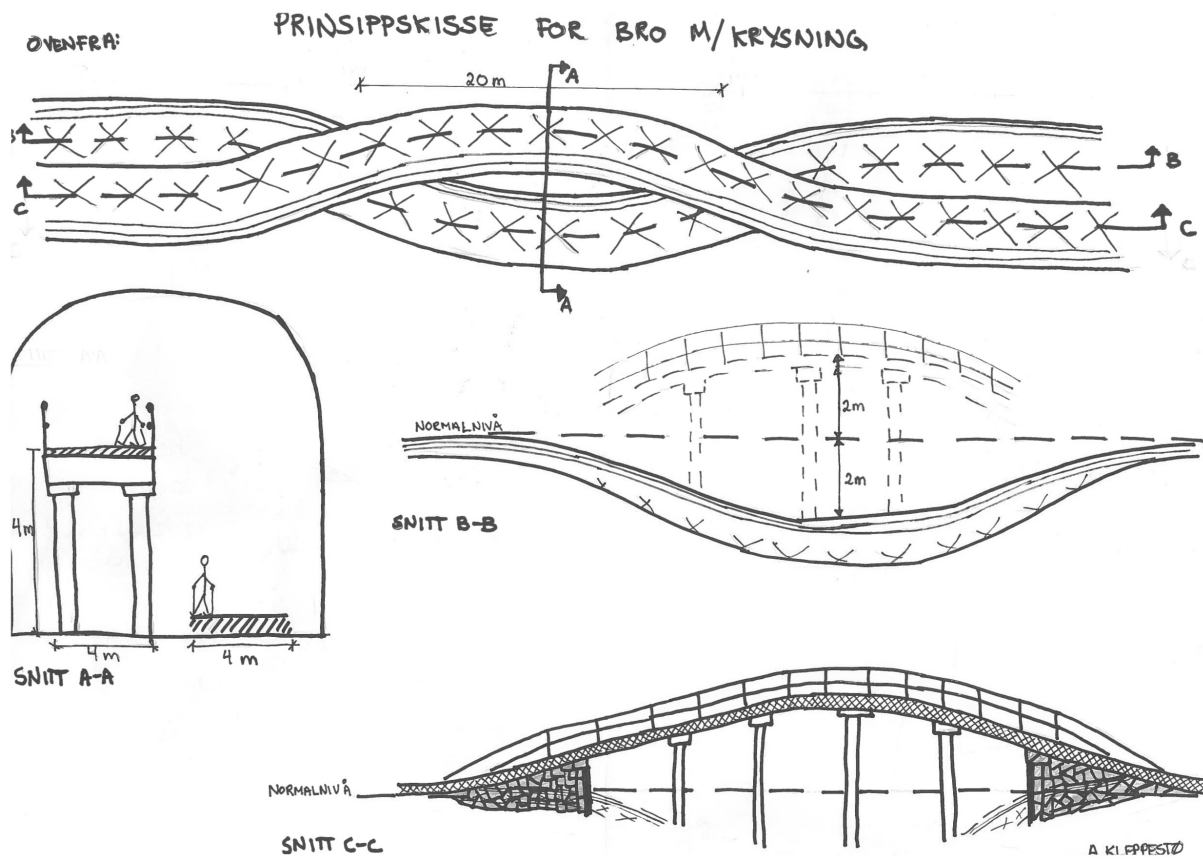


Figur 8.5: Løypealternativ 3, hele lengden

Dette alternativet tar utgangspunkt i alternativ 2, forskjellen på de to alternativene er at det er lagt opp til å legge inn flere elementer underveis for å gjøre løypa morsommere og mer variert. Av elementer er det lagt inn broer og krysninger, dette vil gi flere svinger og holdepunkter underveis. Tanken bak dette alternativet er å øke skigleden hos både store og små, ved å ha momenter å se frem til underveis. Målet er at tunnelen skal gi skituren en tilleggsverdi utover det å gå på ski. På samme måte som naturen og den friske luften gir skituren en tilleggsverdi når en går på ski utendørs.

I dette alternativet er målet altså å tilrettelegge for en god sportslig og estetisk opplevelse. Alternativet tar utgangspunkt i alternativ 2 og legger på litt ekstra. Det er laget noen skisser som viser hvordan broene kan utformes. En av skissene kan ses i figur ??, denne viser hvordan en bru med krysning kan utformes. For flere skisse se vedlegg 7.

Som et estimat kan det tenkes at volumet som må fjernes vil øke med ca. 5% i forhold til alternativ 2, dette skyldes at det må tas ut mer masse for å få plass til bruene og krysningene. Bruene må dimensjoneres for å tåle vekten av snø og løypemaskin. Avhengig av hvilken logistikkmessig løsning som velges for å fjerne snøen i tunnelen, kan det tenkes at bruene også må dimensjoneres for lastebil for å kjøre ut snøen. Bruene og krysningene vil gi løypen flere svinger enn alternativ 2 og noe større total stigning for løypeprofilen. Det er viktig at bruene sikres med godkjente gjerder på sidene for å ivareta sikkerheten.



Figur 8.6: Prinsippskisse for bro med kryssning

# Kapittel 9

## Resultater

### 9.1 Innledning

Utrekninger og kostnadsestimater for drenering, utkjøring og sprengning av masser, hvelv og bolter blir presentert i denne delen sammen med resultatene fra radonmålingene.

### 9.2 Drenering

#### 9.2.1 Innledning

For at vann som naturlig lekker inn i tunnelen og eventuelt vann fra snøsmelting, ikke skal ende opp i en stor dam, må tunnelen dreneres. Behovet for drenering vil blant annet avhenge av hvelvløsning som velges. Videre presenteres det ulike løsninger for drenering av tunnelen med tanke på en løypeprofil med bakker.

For å kunne planlegge og dimensjonere et dreneringsystem, må en ha dimensjoneringskriterier å forholde seg til. Da må en finne ut om en kun ønsker å drenere naturlig lekkasjer fra bergmassen, eller om en også ønsker at systemet skal kunne holde unna for vann fra snøproduksjon og eventuelt smeltevann fra snøen dersom anlegget settes ut av drift og snøen smelter inne i tunnelen.

Ved produksjon av snø vil det bli en del overskuddsvann, hvor mye avhenger av hva slags type snøproduksjonsutstyr som benyttes samt temperatur og klima under produksjonen

(jfr del 3.6.3). For å kunne dimensjonere dreneringen i forhold til dette må en vite hvor på anlegget snøen skal produseres.

### 9.2.2 Dreneringsløsning

Sprenger en seg oppover fra dagens profil, for å lage høydeforskjeller i løypeprofilen, vil ikke dreneringen bli noe problem, vannet vil da få naturlig fall i begge retninger fra toppen. Den opprinnelige dreneringen kan beholdes for å føre vannet gjennom på undersiden av fyllingen og bakketoppen.

Om en sprenger seg nedover kan dykkerledninger eller selvføll langs dagens sålenivå benyttes for å føres dreneringsvannet forbi de nedsenkede partiene. Dersom ledningen føre med selvføll, isoleres den og festes til veggen. Vannet som samles i det senkede partiet kan ikke kobles inn på dykkerledningen og må derfor samles opp og pumpes ut ved hjelp av en pumpeledning. Eventuelt kan en skape naturlig fall på ledningen fra bunn av senkningen, en er da avhengig av et lavere utslippspunkt ved hjelp av borehull eller dype grøfter. Det bør vurderes om det er behov for et reservemagasin for oppsamling av vann ved lavbrekket.

Holmestrandtunnelen fungerer i dag som en drenering av Holmestrandveggen (jfr. del 4.2.5), dette vil si at om det sprenges dypere ned enn dagens nivået vil det påvirke grunnvannsnivået. For å unngå skader og setninger på eksisterende overliggende bebyggelse og parker er det viktig at de senkede partiene tettes tilstrekkelig.

Dersom det er ønskelig kan det være mulig å koble seg på Jernbaneverkets drenering ved krysningen av søndre inngang til stasjonshallen (for kart se vedlegg Oversiktskart). Dette kan brukes som en mulighet dersom løypeprofilen endres og en ikke klarer å skape tilstrekkelig fall. Dette må avklares med Jernbaneverket først.

#### Dykkerledninger

For at dykkerledninger skal fungere kreves en viss helning på energilinja til ledningen. Ved en vannføring på 15-20 l/s, må energilinja ha en helning på 10 ‰, mens ved en vannføring på 70-80 l/s trengs kun en helning på 5 ‰ (Mosevoll 2008). Nedsenkningen lengst nord har en høydeforskjell på 3,7 m over en lengde på 400 m, dette gir en helning på 9,3 ‰. For avlesning

av høydeforskjeller, se vedlegg 6.

## Pumper

For å gi et prisanslag for den nedsenkede løsningen er det gjort en beregning på energiforbruk for pumping av vannet som samles i lavbrekket. Det er antatt at pumpene har en effekt på 0,7 og at strømprisen er 1 kr/kWh inkludert nettleie og alle avgifter (Mosevoll 2008).

Nedenfor er det regnet på hvor mye energi som kreves for å pumpe ut vannet i løpet av et år. Ettersom det eneste anslaget på vannmengde i dreneringssystemet er fra entreprenør på 100 l/s, noe som er antatt å være feil i følge konsulent (jfr. del 4.3.4), er det regnet på tre scenarier med ulike vannmengder. Anslagene er på henholdsvis 45, 70 og 100 l/s:

Det er antatt en jevn innlekkasje over hele tunnelen slik at at 21 % av den totale vannmengden vil lekke inn over nedsenkningen (se likning 9.1).

Lengde av tunnel: 1 867 m

Lengde av senkning 1: 400 m

Prosent av total vannmengde

$$400 \text{ m av } 1867 \text{ m} = 21\% \quad (9.1)$$

For å regne ut det elektriske energiforbruket og kostnaden brukes følgende formler (Mosevoll 2008):

Elektisk energiforbruk (kWh)

$$E = P \cdot t \quad (9.2)$$

Elektrisk effekt (kW)

$$P = 0,001 \cdot \rho \cdot g \cdot Q \cdot H / \eta_t \quad (9.3)$$

hvor:

$E$  = Elektrisk energiforbruk (kWh)

$P$  = Elektrisk effekt (kW)

$t$  = tid (timer)



$\rho$  = vannets tetthet ( $1\,000\text{ kg/m}^3$ )

$g$  = tyngdens akselerasjon ( $9,81\text{ m/s}^2$ )

$Q$  = vannføring ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$H$  = løftehøyde ( $\text{m}$ )

$\eta_t$  = samlet virkningsgrad for pumpe og motor

$$\text{Kostnad} = \text{energiforbruk} \cdot \text{pris} \quad (9.4)$$

Videre er det satt opp tre ulike scenarier med vannføring på henholdsvis 45, 70 og 100 l/s:

21% av den totale lengden til tunnelen utgjør 9,45 l/s ved en total vannmengde på 45 l/s.

For avlesing av høyder og avstander, se vedlegg 6.

Effekt for pumpa

$$\begin{aligned} P &= 0,001 \cdot 1\,000\text{ kg/m}^3 \cdot 9,81\text{ m/s}^2 \cdot 0,00945\text{ m}^3/\text{s} \cdot (14,85\text{ m} - 7\text{ m})/0,7 \\ &= 0,99\text{ kW} \end{aligned} \quad (9.5)$$

Elektrisk energiforbruk per år

$$E = 0,99\text{ kW} \cdot (24 \cdot 356)\text{ h} = 8\,701\text{ kWh} \quad (9.6)$$

Kostnad

$$8\,701\text{ kWh/år} \cdot 1\text{ kr/kWh} = 8\,701\text{ kr/år} \quad (9.7)$$

Tilsvarende utregning er gjort for vannføringer på 70 og 100 l/s. Resultatene er listet opp i tabell 9.1:

Tabell 9.1: Kostnad for å pumpe bort dreneringsvann fra gropene i løypeprofilen ved ulike vannmengder

Total vannmengde	Elektrisk effekt	Elektrisk energiforbruk per år	Kostnad per år
45 l/s	0,99 kW	8 701 kWh	8 701 kr
70 l/s	1,55 kW	13 535 kWh	13 535 kr
100 l/s	2,21 kW	19 336 kWh	19 336 kr

Problemer kan oppstå dersom det utføres arbeider i tunnelen som påvirker hydrogeologien i området, som for eksempel ved senkning av grunnvannstanden. Etersom Jernbaneverkets anlegg også påvirker omgivelsene og hydrogeologien, vil situasjonen bli noe mer kompleks.

Ved dimensjonering av dreneringsanlegget må en også ta i betraktning om snøen skal smelte inne i tunnelen eller om den skal fysisk omplasseres, kjøres ut og smeltes ute. Dersom det tas sikte på å smelte snøen inne i tunnelen, må kapasiteten på dreneringssystemet økes. Det må da sjekkes om det Jernbaneverkets overvannssystem som vannet kobles inn på tåler dette (jfr del 4.3.4).

For dykkeledningene over nedsenkninger i løypeprofilen, er helningen på energilinja over nedsenkning nord 9,3 ‰. I forhold til teorien trenger en da en minimum vannføring rundt 20-30 l/s. Vannføringen i tunnelen varierer og vil være større jo lenger nord en kommer ettersom vannet renner nordover på nordsiden av høybrekket i tunnelen. Nedsenkningen ligger ganske langt nord, og det er antatt at vannmengden vil være innenfor teoretisk minimum.

Det er anbefalt at dreneringen føres forbi lavbrekket ved en selvfallsløsning fremfor en dykket løsning, da dette er en mer driftsikker løsning.

### 9.2.3 Isolering av dreneringssystemet

Frostmengden i tunnelen vil avhenge av hvor mange dager den er i drift og hva som skjer med temperaturen når tunnelen settes ut av drift. Skitunnelen i Torsby starter sesongen i mai og holder åpent til det er skiføre utendørs (Torsby skidtunnel og sportcenter 2016). For å anslå en frostmengde, kan en anta at Holmestrand skitunnel også vil åpne i mai og holde åpent ut januar. Ni måneder med  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  vil gi:

$$F(9\text{ mnd}) = 9 \cdot 30\text{ dager} \cdot 24\text{ timer} \cdot 4^{\circ}\text{C} = 25\,920\text{ h}^{\circ}\text{C} \quad (9.8)$$

Dette overskrider altså grensen på  $15\,000\text{ h}^{\circ}\text{C}$  hvor det kreves at grøfter og kummer i tunnelen må frostisoleres (Vegdirektoratet 2014). En kan altså si med sikkerhet at tunnelens dreneringssystem vil måtte frostsikres.

## 9.3 Masser

### 9.3.1 Sprengning av masse

Her er det sett på kostnadene for utkjøring og sprengning av bergmasse. Enhetsprisen for fjerning av bergmasse ble presentert i del 3.2.2 og volumet av masse som må fjernes er regnet ut ved hjelp av trapesmetoden kan leses av i vedlegg 6.

Tabell 9.2: Sammenlikning av priser for fjerning av bergmasse for de tre løypealternativene som er presentert.

Alternativ	Masse som må fjernes	Enhetspris	Total kostnad
1	0	350 kr/ $m^3$	0
2	44 333 $m^3$	350 kr/ $m^3$	15 516 550 kr $\approx$ 15,5 mill kr
3	44 333 $m^3$ + 5% = 46 550 $m^3$	350 kr/ $m^3$	16 292 377 kr $\approx$ 16,3 mill kr

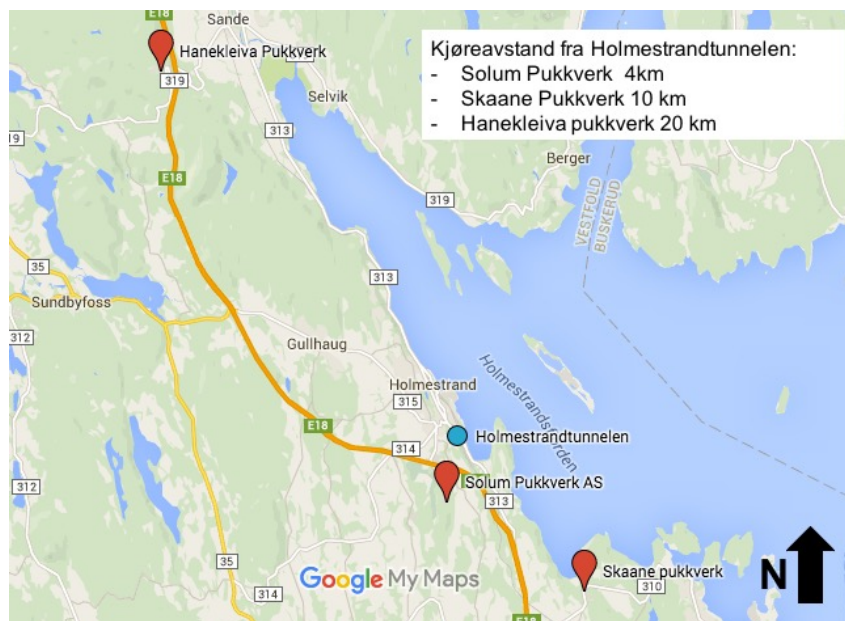
### 9.3.2 Bortkjøring av masser

#### Bergmasse

Med tanke på bortkjøring av masser ved utarbeiding av ny løypeprofil, er det hentet erfaringer fra hvordan Jernbaneverket planla å løse dette for deres prosjekt. Massene derfra ble i hovedsak planlagt å sendes til pukkverk i området. I forbindelse med utarbeidelse av regulerings- og detaljplan, ble det gjort avtaler med tre steinbrudd i området om mottak av stein for videresalg, produksjon av pukk, etc. De tre lokalitetene var Franzefoss avdeling Hanekleiva pukkverk, Solum pukkverk og Skaane pukkverk (Sørheim 2009).

Det er nærmeste pukkverket for Holmestrandtunnelen ser ut til å være Solum pukkverk, dette ligger ca 4 km unna (se figur 9.1). Videre er denne avstanden, 4 km, brukt for å beregne priser på massetransport. Ved levering av masser til pukkverk kan det være tilfelle at pukkverket betaler noe av fraktkostnadene eller betaler for å motta masse. Dette avhenger av hvor god tilgang det er på masser i området og hvor stor etterspørsel det er ved pukkverket.

Basiskostnaden ved 6 effektive timer per skift per løse kubikkmeter ( $lm^3$ ) for lastebil med trekk på to av tre aksler (6x4), gitt som en funksjon av transportstrekning er 17,91 kr/ $lm^3$  ved en strekning på 4 km (år 1993, se figur 9.2) (Johannessen 1993). I følge kostnadsindeksen for anleggsmaskiner har indeksnivået økt fra 270 i 1993 til 512 i 2015 (NTNU 2015), dette er en



Figur 9.1: Avstand til pukkverk i nærheten

økning på 190 %. Prisnivået antas derfor å ligge nærmere  $34 \text{ kr}/\text{lm}^3$  ved en strekning på 4 km i dag.

Volumet som må kjøres bort er regnet ut ved hjelp av trapesmetoden til å bli  $44\,344 \text{ fm}^3$  for løypealternativ 2. Her er det regnet volum av fast berg, en regner med at volumet øker med en faktor på 1,6 til etter sprengning (Bergersen 2015). Volum etter sprengning blir altså  $70\,933 \text{ lm}^3$  og det er dette volumet som må kjøres bort. Dette vil koste ca 2,4 mill. kr. En samlet oversikt for bortkjøring av masser for de ulike alternativene er listet opp i tabell 9.3.

Tabell 9.3: Sammenlikning av bortkjøringskostnader for de tre løypealternativene

Alternativ	Bergmasse (fm <sup>3</sup> )	Masse som må kjøres bort (lm <sup>3</sup> )	Enhetspris	Total kostnad
1	0	0	34 kr/lm	0
2	44 333 fm <sup>3</sup>	70 933 lm <sup>3</sup>	34 kr/lm	2 411 715 kr $\approx$ 2,4 mill kr
3	44 333 fm <sup>3</sup> + 5% = 46 550 fm <sup>3</sup>	74 479 lm <sup>3</sup>	34 kr/lm	2 532 300 kr $\approx$ 2,5 mill kr

## Betong

Prisen for pigging av  $4000 \text{ m}^2$ , 30 cm tykt armert betongdekke ligger rundt  $350\text{-}400 \text{ kr}/\text{m}^2$  (Odd Solum, telefonsamtale AF Decom, 30.05.2016). Lengden av dekke for området hvor løypeprofilen er planlagt å senkes er 400 m (se vedlegg 6), bredden av tunnelen er ca 10 m.

6 EFFEKTIVE TIMER PR. SKIFT			
Strekning	kr/lm <sup>3</sup>	Strekning	kr/lm <sup>3</sup>
0,10	8,59	17,00	48,81
0,20	9,08	18,00	51,20
0,30	9,43	19,00	53,58
0,40	9,68	20,00	55,96
0,50	10,01	21,00	58,35
0,60	10,25	22,00	60,73
0,70	10,52	23,00	63,12
0,80	10,77	24,00	65,50
0,90	10,99	25,00	67,88
1,00	11,23	26,00	70,27
2,00	13,31	27,00	72,65
3,00	15,58	28,00	75,04
4,00	17,91	29,00	77,42
5,00	20,27	30,00	79,80
6,00	22,64	31,00	82,19
7,00	25,01	32,00	84,57
8,00	27,38	33,00	86,96
9,00	29,76	34,00	89,34
10,00	32,14	35,00	91,73
11,00	34,52	36,00	94,11
12,00	36,90	37,00	96,50
13,00	39,28	38,00	98,88
14,00	41,67	39,00	101,26
15,00	44,05	40,00	103,65
16,00	46,43		

Figur 9.2: Kostnad per løse kubikkmeter for lastebil 6x4 som funksjon av transportstrekning. Basiskostnaden gjelder ved 6 effektive timer per skift

Totalpris for pigging blir da 1,6 mill kr (se likning 9.9).

$$\begin{aligned}
 \text{Pris}(\text{pigging}) &= 400 \text{ m} \cdot 10 \text{ m} \cdot 400 \text{ kr/m}^2 \\
 &= 1,6 \text{ mill kr}
 \end{aligned}
 \tag{9.9}$$

Kostnad for opplasting og transport kommer i tillegg, prisen på dette er 120 kr/tonn, pluss en deponiavgift ved levering på 230 kr/tonn for usortert masse. Sortert masse er litt billigere å levere, men krever til gjengjelt timekost for arbeidet, slik at det er antatt at det vil ligge rundt

samme pris (Odd Solum, telefonsamtale *AF Decom*, 30.05.2016).

Densiteten til armert betong er ca.  $2500 \text{ kr}/\text{m}^3$  (Thue 2009a). Total pris for bortkjøring og levering av vil omtrent bli 875 000 kr (se likning 9.10).

$$\begin{aligned}
 \text{Pris for bortkjøring og levering} &= 120 \text{ kr/tonn} + 230 \text{ kr/tonn} \\
 &= 350 \text{ kr/tonn} \\
 \text{Vekt} &= 2500 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot 400 \text{ m} \cdot 10 \text{ m} \cdot 0,25 \text{ m} \\
 &= 2\,500 \text{ tonn} \\
 \text{Total pris} &= 350 \text{ kr/tonn} \cdot 2\,500 \text{ tonn} \\
 &= 875\,000 \text{ kr} \qquad (9.10)
 \end{aligned}$$

Totalt vil det altså koste rundt 2,5 mill kr å pigge, transportere og levere det armerte betongdekke for å kunne lage et lavbrekk i løypeprofilen.

## 9.4 Hvelv

Tunnelens lengde er 1867 m, buelengden er 18,71 m (jfr. del 4.1. Videre er det regnet ut prisen for hva det vil koste å installere de ulike hvelvtypene.

Å montere Gjertsentduk i Holmestrandtunnelen vil koste rundt 24,5 mill kr (se likning 9.11).

$$\begin{aligned}
 A_{\text{hvelv}} &= 1867 \text{ m} \cdot 18,71 \text{ m} \\
 &= 34\,932 \text{ m}^2 \\
 \text{Kostnad} &= 34\,932 \text{ m}^2 \cdot 700 \text{ kr}/\text{m}^2 \\
 &= 24\,452\,099 \text{ kr} \qquad (9.11)
 \end{aligned}$$

PE-skum gir en total pris på 26,83 mill. kr (se likning 9.12)

$$\begin{aligned} \text{Kostnad} &= 34\,932 \text{ m}^2 \cdot 768 \text{ kr/m}^2 \\ &= 26,83 \text{ mill.kr} \end{aligned} \quad (9.12)$$

Betongelementer gir en total pris på 53,66 mill. kr (se likning 9.13).

$$\begin{aligned} \text{Kostnad} &= 34\,932 \text{ m}^2 \cdot 1\,536 \text{ kr/m}^2 \\ &= 53,66 \text{ mill.kr} \end{aligned} \quad (9.13)$$

Prisen for kun membranduk er på 3,2 mill. kr.

Pris for å male hele tverrsnittet uten tildekking av sålen vil bli ca 2,1 mill kr (se likning 9.14). Dersom det males før det legges snø, vil tildekking ikke være nødvendig, kostnader med tanke på dette er derfor ikke tatt med i utregningen.

$$\begin{aligned} \text{Kostnad} &= 34\,932 \text{ m}^2 \cdot (20 + 40) \text{ kr/m}^2 + 12\,000 \text{ kr} \\ &= 2\,107\,920 \text{ kr} \end{aligned} \quad (9.14)$$

Priser for de ulike hvelvløsningene er listet opp skjematisk i tabellen under (tabell 9.4):

Tabell 9.4: Prisoversikt for ulike hvelvløsninger. Prisene er tentative og vil være både være steds og mengdeavhengig

Hvelvløsning	Enhetspris	Total pris (kr)	Kommentar
Gjertsenduk	700 kr/m <sup>2</sup>	24,45 mill	Pris ferdig montert i Holmestrand
PE-skum	768 kr/m <sup>2</sup>	26,83 mill	Med nettarmert sprøyt-betong
Lettbetongelementer	1536 kr/m <sup>2</sup>	53,66 mill	
Membran	92 kr/m <sup>2</sup>	3,21 mill	Pris for kun duk
Maling	60 kr/m <sup>2</sup>	2,11 mill	Pris for vask, maling, rigg og drift i Holmestrand

## 9.5 Sikring av bergvegg ved utvidelse av tunnelrommet

Ved utvidelse av profilet må veggene sikres med bolter. Det trengs å sikres med 1 bolt per 3-4 m<sup>3</sup> når den totale høyden av tunnelrommet overstiger 7,5-8 m. Dette er regnet ut at det trengs i overkant av 2500 bolter for å sikre veggene i områdene hvor profilet utvides. Med en pris per bolt 1000 kr, utgjør dette en total kostnad på i overkant av 2,5 mill kr (for utregning se vedlegg 6).

## 9.6 Radon

To av sporfilmene som ble brukt til å måle radonnivå i forbindelse med denne oppgaven forsvant i posten på vei til laboratoriet hvor analysene ble gjennomført. Det foreligger derfor kun resultater fra målerne i punkt 3 og 4, for fullstendig rapport fra analysen, se vedlegg 19:

Punkt 3:  $50 \pm 20 \text{ Bq/m}^3$

Punkt 4:  $< 30 \text{ Bq/m}^3$

Jernbaneverket har gjort noen radonmålinger i forbindelse med utbygging av deres anlegg. Det ble utført tre målinger i stasjonshallen perioden 22-25.februar 2013, hvor en av målingene fikk en feilmelding slik at resultatet ikke kunne benyttes. Dette skyldes sannsynligvis et strømbrudd i måleperioden. De to andre målingene ga resultater på henholdsvis 44 og 24 Bq/m<sup>3</sup>. Måling 1 fikk feilmelding, måling 2 ble tatt ved pålenummer 84917, og måling 3 ble tatt ved pålenummer 85175. For plassering av målere, se vedlegg 2 (Hanne W. Sagen, e-post, 19.01.16).

Målerne ble målt i en antatt høyde på 1,5-2 m over sålenivå og stod ute fra fredag til mandag. Ventilasjonen i anlegget stod på frem til lørdag kl. 16, mens i resten av måleperioden stod anlegget uten ventilasjon. Ventilasjonsretningen var fra sør til nord for måler nr 2 og fra nord mot sør for måler nr. 3. Dette skyldes at målingene ble gjort før det var gjennomslag i tunnelen. Målerne stod på hver sin side av tverrslaget, og ventilasjonsluften fra stoff kom derfor fra hver sin side (Hanne w. Sagen, e-post, 01.03.2016).

Ettersom det stod på noe ventilasjon, kan dette ha påvirket målingene, ved at radonkonsentrasjoner fra andre steder i tunnelen kan ha blitt fanget opp av måleren i det den har blitt ventilert ut. Samtidig kan ventilasjonen på det aktuelle måleområdet ha blitt fortynnet. Ettersom målingene er godt under farenivå, er det ikke gjort noen videre undersøkelser eller



tolkninger rundt dette.

I forbindelse med at Tom Myran målte størrelsesfordelingen av partikler i Holmestrandtunnelen i tidsrommet mellom 1983 og 1987, tok han også en radonprøve som viste et radonnivå på  $12 \text{ Bq/m}^3$  (Myran 1987). Det er uvisst hvor i tunnelen denne er tatt og under hvilke omstendigheter. Prøven viser et lavt nivå, godt innenfor dagens grenseverdier.

# Kapittel 10

## Diskusjon

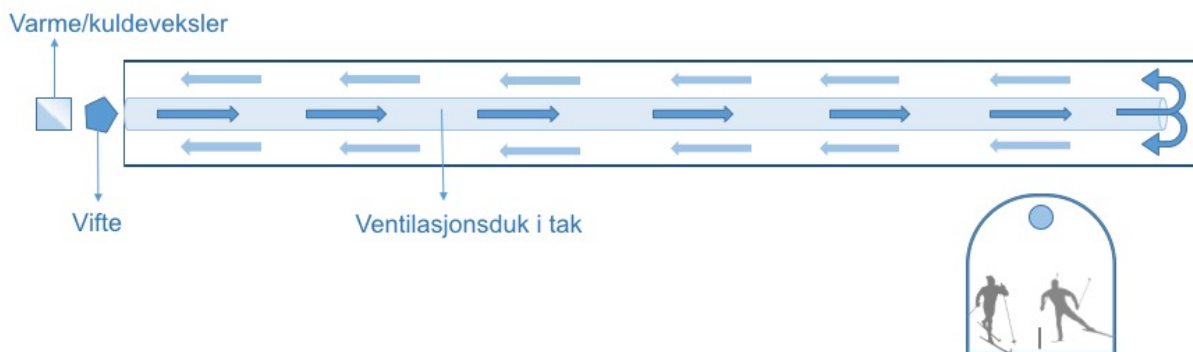
### 10.1 Inneklima

Inneklima er viktig for at utøverne skal kunne prestere optimalt og trives i tunnelen. Dette er en viktig faktor for at utøverne ikke skal bli smittet av sykdom og for at de skal kunne trene med den intensiteten de ønsker. Det å oppnå en god luftkvalitet vil altså være et av flere suksesskriterier for Holmestrand skitunnel.

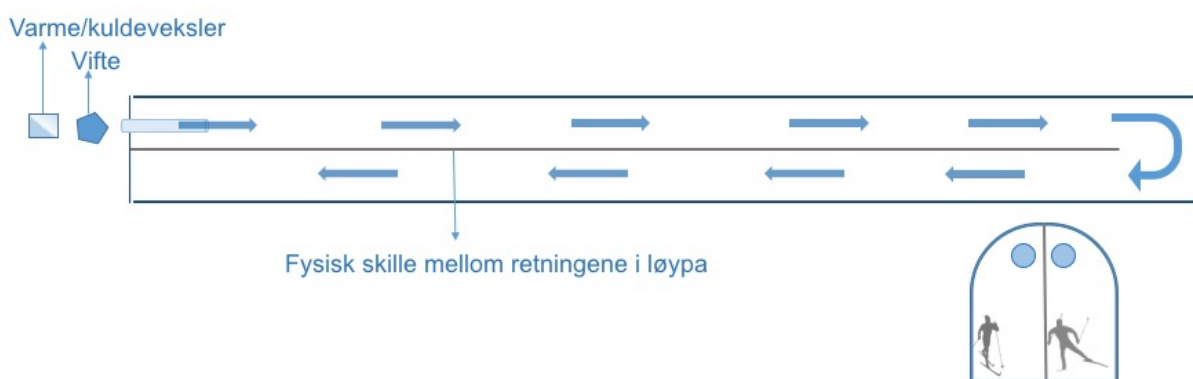
Det er viktig at det ventileres med nok luft og at lufta som ventileres er ren og har riktig temperatur og luftfuktighet. Med utgangspunkt i referanser fra andre skitunneler anbefales det en temperatur i tunnelen på mellom  $-3$  og  $-4$  °C.

Store deler av året vil uteluften være varmere enn luften inne i skitunnelen. Avfukking av lufta må da skje før luften kjøles ned, hvis ikke vil man få store problemer med frost og rimutvikling i ventilasjonssystemet. Varm luft kan holde på mer fuktighet enn kald luft (jfr. del 5), og det er derfor nødvendig at luften avfuktes, uavhengig av hvilken RF det er inne i tunnelen. Det vil også være en fordel om ventilasjonsluften føres tilbake til utgangspunktet før den slippes ut, slik at utluften kan benyttes til kjøling av ny luft (se figur 10.1 og 10.2).

God ventilasjon vil være nødvendig for å opprettholde en god luftkvalitet for brukerne. Dette vil også være løsningen på mange problemer som dugg, høy luftfuktighet og radonnivå. Et godt inneklima vil høyst sannsynlig gi tunnelen et godt rykte og gjøre tunnelen mer attraktiv ettersom nettopp tunnelklima har vist seg å være en utfordring for andre skitunneler.



Figur 10.1: Prinsipp 1 for ventilasjonsløsning, hvor utluften føres tilbake til utgangspunktet for å kunne benyttes til kjøling av ny luft. Tunnelen har ikke adskilte løyperetninger.



Figur 10.2: Prinsipp 2 for ventilasjonsløsning, hvor utluften føres tilbake til utgangspunktet for å kunne benyttes til kjøling av ny luft. Tunnelen har adskilte løyperetninger.

Landslagene kjører per i dag hard-øktene utendørs når de reiser til Torsby (se del ??). Klarer skitunnelen i Holmestrand å skape et godt inneklima slik at utøverne ikke trenger å bekymre seg for bieffekter som sykdom, allergi eller liknende, vil dette kunne gi flere besøkende. En viktig bieffekt kan da være at eliteutøvere trekker til tunnelen, som vil gi tunnelen et kvalitetsstempel (se del ??). Det bør være et mål at brukere med astma og allergier ikke skal hindres av luftkvaliteten, men at de skal kunne bruke tunnelen på en likestilt måte med andre brukere.

Når det gjelder sykdom, kan dette også skyldes temperaturforskjellene kroppen utsettes for ved bruk av tunnelen. Om sommeren kan temperaturforskjellen mellom uteluft og tunnel-luft være over 25 grader. Å tilpasse seg slike temperaturforskjeller over kort tid vil være en påkjenning for kroppen. Videre bør det undersøkes hvordan kroppen reagerer på disse temperaturforskjellene og om for eksempel et aklimatiseringstiltak i form av et rom eller liknende ved inngangen til tunnelen kan ha noen effekt.

Med tanke på kroppens tilpassningsdyktighet kan det trekkes paralleller til air-condition anlegg i tropiske strøk eller skiturer i mange minusgrader om vinteren. Her må også kroppen tilpasse seg store temperaturforskjeller på kort tid. Det bør blant annet undersøkes om kroppens evne til å tilpasse seg disse store temperaturforskjellene, endres med hvor ofte den utsettes slike forandringer. Det bør også undersøkes hvordan kroppens aktivitetsnivå kan ha en påvirkning på tilpasningsevnen.

Mugg og muggsopp ble i teoridelen antydnet å være en årsak til dårlig luftkvalitet i andre skitunneler (jfr. del ??). I Holmestrand kan en tenke seg at mugg kan vokse i hvelvet, i installasjonene i tunnelen eller i bygningsmassen utenfor tunnelen. Dersom en velger en løsning uten hvelv i tunnelen, vil faren for muggdannelse minke ettersom det er antatt at mugg ikke kan vokse rett på berget. Dersom det dannes mugg i ventilasjonsanlegget, vil det være det mest kritiske tilfelle da muggsporene da vil spres utover med ventilasjonsluften og ramme hele anlegget.

På grunnlag av erfaringer fra tidligere skitunneler er det anbefalt en RF mellom 60 og 90 %. Gunstig RF bør imidlertid undersøkes videre med tanke på sykdom og hva som er lettest for kroppen å tilpasse seg med tanke på de store temperaturforskjellene mellom tunnelen og omgivelsene.

## 10.2 Radon

Mennesker i aktivitet har et stort oksygenopptak og vil derfor være ekstra eksponert og sårbare for innånding av radongass. Det bør derfor tas sikte på å holde radonkonsentrasjonene så lave som mulig.

Radonmålingne fra Jernbaneverket viste 24 og 44 Bq (2013), som er verdier langt under tiltaksgrensen for varig opphold (100 Bq). Målingen til Tom Myran på 12 Bq (1980-talet) understreker at det er lave nivåer av radon i Holmestrandfjellet. Målingene som er tatt i forbindelse med denne oppgaven understreker det lave radonnivået.

Målingene til Jernbaneanlegget er gjort for stasjonshallen i deres anlegg, men antas å være representativ for bergmassen i Holmestrandtunnelen også, ettersom disse anleggene ligger såpass tett inntil hverandre.

Av effektive måter å redusere strålingsnivået på er isolasjon og ventilasjonstiltak nevnt i teoridelen (del 3.7). Tunnelen må ha god ventilasjon for å opprettholde et godt innemiljø for skiløperne, som også er positivt med tanke på å holde radonkonsentrasjonene på et minimum. Det at det isoleres mellom snø og såle for å begrense varmeoverføringen fra berget til snøen, vil også ha en positiv effekt på radonnivået i tunnelen. Som en forhåndsregel er det anbefalt å alltid sette på viftene før åpning av tunnelen, slik at eventuell oppkonsentrert radongass og eventuelt andre partikler eller gasser ventileres ut før brukerne slipper til.

Med lave radonverdier og flere reduserende tiltak ser det altså ikke ut til at radongass vil bli verken en begrensning eller utfordring for prosjektet.

### **10.3 Trassé**

Når det gjelder utforming av trassé og løypenorm er det et stort sprik mellom hva som kreves for løyper til de yngste og hva som kreves av FIS-normen for OL- og VM løyper. Det er lagt vekt på at dette skal bli et breddeanlegg tilrettelagt for toppidrett, og det er derfor viktig at løypeprofilen i best mulig grad er tilpasset flere nivåer. Når det gjelder universell utforming er det viktig å ta tak i dette i et tidlig stadium for at løsningene skal integreres best mulig i helheten for anlegget. Dette vil skape et mer integrert anlegg med godt miljø. Også med tanke på løypeprofil.

For at løypetrassen skal være best tilpasset for flest mulig løpere, vil det være naturlig å legge inn noen vendingpunkter underveis i trasseen, slik at man får en løype på for eksempel 0,5, 1, 2 og 3 km i tillegg til full lengde. Her vil det være naturlig å tilrettelegge hovedsakelig for de yngste, funksjonshemmede og mest uerfarne løperne i de korteste sløyfene og tilrettelegge bedre for eliten i de lengre sløyfene. For vendingsområdene er det viktig at svingene er slake nok til at de funksjonshemmede skal klare dem uten problemer og at dette skjer i områder med lav hastighet. Det er også viktig å påse at trasseen er tilpasset funksjonshemmede. Dette

vil i hovedtrekk si at løypa er lettest nærme inngangspartiet og mest krevende i området på motsatt ende av tunnelen. Dette kan by på utfordringer for de yngste skiskytterne. En differensiert monsterbakke på utsiden i nord vil imidlertid kunne løse dette problemet.

Det burde også tilrettelegges slik at det er tilstrekkelig plass for skileik ved vendingsområdet ved inngangen. Her kan man for eksempel legge opp til at man kan variere skileikområdet med å bygge opp snøhauger til aking, lek, en lett nedoverbakke for å kunne øve seg å pløge eller gå fiskebein, et lite hopp, lage orgeltramp etc (illustrasjoner på skileik ses på figur 10.3, 10.4 og 10.5). Takhøyden må da tilpasses etter hvor stort areal man har og hvor store snøhauger man ser for seg at kan bygge opp.

Den første delen av løypa er altså foreslått å bli relativt flat, eventuelt fylle opp med noen mindre oppfylte “humper” for variasjon. Disse humpene vil da ikke gi noen spesiell trenings-effekt for løperne, men er mer tenkt for å skape variasjon i løypa. I enden av det flate partiet er det foreslått å lage et vendingspunkt hvor man kan velge å snu, dette vil da bli en sløyfe på rundt 0,5 km som altså er tilpasset de yngste og mest uerfarne løperne.

Det er lagt vekt på tre ulike punkter ved utforming av løypealternativ 2 og 3 skal være “morsom, gi utfordring og gi skiglede”, dette samsvarer med punktene fra veilederen. Alternativ 3 vil nok score høyest på alle tre punktene; morsom, utfordrende og gi skiglede for flest mulig.

Det er noen havarilommer (en i hver retning) i tunnelen, det vil være kostnadseffektivt å for eksempel benytte disse for å oppnå større og bedre svinger eller eventuelt til tekniske rom.



Figur 10.3: Illustrasjonsbilde, skileik, kulebakke (Skiforbundet 2011)



Figur 10.4: Illustrasjonsbilde, skileik, ballonglek (Skiforbundet 2015)



Figur 10.5: Illustrasjonsbilde, skileik, sisten (Ingebrigtsen 2015)

### 10.3.1 Kostnader

I resultat-delen ble det presentert priser for sprengning og bortkjøring av masser og for kun bortkjøring av masser. Prisen for bortkjøring av masser er presentert for å skille alternativene med å sprengne seg oppover og nedover fra dagens profil.

De kostnadene som er presentert utgjør kun en liten del av de totale kostnadene for anlegget. Det er også presentert kostnad for sikring og riving for å få tunnelen til dagens veistandard, dette er presentert i tilstandsvurderingsdelen.

Prisene som er presentert tidligere er omtrentlige og gir kun en antydning til hva dette vil koste. Det er for tidlig i prosjektfasen for å kunne regne på eksakte tall. For å vurdere nytten bør bruker-representanter og driftspersonell inkluderes i en tidlig fase.

Kostnader i forhold til nytte vil være et vesentlig beslutningsgrunnlag med tanke på hvilke løsninger som velges.

Med tanke på kostnader er skitunnelprosjektet i en tidlig fase, dette tilsvarer en mellomting mellom estimatklasse A og B. Altså har prosjektet nå et typisk nivå på usikkerhet på mellom 30 og 40% (NTNU 2011)

I forhold til kostnader er det, som nevnt innledningsvis i teoridelen, viktig å se på hele livsløpet med kostnader under både prosjektering, bygging og drift for å få et riktig bilde på tunnelens totalte kostnader med tanke på både investering og drift.

Å vektlegge punktene regjering legger til grunn for utdeling av tippemidler fra en tidlig fase i planleggingen, vil bidra til at prosjektet kan stille opp med en god søknad for tildeling tippemidler. Dette vil være gunstig i forhold til å få ekstra midler å rutte med.

## 10.4 Geologi og sikring

### 10.4.1 Geologi

Med tanke på de geologiske forholdene er det forsøkt å legge endringer av løypetrasseen utenom utstøpninger og svakhetssoner. Bergoverdekningen er også vurdert. da disse områdene har dårlig stabilitet og vil bli dyre og utvide, ettersom de krever ekstra sikring. Utvidelse av trasseen er forsøkt gjort i områder hvor bergmassen er mest mulig homogen (se figur 10.6 og 10.7).

Det finnes en skitunnel i fjell i Finland (*Ohjelmapalvelut* 2016) og det er en under bygging i Bräcke i Sverige (Bräcke kommun 2013). Holmestrand blir altså ikke den første destinasjonen med en skitunnel bygget i fjell. Det anbefales å ta kontakt med disse for å hente erfaringer og for å se nærmere på hvilke løsninger de har valgt og hva de har lyktes med.

Deler av tunnelen har dårlig berg. Tunnelen krysser blant annet en større forkastningssone ca 1400 meter inn i tunnelen fra nord. Helt i sør går tunnelen gjennom dårlige bergmasser med underliggende konglomerat og kalkstein, siltstein og leirskifer. Områdene med dårligst bergkvalitet er fullt utstøpt. Det ble også vist eksempler på nedfallsmasser bak hvelvet i del 4.2, noe av dette kan skyldes sprengningarbeidene til JBV.

Faren for bergtrykksproblemer på grunn av den store høyden ved utvidelse av tunnelprofilen bør vurderes nærmere, for eksempel en numerisk analyse.

De to sprekkerosene som ble presentert i tilstandsvurderingen er relativt sammenfallende. Bergartslagene har strøk omkring  $N170^{\circ}O$  og fall ca  $20^{\circ}$  mot V. Hovedsprekkeretningen følger nesten tunnelen.

### 10.4.2 Geologisk betraktning av alternativ 2 og 3

Lavbrekket i løypeprofilen ligger mellom pelnummer 1420 og 1820, mens høybrekket ligger mellom pelnummer 1950 og 2250. Ved forundersøkelsene til Holmestrandtunnelen ble det tegnet opp geologiske profiler for hele trasseen og for enkelte tverrsnitt langs trasseen (Grimstad 1980). Disse finnes i vedlegg 8. Deler av profilen er også gjengitt nedenfor og sammenliknet



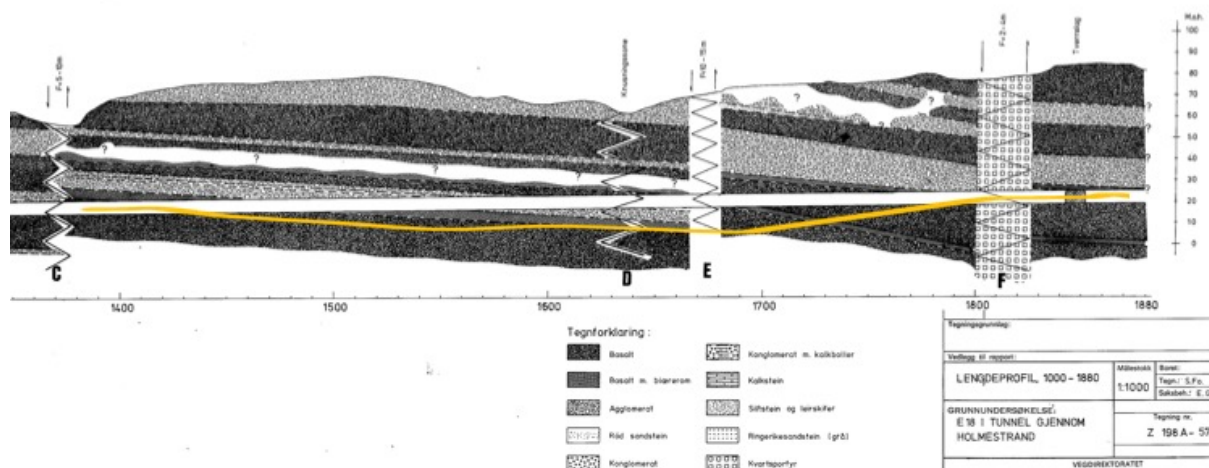
med den foreslåtte løypeprofilen (se figur 10.6 og 10.7).

Ved utforming av løypeprofilet, ble det som nevnt tidligere tatt hensyn til mange faktorer, en av de viktigste faktorene var geologien rundt tunnelen. Geologisk sett ser det ut til at bergmassene har bedre kvalitet i underkant av det opprinnelige profilet nord for det originale tverrslaget. Sør for tverrslaget virker bergmassene å være mest homogene i overkant av dagens profil. Dette la føringer for utforming av løypeprofilet og er hovedgrunnen til at bakkene er foreslått som et lavbrekk og et høybrekk.

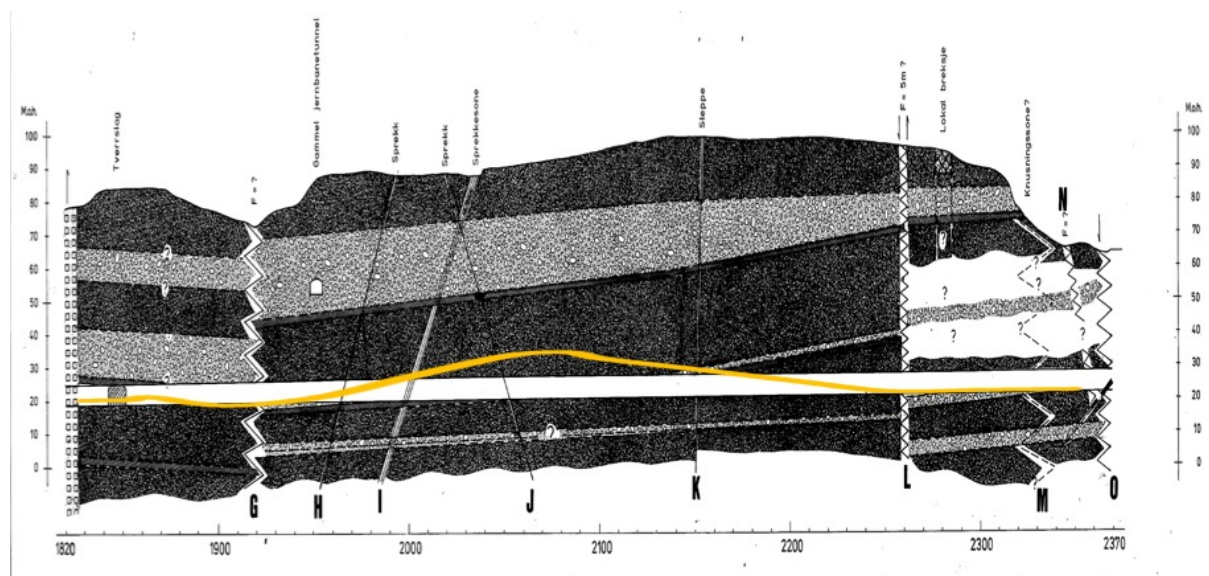
Homogene masser betyr gjerne at massene er mer stabile enn om en krysser forskjellig typer bergartslag. De største homogene områdene består av basalt, basalten er er målt til å ha en høy trykkfasthet i tillegg til å være godt egnet til tullendrift. En må imidlertid være oppmerksom på oppsprekkingen (jfr del 4.2.2). Utvidelsen av løypeprofilet er lagt i de områdene med mest mulig homogen bergmasse. Det er forsøkt å unngå å gjøre inngrep der tunnelen krysser svakhetssoner. Noen svakhetssoner er likevel ikke til å unngå å krysse.

For bakken lengst nord er det hovedsakelig basalt med et tynt lag med basalt med blærerom øverst. Laget med blærerom ligger rett i underkant av dagens sålenivå. Det foreslåtte løypeprofilet følger nedre kant av denne blærerombasalten (se figur 10.6). I overkant er det flere forskjellige bergartslag med agglomerat, siltstein og basalt (se vedlegg 9). Det geologiske profilet viser at bergartslagene i underkant av tunnelen er mer ensformig. Tunnelen krysser imidlertid en knusningssone (D) omtrent ved pel 1640, og en 10-15 m bred forkastningssone (E) ved pel 1670 (se vedlegg 8).

For bakken lengst sør (mellom pelnr. 1950 og 2250) består bergmassen over dagens tunnelprofil av ca 20 m ren basalt (pel 2020, vedlegg 9), mens bergmassene under tunnelprofilet er mer varierte. Rett i underkant av dagens profil ligger det et agglomeratlag og et lag med basalt med blærerom, det er også fare for å treffe på bergartslag bestående av agglomerat, siltstein og leirskifer lenger ned. Figur 10.7 viser at det her vil være mest gunstig å utvide profilet oppover. Her er det så å si kun ren basalt. Tunnelen krysser to markerte sprekkesoner, en sleppe og en sprekkesone mellom pel 1950 og 2260.



Figur 10.6: Bakke 1 og 2 sammenliknet med geologien rundt tunnelen. Gul linje er omtrentlig trassé for løypeprofilen. Fritt etter vedlegg 8



Figur 10.7: Bakke 3 og 4 sammenliknet med geologien rundt tunnelen. Gul linje er omtrentlig trassé for løypeprofilen. Samme tegnforklaring som på figur 10.6. Fritt etter vedlegg 8

En må være oppmerksom på at sprengning og arbeid i tunnelen må tilpasses omgivelsene. Her må en være klar over at tunnelen ligger sentrumsnært og i nær tilknytning til en jernbanetrasse og at salvene må tilpasses krav til maksimale rystelser både mot ny jernbanetunnel og øvrig bebyggelse i Holmestrand.

Det foreslåtte løypeprofilen ser ut til å la seg gjennomføre på en grei måte i forhold til geologien rundt tunnelen. Kilden som er brukt for å gjennomføre de geologiske betraktningene, er fra forundersøkelsen til tunnelen, det er derfor noe usikkerhet rundt påliteligheten til denne kilden. Det bør med tanke på geologiske utfordringer, tas noen kjerneprøver ut fra dagens

tunnelprofil der det er planlagt å utvide profilet. Det er ikke snakk om store kostnader ved slike prøver når det bores fra innsiden av tunnelen. Det kan bores rett frem og det trengs heller ikke å bores så dypt.

### **10.4.3 Sikring**

Litteratursøket gir et generelt inntrykk av at det stort sett ikke sikret noe utover det som ble gjort da tunnelen ble bygget. Det er gjort noen små utbedringer som for eksempel ved et ras i tunnelen i 2009. Jernbaneverket har utført supplerende sikring der tverrslagene fra jernbanetunnelen kommer inn på Holmestrandtunnelen.

Det er ikke funnet dokumentasjon på at bergsikringsnettene er fikset på etter tidligere nevnte inspeksjon (Magnussen 2008)(del 4.2.3). Det må vurderes i hvilket omfang tunnelen skal ettersikres, og om det er tilstrekkelig med supplerende sprøytebetong og bolter. Kostnader med tanke på sikring av veggen ble presentert i del 9.5.

### **10.4.4 Hydrogeologi**

I Holmestrandveggen har hydrogeologien stabilisert seg etter at tunnelen ble bygget. Videre er det altså ikke snakk om hvilken innlekkasje tunnelen har, men heller om hvilken økning i innlekkasje omgivelsene rundt kan tåle. De hydrogeologiske forholdene må ses i sammenheng med jernbaneverkets anlegg.

Det er fare for setninger på overliggende bebyggelse ved senkning av grunnvannsnivå. Dersom en velger å utvide profilet nedover som foreslått for alternativ 2 og 3, bør det settes strenge tetthetskrav.

### **10.4.5 Metoder for utvidelse av dagens profil**

Som nevnt i teoridelen kan tunnelprofilet utvides enten som strossing eller boring av en ny tunnel. Strossing kan gjøres på enten oppover eller nedover i forhold til dagens profil. Det er foreslått et løypeprofil med et høybrekk i nord og et lavbrekk i sør.

Bygging av ny tunnel bør fortrinnsvis skje ved siden av dagens tunnel for å unngå stabilitetsproblemer og reduksjon av kapasiteten til eksisterende bergsikring.

### **Toppstoll-bunnstrossmetoden**

Strossing nedover i profilet er lettere og rimeligere å utføre rent drivemessig, da det kan benyttes pallboring (tilsvarende sprengning i dagen). Dette vil imidlertid by på utfordringer med tanke på grunnvannstanden og i form av drenering av lavbrekksonen. En blir også nødt til å fjerne betongsålen i dagens tunnel.

Denne metoden vil gi økte utgifter ved utkjøring av masser i forhold til bunnstoll-takstross. Det kan også være kostnader tilknyttet det å levere masse til pukkverk. Dette kommer an på kvaliteten på massene som leveres og etterspørselen i markedet. I noen tilfeller kan en også få betalt for å levere masser eller dekket kostnader ved transport. Metoden krever ikke særlig avansert utstyr.

### **Bunnstoll-takstrossmetoden**

Driving med bunnstoll-takstrossmetoden vil gi en høydevariasjon av løypeprofilet i form av et høybrekk. Hengen må da sikres på nytt. Dette er en dyrere og mer utfordrende drivemetode som også krever mer avansert utstyr. En tunnelboremaskin kan for eksempel benyttes for å utføre et slikt arbeid. Hvor krevende det vil være å sprengne seg oppover avhenger av bergmassekvaliteten. Det er anslått at det er mellom 0-50 % dyrere å sprengne seg oppover enn nedover (Amund Bruland, møte, 06.05.2016).

Om en sprenger seg oppover i profilet vil det bli behov for mye fyllmasse for å heve bunnivået i tunnelen. Her kan sprengsteinen brukes direkte, slik at en sparer penger i forhold til utkjøring og levering av masse. Noe masse må likevel kjøres ut da bergmassen utvider seg med en faktor på 1,6 fra fast til sprengt berg. Vanligvis skaper bunnstoll-takstrossmetoden problemer med sikring fra stor høyde, dette vil imidlertid ikke bli et problem her ettersom det er tenkt at tunnelrommet fylles opp etterhvert som det sprenges.

Som nevnt i teoridelen var det ved driving av Holmestrandtunnelen utfordrende at det dannet seg såkalte kasseprofiler ved sprengning. Dette skyldes søyleoppsprekningen sammen

med opptreden av markerte sleppedannede lagflater (jfr del 4.2.2). Dette kan bli en utfordring når hengen må sikres på nytt.

I forhold til et HMS perspektiv vil dette være en mer risikofylt oppgave enn å sprengne seg nedover ettersom hengen vil stå usikret etter hver salve. Arbeidet krever gode HMS rutiner, tilsvarende som ved vanlig tunneldrift.

Kostnadmessig kan denne metoden forsvares mot bunnstollmetoden med reduserte kostnader for utkjøring av masse. Ved takstrossmetoden må hele hengen sikres på nytt. Ettersom hengen i tunnelen uansett må ettersikres vil det bli et mindre kostnadmessig sprik mellom metodene.

### **Ny tunnel**

Boring av ny tunnel vil kreve full sikring av ny heng og tunnelrigg må benyttes til boring. I dette alternativet må all bergmassen må kjøres ut. Tunnelen kan drives enten oppover eller nedover fra dagens profil. Tunnelen bør drives på siden av dagens tunnel for å oppnå bedre stabilitet. Alternativet med å drive en helt ny tunnel er ikke utredet utover dette.

## **10.5 Isolasjon**

Nedfrysning av bergmassen var lenge et aktuelt tema, både i prosjektoppgaven og ved utarbeidelse av denne rapporten. Anne-Lise Berggren fra Geofrost mente imidlertid at det var bortkastet energi å kjøle ned bergmassen på grunn av den høye overgangsenergien mellom luft og fast stoff, dette satte problemstillingen i et nytt perspektiv.

Om en ikke isolerer hvelvet, må en være oppmerksom på faren for frostsprengning ved gjentatte tine og fryseprosesser. Det vil i tillegg være en fare for at det kan dannes istapper og issvuller. Istappene kan utgjøre en helsemessig fare om de ikke holdes øye med og fjernes etterhvert som de dukker opp. Issvuller kan gi isete underlag og dårlig snøforhold. Kostnadene ved de ulike løsningene vil spille inn på det endelige valget.

Det bør isoleres ekstra godt mellom snø og såle der gangtunnelen til Jernbaneverkets

stasjonshall krysser under Holmestrandtunnelen. Avstanden mellom de to anleggene er liten og det er ikke ønskelig at skitunnelen skal påvirke anlegget til Jernbaneverket på en negativ måte. En bør her være spesielt oppmerksom på kuldebroer.

Isolasjon mellom snø og bergmasse vil også bidra til at dreneringen ikke fryser.

## 10.6 Hvelvløsning

Dersom det bestemmes at tunnelen skal kles med et hvelv finnes det flere alternativer til valg av utforming og materiale. Med tanke på utforming kan det for eksempel lages et felles hvelv for begge fartsretninger, et felles hvelv med gjerde mellom sporene eller en kan ha to separate hvelv, et for hver spor-retning. Med tanke på valg av materiale, må det bestemmes om hvelvet skal benyttes som vann- og frostsikring. Hvelvet kan lede vann som drypper fra hengen ned i grøftene som en vannsinking og det kan isoleres og brukes som frostsikring. Hvelvet skal imidlertid aldri regnes som en del av sikringen i tunnelen, bergsikring og vann- og frostsikring skal skilles og tunnelen skal sikres etter det som kreves av bergmassekvaliteten (Eivind Grøv, møte, 03.03.2016).

Dersom det velges et separat hvelv for hver sporetning må det påses at at bredden for hvert spor blir tilstrekkelig til at løypemaskinen kommer frem. Løypemaskiner finnes i mange størrelser og varianter, se vedlegg 5.

I prosjektoppgaven ble forskjellen mellom en isolert og uisolert hvelvløsning diskutert. I denne rapporten er det sett på egenskaper og kostnader ved et par utvalgte hvelvløsninger. Investeringskostnaden for hvelv er relativt høy, men dersom hvelvet er godt isolert kan det bidra til lavere energi- og driftskostnader for å avkjøle tunnellufta. Fordelene og ulempene ved en isolert løsning presenteres først. Tilslutt sammenliknes de to løsningene.

### Hvelv

Grunntanken bak et isolert hvelv er reduserte energikostnader ved drift av tunnelen. Samtidig må en påregne noe kostnader til vedlikehold og på lang sikt en eventuel utskiftning av hvelvet.

Dersom en velger å isolere hvelvet, vil det dannes et fuktig miljø bak hvelvet. Et hvelv gjør

det også vanskelig å inspisere bergmassen og periodiske geologiske tilstandskontroller kan bli vanskelig å utføre.

Kunstnerisk utforming i form av lyssetting, maling, bilder eller liknende kan vise seg å være enklere å utføre på et hvelv enn på en bergvegg. En hvelvløsning kan muligens gi en psykisk positiv virkning i form av en trygghetsfølelse for utøverne.

### **Ikke hvelv**

En løsning uten hvelv vil gi lave bygg- og vedlikeholdskostnader da berget tas i bruk slik det er. Dette krever heller ingen ekstra vedlikeholdskostnader. Et bergrom uten hvelv vil ha gode inspeksjonsmuligheter av både berget og andre bærende konstruksjoner. Denne løsningen vil imidlertid ha noe høyere effektbehov og dermed økte driftkostnader.

For å senke effektbehovet ved en uisolert tunnel, kan fjellet kjøles kraftig før oppstart av anlegget. Da vil nullisotermen tvinges ut i bergmassene og en kan utnytte bergets varmekapasitet til å lagre kulde. Berget kan forkjøles både med kjølemaskiner og kald luft i vintermånedene.

Det er usikkert om det vil lekke inn vann og eventuelt hvor mye vann som må behandles og eventuelt dreneres. Dette kommer an på hvor mye og hvor store lekkasjer en har og om disse vil fryse eller ikke, dersom vannet ikke fryser kan det ende opp som et problem med dannelse av istapper og -svuller. Det er imidlertid antatt at dette problemet vil være størst dersom bergmassen ikke nedkjøles i forkant. Dersom en kjøler ned bergmassen vil frosten trekke inn i berget og sannsynligvis også fryse vannetlekkasjene i berget, avhengig av hvor store lekkasjene er. En vil også ha en kjølebuffer ved effektbortfall.

Frostsprenning kan oppstå ved gjentatte fryse- og tineprosesser i tunnelen, dette er noe som kan skje mellom sessongene. Frostsprenning vil kunne føre til stabilitetsproblemer og i verste fall nedfall av blokk fra hengen. For å møte denne utfordringen kan en ta stilling til dette ved å sikre berget mot istrykk når en først sikrer. I tillegg bør det opprettes prosedyrer for kontroll av heng etter nedtining. Det er også en mulighet å holde berget permanent nedkjølt gjennom hele året.

Ved løypealternativ 3 har en krysninger i løypeprofilen som gir større høyde i tunnelen. Her

vil bart berg kunne få et ytterligere økonomisk fortrinn fremfor hvelv.

### 10.6.1 Utforming av hvelv

Hvordan en ønsker å utforme hvelvet må ses i sammenheng med hvilken ventilasjons- og hvelvløsning som velges og hvilke funksjoner en ønsker at hvelvet skal ha. I del 3.5.1 ble ulike hvelvtverrsnitt presentert.

Et normalt buet tunneltverrsnitt (figur 3.8), er brukt blant annet i skitunnelen i Torsby. Dette er erfaringsvis ikke et optimalt tverrsnitt i forhold til klassiskløperne som går i ytterkanten av tunnelen. Selv om høyden over sporet er stor nok, kan løperne få en følelse av å “stange i taket” fordi veggen er skjev.

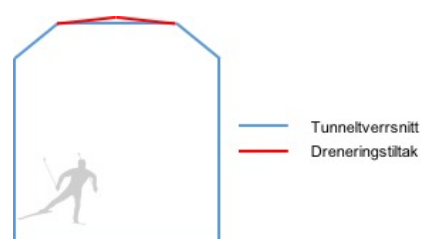
#### Firkantet tverrsnitt

Et firkantet tunneltverrsnitt med rette vegger (figur 3.6) vil gi samme takhøyde over hele sporet, dette vil gi en lik bredde i hele rommet og gi en god atmosfære å gå på ski i. Et firkantet tverrsnitt vil kunne gi en følelse av mer plass og bedre luft. Å installere et slikt hvelv vil bety at man enten må sprengne i hengen for å gjøre det originale tunneltverrsnittet mer firkantet, sprengne seg nedover i profilet for å skape høyde eller la dagens tverrsnitt bestemme hvilken høyde og bredde en kan tillate seg. Å utvide hengen vil skape en ny ugunstig spenningssituasjon rundt tunnelen og vil samtidig kreve at hele hengen sikres på nytt. Om en velger å skape høyde ved å sprengne seg nedover vil en møte på det armerte betongdekke i tunnelens såle som det er kostbart å fjerne.

Ved et firkantet tverrsnitt bør det beregnes ekstra høyde til et dreneringstiltak på toppen tilsvarende som på figur 10.8.

#### Alternativt tverrsnitt

Alternativ for tverrsnitt (figur 3.7) har rette vegger med vinkel i øverst i hjørnene. Dette kan gi et mindre luftig inntrykk enn helt rette vegger, men man unngår samtidig effekten av en skjev vegg. Her vil en kunne spare kostnader ved å slippe å sprengne i det originale tverrsnittet. Dette vil nok være den



Figur 10.8: Illustrasjon av dreneringsforslag av hvelv med flatt tak.



billigste og beste løsningen da man unngår effekten av å ha en buet/skjev vegg, som et normalt tunnelhvelv gir, samtidig som man unngår sprengning.

Stabilitets- og spenningsproblemer med et tunnelverrsnitt som følger denne geometrien vil være noe mindre enn ved et firkantet tverrsnitt (Hoek 1966). Det er også tenkt at et slikt hvelv kan settes inn i et ideelt stabilitetsmessig tunnelverrsnittuten å miste like mye bredde og høyde som et firkantet tverrsnitt.

Det anbefales å utforme hvelvet på en slik måte at vannet renner ned langs sidene og dreneres. For hvelv med flat topp, er det foreslått å bygge opp hvelvet på baksiden slik som vist på figur 10.8.

### **Normalt tunnelverrsnitt**

Denne typen tverrsnitt vil passe best i forhold til et utsprengt ideelt tverrsnitt med tanke på stabilitet. Men det har altså denne effekten av skjev vegg som en ønsker å unngå. Tverrsnittet leder også vann bort på en god måte på grunn av sin form.

### **Sammenlikning**

Det finnes flere løsninger for hvordan en kan kle tunnelrommet med hvelv. Det kan velges mellom ulike typer hvelv, ulike måter hvelvet kan utformes på og hvordan hvelvet plasseres i tunnelen. Det kan innstalleres som et felles hvelv eller som to separate hvelv slik at løyperetningene blir adskilt. Dagens hvelv må uansett fjernes for å kunne sikre etter dagens standard, slik at om en ønsker å kle tunnelen med hvelv, må en ny hvelvløsning på plass.

Et firkantet tverrsnitt gir en god romfølelse for løperne, samtidig som det er et dyrt tverrsnitt å spreng ut med tanke på sikring og stabilitet. Tverrsnittet kan bygges ved hjelp av en innvendig kledning i et tunnelverrsnitt med en annen form. En vil da risikere å stenge ute mye arealer bak hvelvet og gjøre trasseen smalere. Med tanke på hvor mye det koster per  $m^3$  sprengt bergrom, kan dette bli en dårlig løsning med tanke på å utnytte ressursene som er brukt. Dette er nok et tverrsnitt som vil nok egne seg bedre for tunneler bygget ute i friluft.

Et alternativt tverrsnitt vil kunne utnytte de utsprengte arealene bedre, ved at man kan oppnå en større bredde i forhold til høyde sammenliknet med et firkantet tverrsnitt.

Et “vanlig” tunneltverrsnitt har gode drenerende egenskaper. Et tunneltverrsnitt som følger denne formen vil være mer gunstig enn de to foregående forslagene med tanke på stabilitet og sikring. Denne utformingen likner den mest stabile måten å utforme et tunnelrom på, og vil derfor kunne settes inn uten å stenge ute særlig med arealer på baksiden av hvelvet.

Så langt det er mulig vil det anbefales å gå for en løsning med rette vegger i nedre del av tverrsnittet på hver side. Dette er for å unngå at løperne skal føle at de “stanger i taket” når de for eksempel benytter klassisksporet langs kanten av tunnelen. Ettersom Holmestrand-tunnelen er såpass bred i utgangspunktet, rundt 10 m, i motsetning til andre skitunneler som vanligvis har en bredde på rundt 8 m, kan en tåle å stenge av noe plass på baksiden av hvelvet og fortsatt ha en bred nok trassé. På grunnlag av romfølelse og utnyttelse av arealene vil det alternative tverrsnittet se ut til å være det mest gunstige tverrsnittet for tunnelen i Holmestrand. Det er også vist at dette hvelvet kan ha gode drenerende effekter. En kan også tenke seg at øvre del av tverrsnittet, som er smalest, vil fylles med ventilasjonsrør, lys osv. dette kan bidra til at innsnevringen i toppen i mindre grad vil gå utover romfølelsen for brukerne. Det vil også være mulig å lage en buet topp på dette tverrsnittet.



Figur 10.9: Illustrasjon av snø og isfigurer som pynt i tunnelen. (SnowTek 2014)



Figur 10.10: Illustrasjonsbilde skitunnel med råsprenget berg (*Hohstock Skitunnel 3112müM 2008*)



Figur 10.11: Illustrasjonsbilde skitunnel med betonghvelv (*Skinstad 2011*)

En effekt av å velge to separate, fremfor et felles hvelv, kan være at man kan skape en følelse av å gå en runde, fremfor å gå frem og tilbake. For et felles hvelv er en avhengig av at løypeprofilen varierer relativt likt for begge retninger på samme sted i tunnelen. Har en store høydeforskjeller for eksempel ved kryssninger og broer kan dette gi utfordringer med tanke på ventilasjon. Det er heller ikke sikkert alle hvelvtyper er egnet for å installere på steder med stor takhøyde.

Med tanke på valg av typer av hvelvkonstruksjon, bør egenskapene til hvelvene vurderes grundigere. Levetidsbetraktningene til samtlige løsninger vil nok være betydelig lengre i en skitunnel enn i en veitunnel, da miljøet og bruken i en skitunnel er mindre belastende for hvelvet.

Dersom en ikke finner tilstrekkelig grunnlag for å investere i en hvelvkonstruksjon, kan en gå for en løsning med bar fjellvegg. Det er også mulig, og ikke spesielt kostbart, å male en slik flate. Her kan en ta sikte på å kjøle ned bergmassen eller å la være å kjøle den. Ved å la være å kjøle ned bergmassen i forkant, benyttes prinsippet om at det kreves mye energi for å overføre energi fra luft til fast stoff. Det bør gjøres videre undersøkelser og beregninger for å finne virkningene og konsekvensene av energiprisnippet for bergmassen i Holmestrandtunnelen. Bergmassen rundt tunneltverrsnittet vil nok bli kjølt ned noe på grunn av luftgjennomstrømningen og ventilasjonen. Spørsmålet blir da hvor stor effektforskjellen blir mellom en nedkjølt og en ikke-nedkjølt løsning.

Dersom en ikke isolerer bergmassen, må en være spesielt oppmerksom på frostsprengning.

Det er veldig viktig å ta hensyn til dette fenomenet for å ivareta sikkerheten, da frostsprengning kan føre til nedfall av stein og økt press på både bergmassen og sikring. Det er også viktig å finne en måte å håndtere eventuelle istapper og issvuller på.

Dersom en velger å gå for en løsning med isolert hvelv, vil temperaturen kunne øke raskere ved driftavbrudd. En vil da være mer sårbar for temperaturøkning, snøsmelting og forringelse av snøkvaliteten ved driftsavbrudd. Dersom en kjøler ned bergmassen, vil bergmassens store volum holde på kulda lenger, slik at avsmeltingen vil starte senere og sannsynligvis være tregere. Det er usikkert hvilket tilfelle som vil inntreffe om man går for bar bergvegg uten å nedkjøle den.

Den visuelle forskjellen mellom en råsprengt tunnel og en tunnel med hvelv/kledning vises på figur 10.10 og 10.11. I Holmestrand vil nok store deler av den råsprengte bergveggen bli sikret med sprøytebetong, slik at den vil få et litt annet inntrykk enn på figur 10.10.

Ved en eventuelt kunstnerisk utforming av tunnelen, hvor en ønsker å pynte opp veggene med kunst, lys eller malerier, vil slik pynt kunne tilpasses de ulike tverrsnittene. Om en ønsker å dekorere veggene i tunnelen med bilder og malerier, kan motivene for eksempel være naturinspirert for å gi en følelse av å være utendørs.

Det finnes mange mulige måter å dekorere på, et forslag kan være tapet eller motiver som limes på veggen, på samme måte som store reklameplakater festes til hus og andre ting (jfr. del 10.12). Det kan også være aktuelt å sette inn figurer eller liknende, som for eksempel små dverger, troll eller andre figurer som kan gjøre skituren morsommere for de minste. Dersom en velger å ikke installere hvelv, men fortsatt ønsker å dekorere deler av tunnelen, kan vegger eller hvelv settes opp i tunnelen der en ønsker dekor. En ren råsprengt fjelloverflate vil nok egne seg bedre til lyssetting enn til å lime eller male på motiver.

Det er vanskelig å peke ut hvilket alternativ som er best på et så tidlig tidspunkt, det er fortsatt mye som er usikkert. Om det skulle vise seg at overgangstemperaturen mellom luft og bergmasse er såpass stor at det vil fungere å sende kald luft igjennom uten av kulden brukes til å kjøle ned bergmassen. Det er eventuelt mulig å benytte PE-skum eller membran til vann-

og/eller frostsikring av hvelvet. Dette virker å være den billigste og mest klimavennlige løsningen. Det at ingenting skal fraktes eller produseres gir minimale utslipp. Denne løsningen anbefales på grunnlag av rimelige kostnader og liten miljøpåvirkning, men virkningen av effekten av overgangsenergien mellom luft og berg bør undersøkes videre.

Dersom det bestemmes at det bør installeres et hvelv, anbefales det å utforme dette med den alternative formen som er presentert, med rette vegger nederst og en rund eller kantet topp. Med tanke på hva slags hvelv som bør benyttes avhenger dette av ønsker og økonomi. Gjertsenduk er kjent som en billig kledning og dersom denne tilfredsstillende isolasjonskravene, vil en slik løsning anbefales.

## 10.7 Snø og snøproduksjon

### 10.7.1 Snø til skitunnelen

Aktuelle måter å skaffe snø til tunnelen på er ved innendørs eller utendørs snøproduksjon, eller ved høsting av snø. Utendørs snøproduksjon må skje når temperaturen er under null grader, noe som vanligvis er tilfelle sent på høsten og på vinteren.

For Holmestrand er det foreslått å lagre fjorårets snø for å kjøle vannet, tilsvarende løsningen som er tatt i bruk på Gardemoen.

Å produsere snø innendørs er energikrevende da det er mange ledd i denne prosessen som krever energi. Vannet må være kaldt, lufta må både avfuktes og nedkjøles samtidig som snøkanonene skal settes i drift. Skal snø produseres inne i tunnelen vil en altså få økte dimensjoneringskrav for blant annet ventilasjon- og kjølesystemene. Innendørs snøproduksjon vil med andre føre til ekstra kostnader for både drift og anlegg. Til gjengjeld kan snøen produseres langs hele tunneltrasseen slik at det spares kostnader med tanke på utkjøring av snø i tunnelen.

Ved snøproduksjon er det positivt om vannpartiklene har stor falltid, da dette vil gi vannet bedre tid til å omdannes til snø. Ved konstante fukt- og temperaturforhold vil snøen bli tørrere og oppnå en høyere kvalitet jo lengre falltiden for partiklene er. Det kan altså være en fordel

om snøen produseres i partier med stor høydeforskjell. Dette kan, som nevnt i del 8.5, være der det er lavbrekk i løypeprofilen. I lavbrekket skjer imidlertid dreneringen mekanisk og det må beregnes en tilleggsutgift med tanke på drift og pumping av overskuddsvannet fra snøproduksjonen.

I en skitunnel vil det være praktisk å kunne produsere snø langs løypa og ikke bare på ett sted. Dette vil minke transporten og derfor være både tids- og kostnadsbesparende. Lansekanoner tar mindre plass og vil være lettere å spre rundt i løypa. Det trengs riktignok flere kanoner, til gjengjeld vil det kreve mindre resurser på utkjøring av snøen. En kan for eksempel bruke små dyser som plasseres med kort mellomrom for å spare tid og utkjøringskostnader. Snøen kan også produseres i egne snøproduksjonshus eller -rom.

Viftekanoner kan også plasseres rundt om i løypa, men de krever en større plass for å ha den ferdigproduserte snøen, da de produserer et større volum på kortere tid. Disse kanonene er dyrere enn lansekanonene. Vedlikeholdsmessig krever disse kanonene også mest vedlikehold av de tre hovedtypene av kanoner som ble nevnt innledningsvis.

Ved utendørs snøproduksjon vil naturen ta seg av nedkjøling og avfukting av lufta, og det trengs kun energi for produksjon av snøen og eventuelt avkjøling av vannet. Dette vil også være en energieffektiv løsning. Kostnadene knyttet til dette avhenger også av hvor langt snøen må transporteres etter at den er produsert.

Med tanke på vannkvalitet er det best å benytte vann med partikler til snøproduksjon, vannet bør altså ikke være rensert (jfr. del 6.3). Å bruke ubehandlet vann fra bassengparken kan være positivt, men det kan tenkes at vannet burde renses for de største partiklene for å ikke tette filtre osv., dersom vannkvaliteten er for dårlig. I så fall kan det legges inn et sandfang i forkant. Det er usikkert hva slags vannkvalitet vannet fra dreneringsanleggene holder. Det er stor usikkerhet rundt anslaget ved vannføring fra bassengparken, dette er noe som bør undersøkes nærmere dersom det er aktuelt å ta dette i bruk som en vannkilde.

Kostnadene knyttet til snøhøsting vil avhenge av avstanden til stedet hvor snøen høstes, lastes og kjøres fra. Med andre ord vil kostnadene ved snøhøsting være lave dersom avstan-

den fra tunnelen er kort. Med tanke på klimaprognosene for fremtiden (jfr. del 1) er det ikke sikkert høsting av snø og utendørs snøproduksjon vil være mulig. I såfall vil en foreslått oppgraderinga av skitunnelen for innendørs snøproduksjon være en investering for fremtiden.

Høsting av snø krever heller ingen investeringskostnad. Det eneste som må gjøres er å ordne tillatelse for høsting av grunneiere i nærheten på steder med stabil vinter og snøtilgang.

Med tanke på miljø, kostnad og energiforbruk vil det være gunstig å spille på lag med naturen. Finnes det muligheter for å høste snø i nærheten, vil dette være den mest miljøvennlige og energieffektive måten å skaffe snø til skitunnelen. Her vil naturen stå for hele prosessen med produksjon av snø.

Det minst energikrevende alternativet vil også være det mest miljøvennlige, da dette er to ting som henger sammen. Skitunnelen er avhengig av at folk ønsker- og har en interesse for å gå på ski, det er derfor viktig å tenke miljø så langt det er mulig, i håp om at dette vil bidra til å bevare vintrene og snøen i tiden fremover.

Ettersom høstings-alternativet er det billigste alternativet med tanke på både investering og drift, så lenge snøen kan høstes fra et området i nærheten, anbefales det å gå for denne løsningen for å skaffe snø til tunnelen. På sikt, dersom klimaprognosene slår til og det blir mindre snø og kortere skisessong, er det anbefalt å gå gradvis mot en innendørs snøproduksjon. Utendørs snøproduksjon er videre anbefalt, når dette blir vanskelig eller ustabilt, flyttes produksjonen inn.

### **10.7.2 Nedkjøling av snø**

Det er som nevnt tidligere viktig å holde snøen kald for at kvaliteten skal opprettholdes og at aldringsprosessen skal gå senest mulig.

Med tanke på nedkjøling av snøen, velges billigste alternativ av kjølevæske. I teoridelen ble det foreslått natriumklorid eller kalsiumklorid. Det er imidlertid brukt  $CO_2$  og glykol til samme formål i en skitunnel i Finland, slik at dette også er muligheter som bør vurderes videre.

Snøen bør være så kald som mulig for at kvaliteten skal bevares over tid. SkiDome benytter kjølerør med en temperatur på -8 grader, noe som gir en snøtemperatur på ca -4 grader. Den planlagte skitunnelen på Veggli la også opp til en snøtemperaturen på -4°C. Oberhof har en snøtemperatur på -5 til -7°C (jfr. del 5).

### 10.7.3 Utskifting av snø

Det er ikke funnet eksempler på skitunneler som fyller på snø i løpet av sesongen. Det vanligste virker å være å skifte snøen en gang i året for å opprettholde en akseptabel snøkvalitet (jfr. del 5). Når dette er sagt har heller ikke skitunneller rykte på seg for å ha god snøkvalitet og det er også antydning at forurensinger fra spytt og slim i snøen kan være årsaker til sykdomsbilde som inntreffer i mange skitunneler. Spørsmålet er hvor mye tid og ressurser det er verdt og bruke på å oppnå en god snøkvalitet i forhold til hva man får igjen for det.

Med tanke på rensing av snø, er det svært uvanlig at snøanlegg har krav om å sende vinterens snø til rensing. Det vil ikke bli brukt andre kjemikalier eller tilsetninger her enn hva som er vanlig utendørs og det bør derfor ikke være et krav om at snøen skal renses. Dersom en ønsker å dumpe snøen i sjøen og benytte snomax til snøproduksjon, bør virkningen sjekke av denne bakterien i marine omgivelser. Dumping av snø i sjøen krever spesiell tillatelse.

Smelting av snø utendørs vil være en mer fleksibel løsning enn smelting av snø inne i tunnelen, da smelting av snø inne i tunnelen vil ta lang tid, kreve økte dimensjoneringskrav for dreneringen og ikke minst kreve mye energi i form av oppvarming for å få snøen til å smelte. Det vil være mer gunstig å for eksempel bruke den kuldeenergien snøen har til å kjøle ned vann eller luft slik de gjør på Gardemoen (jfr. del 6.3).

Det er en stor mulighet for at snøen etterhvert vil bli til is, slik som erfart i SkiDome i Gøteborg (jfr. del 5). Dette kan forklares fra teorien ved isbredannelse (jfr. del 3.6.2). Snø i skitunneler blir gjerne liggende et års tid (jfr. del 5), og får god tid til å eldes. Der snøkornene i isbreer blir komprimert av overliggende snø, blir snøen i skitunnelen komprimert ved at løypemaskinen kjører over dem og gir økt press på krystallene. En antar at det er dette som fører til at porene mellom snøkornene lukkes og snøen blir til is.



Ved en eventuell dannelse av en ishinne, kan denne fjernes enten ved å knuse den opp eller ved å smelte den vekk. Dersom en velger å fjerne isen ved hjelp av smelting, må dreneringsanlegget dimensjoneres deretter, særlig gjelder dette ved lavbrekk i profilet. Det kan også være en mulighet å leie inn eksterne pumper når dette skal gjøres, men denne løsningen vil gi økte driftskostnader.

I teoridelen ble det nevnt at snøen *kan* utgjøre en smitte- og sykdomsfare. Det at folk spytter og slimer i tunnelen vil ikke nødvendigvis gå direkte ut over den materielle kvaliteten av snøen, men dette kan være et påskudd for å skifte den ut oftere.

I skiløypene om vinteren kan hard og isete snø freses opp for å oppnå en bedre kvalitet. I teoridelen ble snøens aldringsprosess forklart ved at mindre korn slår seg sammen til større korn. Kan det være mulig å knuse kornene i den grovkornede snøen til å bli mindre og på den måten reversere aldringsprosessen? Resultater fra et enkelt eksperiment med en kjøkkenblender på snølaben på NTNU kan ses i figuren nedenfor (se figur 10.12). Her har gammel grovkornet snø (t.v.) blitt finkornet (t.h.). I eksperimentet ble det tilsatt vann for at kjøkkenblenderen skulle "få tak i snøen" og knuse den.



Figur 10.12: Grovkornet (t.v.) og finkornet snø (t.h.).

Fornyng av snø, er et området som er lite utforsket. Det kan tenkes at videre forskning på dette området gir verdifulle resultater både av praktisk og økonomisk karakter. Dersom dette lar seg gjøre, kan teknologien muligens også benyttes til å fjerne issålen i bunn på en lettvent

måte.

## 10.8 Sammenlikning av alternativer for løypeprofil

Alternativ 1 er en lite utfordrende og monoton profil, dette er et nullalternativ som ikke er å anbefale for å gjøre tunnelen attraktiv. Det er imidlertid det enklest alternativet å utføre med minst utfordringer. Geologisk og teknisk er det svært få utfordringer her. Det vil kreve noe økonomiske midler å sette tunnelen i stand med tanke på sikkerhet og for å kunne legge snø i tunnelen.

Alternativ 2 er et utfordrende alternativ med flere bakker med ulik helning for å kunne trene på forskjellige teknikkskifter. Denne traseen er tilrettelagt for skiløpere på alle nivåer og med ulikt handicap. Traseen er kanskje noe hard for sittende funksjonshemmede, altså piggere. Det er imidlertid lagt opp til flere vendingspunkter underveis i tillegg til at bakkene bli gradvis brattere. Dette gir løpere og piggere mulighet til å snu der de ønsker, i tillegg til at det gir mulighet for å variere med hvilke runder man velger å gå. Alternativ 2 kan utvides ved å hente inspirasjon fra alternativ 3.

Alternativ 3 likner alternativ 2, men der er lagt mer vekt på at løypetraseen skal være "morsom, gi utfordring og gi skiglede". Dette samsvarer med punktene fra veilederen. Alternativ 3 vil nok score høyest på alle disse tre punktene. Dette er alternativer som gir det lille ekstra i form av svinger og kryssninger. Alternativet er dyrere å gjennomføre enn alternativ 2.

Nedenfor er det laget en tabell som sammenlikner de ulike alternativene med FIS og NSF sine krav til løypeutforming for både junior og senior, samt med anbefalinger for stående og sittende funksjonshemmede utøvere (se tabell 10.1. En ser her at alternativ to og tre scorer bra i forhold til standardene.

## 10.9 Anlegg

Holmestrand vil sannsynligvis bli et typisk nærmiljøanlegg med tanke på standard, men et mer ordinært anlegg med tanke på brukergruppe, da en ønsker at skitunnelen i første omgang

Tabell 10.1: Sammenlikning av krav til løypeutforming for ulike utøvergrupper mot de foreslåtte alternativene for løypeprofil.

	TC	MC	HD	Bakker
Junior/senior FIS/NSF reglement 3,75 km	100-150	50	75	1 A, 1-3 B, 1-2 C
Anbefaling stående funksjonshemmede: 3,3 km	110-135	30	50	3-5 B, 0-1 C
Anbefaling sittende funksjonshemmede: 3,3 km	40-80	20	50	1-2 $A_p$ , 1-2 $B_p$
Holmestrand - Alternativ 1	16 m	13	13	-
Holmestrand - Alternativ 2 og 3	63	16,6	29,5	3 B / 2 $B_p$ , 2 $A_p$

skal bli et felles anlegg for sentrale deler av østlandet og områdene rundt Oslo. For geografisk rekkevidde, se vedlegg 11.

## 10.10 Byggetrinn

Ettersom dette er et omfattende og stort prosjekt, er det ikke sikkert midlene strekker til for å bygge hele anlegget i ett. Det er derfor sett på en løsning for å dele inn prosjektet i to byggefaser. Det foreslås at byggetrinn en omfatter bygging av selve tunnelen og bygningsmassene utenfor tunnelen i nord. Skytebanen kan bygges inne i tunnelen som vist på figur 8.1. Dette vil medføre en brå sving og et smalt vendingsområde i tunnelen.

Å dele inn anlegget i flere byggetrinn vil i de fleste tilfeller gi en økt total byggekostnad, men det kan likevel lønne seg dersom en ikke har tilstrekkelige økonomiske midler til å begynne med.

Etablering av snøproduksjonsutstyr kan også ses på som en senere investering, tilsvarende et byggetrinn, ettersom det er foreslått å høste snøen i første omgang. Videre er det foreslått å produsere snøen utendørs så lenge dette er lønnsomt i forhold til å starte innendørs produksjon. Nåverdibetraktninger bør benyttes for å bestemme når det skal skiftes mellom de ulike metodene.

## 10.11 Tilleggselementer

### Generelt

Det finnes mange muligheter for hvordan skitunnelen kan gjøres mer attraktiv. Videre er det nevnt noen elementer som bør vurderes.

### Monsterbakke

Det er foreslått å bygge en monsterbakke i et bygg på sørsiden av tunnelen, dette muliggjør en lang og bratt kategori A bakke som står i stil til skiforbundets veileder. Denne bakken kan for eksempel bygges i tilknytning til et kontorbygg, bli et slags tak over skytebanen eller liknende. Det er også mulig å bygge en monsterbakke i flere trinn, slik at løperne kan velge bakke etter nivå, ønsker og eventuelt handicap. En slik bakk vil også være positivt for skiskytterne, som kan bruke bakken til å øve på ulike innganger til skyting og for å få høy puls (Pål Haugnes, samtale, 25.01.2016)

### Dekning

Det er foreslått å legge til rette med GPS sendere, slik at utøverne kan logge øktene sine ved hjelp av GPS/puls-klokker. Puls- og GPS klokker er et viktig treningsverktøy for mange, både aktive utøvere og mosjonister. Disse klokkene gjør det mulig å analysere økten i etterkant for å kunne se blant annet hvor langt og fort man har gått og for å skrive treningsdagbok. Mosjonister bruker gjerne pulsklokker for å logge øktene og for eksempel legge dem ut på trenings-nettsiden Strava.

Det er vanskelig å måle med GPS i tunneler, da GPS-mottakeren på generell basis er avhengig av å "se" satelittene det måles til, altså ha fri sikt til himmelen (Terje Skogstad, e-post, 24.05.2016). MazeMap og andre produsenter har derimot tatt i bruk andre teknikker for å navigere oss rundt i bygninger ved hjelp av mobilen. GPSer i biler viser også hvor man er når man kjører i en tunnel. Det er mulig denne teknikken kan videreføres til en skitunnel. Det må da undersøkes om disse enhetene faktisk bruker GPS signaler, eller om de benytter et annet type posisjonssystem. Ellers vil det også være mulig å leie ut EMIT-brikker eller liknende for å registrere rundetid, tid og hastighet i segment osv.

De originale mobil - og radioantennene bør også etterses. Spesielt mobilantennen bør av sikkerhetsmessige årsaker være i orden slik at det er dekning i tunnelen dersom det skulle skje noe. Radioantennen vil først og fremst være nyttig for løypekjøreren og andre “radiolyttende” skiløpere, dette er ikke et “must” og kan nedprioriteres.

### **Filming av segmenter**

Det er også foreslått å sette opp kameraer ved ulike segmenter langs løypa. For langrenn vil det være aktuelt å filme forfra og bakfra ved å plassere kameraer i taket og fra siden ved å plassere kamera langs veggen. For skiskyting er det aktuelt å filme utøver på standplass for å kunne studere rutiner før, under og etter skyting (Pål Haugsnes, e-post, 24.05.2016). Dette er ment for å gjøre det lettere for de besøkende å se og vurdere og videreutvikle egen skiteknikk. Dette vil kunne gi bedre utbytte av treningsøktene i tunnelen.

### **Teknikkbidrag**

For å gjøre folk bevisst på teknikkvalg er det foreslått at det kan markeres teknikkskifter langs løypa. Segmenter i løypa kan for eksempel navngis som “diagonal- og padlebakken”, “stakeflata” eller liknende. Det kan også settes inn markeringer langs løypa hvor det skal trenes på å skifte teknikk, her kan det for eksempel markeres etter nivå eller fargekoder.

## Andre elementer

Det bør anlegges smørebod og settes ut smøretips. Det vil også være smart å legge opp til at brukere kan leie seg et skap til utstyrsoppbevaring. Dette er smart med tanke på at særlig barn og unge kan legge igjen utstyr mellom hver trening. Dette er et tiltak som vil gjøre det lettere å komme seg på trening og bruke tunnelen, da alt utstyr ligger klart når man ankommer tunnelen. En slik løsning vil blant annet gjøre det lettere å benytte seg av kollektiv transport for å komme seg på trening ettersom en da slipper å dra med seg masse utstyr hver gang.

Et annet forslag er å anlegge en kafé eller vaffelbod, denne kan for eksempel drives på dugnad av idrettslagene og gi inntekt til skiklubbene. Dette kan gi goodwill til tunnelen og samtidig dempe et eventuelt kommersielt inntrykk av å anlegge et innendørs skianlegg.

## 10.12 Flerbruk

Med tanke på å legge til rette for flerbruk i tunnelen er det vist til to skitunneler i Finland som har anlagt curlingbane tilknyttet hver sin skitunnel. For Holmestrand er det tenkt at en curlingbane kan legges i tilknytning til skytebanen. En curlingbane er mellom 44,5 og 46 m lang, mens en skytebane er 50 m. Det finnes 10 curlinghaller i Norge i dag. De to nærmeste curlinghallene for Holmestrand ligger i Oslo og Halden. Det bør undersøkes om interessen for curling er tilstede i Holmestrand.

En kunstis- eller ishockeybane er mellom 56 og 60 m lang, altså noe lengre enn en skytebane til skiskyting. De to nærmeste kunstis- og hockeybanene i forhold til Holmestrand ligger i Asker og Tønsberg. En slik bane er et flerbruksanlegg i seg selv, og et flerbruksanlegg mellom langrenn, skiskyting, hockey, kunstløp, kortbaneskøyter og hestekonkurranser på is kan bli noe vanskelig å koordinere med tanke på treningstider, kapasitet osv. Det ser altså ut til å være noe overambisiøst å satse på dette, selv om behovet for flere slike anlegg er der.

En skytebane tilknyttet skiskyterarenaen kan være et god tilskudd. Det er tenkt at banen vil være aktuell for skytterne om vinteren når det er snø ute og at den er aktuell for skiskytterne når skitunnelen er i bruk om sommeren. Det er strenge krav i skyteforskriften om krav til avtrekk, lydisolasjon osv. for våpen med ammunisjon. Det er derfor sett på en løsning med

elektriske våpen. For at dette sambruket skal fungere etter sin hensikt må skytehallen kunne adskilles fra resten av tunnelen og isoleres slik at den kan varmes opp som en separat enhet og brukes til innendørs skyting om vinteren. Det er også verdt å nevne at Vestfold har et aktivt skyttermiljø med hele 14 skytterlag (Vestfold skyttersamlag 2015).

Det er tenkt at innendørs skyting vil være mest aktuelt om vinteren når skiløperne trener utendørs. Det er da viktig at skytehallen skilles ut slik at den kan varmes opp som en separat enhet og ha en separat inngang.

Forslaget med mosjonsløp kan være aktuelt, både som en engangshendelse og som en årlig hendelse i forbindelse med at snøen skiftes ut. Et årlig innendørs løp om vinteren vil lage oppmerksomhet rundt tunnelen og gi løpere en mulighet til å konkurrere innendørs i variert terreng mens det er snø ute. Her må en eventuelt se an hvordan temperaturen endres i tunnelen når den er ute av drift. Dette vil også være et positivt bidrag med tanke på å ha tunnelen i drift større deler av året.

Utleie er aktuelt om det bestemmes at det skal bygges rom som er egnet til dette. Det er vanlig for mange idrettsanlegg å benytte seg av muligheten for utleie for å tjene noen ekstra kroner i kassa.

### **Kunstnerisk utforming**

Det er foreslått ulike former for kunstneriske innslag. Hva som velges avhenger av hva slags preg eller inntrykk en ønsker at skitunnelen skal ha. Valg av hvelvløsning vil definere utgangspunktet for videre utforming. Det anbefales sterkt å sette av midler til utforming av tunnelen for at den ikke skal bli monoton, kjedelig og vanskelig å orientere seg i.

Kunstnerisk utforming kan bidra til å gjøre tunnelen mer variert og spennende. Her er det bare fantasien som setter grenser for hva som kan gjøres. Det er videre foreslått flere aktuelle løsninger.

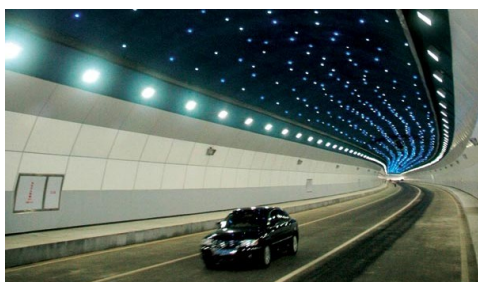
I starten av trasseén vil det være naturlig å tilpasse kunsten for barn ettersom denne delen er lagt opp til å være barnevennlig (se del 8). Her kan det for eksempel settes inn bergnisser,

troll, dyr eller liknende, som skulpturer (figur ??) eller som trykk og motiver på veggene. Bergnisser og troll kan passe godt sammen med en bar og naturlig bergoverflate.

En strategi kan være å dekorere tunnelen med naturbilder, dyr og dyreliv, slik at skiopplevelsen likner den man får ute i det fri. En annen strategi kan være å gi brukerne av skitunnelen en ny form for skiopplevelse ved å dekorere den med noe helt annet enn hva som i utgangspunktet forbindes med skiturer. En skitur i en skitunnel er noe annet enn en skitur ute i det fri, og dette kan en velge å legge vekt på ved for eksempel å dekorere tunnelen med lys, lysskulpturer, graffiti eller liknende. For inspirasjon til utforming, se figur ??.

Kunstnerisk utforming kan bidra til å skape en bedre opplevelse for brukerne ved å skape variasjon og gi holdepunkter. Dette gjør det også lettere for brukeren å orientere seg og vite hvor man er i tunnelen. Kilometerhenvisninger langs siden av tunnelen bør også settes opp for at det skal være lett for brukerne å orientere seg.

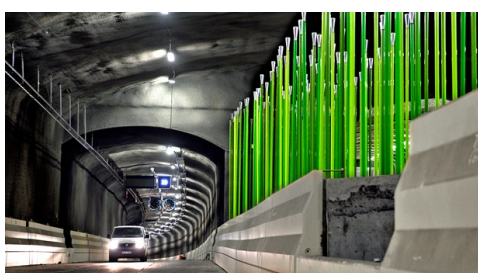




(a) Her fra Dongshan Tunnel i Kina hvor de har laget en stjernehimel med led-lys. (Dragland 2010)



(b) Som fra fugleværelset på slottet med en ørn i taket. (Andersen 2010)



(c) Lyseffekt i Norra länken, Sverige. (Oneborg 2014)



(d) Lyseffekt i Norra länken, Sverige. (Intersport och Tunnel Run i samarbeite)



(e) Lyseffekt i Norra länken, Sverige. (Freyre 2015)



(f) Vegg med naturmotiv. (Lillebø 2011)



(g) Södra Länken Stockholm. (Wikipedia 2015b)



(h) Skulptur. Her fra "troll under the bridge, Seattle". (ExpressionEngine 2006)

Figur 10.13: Inspirasjon til kunstnerisk utforming av tunnelen

# Kapittel 11

## Oppsummering

En skitunnel vil gi folk mulighet til å gå på ski året rundt, uavhengig av temperatur og fremtidige klimaendringer. En tunnel vil riktignok ikke kunne erstatte skiturer ute i det fri. Den vil derimot være et tilskudd når skimuligheter utendørs er dårlige, dette vil typisk være ved snøfattige vintre og på sommerstid. Holmestrand vil altså, med en slik skitunnel, bli et sted med et helårs-skitilbud rett i nærheten av Oslo.

Med tanke på hvelv og isolasjon er det i utgangspunktet foreslått en bar bergvegg. Dette anbefales som den rimligste og mest miljøvennlige løsningen for utforming av tunnelprofilen. Virkningen av effekten av overgangsenergien mellom luft og berg bør undersøkes videre. Det er eventuelt mulig å benytte PE skum og/eller membran som vann- og/eller frostsikring. Dersom det bestemmes at det skal benyttes en hvelvløsning i stedet for bart berg, anbefales det å utforme dette med den alternative formen som er presentert, altså med rette vegger nederst og en rund eller kantet topp. Med tanke på hva slags hvelv som bør benyttes avhenger dette av ønsker og økonomi. Gjertsenduk er kjent som en billig kledning og dersom denne tilfredsstillende isolasjonskravene, vil en slik løsning anbefales.

Med tanke på dreneringsløsning er det anbefalt å la vannet gå i mest mulig selvføll da dette er en billig, driftsikker og økonomisk løsning. Ved Løypealternativ 2 og 3 må det installeres en pumpeledning fra lavbrekket og opp til dagens sålenivå, dreneringsvannet som passerer gropen bør legges i som en isolert selvføllsløsning på samme nivå som dagens profil. For høybrekket som er foreslått som en del av løypeprofilen vil vannet her få naturlig fall ned mot dagens sålenivå, kobles på dreneringen og følge denne videre. Det anbefales å lage en

dreneringsløsning som følger dagens sålenivå under høybrekket, slik at vannet som passerer denne bakketoppen kan føres forbi på undersiden. Dagens dreneringssystem er delvis tett og bør repareres. Det er gjort noen kostnadsberegninger på hvelvløsninger og på effektbruk ved pumpeløsningen for lavbrekket. Disse finnes i resultatdelen.

Det er presentert tre ulike løypealternativer. Et nullalternativ, et alternativ med bakker og svinger og et alternativ med det lille ekstra. En mellomting mellom alternativ 2 og 3 vil være optimalt om en skal ta både kost og nytte i betraktning. Alternativ 2 og 3 likner hverandre, men hvor alternativ 3 har noen bruer og kryssninger som gir noe større total høydeforskjell og flere svinger. I tillegg til disse elementene gi skitunnelen et bedre estetisk uttrykk. Det er lagt mye arbeid bak å finne løypestraseer som lar seg gjennomføre på en økonomisk gunstig måte, både med tanke på tekniske løsninger og geologi. Utvidelsene fra dagens trassé er lagt der bergmassen rundt tunnelen er mest mulig homogen. I tillegg er det blant annet tatt hensyn til at det er et 25 cm tykt lag med armert betong i bunn av tunnelen som er dyrt å fjerne. Det er forsøkt å unngå å gjøre inngrep ved svakhetssoner og rundt dårlige bergmasser. Jernbaneverket sitt anlegg er også hensyntatt. Det er gjort noen beregninger på hva det vil koste å spreng ut bergmassene for de ulike alternativene, disse er presentert i resultatdelen. En viktig begrensning med tanke på løypeprofilalternativene er at en ennå ikke ved om bergrommet vil tåle utvidelsen da det ikke er gjort noen beregninger på dette.

Det er gjort målinger av radongass. To av måleapparatene forsvant i posten på vei til laboratoriet for analyse. De to andre målerne viste lave verdier godt innenfor tiltaksgrensen til statens strålevern. Det er også resultater fra radonmålinger gjort i Jernbaneverkets anlegg, nærmere bestemt i stasjonshallen, disse viste også lave verdier og er antatt å være representative for Holmestrandtunnelen da anleggene ligger såpass nære hverandre. Utover dette er det funnet nok et resultat fra en radonmåling gjort i Holmestrandtunnelen på 1980-tallet, denne viste veldig lav verdi. I tillegg til at det er lave verdier i utgangspunktet, er tiltakene mot radon i hovedsak isolering og god ventilasjon. Holmestrandtunnelen vil være godt ventilert i driftsperioden. For å være på den sikre siden er det alltid anbefalt å slå på ventilasjonen en stund før tunnelen åpner. Dett er for å få bort eventuell radongass og andre partikler som har samlet seg opp mens ventilasjonsanlegget har vært avslått.

God snøkvalitet kjennetegnes ved små krystaller med skarpe kanter. Snø med store og grovkornede korn er tegn på gammel snø. Snø eldes raskere jo høyere temperatur og jo fuktigere klima den blir utsatt for. Snø kan også bli til is når den eldes og komprimeres, dette skjer ved at porene i snøen lukker seg slik at luft ikke lenger kan bevege seg igjennom snøen, snøen er da blitt til is. Det er foreslått å skaffe snø til tunnelen ved hjelp av snøhøsting. Dette vil si at ren snø hentes utenfra og kjøres inn i tunnelen. Dette er den mest økonomiske og miljøvennlige måten så lenge snø kan hentes fra nærområdet. Dersom klimaendringene slår til og en må begynne å kjøre snøen over lange avstander er det anbefalt å starte å produsere snø utendørs i nærheten av tunnelen. Dersom dette også skulle vise seg å bli vanskelig, ligger forholdene til rette for snøproduksjon inne i tunnelen også. Dette er imidlertid en dyr og veldig energikrevende løsning. Det er altså tenkt at investering med tanke på snøproduksjonsutstyr kan gjøres ved et senere tidspunkt.

Det er mange faktorer som kan bidra til å gjøre Holmestrand skitunnel attraktiv! Holmestrand ligger allerede sentralt på østlandet og er tilknyttet gode kollektiv forbindelse gjennom tog. Det er tenkt at faktorer som god luftkvalitet, bra løypeprofil, universell utforming og flerbruk er blant faktorene som kan gjøre skitunnelen mer attraktiv. I tillegg er det blant annet foreslått å sette inn oppbevaringsskap til klær og utstyr som kan leies av brukere. Dette kan bidra til å gjøre det enkelt og attraktivt å bruke skitunnelen. Det er også foreslått å gjøre tunnelen attraktiv gjennom god estetikk, slik at brukerne skal få en god opplevelse ved bruk av anlegget. Flere former for kunstnerisk utforming, GPS-dekning slik at brukerne kan logge øktene ved hjelp av GPS/puls-klokker er også å anbefale. Tilbud for filming av utøvere slik at de kan øve teknikk osv. Det er mange ting som kan bidra til dette. Å gjøre tunnelen attraktiv også for eliteutøvere kan gi en bieffekt ved at disse utøverne fungerer som markedsføring for tunnelen. Bredder trekker gjerne dit eliten er.

Veldig mange faktorer ligger altså til rette for at det kan bygges et attraktivt idrettsanlegg i form av en skitunnel, rett i sentrum av Holmestrand!

# Kapittel 12

## Videre arbeid

Dersom det bestemmes at prosjektet skal gå videre i en detaljprosjekteringsfase, anbefales det kvalitetessikre og detaljere alle feltene som er omtalt i denne rapporten. Denne rapporten har i hovedsak sett og funnet løsninger som kan fungere i praksis på tvers av flere fagfelt. Dette gir et meget godt grunnlag for å fortsette arbeidet med prosjektet, gå i dybden på løsningene og lage mer detaljerte løsninger.

Nedenfor er det listet opp et par felter som bør undersøkes videre. Det må imidlertid nevnes at det er mye mer enn dette som må undersøkes og sees nærmere på før en gode og detaljerte løsninger for hvordan en skal bygge Holmestrand skitunnel.

- Undersøke og teste bergmassen rundt og i tunnelen for å verifisere den litteraturen og informasjonen som allerede foreligger. Det er viktig å finne informasjon om bergmassen slik at en kan skaffe seg tilstrekkelig informasjon for å utføre spenningsberegninger
- Utføre spenningsberegninger og regne på spenninger og stabilitet for den foreslåtte utvidelsen av tunnelrommet for å lage en løypeprofil. Dette kan gjerne gjøres ved hjelp av en numerisk analyse
- Gjøre videre studier på luftkvalitet i skitunneller og hva som forårsaker sykdomsbildet som ofte inntreffer i skitunneler. Hvordan mennesket er menneskets tilpasningsdyktighet i forhold til store temperaturforskjeller, slik som en utsettes for ved å gå fra sommertemperatur ute til vinter inne i en skitunnel om sommeren. Kan et aklimatiseringstiltak i form av et rom eller liknende ved inngangen til tunnelen kan ha noen effekt med tanke på tilpasningsdyktigheten?

- Det er store sprik på hvilken luftfuktighet som benyttes i skitunneler, det bør gjøres videre studier og undersøkelser for å finne ut hvilken relativ luftfuktighet som vil være mest optimal i et slikt anlegg
- Undersøke hvilken energiovergangseffekt en kan vente seg ved å kun sende kald luft inn i en tunnel med bare bergvegger. Vil energien i berget varme opp lufta, eller er energiovergangen mellom berg og luft så høy at lufta vil bevege seg mer eller mindre ubemerket gjennom bergrommet?
- Er det mulig å fornye snø, ved å knuse opp gammel snø på en mer effektiv måte og i en større skala enn hva som gjøres på senvinteren med fresing av harde spor i skiløypa? Dette kan isåfall være en verdifull teknologi med tanke på å bevare snøkvaliteten lengst mulig
- Vannføringen i dreneringsanlegget til tunnelen bør måles på nytt, da den målingen som foreligger ser ut til å være feil
- Det bør undersøkes steder i nærheten av tunnelen hvor det er mulig å høste snø
- Snakke med brukerrepresentanter og driftpersonell fra liknende anlegg for å lage gode og best mulig tilpassende løsninger for tunnelen, dette er en form for kvalitetssikring og bør gjøres på et tidlig tidspunkt
- Det bør undersøkes hvor mye det er praktisk mulig å kjøle ned snøen med hensyn til temperaturen i rommet og med tanke på drift og investeringskostnader. Snøen bør være så kjølig som mulig for å bevare kvaliteten lengst mulig
- Dersom en ønsker å benytte snomax til snøproduksjon og videre ønsker å dumpe snøen i vannet etter endt sesong bør snomax-bakteriens innvikning på marine omgivelser sjekkes.
- Se videre på alle løsningene og lage mer detaljerte planer for hva dette vil koste og hvordan dette skal gjennomføres

# Referanseliste

Aas, Kjell (2005). «Muggsoppallergi - en vanlig årsak til astma». I: *Sinnets helse*.

Andersen, Bjørg Nina (2010). *Mine favoritter i arkitekturen: Slottet i Oslo*. Tilgjengelig: [http://4.bp.blogspot.com/\\_mX-Q6SesZxU/S1Y0EmR5EwI/AAAAAAAAAFgw/OPMgIt5xBXA/s1600-h/Fuglev%C3%A6relset.jpg](http://4.bp.blogspot.com/_mX-Q6SesZxU/S1Y0EmR5EwI/AAAAAAAAAFgw/OPMgIt5xBXA/s1600-h/Fuglev%C3%A6relset.jpg).

Anticimex AS (2009). «Luftfukt i boliger». I: *Faktablad 10, versjon 201109*.

AS, Basal. *Vannføring*. Tilgjengelig: <http://dev.basal.no/beregningsprogram/vannforingsberegning>

Bauder. *DKB-Skisport-Halle*. Tilgjengelig: <http://www.bauder.hr/hr/ravni-krov/reference/njemacka/aktuelle-referenzen-de/skitunnel.html>.

Bergersen, Bodil (2015). *Volum av fjell og sprengstein*. Tilgjengelig: <http://fyr.ndla.no/nb/teachingprogramme/3141>.

Bjørnbæk, Gustav (2016). «Bjørnholt i Oslo. Bjørnholt - Markas viktigste nedbørsstasjon». I: *Meteorologisk institutt 150 år*.

Bjørkestøl, Hermod, John Aalberg og Uros Ponikvar (2012). *Cross-Country Homologation Manual*. Tekn. rapp. FIS.

Bjørn Nilsen, Einar Broch (2011). *Ingeniøregologi-berg grunnkurskompendium*.

Bøe, Reidulv, Ole Lutro og Øystein Nordgulen (1999). *NGU Rapport 99.037 Geologiske forhold langs jernbanetrase Holm-Holmestrand-Nykirke*. Tekn. rapp. NGU.

Bräcke kommun (2013). *Mid Sewden Ski Park. Förstudie fas 1*. Tekn. rapp. Bräcke kommun.

Brevik, Christian. *På jakt etter snødeponi*. Tilgjengelig: <http://www.budstikka.no/nyheter/nyheter/pa-jakt-etter-snodeponi/s/2-2.310-1.8367428>.

Brix, Lise (2014). *Hva vet vi om global oppvarming?* Tilgjengelig: <http://forskning.no/2014/11/global-oppvarming-en-oppsummering>.

Bruland, Amund (2013). «Bruk av undergrunnen. Kapittel III.1». I: *Anleggsteknikk GK. Kompendium del 2*. NTNU.

Bryhn, Rolf (2013). *Bueskyting*. Tilgjengelig: <https://snl.no/bueskyting>.

- Buvik, Harald (2007). *FoU Tunnelutvikling. Sluttrapport fase 1: Brann- og frostsikring*. Tekn. rapp. Statens vegvesen.
- Caric, Mario (2011). «Frost og telehiv i tunneler». Masteroppg. Universitetet i Stavanger.
- Degelmann, Stefan og Bjørn Martens (2010). *Holmestrand-Nykirke. Vurderinger av påslagsområder for jernbanetunnelen og tverrslag, adkomsttunneler og rømningstunneler*. Tekn. rapp. Rambøll.
- DKB Skisport-Halle. *Facts and Figures*. Tilgjengelig: <http://www.oberhof-skisporthalle.de/en/skihalle/facts-and-figures/>.
- Dragland, Åse (2010). *Dark tunnels make drivers feel insecure. Better lighting technology can help*. Tilgjengelig: <https://www.sintef.no/en/news-from-gemini.no/tunnel-vision/>.
- Drangsholt, Åge Harald (2015). «Dette har skitunnelen betydd for svenskene». I: *Fædrelandsvennen*.
- Eriksen, Hanne Berg (2015). *Ridderrennet*. Tilgjengelig: [http://www.online-instagram.com/user/ebhanne/26576546/942715490912448437\\_26576546](http://www.online-instagram.com/user/ebhanne/26576546/942715490912448437_26576546).
- ExpressionEngine (2006). *Troll under the bridge, Seattle, WA*. Tilgjengelig: [http://ciderpresshill.com/blogs/gallery/image\\_full/29/](http://ciderpresshill.com/blogs/gallery/image_full/29/).
- Farstad, Anne Mari (2012). «Frostens utvikling mellom tunnel og bergmasse». Masteroppg. NTNU.
- Finnfoam Pappi. *Hiihtotunneli*. Tilgjengelig: <http://www.paippi.fi/esittely/hiihtotunneli/>.
- Freyre, Oscar (2015). *Norra länken*. Tilgjengelig: <http://stadsutvecklingen.blogspot.no/p/norra-lanken.html>.
- Gjerland, Marit (2015). «Dagens snøproduksjonsutstyr og fremtidens løsninger. Kan ny løsninger vi ser i horisonten gjøre vinterkartet større og skape flere glade skiløpere». I: *Snø te´vintern*. Red. av Guri Hetland. VM Trondheim 2021.
- Glomsaker, Paul (2005). *Flerbrukshaller. Planlegging, bygging, drift og vedlikehold*. Tekn. rapp. Kultur- og kirke departementet.
- Grimstad, Eystein (1980). *Oppdrag Z198 A rapport nr.6. E18 i tunnel gjennom Holmestrand*. Tekn. rapp. Holmestrand: Veglaboratoriet.
- (1981). «Ingeniørgeologi ved Holmestrandtunnelen». I: *Fjellsprensteknikk bergmekanikk/geoteknikk*. Veglaboratoriet. NFF.



- Halsall, Mark (2015). *Snomax: Need more snow?* Tilgjengelig: <http://www.snowgroomingmag.com/blog/snomax-need-more-snow.html>.
- Halvorsen, Ola Jordheim (2016). «Den femte årstid». I: *D2*.
- Hansen, Ellinor. *Må dumpe snøen i Trondheimsfjorden*. Tilgjengelig: <http://www.adressa.no/nyheter/trondheim/article1285638.ece>.
- Hansen, Hege E. (1995). *Kontroll av Snomax brukt i norske skibakker*. Tekn. rapp. Norsk institutt for vannforskning.
- Harald Buvik Heidi Berg, Bernt Freiholtz Olav Svangstu Kjell Windelhed Finn Raun Gottredson Bjarne Liljestrands Olli Niskanen Armgard Steinhølm og Hreinn Haraldsson (2008). *Kledninger i tunnel*. Tekn. rapp. Nordisk Vegteknisk Forbund.
- Haugnes, Pål, Anette Kleppestø og Christian Nøstvik (2016). «Holmestrand skitunnel - Utforming av løypeprofil». I:
- Hoek, Evert (1966). *Rock Mechanics - an introduction for the practical engineer*. Tekn. rapp. Mining Magazine.
- Hoff, Inge (2010). *Levetidskostnader*. Tekn. rapp. NTNU.
- Hohstock Skitunnel 3112müM* (2008). Tilgjengelig: <http://www.panoramio.com/photo/16559452>.
- Holmestrand kommune. *Vann og avløp*. Tilgjengelig: <http://www.holmestrand.kommune.no/tjenester/teknisk-plan-og-bygg/vann-og-avlop/>.
- (2015). *1 Vedlegg - Gebyrregulativ tekniske tjenester*. Holmestrand kommune.
- Holmestrand Skitunnel (2016). *Eiere*. Tilgjengelig: <http://www.holmestrandskitunnel.no/holmestrandtunnelen/eiere/>.
- Holmestrand utvikling (2015). *Holmestrand utvikling*. Tilgjengelig: <http://www.holmestrandutvikling.no/Index.htm>.
- Hominal, Mirko (2009). *Le ski-tunnel d'Oberhofa ouvert ses portes*. Tilgjengelig: <http://www.ski-nordique.net/le-ski-tunnel-doberhof-a-ouvert-ses-portes.4625194-74403.html>.
- Hooke, Roger LeB. (2005). *Principles of Glacier Mechanics*. 2nd ed. Cambridge.
- Hovland, Kjetil Malkenes og Mona Sprenger (2010). *Norsk strøm er ikke ren: Halvparten er kull- og atomkraft*. Tilgjengelig: <http://www.tu.no/artikler/norsk-strom-er-ikke-ren-halvparten-er-kull-og-atomkraft/238684>.

- Ingebrigtsen, Atle (2015). *Skisisten*. Tilgjengelig: <http://www.aktivitetsbanken.no/ski/ovelser/sisten/>.
- Ingvaldsen, Ole (2015). *Konsepthall Curling*. Norges curlingforbind.
- Invida prosjektledelse (2010). *Sluttrapport fra forprosjekt. Kombinert ski- og veggtunnel mellom Tinn og Rollag kommune på Vegglijfjell*. Tekn. rapp. Kongsbergregionen.
- Iversen, Edvard (1997). *Intern rapport nr. 1956. Holmestrandtunnelen, tunnelkledninger. Befaringer av forsøksfelter 1/4 1997*. Tekn. rapp. Statens vegvesen.
- Jernbaneverket. *Holm-Nykirke*. Tilgjengelig: <http://www.jernbaneverket.no/Prosjekter/prosjekter/Dette-er-Vestfoldbanen/holm-nykirke/>.
- (2008). *Fagrappport ingeniørgeologi og hydrogeologi*. Tekn. rapp. rev01. Jernbaneverket.
- Johannessen, Odd (1993). *20-93 Massetransport med lastebil. Kapasitet og kostnad*. Tekn. rapp. NTH.
- Johannessen, Sturla. *Derfor er Norge blant verdens beste vintersportsnasjoner*. Tilgjengelig: <http://www.tv2.no/a/5341778/>.
- Johansen, Egil (2015). *Premisser for etterbruk av Holmestrandtunnelen som skitunnel*. Tekn. rapp. Vestfold fylkeskommune.
- Kirkebøen, Stein Erik (2013). *Dette er god butikk*. Tilgjengelig: [http://www.aftenposten.no/100Sport/Dette-er-god-butikk-344498\\_1.snd](http://www.aftenposten.no/100Sport/Dette-er-god-butikk-344498_1.snd).
- Kjeilen, Kristine Hausberg (2011). «Numerisk modellering av stasjonshall i fjell i Holmestrand». Masteroppg. NTNU.
- Kleppestø, Anette (2015). *Mulighetsstudie Holmestrand Skitunnel*. Tekn. rapp. NTNU.
- Klima- og miljødepartementet (2007). *St.meld. nr. 34 (2006-2007)*. Tekn. rapp. Regjeringen.
- Kommunal- og regionaldepartementet (2010). *Forprosjekt*. Tilgjengelig: <https://www.regjeringen.no/no/no/dokumentarkiv/stoltenberg-ii/krd/tema-og-redaksjonelt-innhold/kampanjesider/2008/ry/verktoykasse-2/sjekkliste/forprosjekt/id525328/>.
- Kongsberg skisenter. *Snøkanonene går for fullt*. Tilgjengelig: <http://kongsberg-skisenter.itumkunde.no/sider/tekst.asp?side=251>.
- Kulturdepartementet. *Ishockey*. Tilgjengelig: [http://www.godeidrettsanlegg.no/system/files/sites/default/files/Annleggstype/Isanlegg/Om\\_isanlegg/Banem%C3%A51%20og%20krav%20ishockey.pdf](http://www.godeidrettsanlegg.no/system/files/sites/default/files/Annleggstype/Isanlegg/Om_isanlegg/Banem%C3%A51%20og%20krav%20ishockey.pdf).

- (2012). *Ny tippenøkkel vil styrke satsningen på idrettsanlegg*. Tilgjengelig: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/ny-tippenokkel-vil-styrke-satsingen-pa-i/id684848/>.
- Langford, Jenny, Vidar Kveldsvik og Hanne Wiig Sagen (2011). «Europas største jernbanestasjon i berg - fastsettelse av tetthetskrav». I: *Fjellsprengningskonferansen 2011*.
- Liestøl, Olav og Jon Ove Hagen (2015). *isbre*. Tilgjengelig: <https://snl.no/isbre>.
- Lillebø, Eva-Linn (2011). *Natur på veggen*. Tilgjengelig: <http://minstil-eva.blogspot.no/2011/01/natur-pa-veggen.html>.
- Lindingloppet. *Intersport och Tunnel Run i samarbeite*. Tilgjengelig: [lindingloppet.se](http://lindingloppet.se).
- Lindstrøm, Mona (2005). *Tunnelduk. Erfaringer fra norske tunneler 1994-2004*. Tekn. rapp. Statens vegvesen.
- Lorentzen, Gustav (1960). *Uisolert fryserom i fjell. Konstruksjon og driftserfaringer*. Tekn. rapp. NTH.
- Lyngstad, Pål. *Universell utforming i byggereglene*. Tilgjengelig: <https://www.dibk.no/Tema/Universell-Utforming/>.
- Magnussen, Anette Wold (2008). *Geologi. Rv313 Holmestrandtunnelen. Ing.geologisk inspeksjon*. Tekn. rapp. Statens vegvesen.
- (2009). *Geologi. Ras i Holmestrandtunnelen, Holmestrand kommune i Vestfold*. Tekn. rapp. Statens vegvesen.
- met.no (2015). *Månedsnormaler*. Tilgjengelig: [http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?\\_pageid=73,39035,73\\_39049&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?_pageid=73,39035,73_39049&_dad=portal&_schema=PORTAL).
- Miljøsystemer AS. *Unngå mugg og lukt som følge av fuktig inneluft*. Tilgjengelig: <http://www.miljosystemer.no/inneklima/avfuktere/>.
- Mosevoll, Gunnar (2008). «Hvordan redusere energiforbruket i pumpeanlegg?» I: *Norsk vann. VA-yngre. Nettverkstreff Tromsø, 26.aug 2008*.
- Myran, Tom (1973). *Teknisk rapport nr. 27. Radonmålinger i Norske gruver*. Bergverkenes landssammenslutnings industrigruppe.
- (1983). *Radon under jord*. Norges Tekniske Høgskole.
- (1987). *Størrelsesfordeling av partikler i Holmestrandtunnelen (Figur 3)*.
- (2014). «Radon. Radonstråling i gruver, bergrom, boliger og bergarter og byggeråstoffer». I: *Radon*.
- Myran, Tom og Bodil Alteren. *RADON, radondøtre og ioniserende stråling*. SINTEF.

- Næsje, Terje (26.03.2015). *Aldri mer snømangel*. Tilgjengelig: <http://www.fremover.no/narvik/lokale-nyheter/fagernesfjellet/aldri-mer-snomangel/s/5-17-37419>.
- NGI (2011). *UHN-04 Stasjonsentreprisen Ingeniørgeologisk - Hydrogeologisk rapport*. Tekn. rapp. Jernbaneverket.
- NGU (2015a). *Berggrunn, Nasjonal berggrunnsdatabase*. Tilgjengelig: <http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/>.
- (2015b). *Radon*. Tilgjengelig: <http://geo.ngu.no/kart/minkommune/?kommunenr=702>.
- Nordic Wellness (2016). *Om skidome*. Tilgjengelig: <https://nordicwellness.se/skidome/om-skidome/>.
- Norges astma og allergiforbund (2016). *Fakta om inneklime*. Tekn. rapp. NAAF.
- Norwegian Snow Consulting (2014). *Snøproduksjon og snøpreparering*. Tekn. rapp. Kultur- og kirke departementet og Norges Skiforbund.
- NTNU (2011). «Kostnadsestimering, byggherrekalkulasjon, anbudskalkulasjon, kostnadsbank». I: *BMI Infrastruktur, forelesningsnotat 45/10*.
- (2015). *Kostnadsindeks anleggsmaskiner*. Tekn. rapp. Anleggsdrift, NTNU.
- Obereggen. *Obereggen. Sie werden uns lieben!* Tilgjengelig: <http://www.eggental.de/skikarussell.html>.
- Ohjelmapalvelut* (2016). Tilgjengelig: <http://www.leppavirta.fi/matkailu/ohjelmapalvelut>
- Olsen, Geir Ødegaard (2004). *Snøproduksjon. Fra idé til virkelighet*. Tekn. rapp. Kultur- og kirke departementet og Norges Skiforbund.
- Olsen, Snorre Nordbo (2016). «Møtereferat 22.02». I: *Holmestrand skitunnel*.
- Olsen, Tommy C. *Skal kjøle flyterminalen med snø*. Tilgjengelig: <http://www.vvsforum.no/artikkel/6346.html#.V0Wx7ZOLRsM>.
- Oneborg, Tomas (2014). *15 minuters tidsvinst när Norra länken öppnar*. Tilgjengelig: <http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=2859&artikel=6023785>.
- orss (2012). *Alfhallen*. Tilgjengelig: <http://www.orss.no/alf.htm>.
- Øvsteda, Liv (2001). *Universell utforming ved veg-, transport-, og arealplanlegging*. Tekn. rapp. NTNU Institutt for samferdselsteknikk.
- Pettersen, Eivind (2016). *Han er eneste mann i kunstløp-NM*. Tilgjengelig: <http://www.nrk.no/hordaland/han-er-eneste-mann-i-kunstlop-nm-1.12791971>.

- Roaldsøy, Eivind (2010). *I full fres på ishockeybane*. Tilgjengelig: <http://www.hest.no/artikkel.html?news.nid=5821#.VrSZE1PhCt8>.
- Rogstad, Gry mfl. (2007). *Dugg i tunneler. Prosjektrapport 2004-2006*. Tekn. rapp. Statens vegvesen.
- Sagen, Hanne Wiig (2008). *Vestfoldbanen Holm-Holmestrand-Nykirke. Fagrapport. Ingeniørgeologi og hydrogeologi*. Tekn. rapp. Jernbaneverket.
- Schrödingers katt (2016). *Schrödingers katt 25.02.2016*. TV.
- Schuler, Dagrun Vikhamar mfl. (2015). *Nytt vinterklima truer snøen i Norge*. Tilgjengelig: [http://met.no/Nytt+vinterklima+truer+sn%C3%B8en+i+Norge.b7C\\_xdrMW\\_.ips](http://met.no/Nytt+vinterklima+truer+sn%C3%B8en+i+Norge.b7C_xdrMW_.ips).
- Selbekk, Rune S. (2015). *basalt*. Tilgjengelig: <https://snl.no/basalt>.
- Sika Egypt for Construction Chemicals (2015). *Sikaplan WP1100-15HL*. Tekn. rapp. Sika.
- Sika Norge AS (2016). *Tak. Takbelegg og membraner. Prislister pr. 01.januar 2016*. Tekn. rapp. Sika.
- SINTEF (2009). «Presentasjon Del 2. Vegglifjell ski- og vegtunnel». I:
- Skiforbundet (2011). *Bygge kuler og staup*. Tilgjengelig: <http://www.aktivitetsbanken.no/ski/okter/skileik-tilrettelegging/>.
- (2015). *Ballongleken*. Tilgjengelig: <http://www.aktivitetsbanken.no/ski/ovelseser/ballongleken/>.
- Skinstad, Petter Soleng (2011). *Snøsikkert i Torsby Ski Tunnel*. Tilgjengelig: <http://www.langrenn.com/snoesikkert-i-torsby-ski-tunnel.4994307-6715.html>.
- Skjseth, Steinat (1996). *Norge blir til. Norges geologiske historie*. 2. utg. Schibsted.
- Slundgård, Øyvind, red. (2007). *Referat fra studietur til Finland 7-9 november 2007 i regi av Norges skiforbund og det finske forbundet*.
- SnowTek (2014). *Indoor snow concepts*. Tilgjengelig: <http://www.allweathersnowtek.com/#!concept/c1x4c>.
- Sollén, Tommy (2010). *Ski Tunnel Torsby - Outdoor Academy of Sweden 2010 May 6th*. Tilgjengelig: <http://bloggar.visitsweden.com/oas/2010/05/06/ski-tunnel-torsby-outdoor-academy-of-sweden-2010-may-6th/>.
- Sørheim, Svein (2009). *Byggeplan parsell 5.2 Holm-Holmestrand. Anleggsgjennomføring for parsell 5 i Holmestrand kommune*. Tekn. rapp. Norconsult.
- Spjeldnæs, Nils og Svein Askheim. *Oslofeltet*. Tilgjengelig: <https://snl.no/Oslofeltet>.

- Statens st rlevern (2014). *Anbefalte grenseverdier for radon*. Tilgjengelig: <http://www.nrpa.no/fakta/89990/anbefalte-grenseverdier-for-radon>.
- Statens Vegvesen (2010). *Tunnell p er tradisjon*. Tilgjengelig: <http://www.vegvesen.no/om+statens+vegvesen/presse/nyheter/Lokalt/Region+%C3%98st/Oslo/tunnell%C3%B8p-er-tradisjon>.
- (2015a). *Delrapport 6 Holmestrandtunnelen drift og vedlikehold*. Tekn. rapp. Statens vegvesen.
- (2015b). *Inspeksjon Holmestrandtunnelen. Delrapport 5. Betong*. Tekn. rapp. Statens vegvesen.
- (2015c). *Mulighetsstudie. Mulig gjenåpning av Holmestrandtunnelen for offentlig trafikk*. Tekn. rapp. Statens vegvesen.
- Statistisk sentralbyrå. *Byggekostnadsindeks for veganlegg "fjelltunnel"*. Tilgjengelig: <https://www.ssb.no/priser-og-prisindekser/>.
- Stockholm tunnel run (2014). *Inbudjan*. Tilgjengelig: <http://www.lidingoloppet.se/sv/tunnelrun/Inbudjan/#.VrNcTVPhCt8>.
- Talle, Olav (2007). *Veileder skianlegg. Langrenn og skiskyting*. 2. utg. Norges skiforbund og Kultur-og kirke departementet.
- Thorolfsson, Sveinn T. (2011). «VA-systemenes oppbygging, elementer og funksjon». I: *TVM 4101 BM2 Vann og miljø*.
- Thorsnæs, Geir (2013). *Idrett i Norge*. Tilgjengelig: [https://snl.no/Idrett\\_i\\_Norge](https://snl.no/Idrett_i_Norge).
- Thue, Jan Vincent (2009a). *Armert betong*. Tilgjengelig: [https://snl.no/armert\\_betong](https://snl.no/armert_betong).
- (2009b). *frostmengde*. Tilgjengelig: <https://snl.no/frostmengde>.
- Torsby skidtunnel og sportcenter (2016). * ppettider*. Tilgjengelig: <http://skidtunnel.se/skidtunneln/oppettider.1280.html>.
- Trondheim kommune. *VA-norm. 6.A Andre krav*. Tilgjengelig: <http://www.va-norm.no/layout/set/print/VA-norm/Kommuner/Trondheim/6.A-Andre-krav>.
- UiO (1999). *Eksamensoppgaver i GF-GG 141 1999. Fasit*.
- Vegdirektoratet (2014). *Vegtunneler. Håndbok N500*. Tekn. rapp. Statens vegvesen.
- Ven s, Arild mfl. (2009). *Skitunneler; Luftveisproblemer og årsaker*. Tekn. rapp. NTNU.
- Vestfold skyttersamlag (2015). *Skytterlag i Vestfold*. Tilgjengelig: [http://www.vestfold-skyttersamlag.com/Dokumenter/skytter\\_lag\\_vestfold.htm](http://www.vestfold-skyttersamlag.com/Dokumenter/skytter_lag_vestfold.htm).

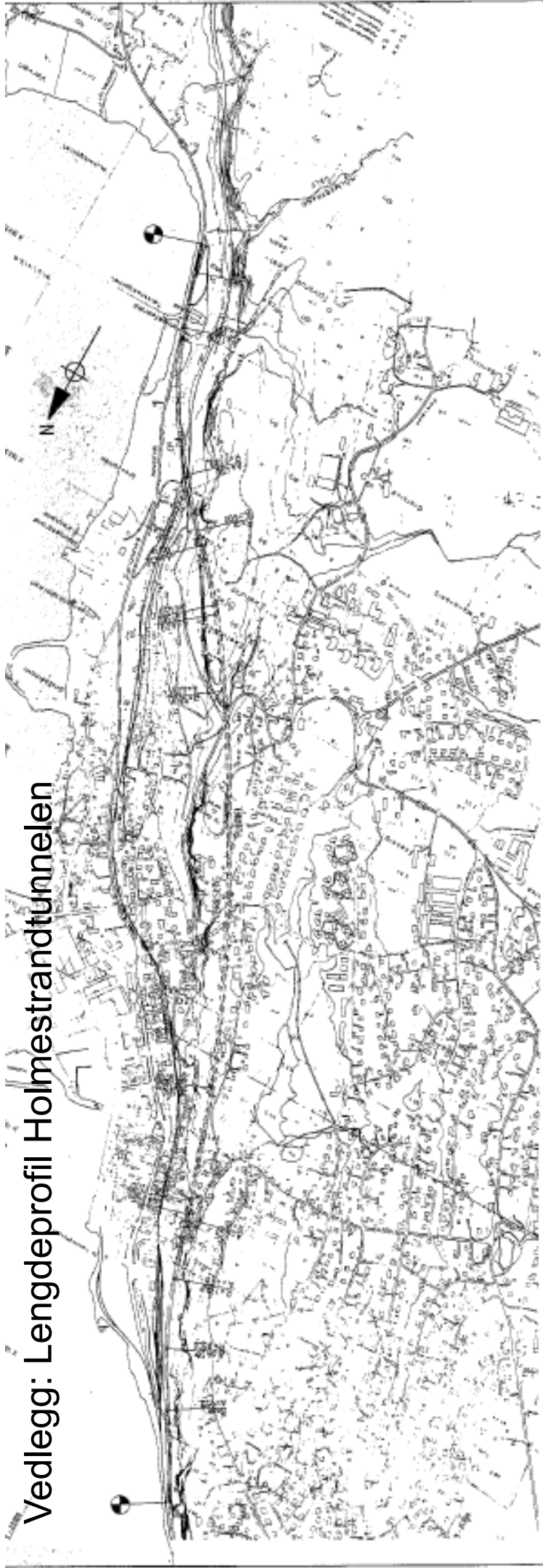
- Vie, Einar og Ole Christian Ødegaard (2015). *Statusrapport Holmestrandtunnelen. Geologi. Tekn. rapp.* Statens vegvesen.
- W. Giertsen Tunnel AS. *Komplett letthvelvsøsning for lavtrafikk tunneler.* Tilgjengelig: <http://www.giertsentunnel.no/produkter/wgt-100-tunnelhvelv/>.
- (2016). *PE-skum som vann- og frostsikring.* Tilgjengelig: <http://www.giertsentunnel.no/produkter/pe-skum/>.
- Wiik, Marit og Stein Opsal (2014). *Snøproduksjon og snøpreparering.* Kulturdepartementet.
- Wikipedia (2015a). *File:Curling in East York.jpg.* Tilgjengelig: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Curling\\_in\\_East\\_York.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Curling_in_East_York.jpg).
- (2015b). *Södra Länken.* Tilgjengelig: [https://de.wikipedia.org/wiki/S%C3%B6dra\\_L%C3%A4nken](https://de.wikipedia.org/wiki/S%C3%B6dra_L%C3%A4nken).
- (2016). *Curling.* Tilgjengelig: <https://no.wikipedia.org/wiki/Curling>.
- Zare, Shokrollah (2007). «Drill and Blast Tunneling (PR2A-05)». Ph.d.-avh. NTNU.

# Vedlegg

- Vedlegg 1. Lengdeprofil Holmestrandtunnelen
- Vedlegg 2. Plassering av sporfilmer
- Vedlegg 3. Oversiktskart. Holmestrandtunnelen og nye Vestfoldbanen
- Vedlegg 4. Kart med radonmålinger
- Vedlegg 5. Løypemaskiner
- Vedlegg 6. Løypeprofil, excel
- Vedlegg 7. Illustrasjon av forslag til løypeprofil
- Vedlegg 8. Geologiske profil
- Vedlegg 9. Geologiske tverrsnitt
- Vedlegg 10. Oversiktskart over innendørsanlegg for langrenn
- Vedlegg 11. Geografisk rekkevidde
- Vedlegg 12. Skisse av tunnelen
- Vedlegg 13. Tunneltverrsnitt
- Vedlegg 14. Radon
- Vedlegg 15. Geologisk berggrunn
- Vedlegg 16. Vann til snøproduksjon
- Vedlegg 17. Overvann fra store dam basseng
- Vedlegg 18. Tilgjengelige arealer utenfor tunnelen
- Vedlegg 19. Resultater fra radonmålinger

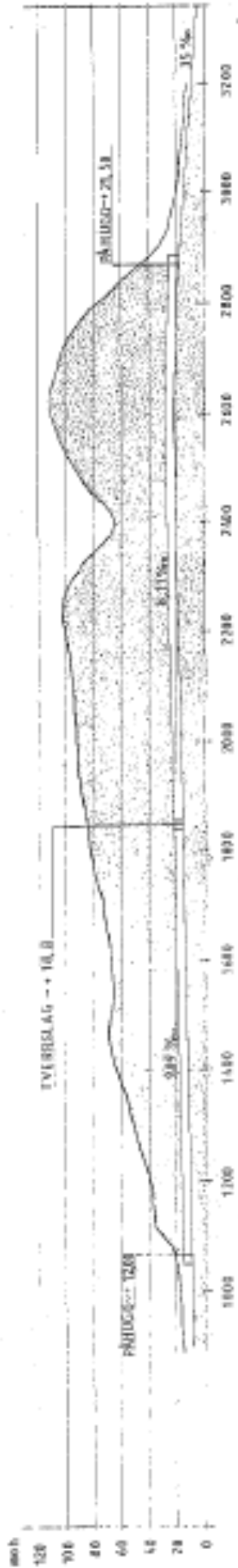


# Vedlegg: Lengdeprofil Holmestrandtunnelen



OVERSIKT

1:5000



LENGDEPROFIL

L - 1 : 5000

H - 1 : 2000

PROSJEKTNR. 001100	PROSJEKTNAVN	UTGIVELSE	UTGIVELSE
E38-HOLMESTRANDTUNNELEN	VESTRØD VEGKORRIDOR	1:5000	1:2000
OVERSIKT, LENGDEPROFIL		1:5000	1:2000
		1259	01
BERDAL		BERDAL	

NB: målestokken er ikke riktig



R7 TVERSLAG NORD

574500

STADIONSGATE

STADIONSGATE

STADIONSGATE

STADIONSGATE

STADIONSGATE

STADIONSGATE

STADIONSGATE

STADIONSGATE

STADIONSGATE

STADIONSGATE

STADIONSGATE

STADIONSGATE

STADIONSGATE

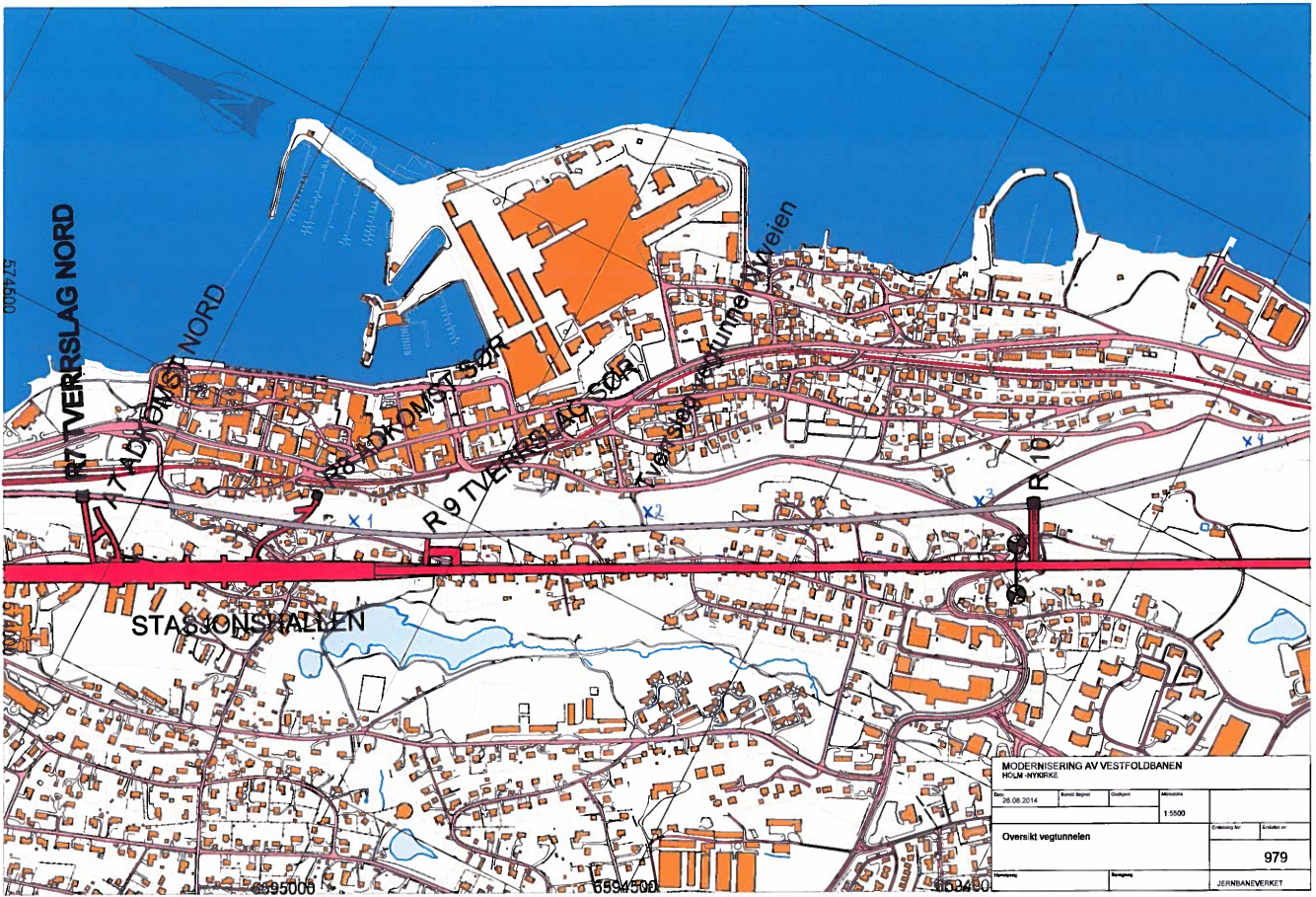
STADIONSGATE

STADIONSGATE

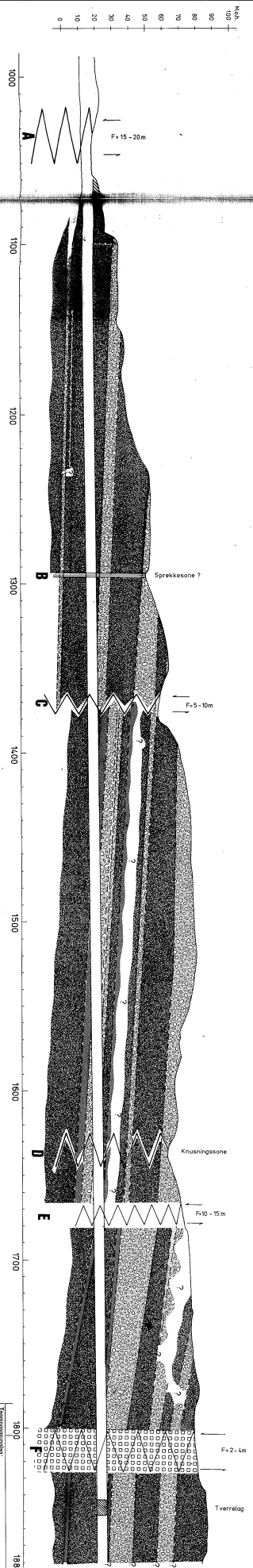
STADIONSGATE

MODERNISERING AV VESTFOLDBANEN  
HOLM-NYRKE

Dato:	20.08.2014	Kontor/Prosjekt:		Skala:	1:5500	Emne nr.:	979
Prosjekt:	Oversikt vegtunnelen			Bløkk:	JERNBANEVERKET		

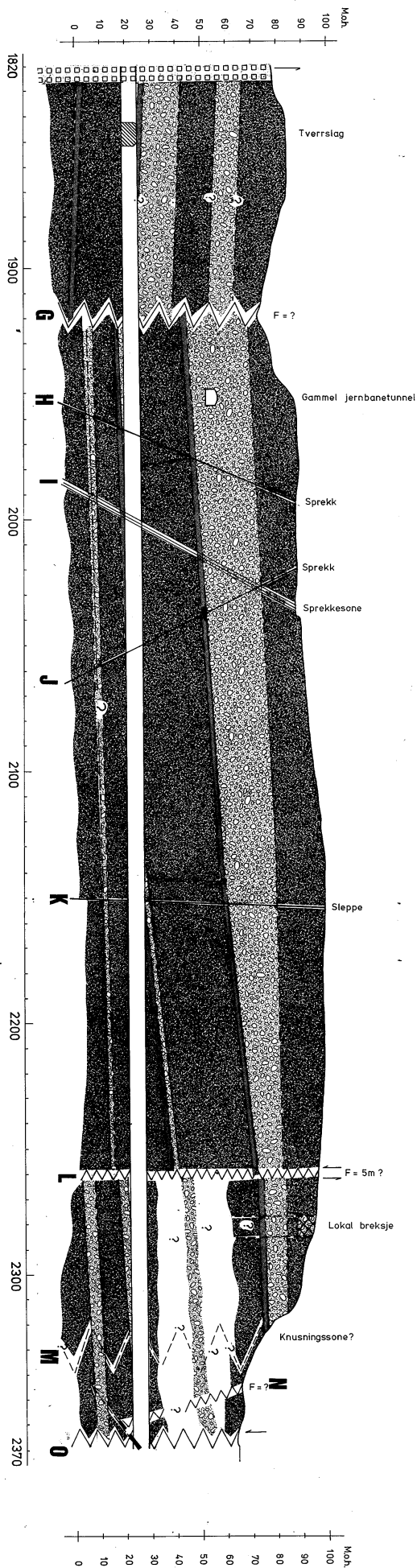


MODERNISERING AV VESTFOLDBANEN HOLM-NYDØRKE			
Dato	Revisjon	Endring	Skala
28.08.2014			1:5000
Oversikt veglignelsen			979
Prosjekt			JERNBANEVERKET












- Tegntørkning :**
- Basalt
  - Basalt m. Særvorn
  - Agglomerat
  - Høt sandstein
  - Konglomerat
  - Konglomerat m. Særvorn
  - Kalkstein
  - Siltstein og lerarter
  - Røpelskiferen (P. 1)
  - Kvikkløper

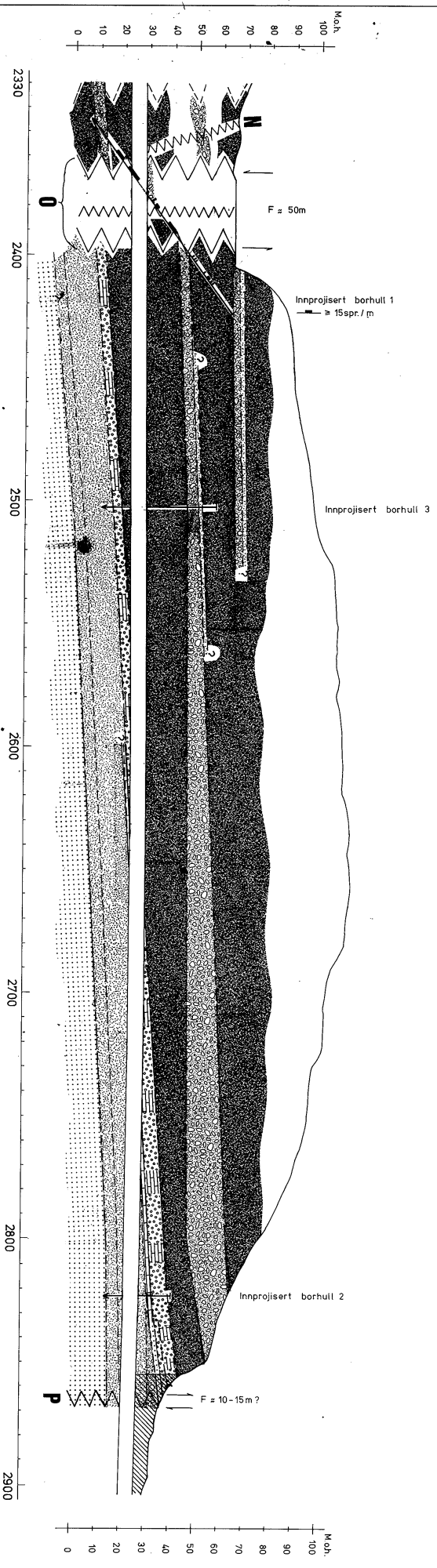
Tegning til oppsett:		Målestokk:	Format:
LENDEPROFIL, 1000 - 1890		1:1000	S. 7/9
GRUNNUNDERSØKELSE:		Sider: E. 5	
E 18 I TUNNEL GJENNOM		Tegning nr.:	
HOLVESTRAND		Z. 198 A - 57	
VEGLANDSTUNET		VEGLANDSTUNET	



Tegnforklaring:

-  Basalt
-  Basalt m. Bløerom
-  Konglomerat m. kalksteinboller
-  Kalkstein
-  Konglomerat
-  Rød sandstein
-  Siltestein og lenskifer
-  Ringekalsstein (grd.)
-  Kvertporfyr

Tegningsskala:		Vedlegg til rapport:	
GRUNNUNDERSØKELSE:		L. ENØDERPROFIL, 1820 - 2370	
E 18 I TUNNEL GJENNOM HOLWESTRAND		Målestokk Boret: 1:1000	
VEGLABORATORIET		Tegn.: S.Fo.	
VEGLABORATORIET		Skalaenh.: E.G.	
VEGLABORATORIET		Tegning nr. Z 198 A-58	



Tegnforklaring:




- |  |                   |  |                                |
|--|-------------------|--|--------------------------------|
|  | Basalt            |  | Konglomerat m. kalkstensboller |
|  | Basalt m. bløtrom |  | Kalkstein                      |
|  | Agglomerat        |  | Siltstein og leirskifer        |
|  | Rød sandstein     |  | Ringerteiksandstein (grå)      |
|  | Konglomerat       |  | Karstspørtyr                   |

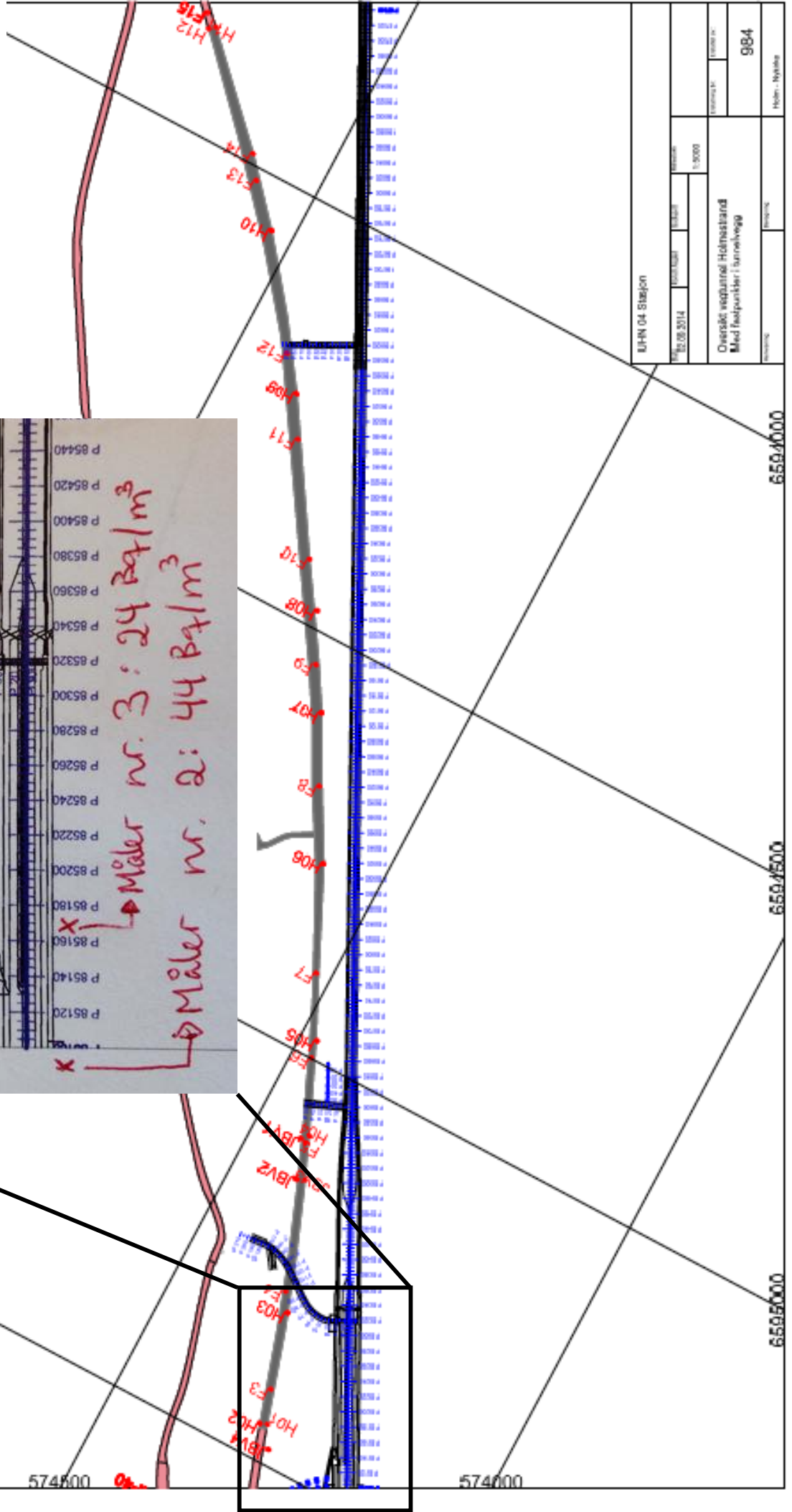
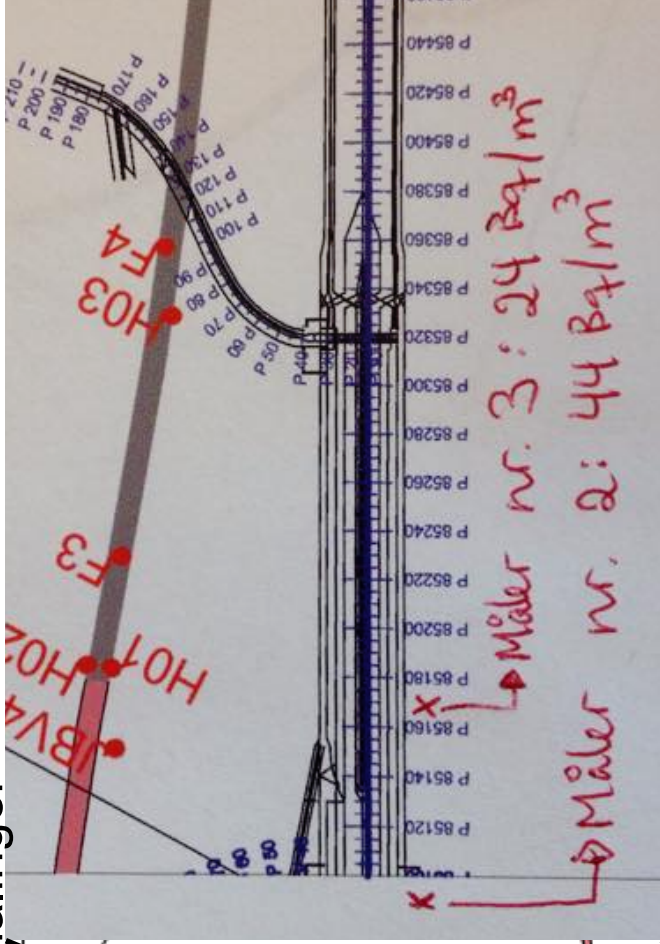
Tegningsskala:

Vadlegg til rapport:

LENGDEPROFIL 2330 - 2900 1:1000		Målestokk	Bart:
GRUNNUNDERSØKELSE:		Tram.: S.F.a.	
E 18 I TUNNEL GJENNOM		Saksbeh.: E. G.	
HOLMESTRAND		Tegning nr.:	Z 198 A - 59
VEGLABORATORIET			

Vedlegg: Kart med radonmålinger

-  Holmestrantunnelen
-  JBV radonmålinger
-  Vei i dagen
-  Jernbanetrassé



NB: Angitt målestokk stemmer ikke. Avstanden mellom rutene i rutenettet er ca 500 m

## LØYPEMASKINER

Type	Maksimal lengde [m]	Bredde [m]	Høyde [m]	Tillatt totalvekt	Vedlegg side:
Nye Huskey	8,59	3,3 - 4,9	2,77	7 500 kg	2
Huskey	6,6	3,2 - 5,0	2,72	5 800 kg	3
Snow rabbit 3	5,6	2,4 - 2,8	2,25	2730 kg	4
PistenBully Paana	7,3	2,2 - 3,1	2,23	3850 kg	6
PistenBully 100	8,89	2,5 - 3,1	2,50	6200 kg	5

Dette er en oversikt over et utvalg løpemaskiner. Denne sammenlikningen går kun på mål og vekt, ikke kvalitet og egenskaper for maskinene. Utvalget av maskiner for denne sammenlikningen er basert på mindre maskiner som er tilpasser langrenn og langrennsspor heller enn alpinanlegg.

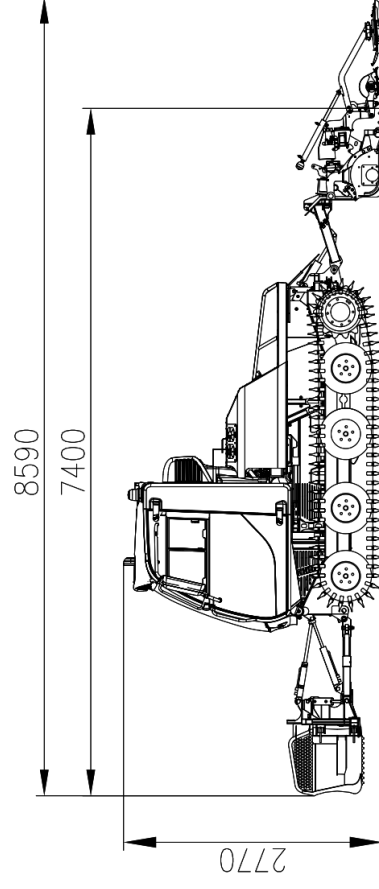
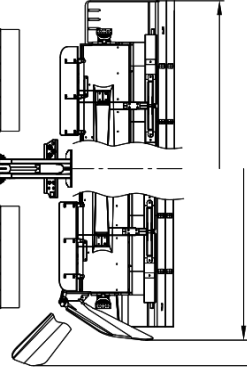
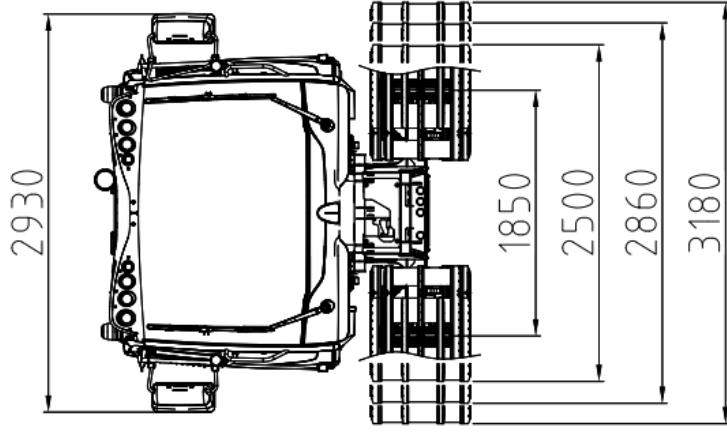
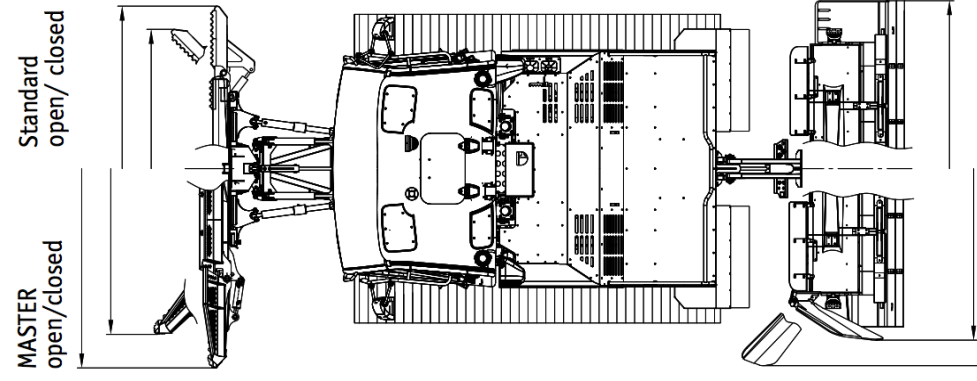
Maksimal lengde er målt på ulikt vis hos de ulike aktørene. Dette kan føre til et noe ulikt sammenlikningsgrunnlag. På de neste sidene, ser man stort sett hvordan lengdemålet er målt for de ulike maskinene.

Alle maskinene bruker diesel, noen av maskinene har AdBlue® tank for å renere utslipp. Andre er tilpasset innendørskjøring ved blant annet lavt utslipp, lavt lydnivå og sotfilter. PistenBully kom i januar 2016 med en ny maskin som både går på elektronikk og diesel

Bredden er gitt som et intervall, dette er fordi man kan velge utstyr og sporsetter med forskjellig bredde innenfor samme type maskin. Se nettsiden til den aktuelle leverandøren for mer info.

Oppgitt vekt er "tillatt totalvekt", og maskinen kan derfor være betydelig lettere enn dette i virkeligheten.





# Nye Huskey

**Leverandør:** Prinorth  
**Nettside:** [www.prinorth.com](http://www.prinorth.com)  
**Drivstoff:** Diesel  
**Diverse:** Populær løypemaskin for langrenn. Ny modell, noe større enn den forrige.  
 (Owren, 2015)

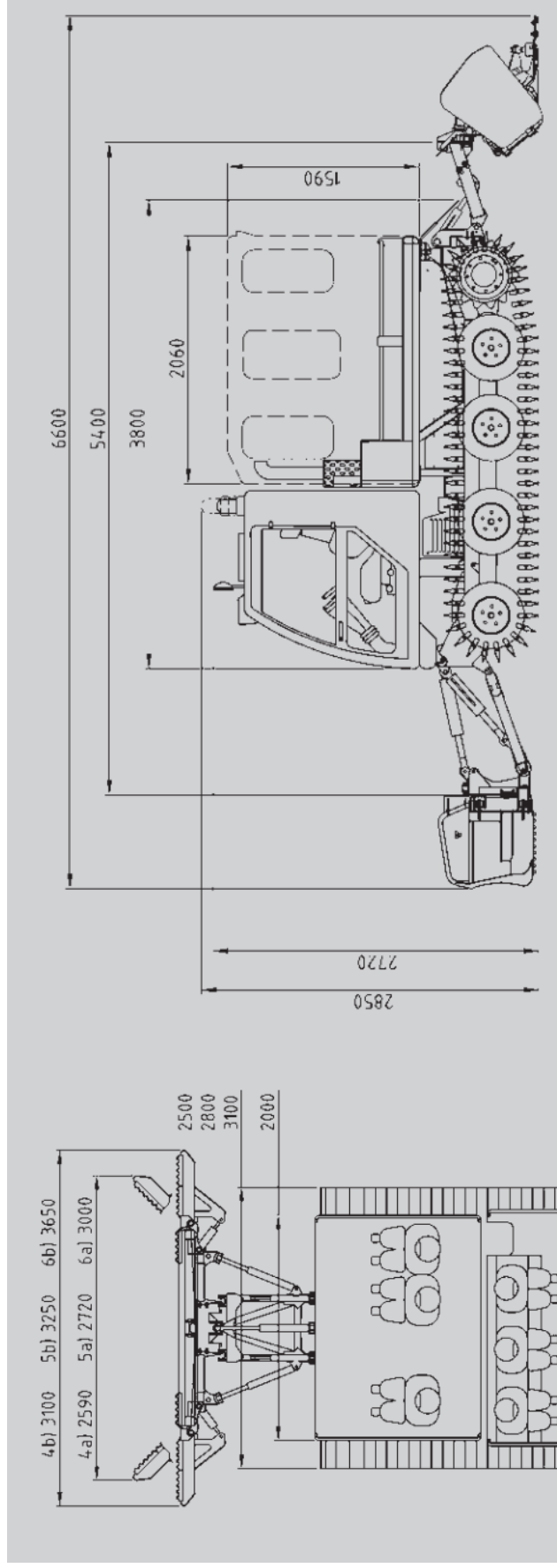
## CONFIGURATION OPTIONS

- » Tiller without hydraulic side wings
- » Tiller with hydraulic side wings up
- » Tiller with hydraulic side wings down

V 2.3	V 2.5	V 2.8	V 3.1
3,255 mm	3,530 mm	3,700 mm	4,060 mm
3,075 mm	3,345 mm	3,530 mm	3,880 mm
4,095 mm	4,365 mm	4,550 mm	4,900 mm

Vedlegg: Løypemaskiner

# Huskey



Width, 2,5 m version	2,500 mm
Width, 2,8 m version	2,800 mm
Width, 3,1 m version	3,100 mm
Width of tiller (with side wings/without side wings)	3,250/4,230 mm
• 2,3 m version	3,520/4,500 mm
• 2,5 m version	3,700/4,680 mm
• 2,8 m version	4,100/5,030 mm
• 3,1 m version	2,720 mm
Height of vehicle	3,040 mm
Height with cab tilted	1,690 x 2,000 mm
Rear deck	870 mm
Width of tracks, 2,5 m version	1,020 mm
Width of tracks, 2,8 m version	1,170 mm
Width of tracks, 3,1 m version	

**Leverandør:** Prinorth

**Nettside:**

[www.prinorth.com](http://www.prinorth.com)

**Drivstoff:** Diesel

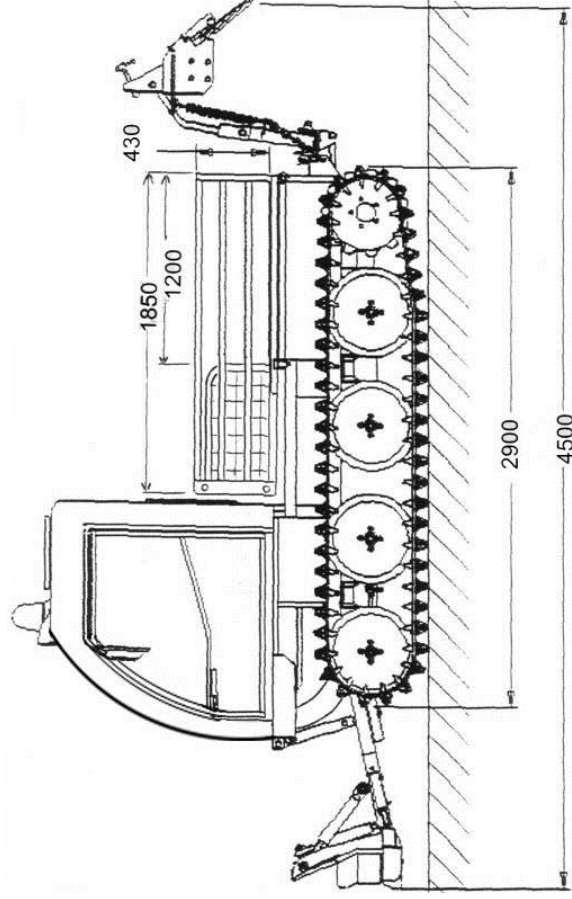
**Diverse:** Populær

løypemaskin for langrenn.

Utgått modell.

(Owren, 2009)

# Snow Rabbitt 3



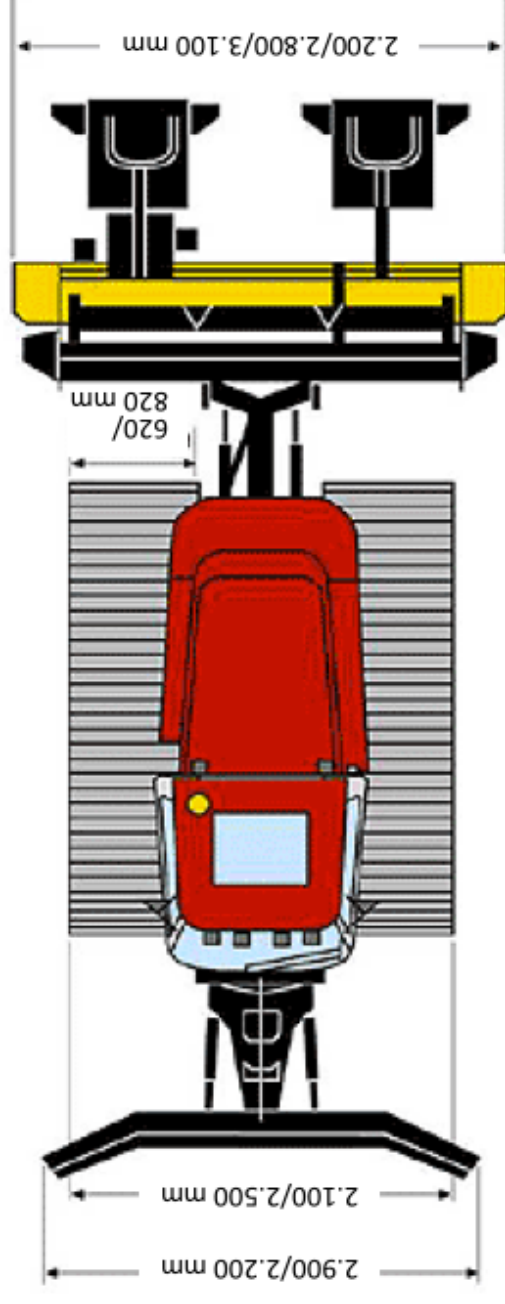
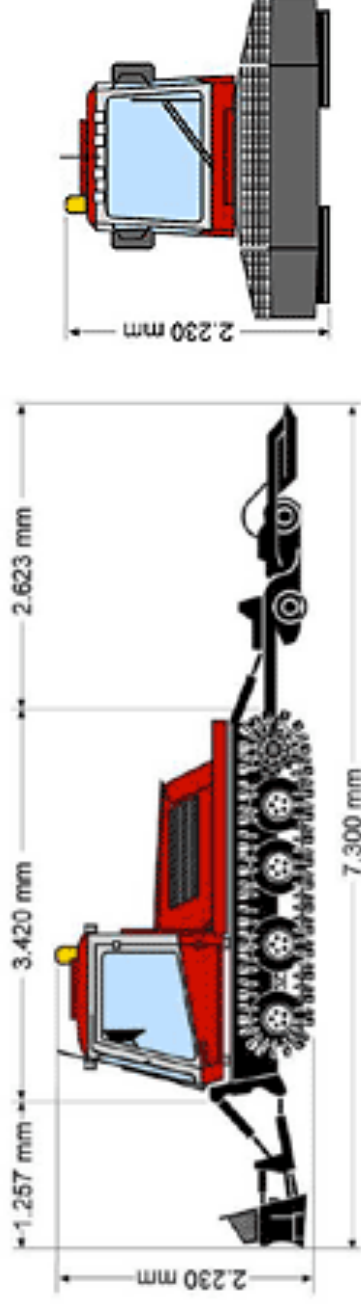
**Leverandør:** Favero Lorenzo

**Nettside:** [www.faveroorenzo.com](http://www.faveroorenzo.com)

**Drivstoff:** Diesel

**Diverse:** En mellomting mellom maskin og skuter. Liten og kraftfull (Snow first, 2013)

# PistenBully Paana



**Leverandør:** Pisten

Bully

**Nettside:**

[www.pistenbully.com](http://www.pistenbully.com)

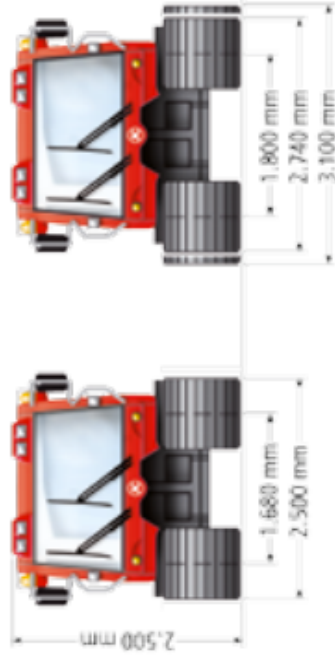
**Drivstoff:** Diesel

**Diverse:** Laget for langrennsløyper. Liten og lett.

(Kessu, 2016)

(PistenBully, 2014)

# PistenBully100



## Referanser:

Owren, 2015, Tilgjengelig fra:

[http://www.owren.no/images/filer/HUSKY\\_ENG\\_2015brosjyre.pdf](http://www.owren.no/images/filer/HUSKY_ENG_2015brosjyre.pdf)

PistenBully, 2013, Tilgjengelig fra:

[http://www.pistenbully.com/fileadmin/content\\_pistenbully/modul\\_8\\_download/100\\_3a\\_motor\\_en2013Web\\_01.pdf](http://www.pistenbully.com/fileadmin/content_pistenbully/modul_8_download/100_3a_motor_en2013Web_01.pdf)

Owren, 2009, Tilgjengelig fra:

[http://www.owren.no/images/filer/Husky\\_ENG\\_Ansicht.pdf](http://www.owren.no/images/filer/Husky_ENG_Ansicht.pdf)

PistenBully, 2014, Tilgjengelig fra:

[http://www.pistenbully.com/fileadmin/content\\_pistenbully/modul\\_8\\_download/technische-daten-paana-en.pdf](http://www.pistenbully.com/fileadmin/content_pistenbully/modul_8_download/technische-daten-paana-en.pdf)

Kessu, 2016, Tilgjengelig fra. [http://kessu.fi/tech\\_pb\\_paana\\_1.htm](http://kessu.fi/tech_pb_paana_1.htm)

Snow first, 2013, Tilgjengelig fra: <http://snow-first.com/nb/>

Vedlegg: Løypemaskiner

**Leverandør:** Pisten Bully

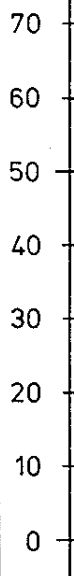
**Nettside:** [www.pistenbully.com](http://www.pistenbully.com)

**Drivstoff:** Diesel

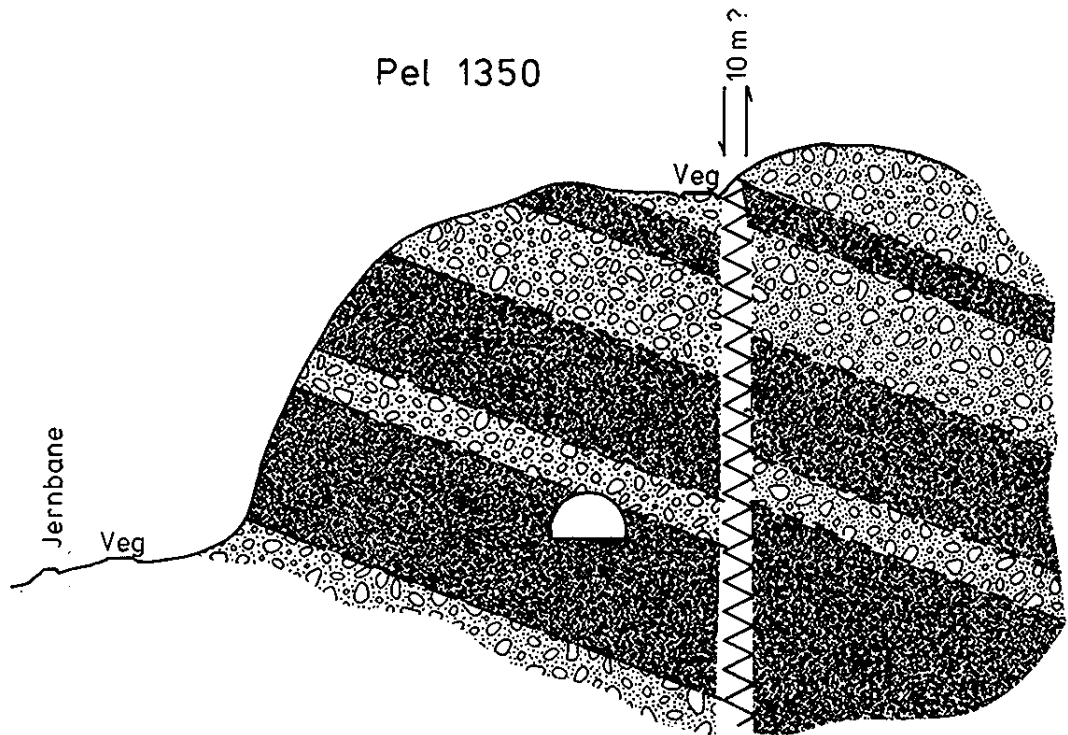
**Diverse:** Denne typen finnes også med SCR motor tilpasset innendørsbruk med mindre utslipp.

(PistenBully, 2013)

M.o.h.

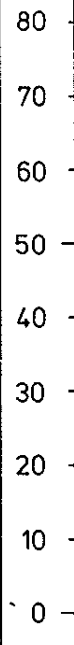


Pel 1350

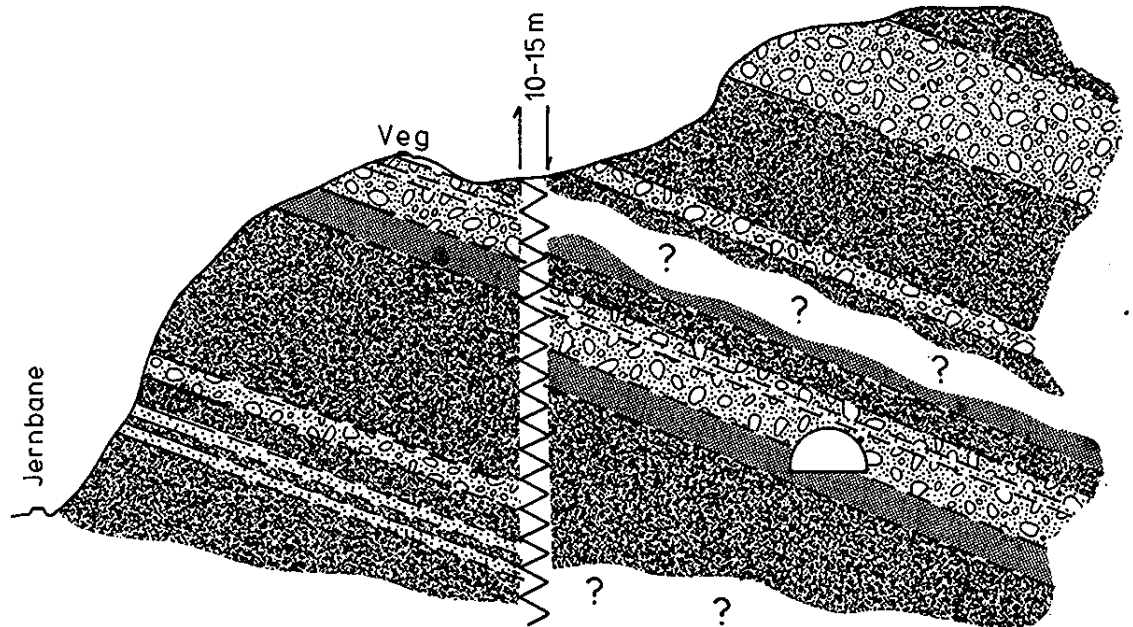


**C**

M.o.h.



Pel 1520



**E**

PROFIL 1350 OG 1520

E 18 I TUNNEL GJENNOM  
HOLMESTRAND

Målestokk

1:1000

Tegning nr.

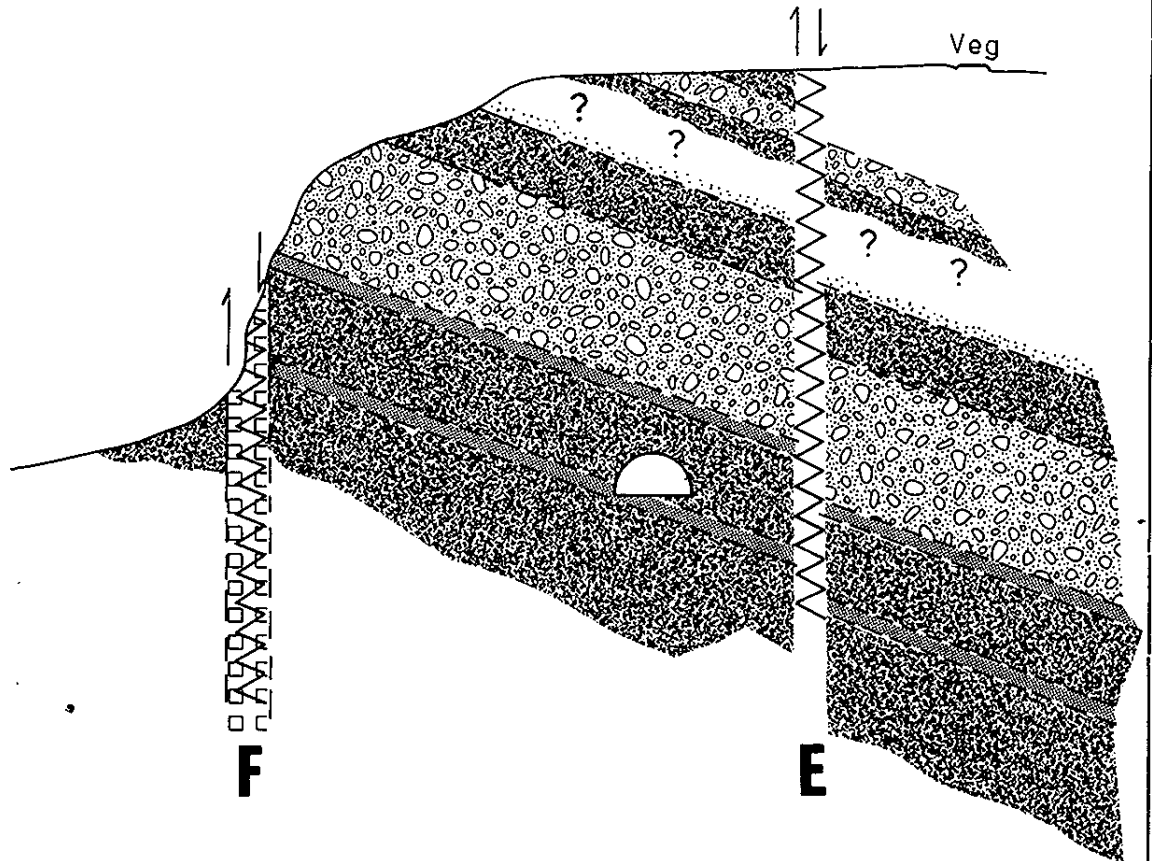
Z 198 A - 51

Dato/Sign.: 23/4 - 80 S.Fo.

VEGDIREKTORATET  
VEGLABORATORIET

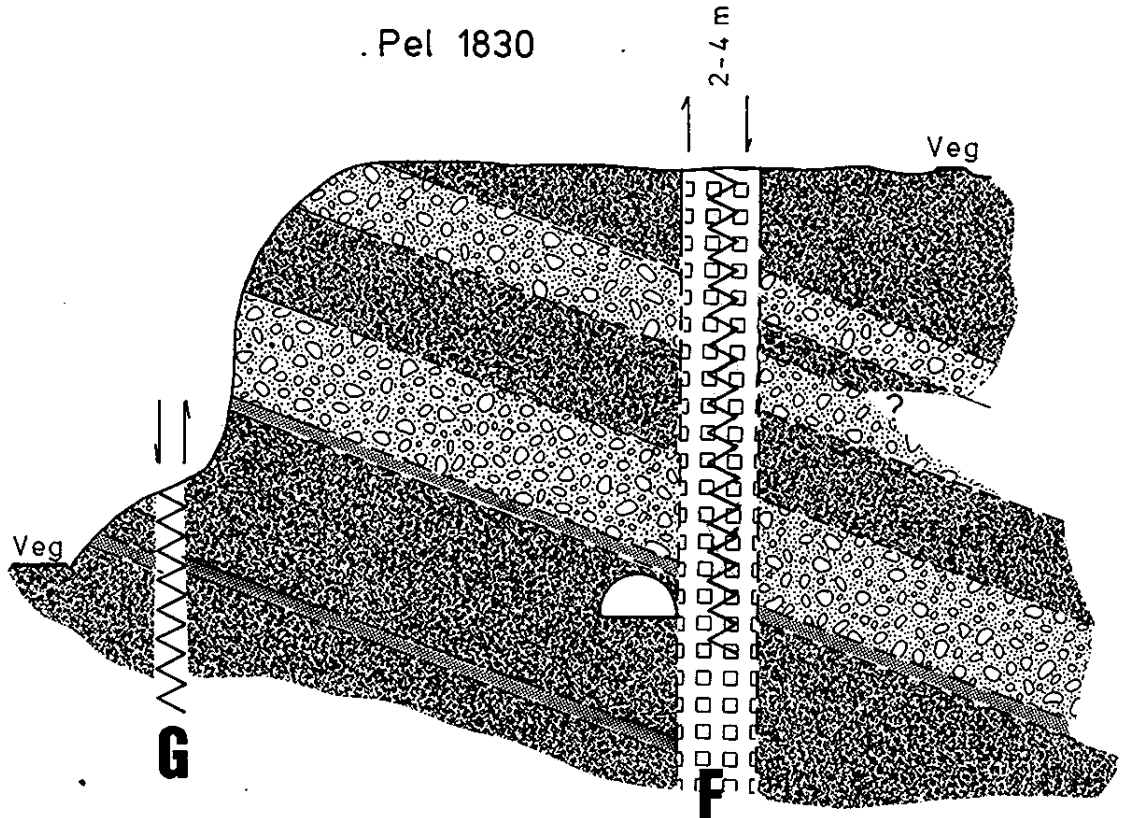
M.o.h.  
80  
70  
60  
50  
40  
30  
20  
10  
0

Pel 1700



M.o.h.  
90  
80  
70  
60  
50  
40  
30  
20  
10  
0

Pel 1830



PROFIL 1700 OG 1830

E 18 I TUNNEL GJENNOM  
HOLMESTRAND

Målestokk

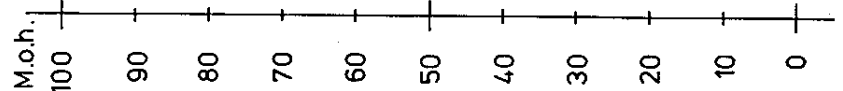
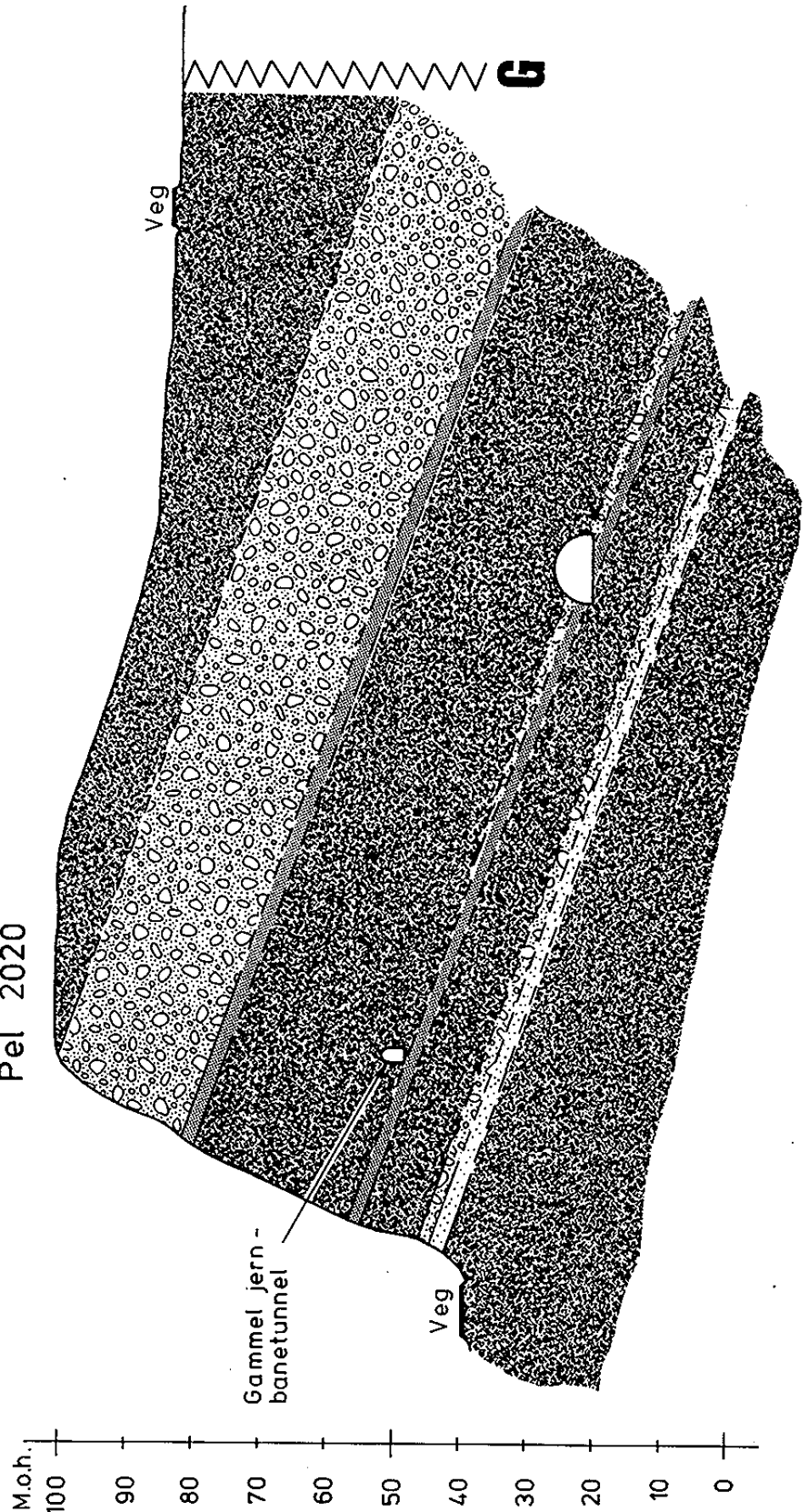
1:1000

Tegning nr.

Z 198 A - 52

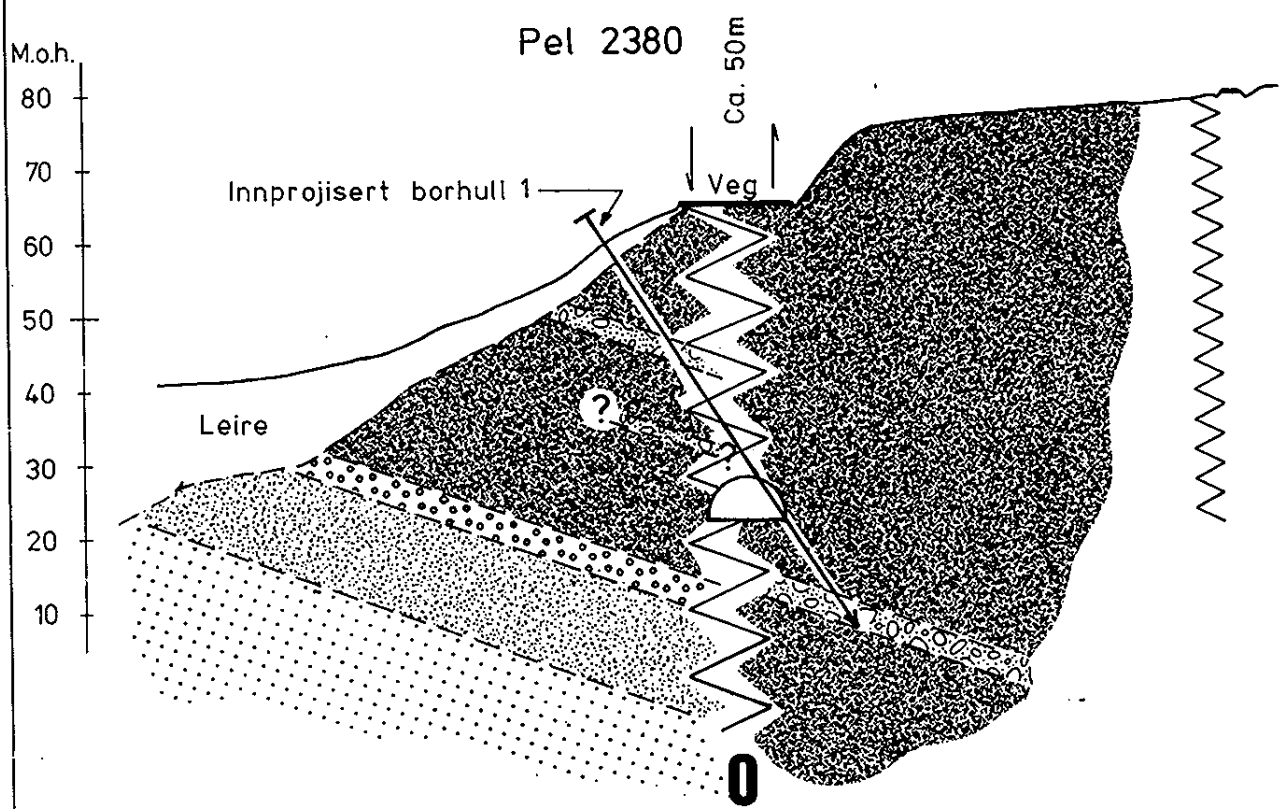
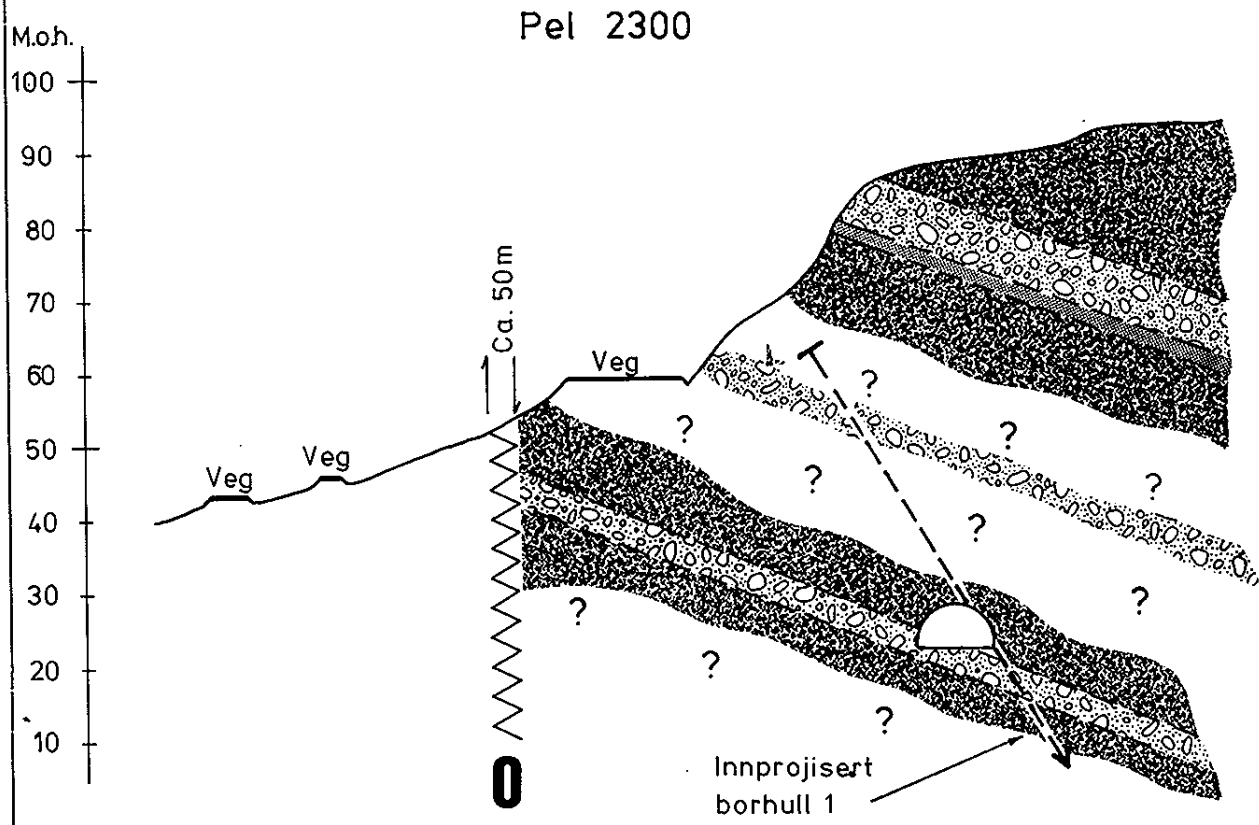
Dato/Sign.: 23/4 - 80 S.Fo.

Pel 2020



PROFIL 2020	Målestokk 1:1000	Tegning nr. Z 198 A - 53
		Dato/Sign.: 23/4 - 80 S.Fo.















PROFIL 2300 OG 2380	Målestokk 1:1000	Tegning nr. Z 198A- 54
		Dato/Sign.: 23/4-80 S.Fo.

# Vedlegg: Geologisk profil

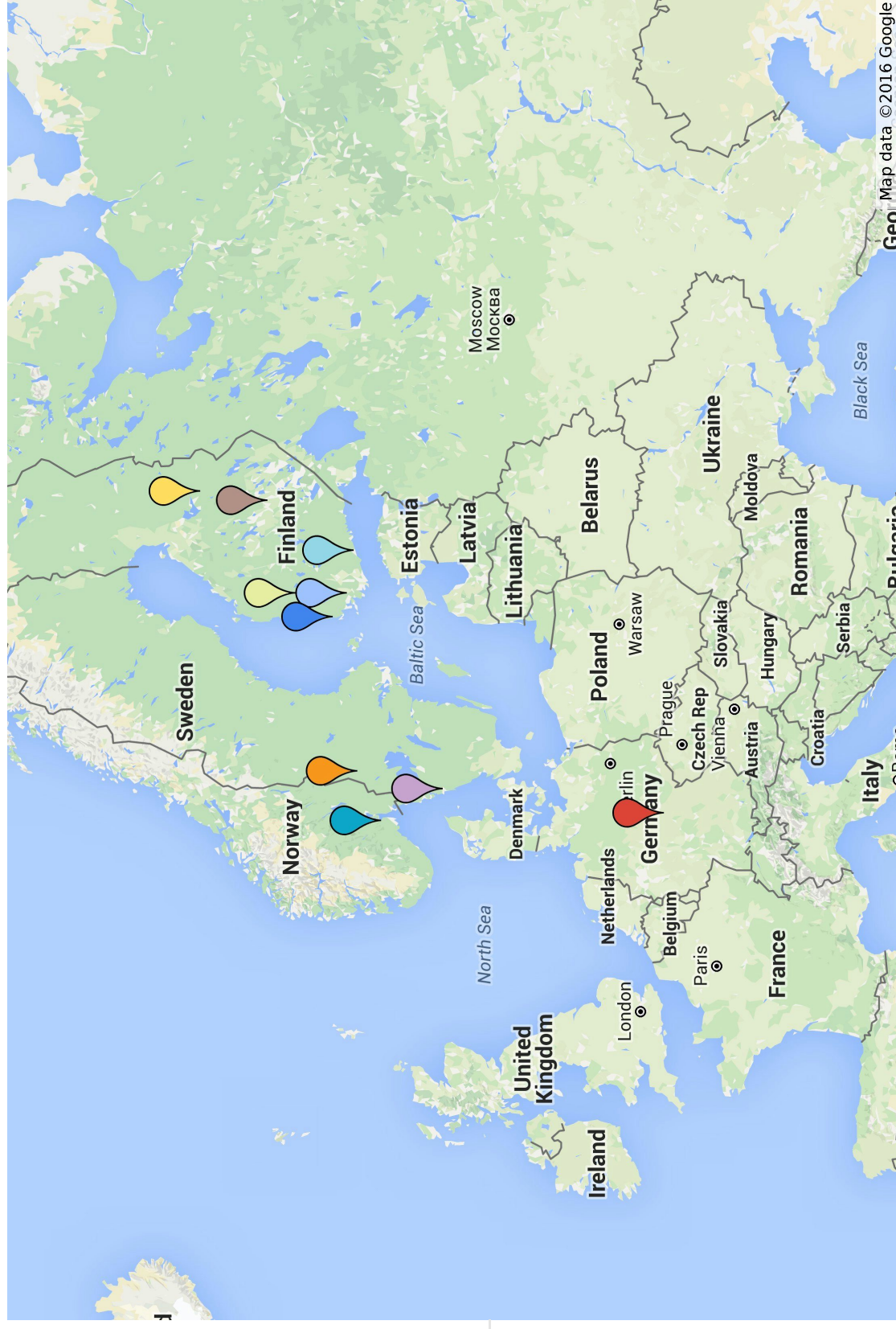
## Tegnforklaring :

	Basalt		Konglomerat m. kalksteinsboller
	Basalt m. blærerom		Kalkstein
	Agglomerat		Siltstein og leirskifer
	Röd sandstein		Ringerikesandstein (grå)
	Konglomerat		Kvartsporfyr

---

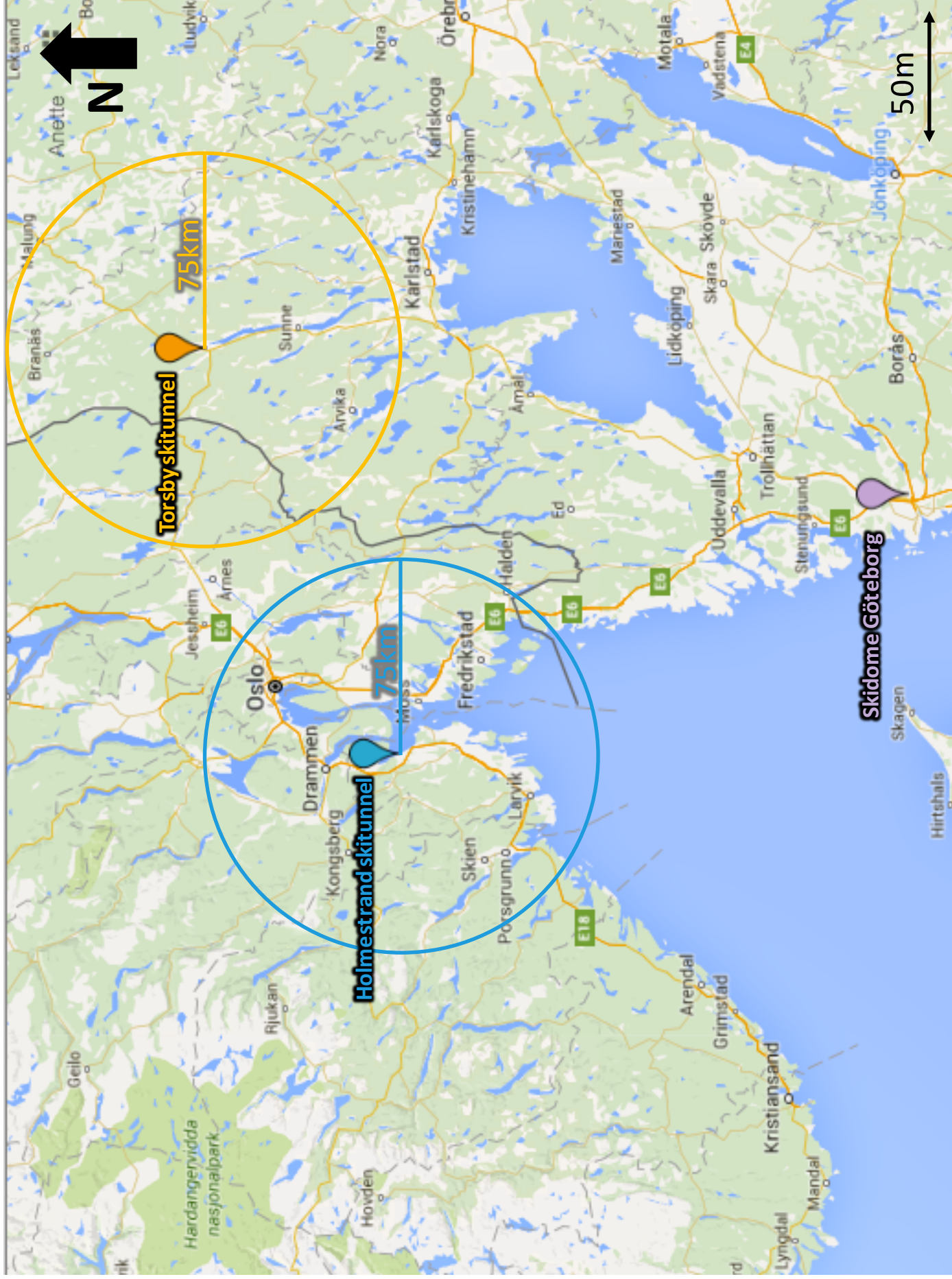
# Oversiktskart: Innendørsanlegg for langrenn

- Anlegg
- Holmestrand skitunnel
  - Jämikeskus skitunnel
  - Kivikko skihall
  - Oberhof skisporthalle
  - Pappi skitunnel
  - Skidome Göteborg
  - Torsby skitunnel
  - VahterusRing skitunnel
  - Vesileppis Ski Arena
  - Vuokatti skitunnel

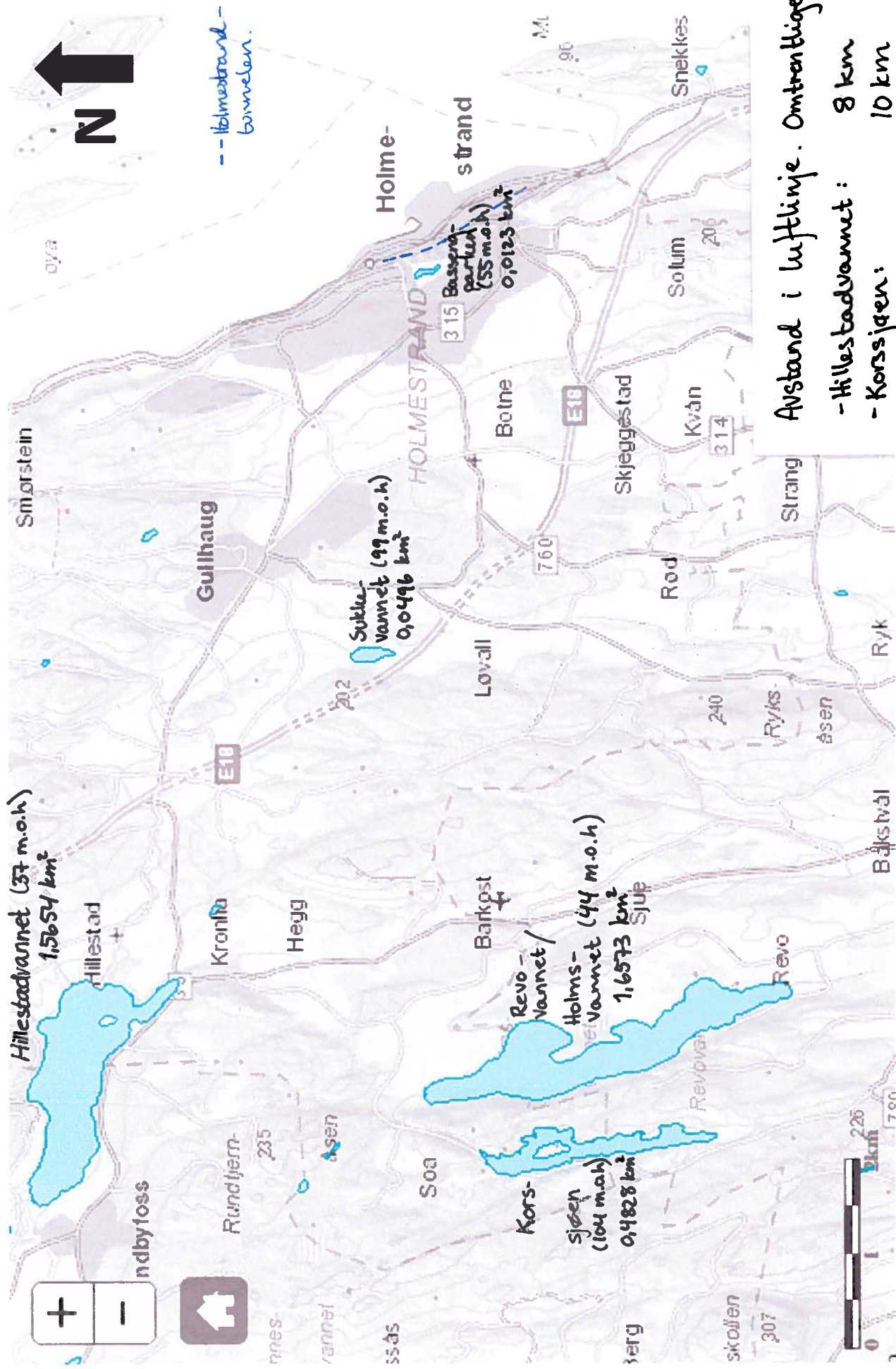


# Anslag av geografisk rekkevidde på 75km. (Holmestrand og Torsby)

Vedlegg



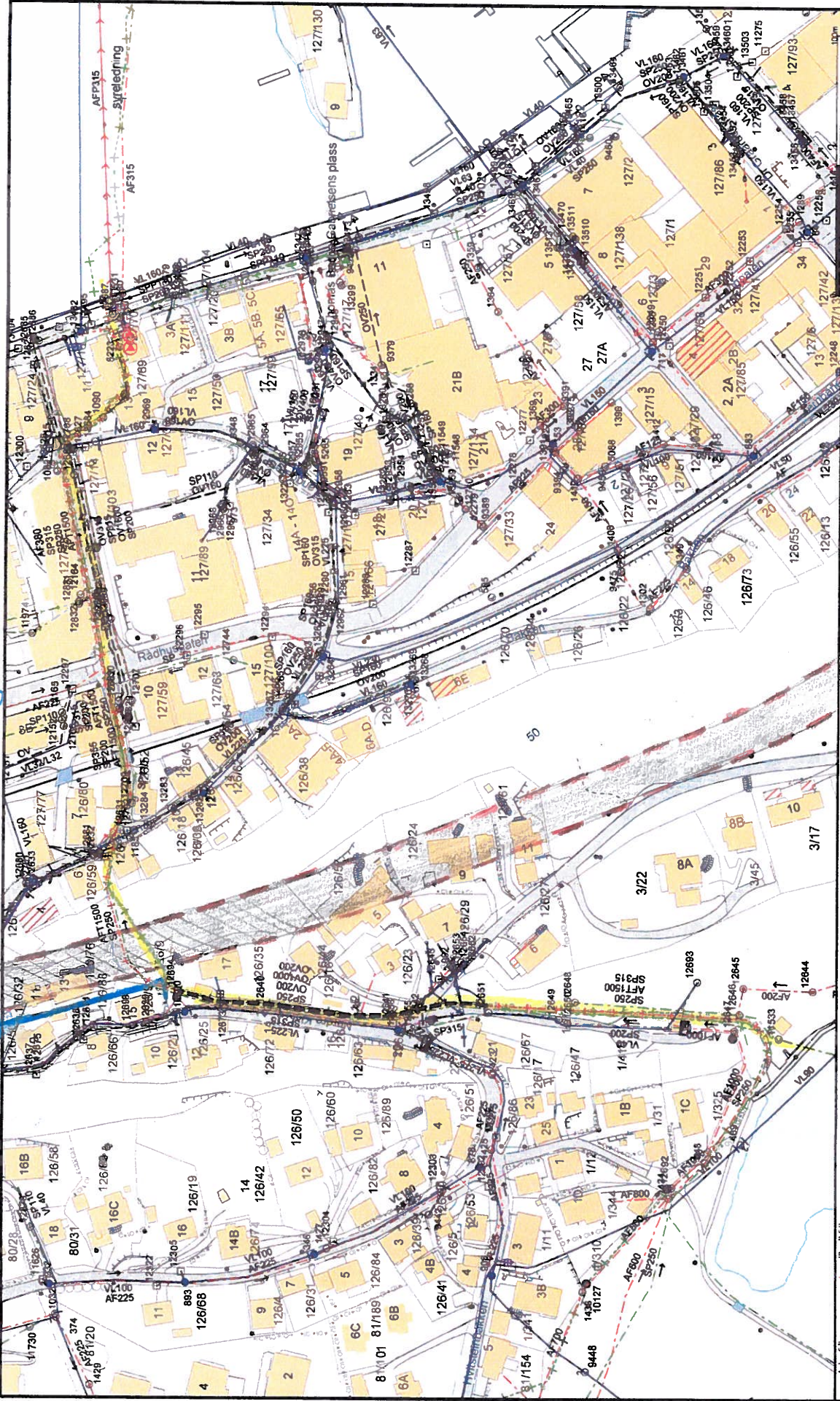
# Vedlegg: Vann til snøproduksjon




## Avstand i luftlinje. Omtrentlige mål

- Hillestadvannet: 8 km
- Kors-sjøen: 10 km
- Revo-/Holmsvannet: 9 km
- Suktlevannet: 4,5 km
- Bassenparten: 200 m

**VEDLEGG: OVERVANN FRA STORE DAM BASSEN** - Avstand til bunnsløpning ~90m

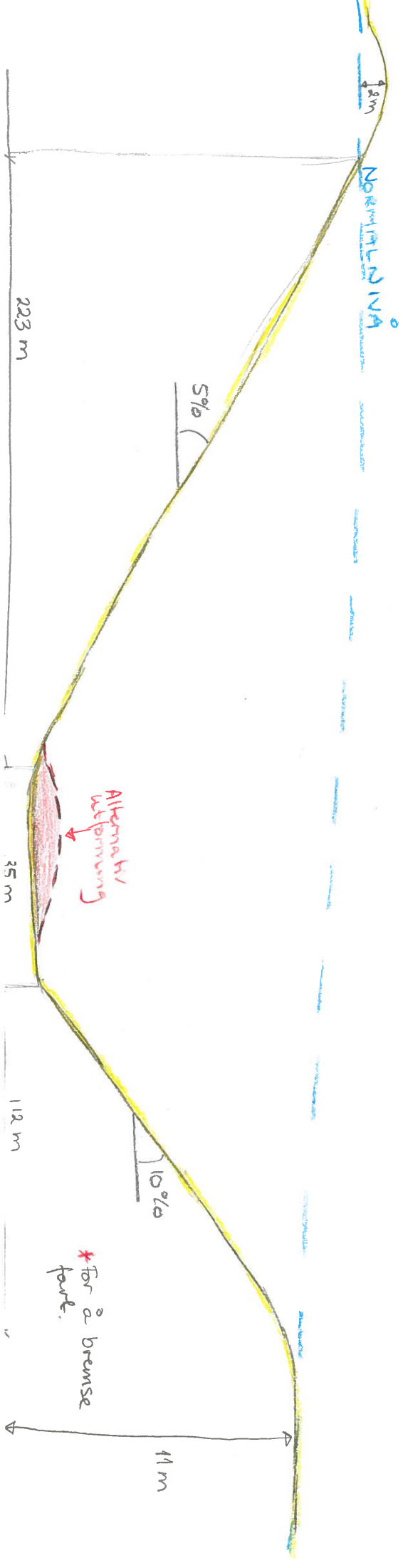
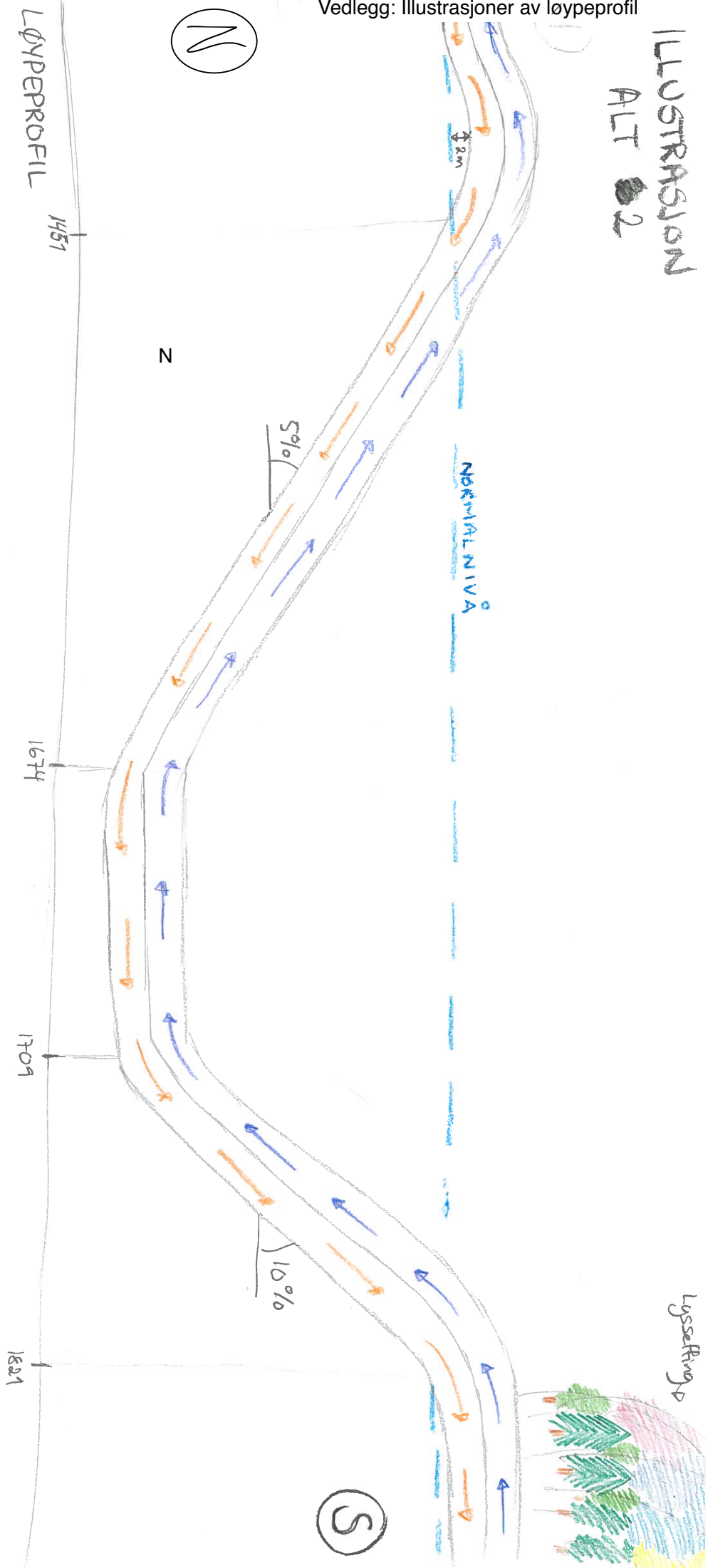


		Holmestrand kommune VA-avdeling	
20.06.03.08 RØBE		1:1400 Målestokk	

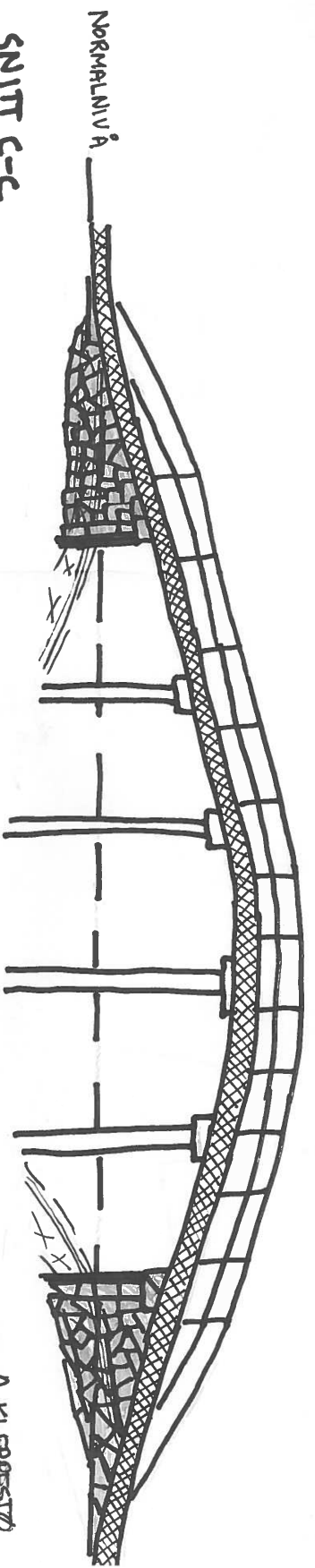
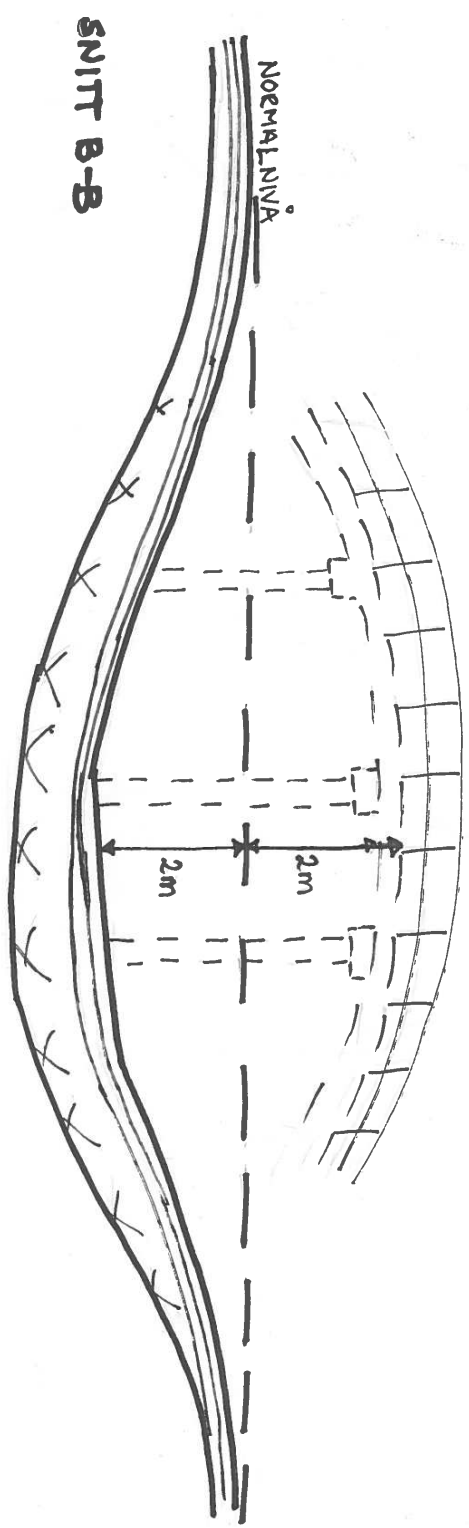
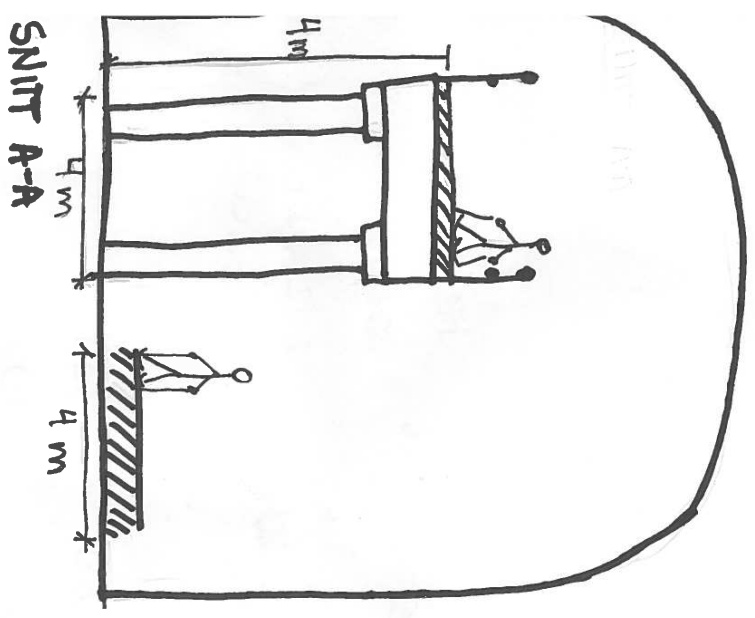
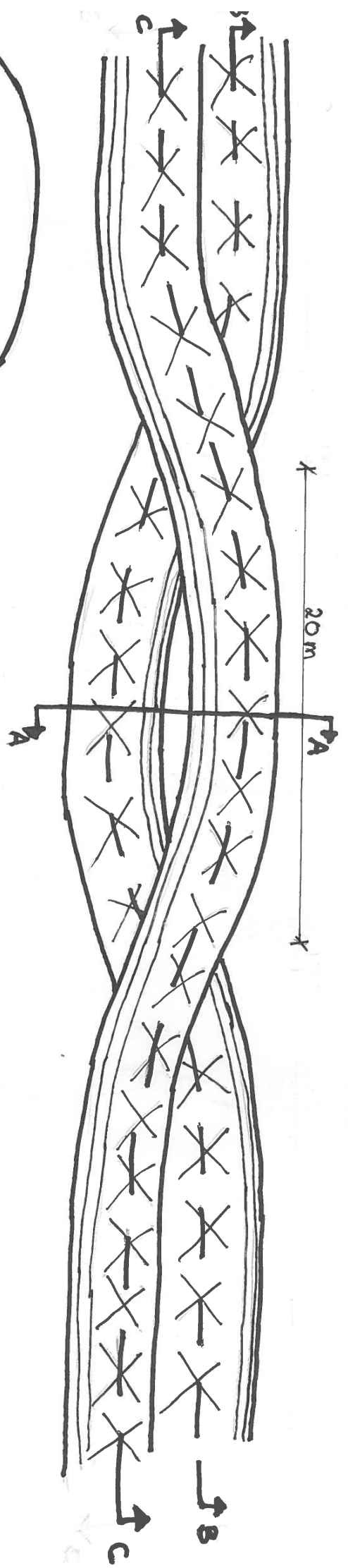
Avløp felles Drainsledning Overvann Pumpsledsløp (ell) Pumpsledsløp, spillvann Spillvann	Tunnell felles Vannledning Kum Sluk Hydrant	Beleggenhet opp til vannrett Koordinatsystem: UTM (WGS 84) - SONE 32 (EPSG:25832) Høydesystem: NN2000 (EPSG:3147)
---	---	---

# ILLUSTRASJON ALT 2



ØVNERFRI:

# PRINSIPPISKISSE FOR BRO M/ KRYSSNING



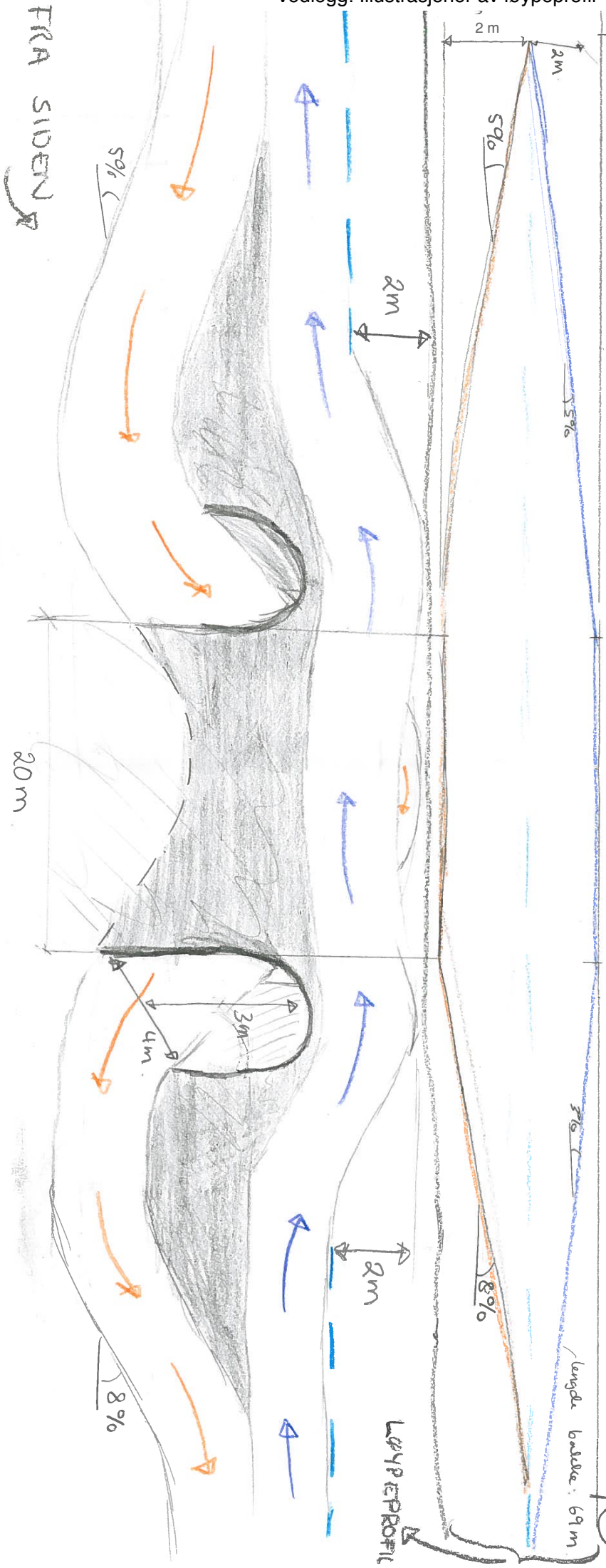


N 1270

1310

1330

1355 (S)

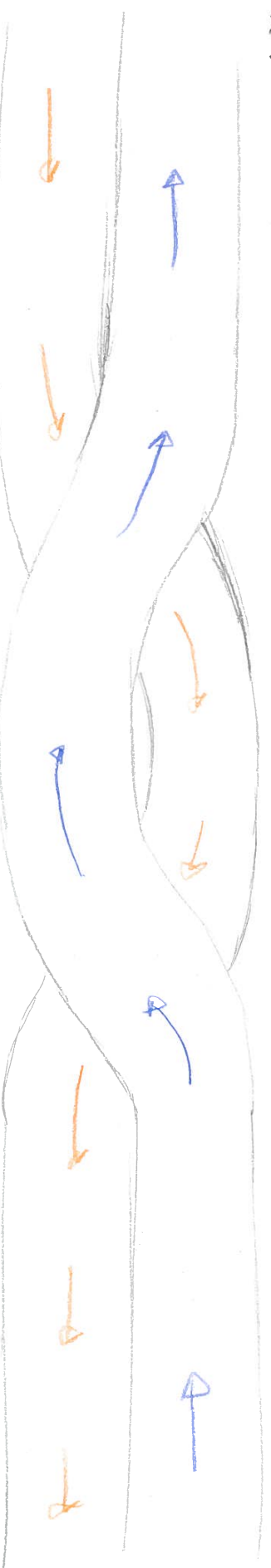


lengde bulle: 69m

FRA SIDEN

ALT 3

OVENFRA:

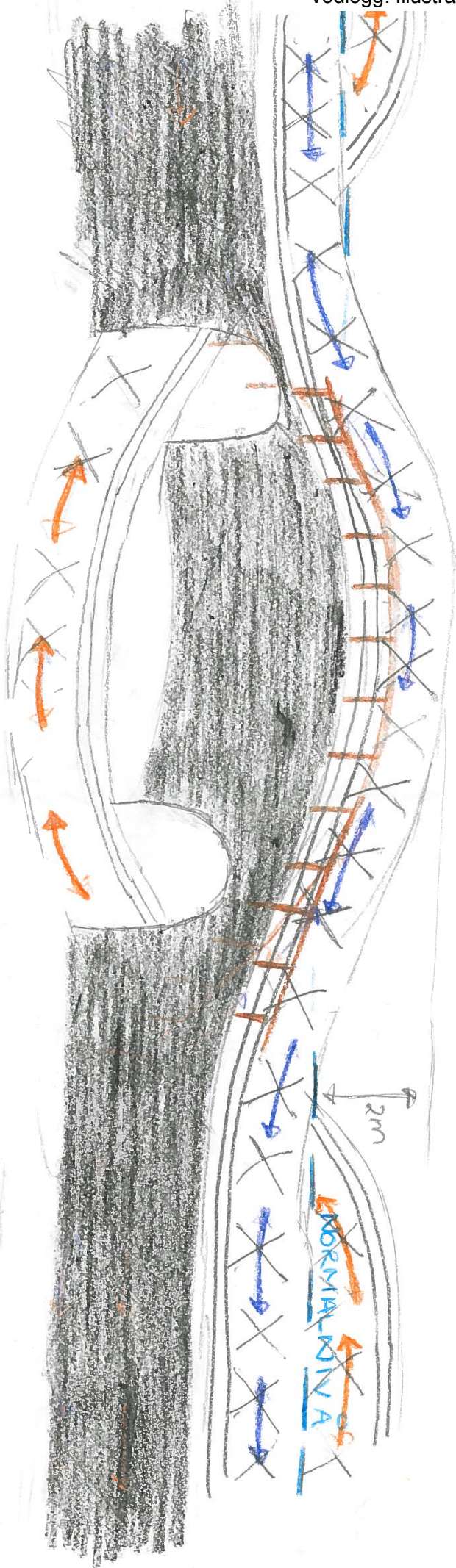


5

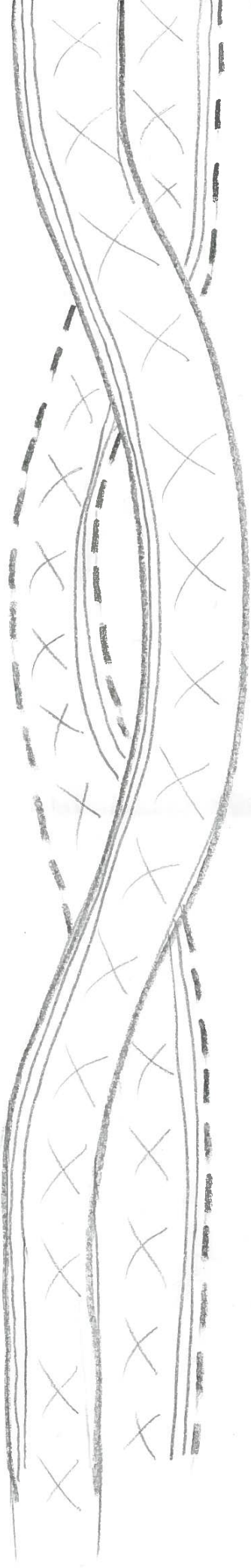
# ILLUSTRASJON

## ALT 3

FRA SIDEN:



OVENFRA:



7

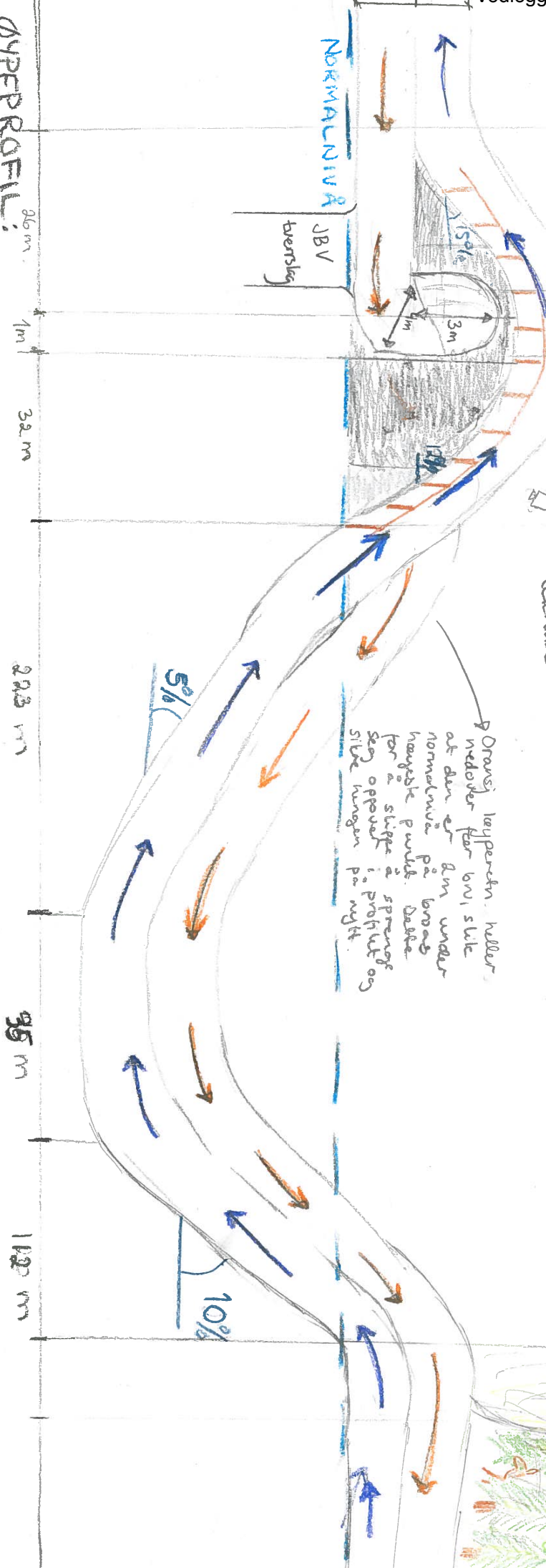
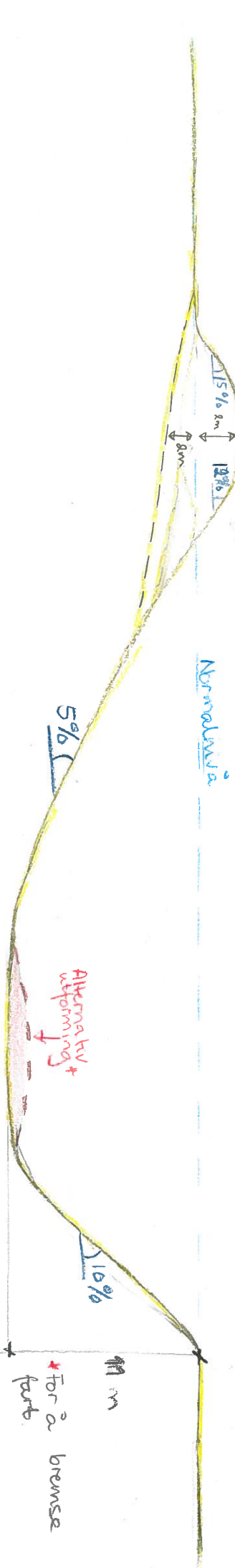
Profilnr 1398 1420 1425 1451 1524

# ILLUSTRASJON:

ALT 3

Profilnr 1400-1500

# LØYPERAFIL:



Dragei løypeprofil heller nedover for 8m under normalnivå på broas høyeste punkt. Dette for å slippe å sprengte seg oppover i profilt og slippe hengen på nytt.

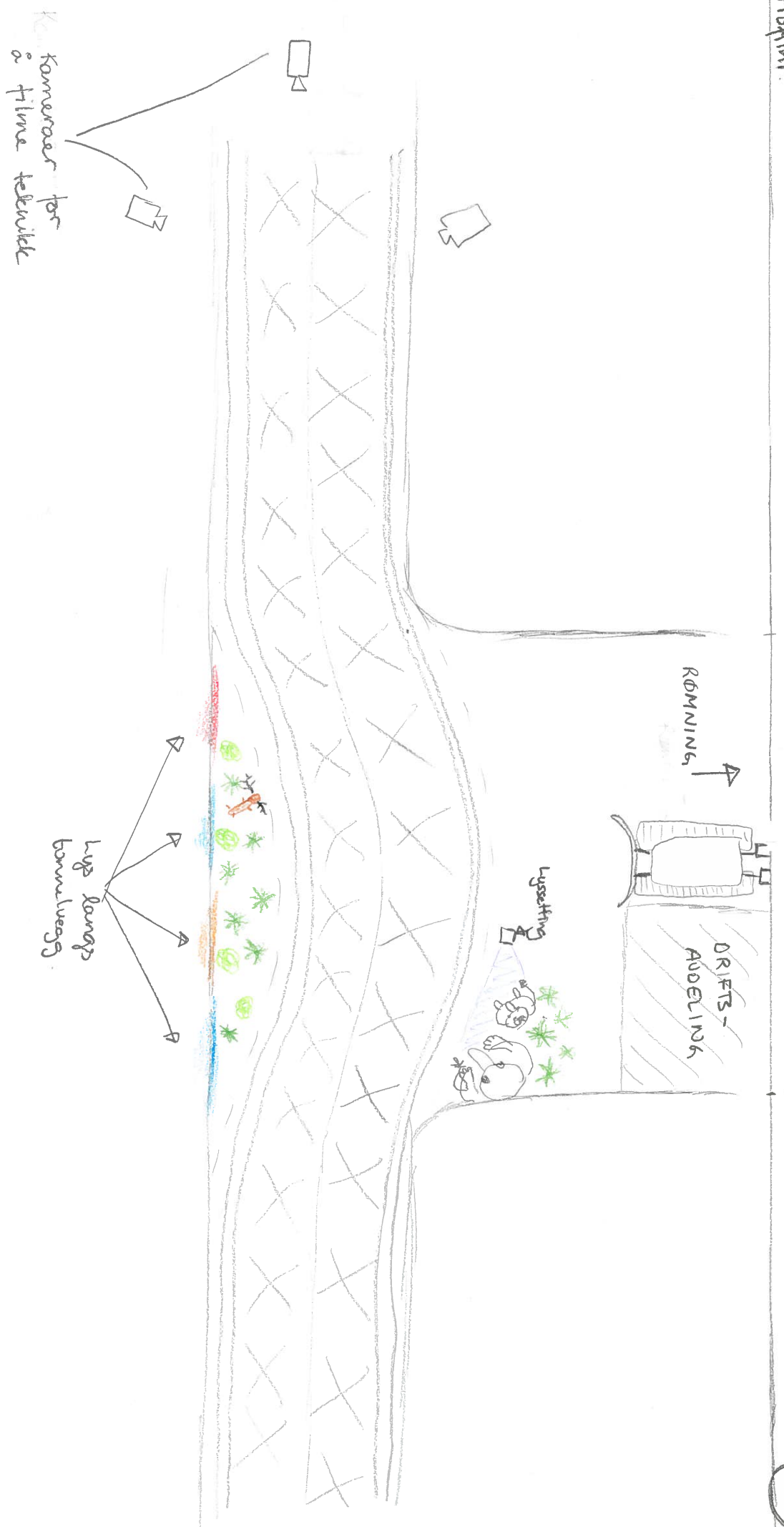
Korrektur for å finne tekniske



11 m  
\* For å bremsa farten

1821

1845



# ILLUSTRASJON:

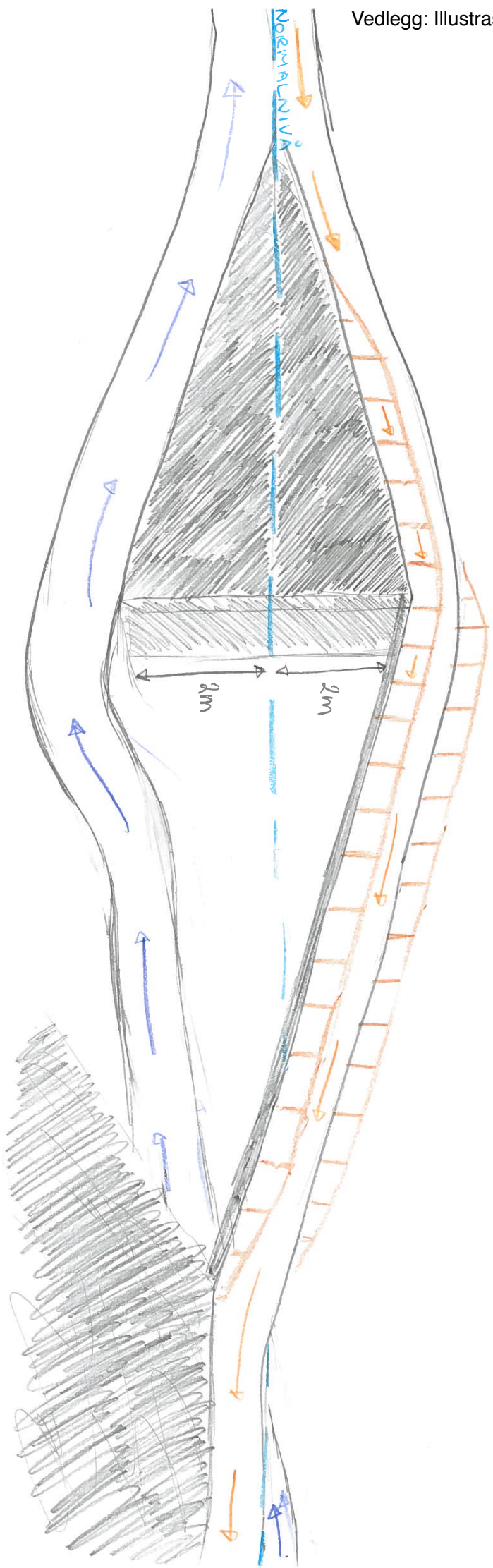
## TVERSLAG

ALT 2+3

(N)

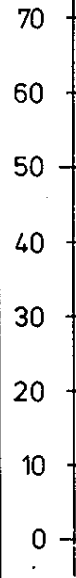
# ILLUSTRASJON ALT 3: KRYSNING LØVST SØR

(S)

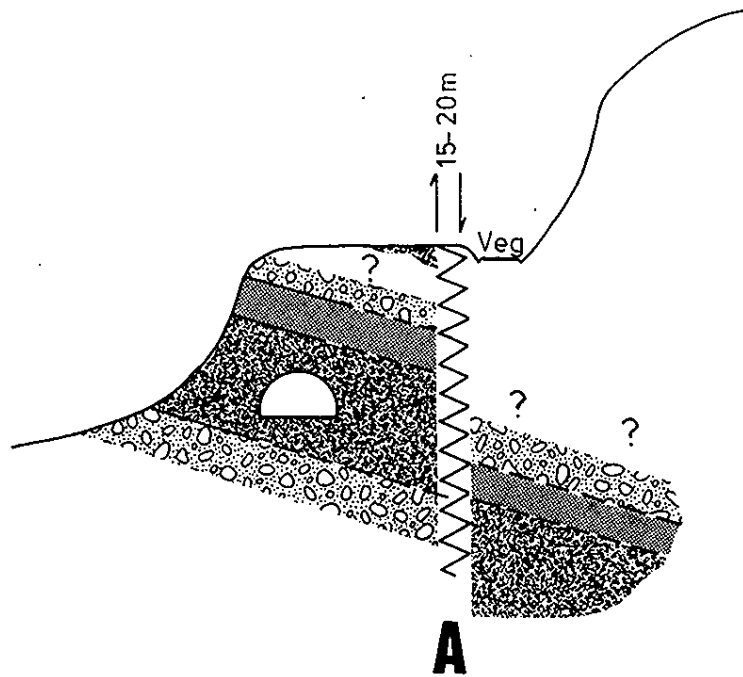


Plasseres et steil mellom profilur. 2460 og 2660  
JBVets tilkomst til deres tverrslag kan slipe under bro,  
der er løypeprofilen slakest.  
Bro må dimensjoneres for løyemassiv.

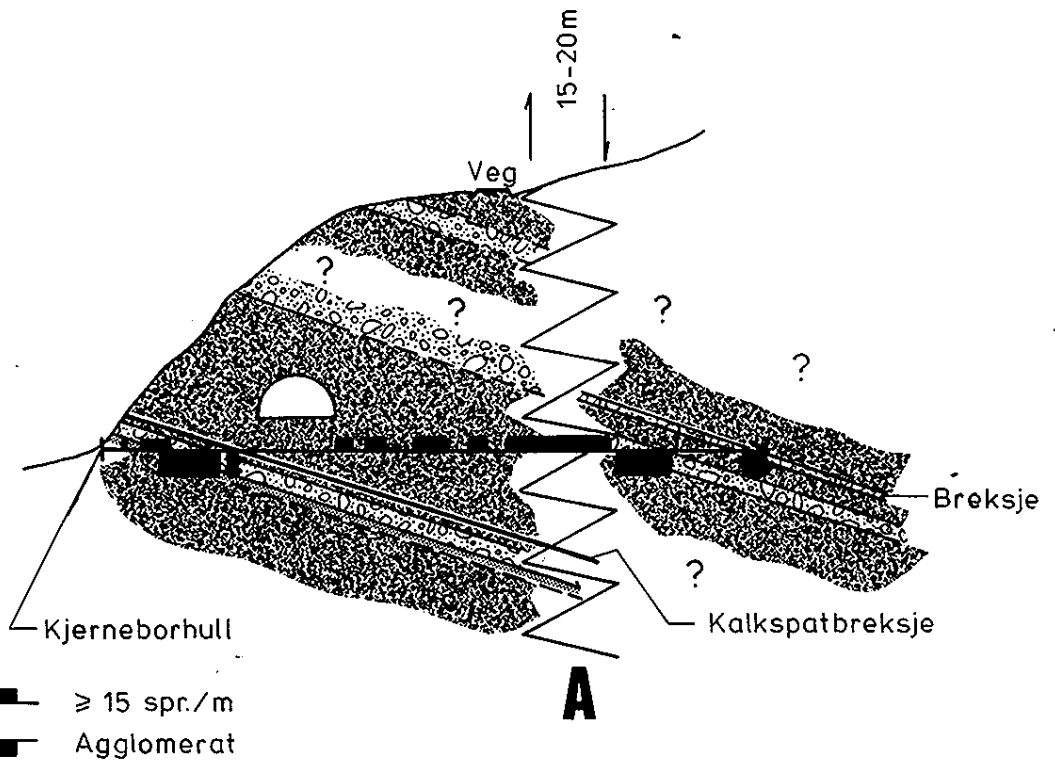
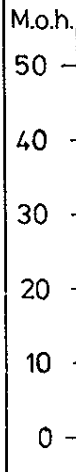
M.o.h.



Pel 1110



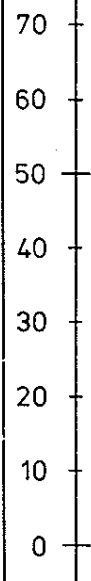
Pel 1170



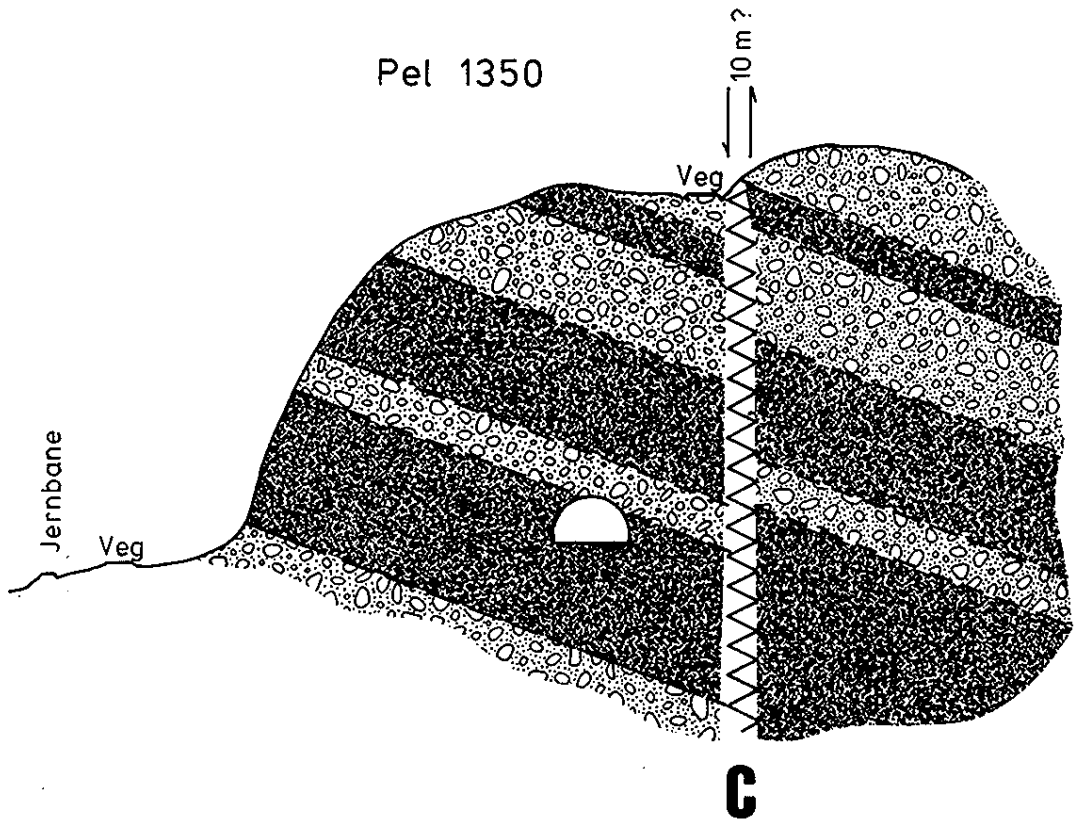
- $\geq 15$  spr./m
- Agglomerat

PROFIL 1110 OG 1170	Målestokk	Tegning nr.
	1:1000	Z 198 A-50
E 18 I TUNNEL GJENNOM HOLMESTRAND		Dato/Sign.: 23/4-80 S.Fo.

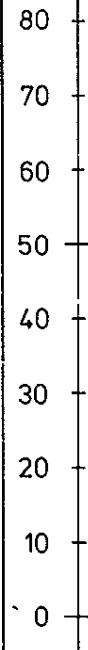
M.o.h.



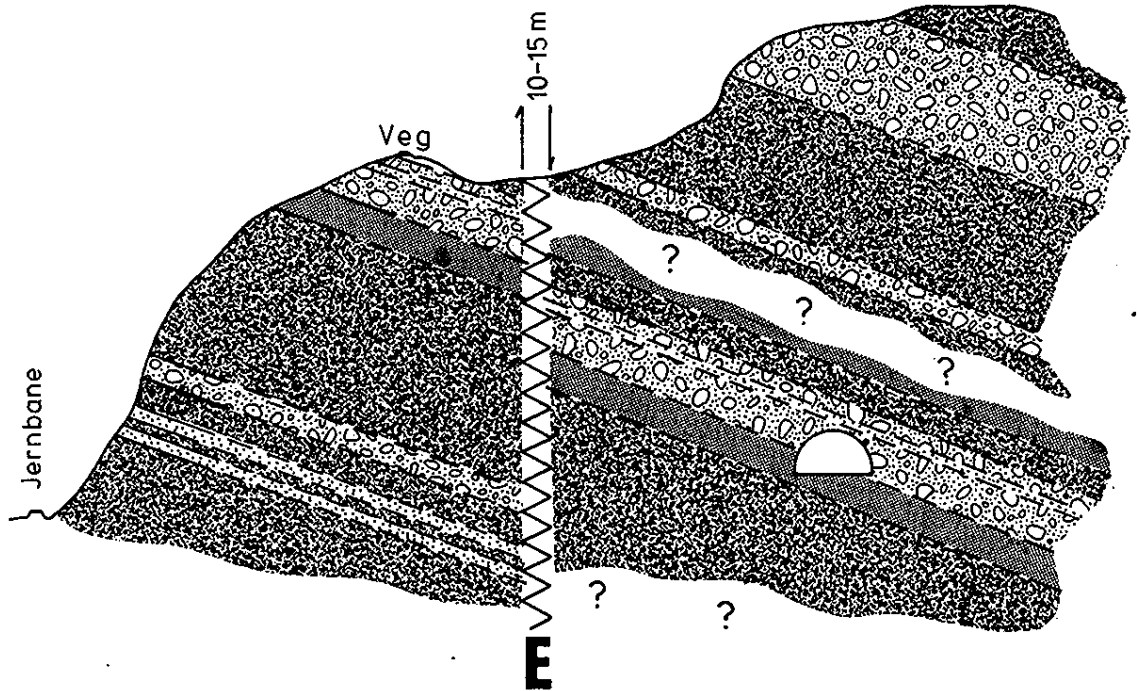
Pel 1350



M.o.h.



Pel 1520



PROFIL 1350 OG 1520

E 18 I TUNNEL GJENNOM  
HOLMESTRAND

Målestokk

1:1000

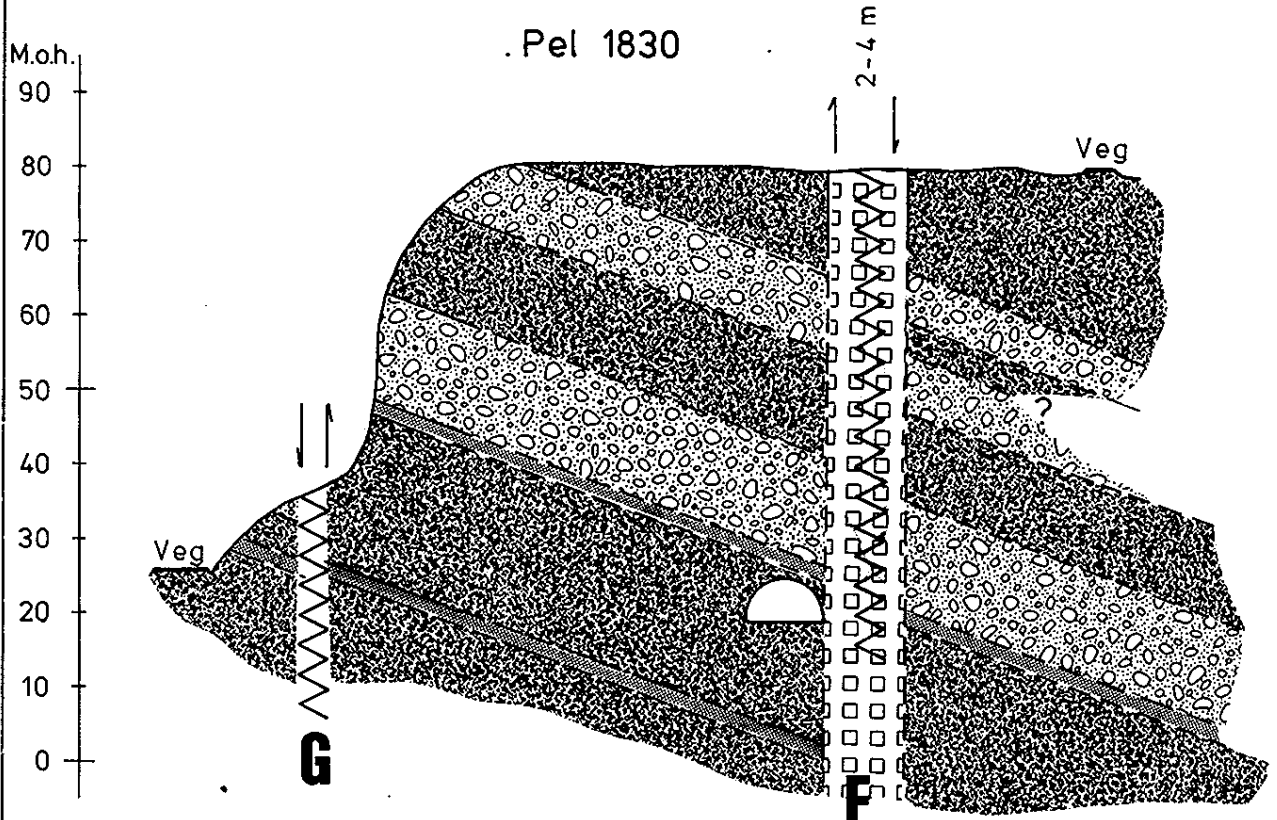
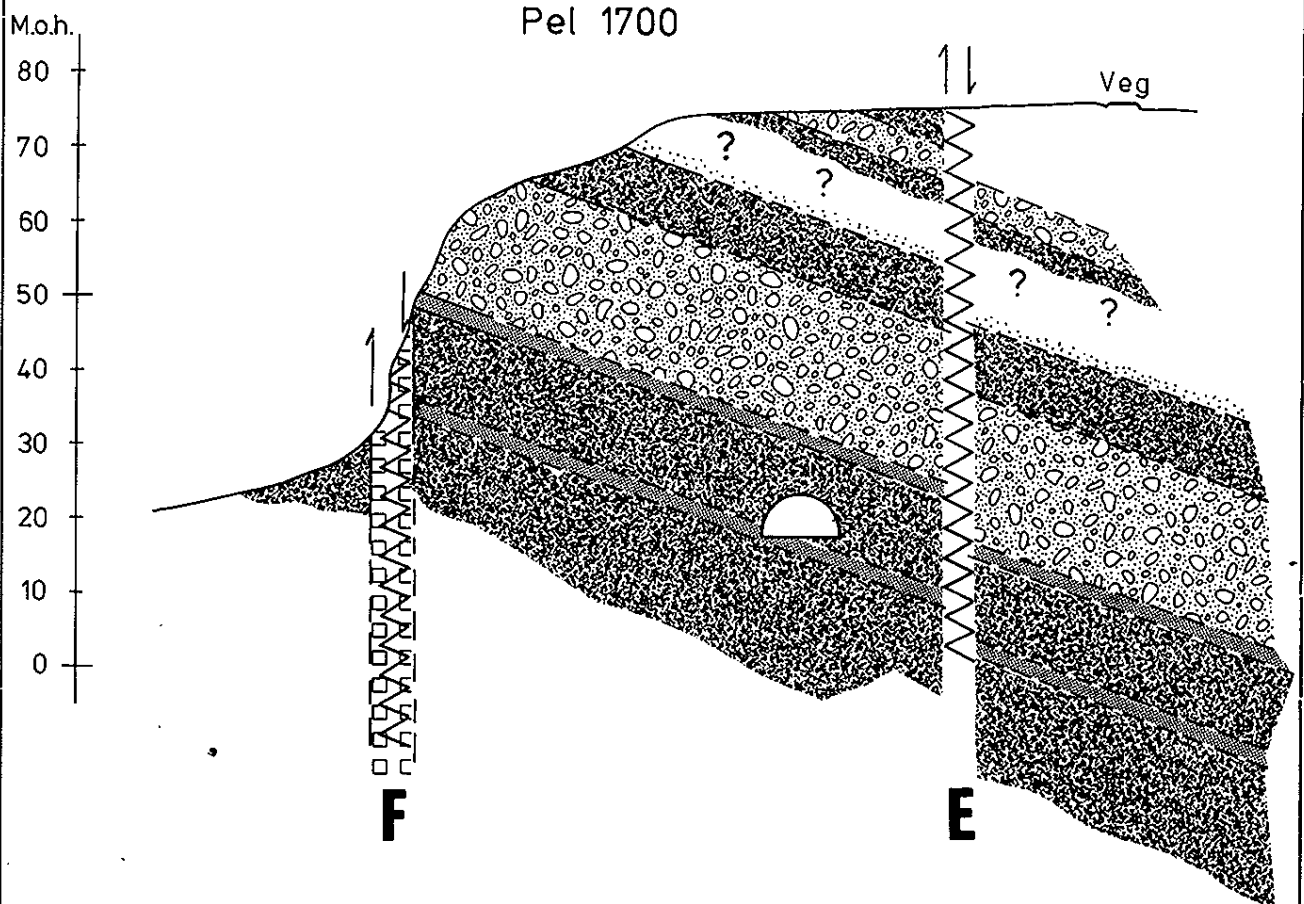
Tegning nr.

Z 198 A - 51

Dato/Sign.: 23/4 - 80 S.Fo.

VEGDIREKTORATET

VEGLABORATORIET



PROFIL 1700 OG 1830

E 18 I TUNNEL GJENNOM  
HOLMESTRAND

Målestokk

1:1000

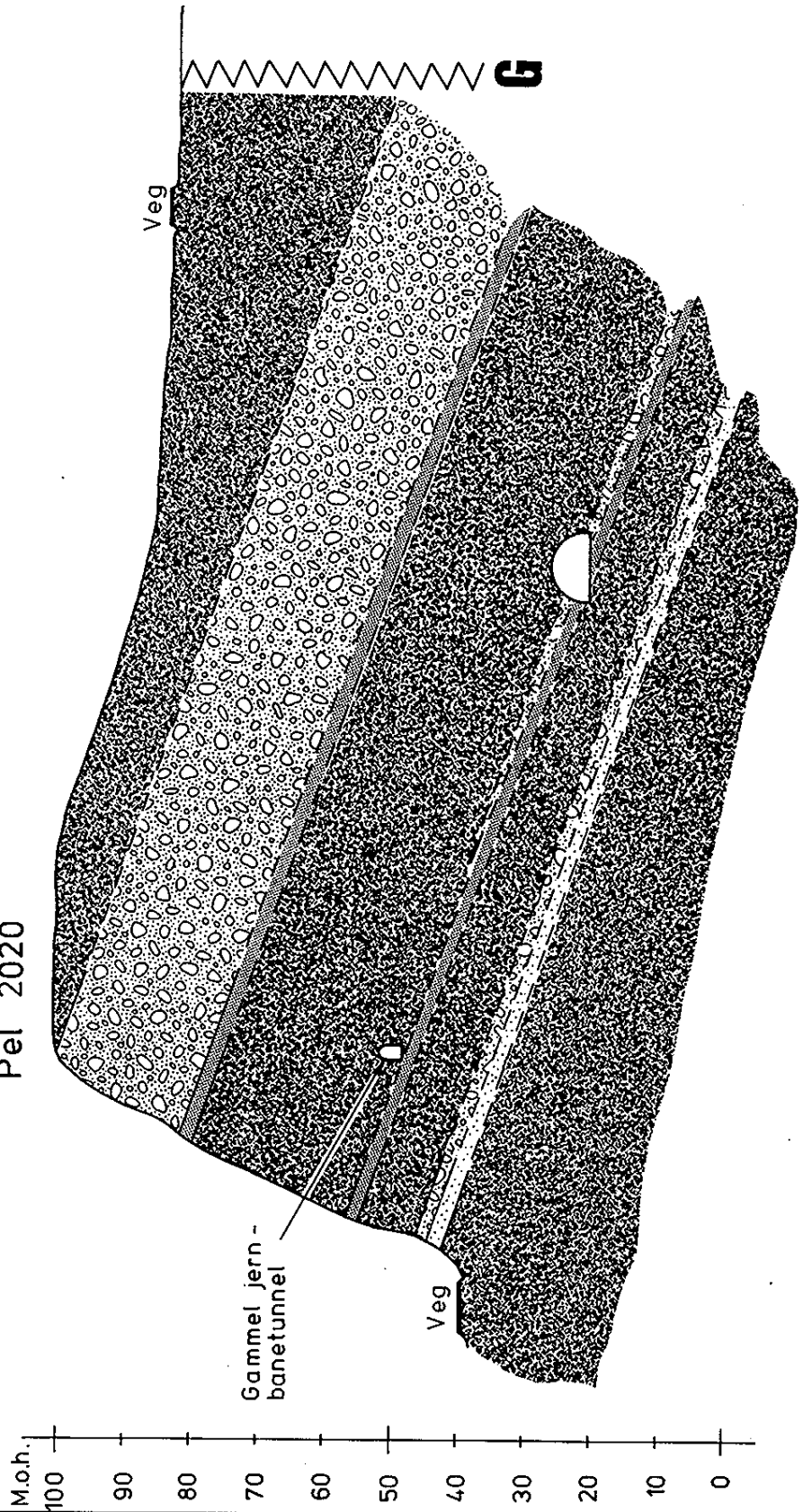
Tegning nr.

Z 198 A - 52

Dato/Sign.: 23/4 - 80 S.Fo.



PROFIL 2020



PROFIL 2020

E18 I TUNNEL GJENNOM  
HOLMESTRAND

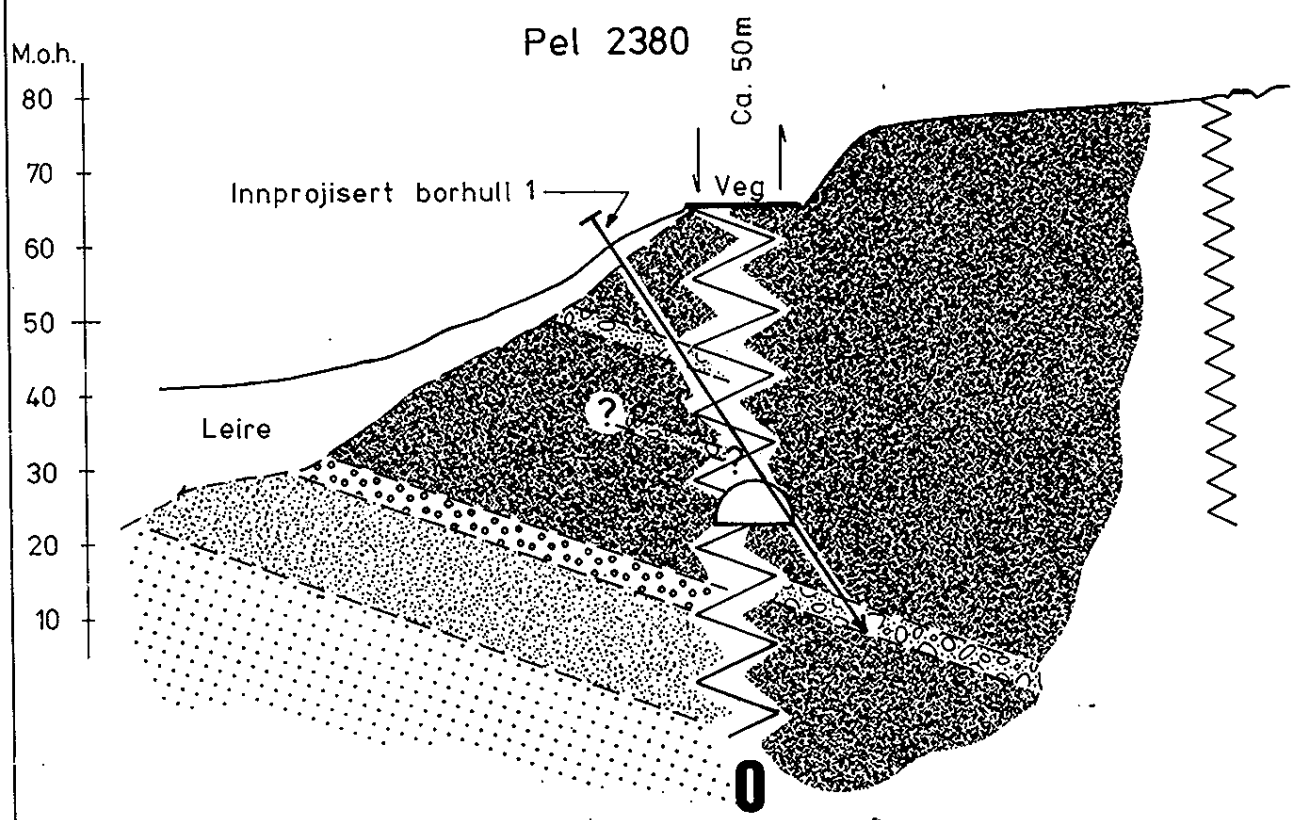
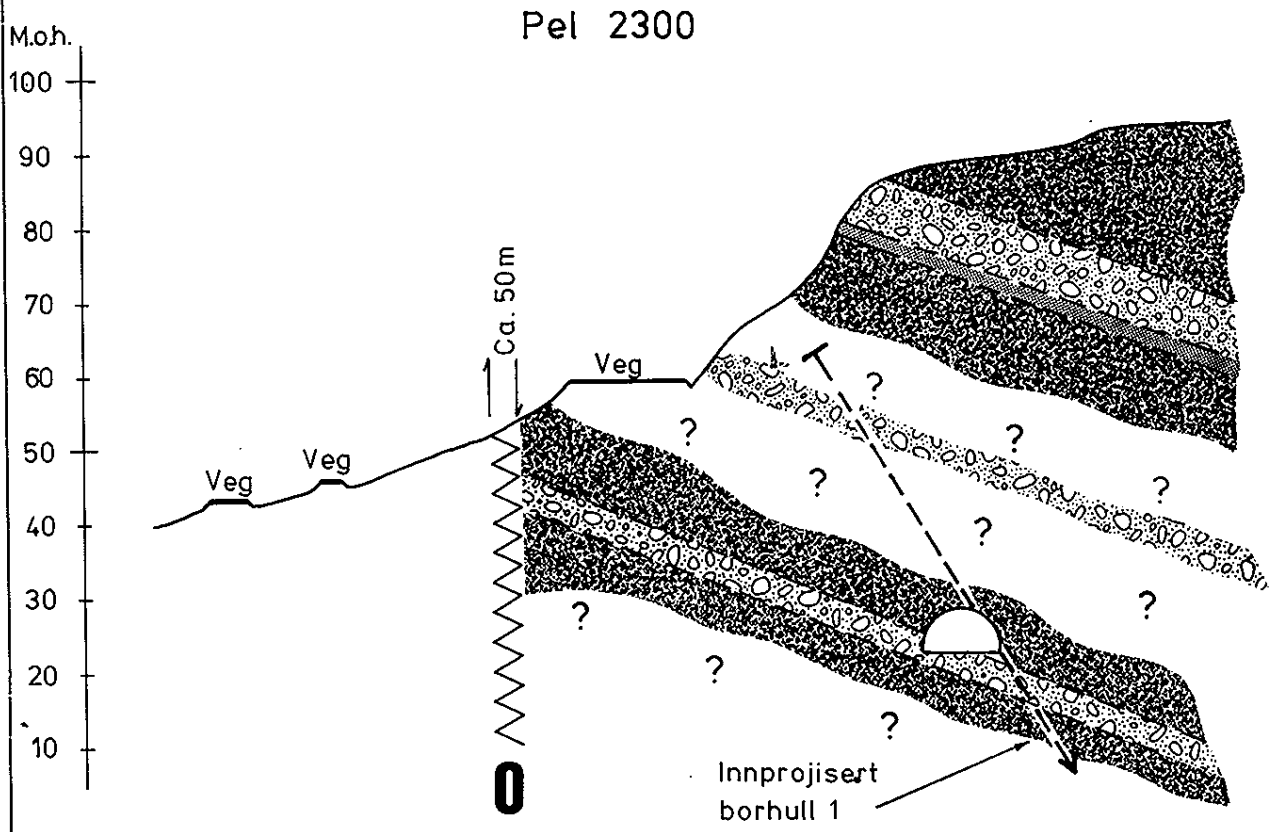
Målestokk

1:1000

Tegning nr.

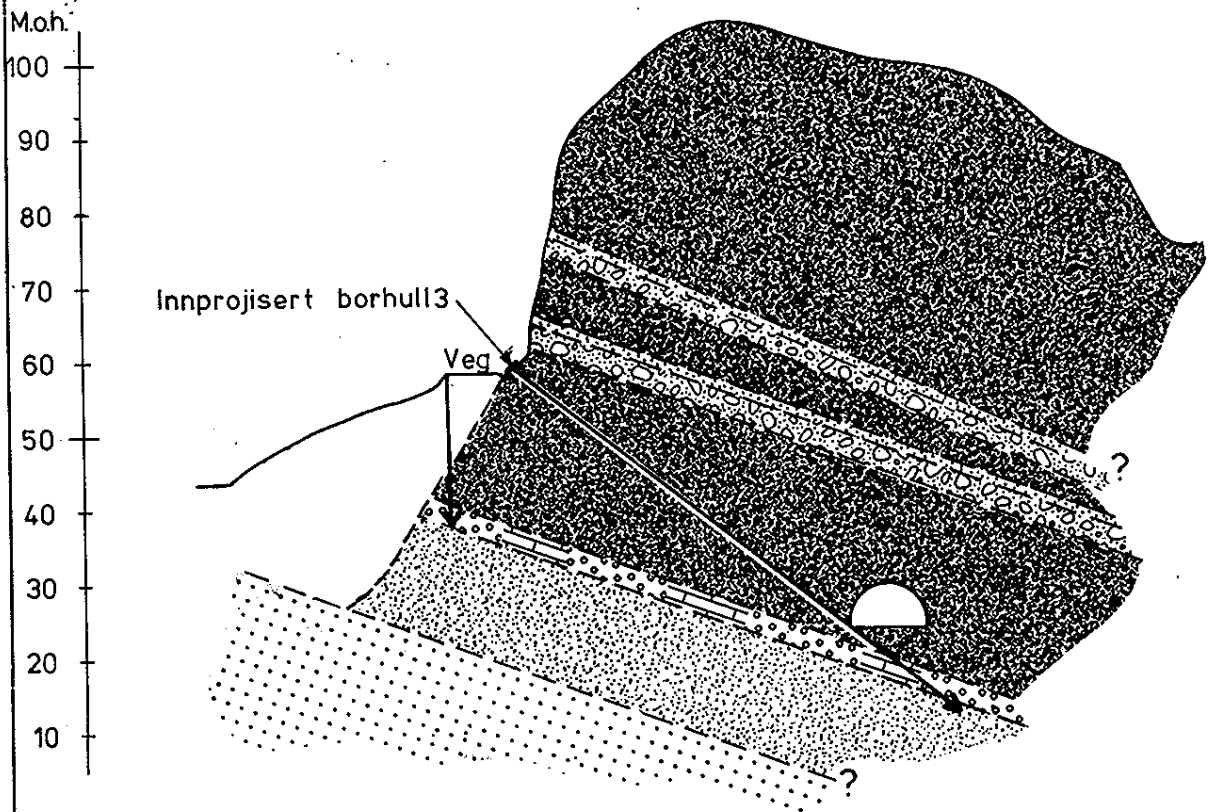
Z 198 A - 53

Dato/Sign.: 23/4-80 S.Fo.

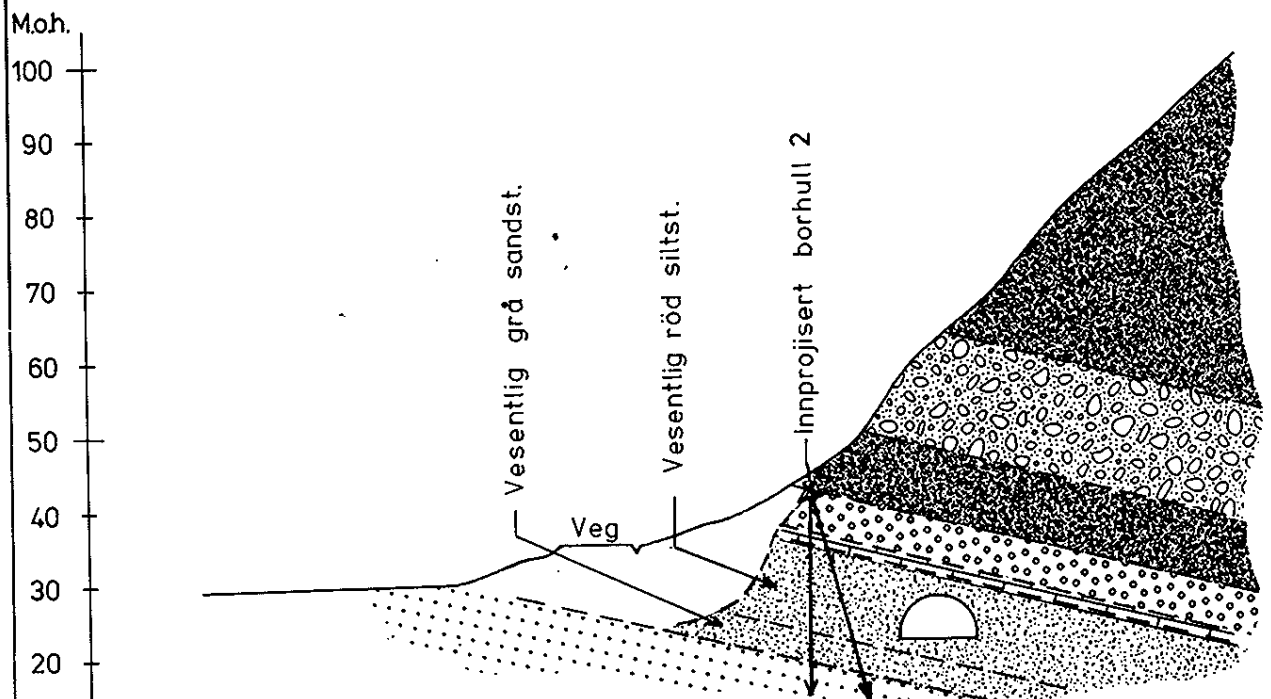


PROFIL 2300 OG 2380	Målestokk	Tegning nr.
	1:1000	Z 198A- 54
E 18 I TUNNEL GJENNOM HOLMESTRAND		Dato/Sign.: 23/4-80 S.Fo.

Pel 2505

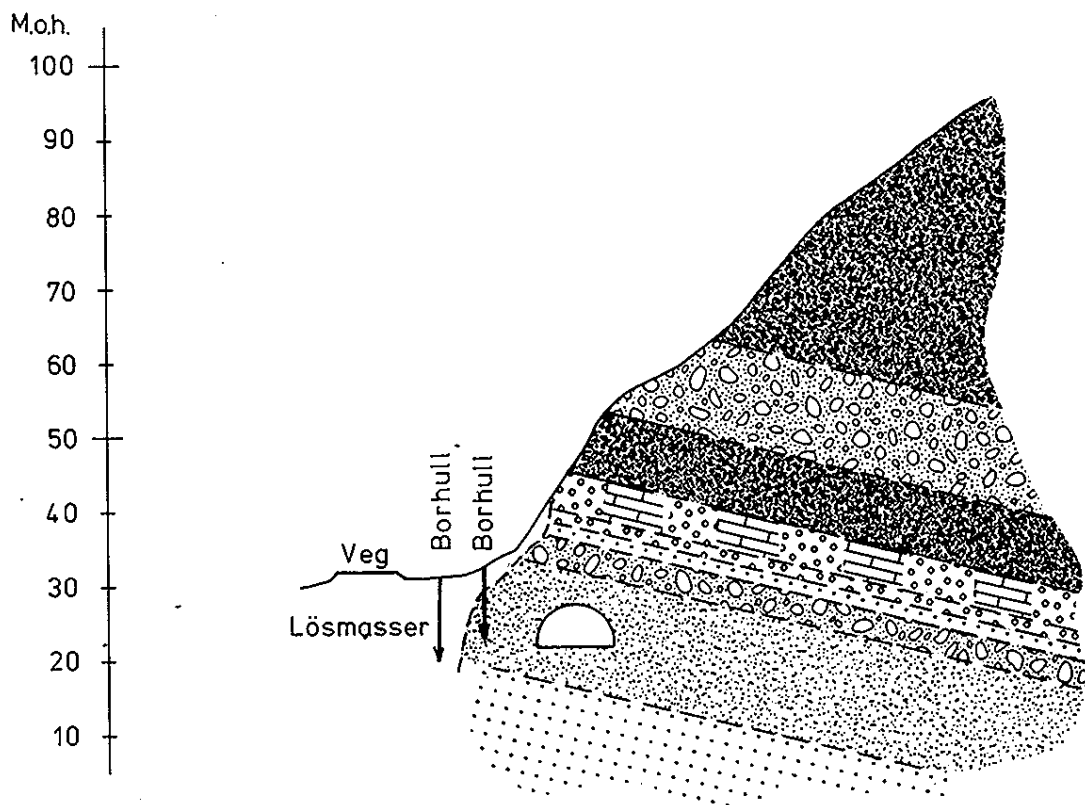


Pel 2825

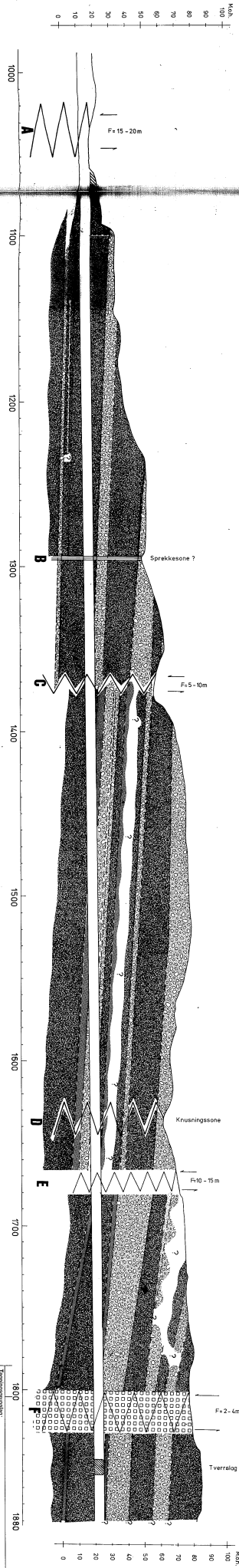


PROFIL 2505 OG 2825	Målestokk	Tegning nr.
E 18 I TUNNEL GJENNOM HOLMESTRAND	1:1000	Z 198A-55
VEGDIREKTORATET VEGLABORATORIET		Dato/Sign.: 23/4-80 S.Fo.

Pel 2855



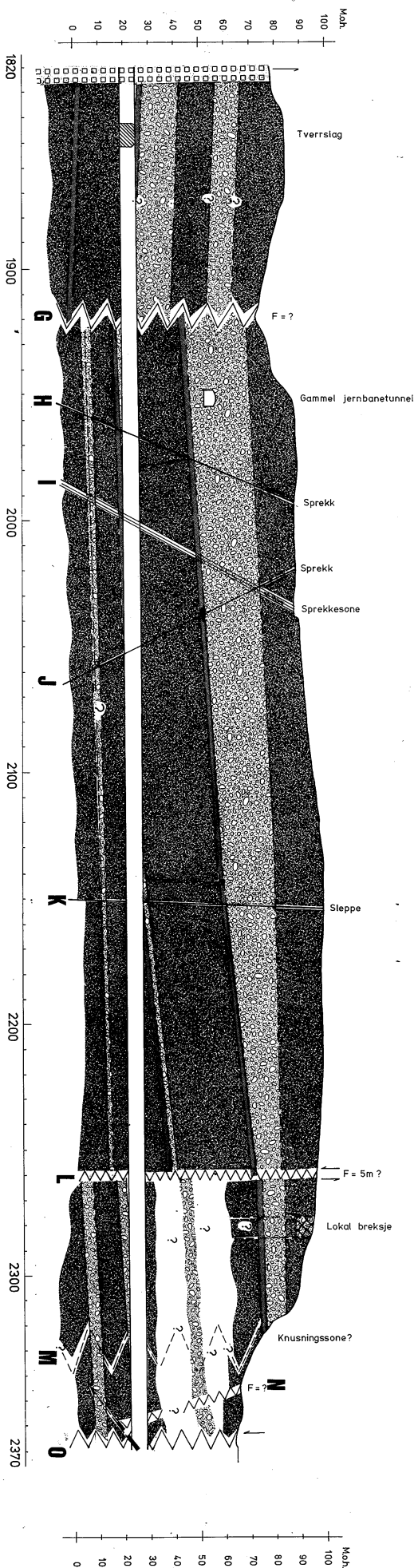
PROFIL 2855	Målestokk 1:1000	Tegning nr. Z 198 A- 56
E 18 I TUNNEL GJENNOM HOLMESTRAND		Dato/Sign.: 23/4- 80 S.Fo.
VEGDIREKTORATET VEGLABORATORIET		



- Tagtørkning:**
- Sand
  - Sand m. blæsten
  - Agglomerat
  - Rød sandsten
  - Konglomerat
  - Konglomerat m. kuler
  - Kalksten
  - Skifer og sandsten
  - Fossiliferøs sandsten (19th)
  - Sandsten
  - Sandsten m. kuler
  - Sandsten m. kuler (19th)
  - Sandsten m. kuler (19th)

Tegningens navn: **LENGERPROFIL 1000 - 1880**  
 GROUNDING: **GRUNDUNDERSØGELSE**  
 E: **E 18 I TUNNEL ØJENOM**  
 Z: **Z 189A - 57**  
 UDGIVNINGSDATO: **1880**  
 VEJLEDER: **VEJLEDER**

Skala: 1:1000	Bladnr.: E. 0
Bladnr.: E. 0	Bladnr.: E. 0
Bladnr.: E. 0	Bladnr.: E. 0



Tegnforklaring:

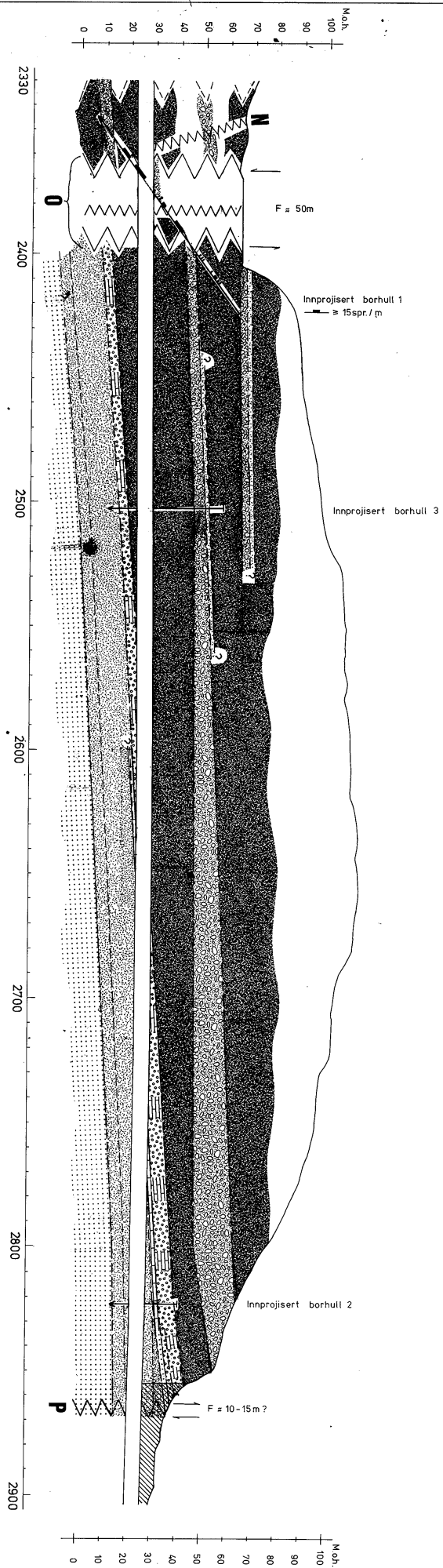
- |  |                     |  |                                 |
|--|---------------------|--|---------------------------------|
|  | Basalt              |  | Konglomerat m. kalksteinaboller |
|  | Basalt m. blæretrom |  | kalkstein                       |
|  | Agglomerat          |  | Silstein og leraktler           |
|  | Rød sandstein       |  | Ringekiesandstein (gd)          |
|  | Konglomerat         |  | kvartsporfyr                    |

Tegningsgrunnlag:

Vedlegg til rapport:

LENDEPROFIL, 1820 - 2370	Målestokk	Boret:
GRUNNUNNERSØKELSE:	1:1000	Tegn.: S. Fo.
E18 I TUNNEL GJENNOM		Saksbeh.: E. G.
HOLMESTRAND	Tegning nr.	Z 198 A-58

VEGDIREKTORATET  
VEGLABORATORIET



Tegnforklaring:

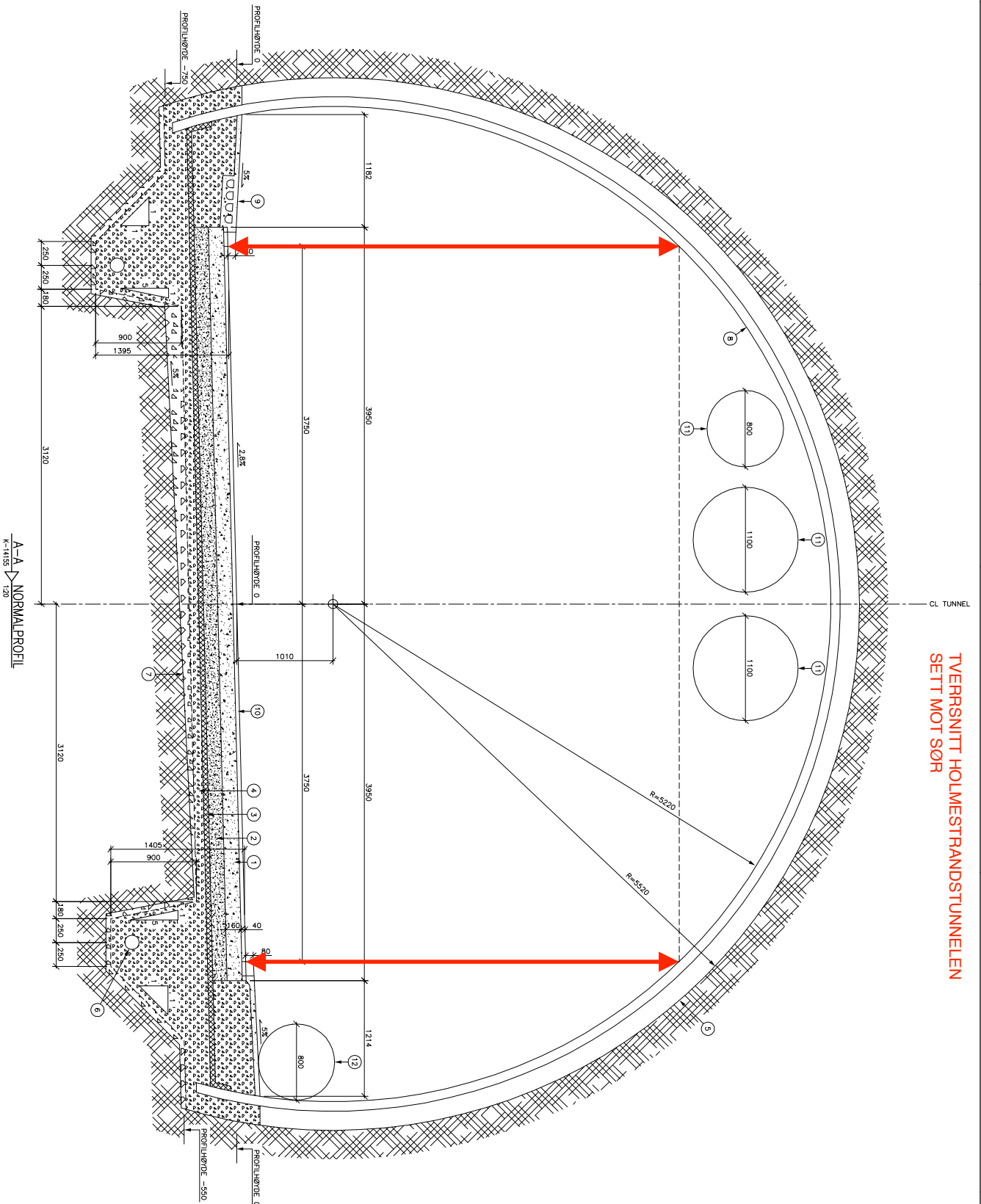
- |  |                    |  |                                |
|--|--------------------|--|--------------------------------|
|  | Basalt             |  | Konglomerat m. kalksteinboller |
|  | Basalt m. blæserom |  | Kalkstein                      |
|  | Agglomerat         |  | Siltstein og lerakifer         |
|  | Rød sandstein      |  | Ringerte sandstein (grå)       |
|  | Konglomerat        |  | Kvartsporfyr                   |

Tegningsskala:

Vedlegg til rapport:

LENGDEPROFIL 2330 - 2900	1:1000	Målestokk	Borert:
GRUNNUNDERSØKELSE		Tegnet:	S.F.o.
E 18 I TUNNEL		Sjekkert:	E.G.
HOLMESTRAND		Tegning nr.	Z 198 A - 59
VEGLABORATORIET			
VEGLABORATORIET			

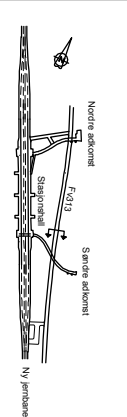
**TVÆRSNITT HOLMESTRANDSTUNNELLEN  
SETT MOT SØR**



- ANMERKNINGER:**
- 1) BETONGDEKKE (UAKKERT)
  - 2) 150mm SENKTSYTBILISERT GRUS
  - 3) 50mm ISOLASJON XPS
  - 4) 100mm VEGGRADERT DRENERENDE GRUS
  - 5) TEORETISK SPREKNINGSPROFIL
  - 6) DRENSLEDDING
  - 7) TEORETISK TRÅUBUNN
  - 8) DRIPPHELV
  - 9) TREKKEMØR
  - 10) ASFALT
  - 11) GARDE FOR VENTILASJON, ENTREPRENØR VELGER ENDELIG ANVÅL OG PÅSLÆSING UTIFRA DIMENSJONERT BEHOV OG GJTE BEBUDNINGER.
  - 12) GARDE FOR VENTILASJON, ENTREPRENØR VELGER ENDELIG ANVÅL OG PÅSLÆSING UTIFRA DIMENSJONERT BEHOV OG GJTE BEBUDNINGER.

**GENERELT**  
KUN TIL INFORMASJON

**HENVISNINGER:**  
K--14072: 98. Kulvert UK F313 Holmestrandtunnelen, plan

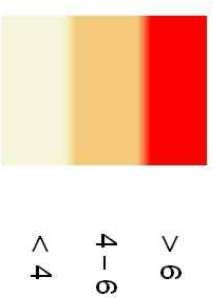


DRG	14072	20.02.2011	ROV	SR	TRU
DRG	14072	01.06.2011	ROV	SR	TRU
BYGGEMÅL F313.3 HOLMESTRANDTUNNELLEN					
NORMALPROFIL					
Holmestrand kommune					
UTDRAG AV VESTFOLDKARTEN					
5.3 HOLMESTRAND - NYKIRKE					
UVB-53-K-14155 01C					
Jernbaneverket					



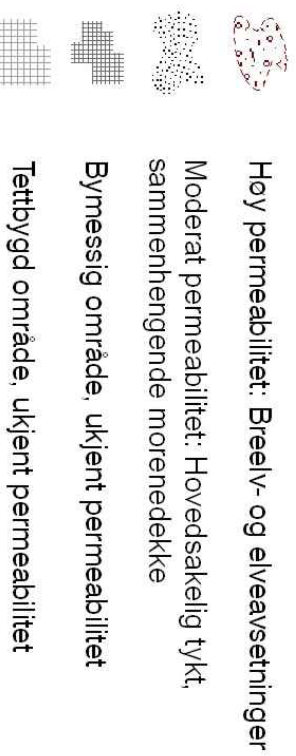
## Beregnet bakkekonsentrasjon av uran (ppm)

Urankonsentrasjonen er beregnet på bakgrunn av gammaspespektrometriske fly- og helikoptermålinger og forutsetter likevekt i urankjeden

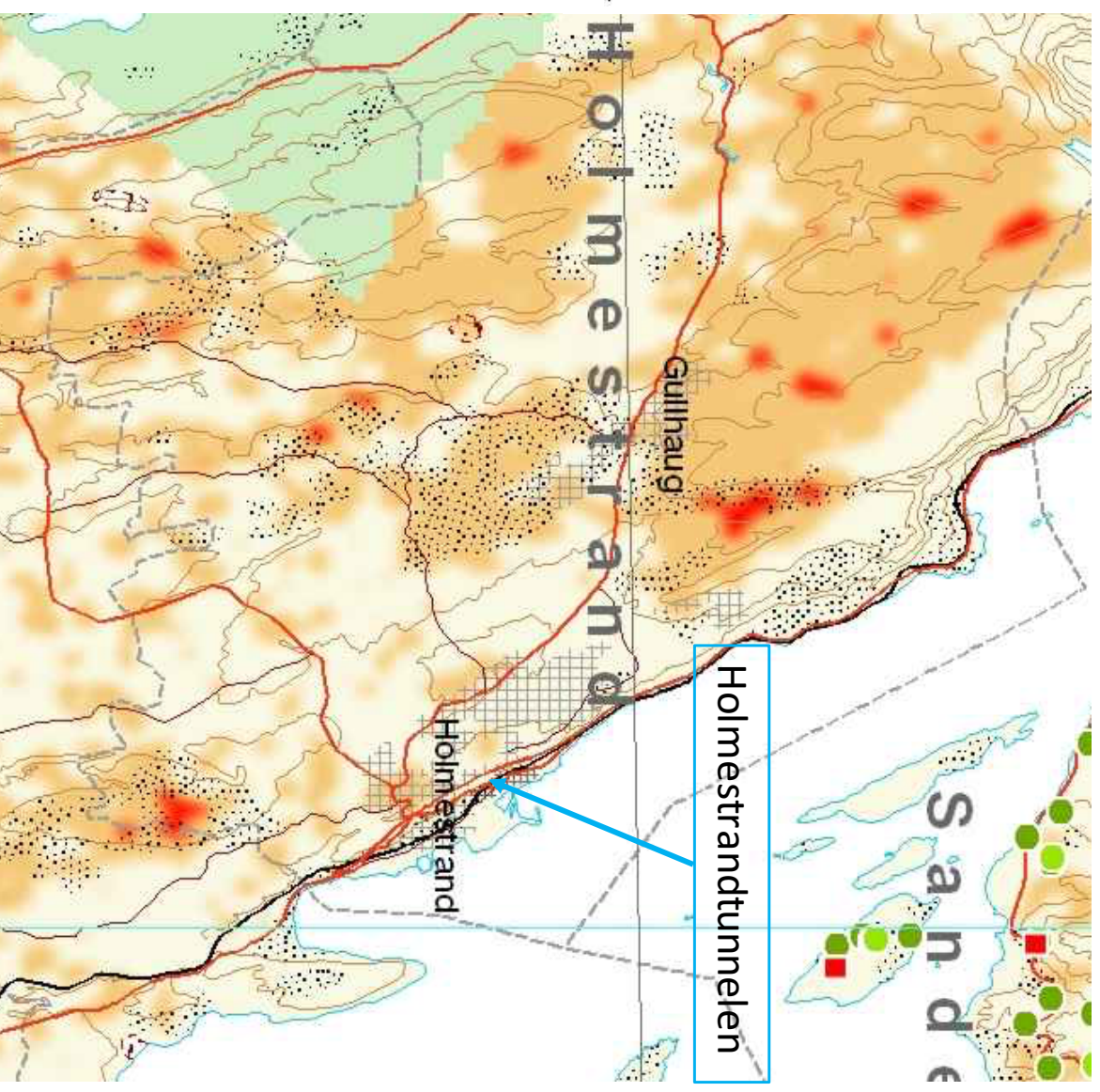


Hentet fra Norges geologiske undersøkelses database over geofysiske målinger fra fly og helikopter ([www.ngu.no](http://www.ngu.no))

## Løsmasser klassifisert etter permeabilitet



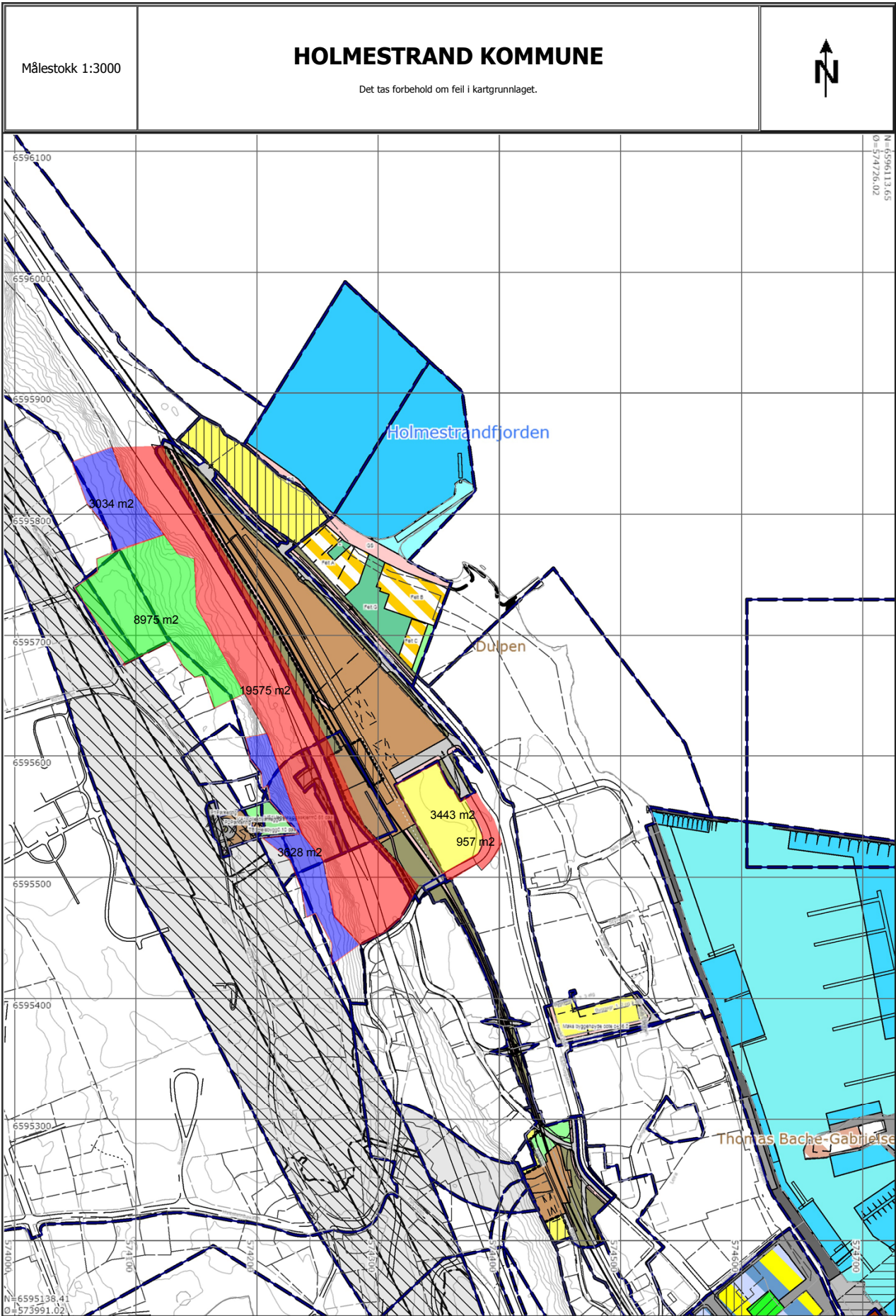
Hentet fra Norges geologiske undersøkelses landsdekkende kart database over løsmasser. Detaljeringsgraden varierer fra område til område (Interaktiv karttjeneste på [www.ngu.no](http://www.ngu.no))

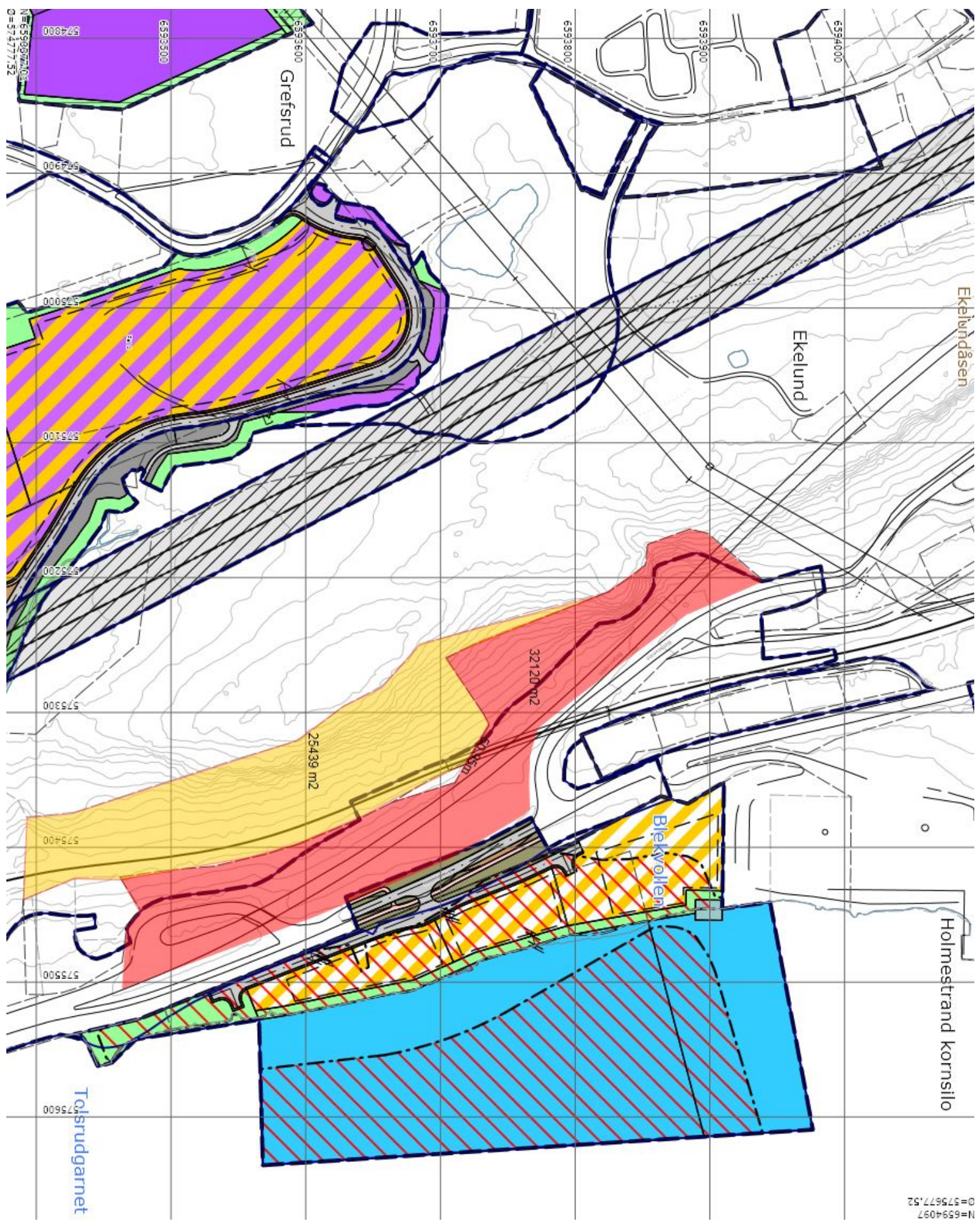


Smethurst, M.A., Strand, T., Finne, T.E., Sundal, A.V., 2006: Aktsomhetskart – Radon. Skien – Sandefjord – Holmestrand. Målestokk 1:100 000  
Norges geologiske undersøkelse og Statens strålevern









## Radon måling med spor film

(Strålevernet, Måleprosedyre for radon i boliger 2013)  
(SSM, Måtning av radon i bostäder – metodbeskrivning, april 2013)

### Målestedet

JERNBANEVERKET  
LANGGT 21  
3080 HOLMESTRAND  
Norge

IVAR TANUM ENTREPRENØR AS  
att IVAR-ANDREAS TANUM  
GILHUSVEIEN 15  
NO-3400 LIER  
Norge

### Rapport adresser

IVAR TANUM ENTREPRENØR AS att IVAR-ANDREAS TANUM GILHUSVEIEN 15 NO-3400 LIER Norge

Mottatt : 2016-05-09

Etsning no.: 160509-7

Beregnet: 2016-06-02 09:29:44

### Eiendoms detaljer

Bruksnummer:	-	Gårdsnummer:	-
Leilighet nummer:	-	Blå betong inkludert:	-
Eiendom:	Fjellhall	Besøk av fagfolk:	-
Type fundament:	Opplysning Mangler	Bygd:	-
Husholdningenes vann:	Opplysning Mangler	Renovering:	-
Type ventilasjon:	Opplysning Mangler		

### De målte verdiene (for mer informasjon, se baksiden)

Dosno	Betegnelse	Plan	Bq/m <sup>3</sup>	Startdato	Endedato	Middel	Merk
1371014	PKT 3	1	50 ± 20	2016-03-31	2016-05-04	-	23
1371015	PKT 4	1	<30	2016-03-31	2016-05-04	-	23

### Bemerkninger:

23. Anm. 23. Den totale måletiden er kortere enn 2 måneder. Årsmiddelverdi angis ikke.

Radongashalten i hjemmet varierer fra time til time, fra dag til dag, og selv fra år til år avhengig av været, levevaner, etc. Derfor er den faktiske årlig gjennomsnitt mellom 0 og 40% høyere eller lavere enn de ovennevnte årlig gjennomsnitt. Den gitte verdi er derimot den mest sannsynlige.

### Målerapporten godkjent:

Beregnet: 2016-06-02 09:29:44

Måling protokollen fullført av:  
TORSTEIN DAHLE

Johan Svensson  
Analyseansvarlig: MRM Konsult AB  
Rapporten er signert med passord i datasystemet.

.....  
Eiendoms innehavere  
Se baksiden: "SIGNATUR MÅLERAPPORT"

Denne rapporten kan kun kopieres i sin helhet, med mindre SWEDAC og utstedelse laboratoriet skriftlig godkjenning.

## Oppmålte verdier

De angitte radonkonsentrasjoner er målt i leilighet/lokalene. Målingen er utført med sporfilm i filtrerende kammer og i samsvar med metodebeskrivelse utarbeidet av Statens stråleskyddsinstitut, SSI (siden 2008 Strålsikkerhetsmyndigheten, SSM). Måleresultatet er angitt med en målesikkerhet. En måleverdi på  $250 \pm 30$  Bq/m<sup>3</sup> betyr at radonkonsentrasjonen ligger innenfor intervallet 230 — 270 Bq/m<sup>3</sup> og med 250 Bq/m<sup>3</sup> som det mest sannsynlige. Norsk fagmyndighet (SSV) har bestemt at det skal benyttes ulike sesongbestemte faktorer for korrigering til årsmiddelverdi av den enkelte måleverdi. Eksempelvis er en måleverdi registrert i fyringssesongen (forklares ved at utetemperaturen da er lavere enn + 10°C til enhver tid gjennom døgnet), multiplisert med faktor 0,75 for å være i samsvar med norske bestemmelser. Vid langtidsmåling har MRMs radonlaboratorium ett MDA-verdi på 30 Bq/m<sup>3</sup>

## Anbefalt tiltaksnivå

Tiltaksnivå er nedfelt i publikasjonen Måleprosedyre for radon i boliger, 2013 og er anbefalt av Statens Strålevern. Disse er i overensstemmelse med internasjonal praksis. Tiltaksnivået viser radonkonsentrasjonens årsmiddelverdi slik den beregnes i henhold til metodebeskrivelse, som i Sverige er utgitt av Statens strålskyddsinstitut og er i overensstemmelse med norske bestemmelser. Ved fastsettelse av tiltaksnivåer for radon i innemiljøet skilles det mellom eksisterende og fremtidige bygg.

Statens strålevern anbefaler at radonnivået i boligen din er så lavt som det er praktisk mulig å få til. Det bør utføres tiltak for å redusere radonnivået når det er ett eller flere oppholdsrom overstiger tiltaksgrensen på 100 Bq/m<sup>3</sup>. Radonnivået i oppholdsrom bør alltid være lavere enn grenseverdien på 200 Bq/m<sup>3</sup>. For boliger som leies ut er tiltaksgrensen på 100 Bq/m<sup>3</sup> og grenseverdien på 200 Bq/m<sup>3</sup> et forskriftsfestet krav (strålevernforskriften ¶ 6 femte ledd).  
Les mer på Statens stråleverns nettsider: [www.nrpa.no/radon](http://www.nrpa.no/radon)

I eksisterende bygg hvor årsmiddelverdien for radonkonsentrasjon i oppholdsrom overstiger 100 Bq/m<sup>3</sup>, bør det gjennomføres tiltak for å redusere radonkonsentrasjonen. Tiltakene kan være byggtekniske, ventilasjonstekniske eller en kombinasjon av bygg- og ventilasjonstekniske tiltak.

Tiltaksnivået er relatert til årsmiddelverdi. Konsentrasjonene av radon i et rom kan variere mye i løpet av døgnet og over lengre tid. Radonkonsentrasjonen er mest stabil i vinterhalvåret, og radonmåling bør derfor gjennomføres over minst to måneder i perioden fra midten av oktober til midten av april. Etter gjennomført radonmåling blir hvert enkelt måleresultat korrigert slik at det representerer en gjennomsnittlig radonkonsentrasjon for hele året.

Alle arbeidsgivere plikter å sikre at radonnivåene ved hver enkelt arbeidsplass er forsvarlige. Dette innebærer at arbeidsgiver har ansvar for at radonnivåene måles regelmessig og at radonreduserende tiltak iverksettes dersom radonnivåene ikke er forsvarlige. Statens strålevern anbefaler at radonkonsentrasjoner i inneluft skal holdes så lave som praktisk mulig og aldri overstige årsmiddelverdi på 200 Bq/m<sup>3</sup>. Regelmessig måling innebærer måling ca. hvert femte år og ved ombygninger. Enkelte arbeidsplasser er mer utsatt for radon enn andre. Dette gjelder for eksempel i gruver, tunneler, kraftverk i bergrom og enkelte underjordiske forsvarsanlegg. Også for slike arbeidsplasser anbefaler Strålevernet at radonkonsentrasjoner holdes lave og med en årsmiddelverdi på under 200 Bq/m<sup>3</sup>.

For ytterligere informasjon:

Statens Strålevern: [www.nrpa.no](http://www.nrpa.no)

Full utstøp		Høydeprofil for Holmestrandt unellen		Y	Alt 1	%	Tilleggsinfo
L	X						
12,5	1043	1043	11,4	0	25	11,4	
12,5	1046	1046	11,4	0	25	11,4	0,0
12,5	1050		11,5	0	25	11,5	2,5
12,5	1100		11,95	0	25	11,95	0,9
12,5	1149	1149	12,49	0	25	12,49	1,1
12,5	1150		12,5	0	25	12,5	1,0
12,5	1159	1159	12,5	0	25	12,5	0,0
12,5	1183		12,6	0	25	12,6	0,4
12,5	1196		12,8	0	25	12,8	1,5
12,5	1200		12,85	0	25	12,85	1,2
12,5	1209		12,94	0	25	12,94	1,0
12,5	1248		13,2	0	25	13,2	0,7
12,5	1250	1250	13,3	0	25	13,3	5,0 Undergang, JBV
12,5	1255	1255	13,4	0	25	13,4	2,0
12,5	1268	1268	13,6	0	25	13,6	1,5
12,5	1300		13,8	0	25	13,8	0,6 Vending
12,5	1350		14,21	0	25	14,21	0,8
12,5	1400	1400	14,67	0	25	14,67	0,9 Tverrslag, JBV
12,5	1420		14,85	0	25	14,85	0,9 Start bakke
12,5	1450		15,12	0	25	12,4	-4,5
Havarilomme, vest							
12,5	1500		15,6	0	25	10,15	-4,5 (lbh:8,5,3,5)
12,5	1550		16	0	25	7,9	-4,5
12,5	1600		16,5	0	25	9	2,2
12,5	1650		16,94	0	25	7,85	-2,3
12,5	1660		17,03	0	25	7,5	-3,5
12,5	1690		17,3	0	25	7	-1,7
12,5	1700		17,4	0	25	8	10,0
12,5	1750		17,85	0	25	13	10,0
12,5	1800		18,3	0	25	18	10,0
Slutt bakke,							
12,5	1820	1820	18,4	0	25	18,4	2,0 tverrslag ut
12,5	1845	1845	18,6	0	25	18,6	0,8
12,5	1850		18,73	0	25	18,73	2,6
12,5	1860		18,81	0	25	19,5	7,7
12,5	1900		19,13	0	25	17	-3,5
12,5	1950		19,57	0	25	19,57	5,1 Start bakke
12,5	2000		19,86	0	25	26	12,9
12,5	2050		20,19	0	25	32	12,0
12,5	2080		20,37	0	25	33	3,3
12,5	2100		20,5	0	25	31	-10,0
12,5	2150		20,8	0	25	27,8	-6,4 Havarilomme
12,5	2200		21,11	0	25	24,5	-6,6
12,5	2250		21,41	0	25	21,41	-6,2 Slutt bakke
12,5	2300		21,72	0	25	21,72	0,6
12,5	2330		21,9	0	25	21,9	0,6
12,5	2350		22,02	0	25	22,02	0,6
12,5	2354	2354	22,1	0	25	22,1	2,0
12,5	2365	2365	22,2	0	25	22,2	0,9
12,5	2395	2395	22,3	0	25	22,3	0,3
12,5	2400		22,33	0	25	22,33	0,6
12,5	2441	2441	22,45	0	25	22,45	0,3
12,5	2450	2450	22,63	0	25	22,63	2,0 Tverrslag, JBV
12,5	2500		22,94	0	25	22,94	0,6
12,5	2550		23,23	0	25	23,23	0,6
12,5	2600		23,39	0	25	23,39	0,3
12,5	2650		23,36	0	25	23,36	-0,1
12,5	2700		23,16	0	25	23,16	-0,4
12,5	2711	2711	23,07	0	25	23,07	-0,8
12,5	2730		22,95			22,95	-0,6
12,5	2750		22,78	0	25	22,78	-0,8
12,5	2780		22,48			22,48	-1,0
12,5	2800		22,22	0	25	22,22	-1,3
12,5	2830		21,79			21,79	-1,4
12,5	2850		21,48	0	25	21,48	-1,5
12,5	2880		20,95			20,95	-1,8
12,5	2900	2900	20,56	0	25	20,56	-2,0



Trapesmetoden for integral				Sikringskostnad	
Integral under normalnivå	Integral under løypenivå	Int (norm.nivå)- Int(løyp.nivå) --> integralet mellom to kurver	Gjør negative verdier positive	Over 1,5 m høyde?	Areal (begge sider av tunnelen) Trapesmetoden
34,2	34,2	0	0	0	0
45,8	45,8	0	0	0	0
586,25	586,25	0	0	0	0
598,78	598,78	0	0	0	0
12,495	12,495	0	0	0	0
112,5	112,5	0	0	0	0
301,2	301,2	0	0	0	0
165,1	165,1	0	0	0	0
51,3	51,3	0	0	0	0
116,055	116,055	0	0	0	0
509,73	509,73	0	0	0	0
26,5	26,5	0	0	0	0
66,75	66,75	0	0	0	0
175,5	175,5	0	0	0	0
438,4	438,4	0	0	0	0
700,25	700,25	0	0	0	0
722	722	0	0	0	0
295,2	295,2	0	0	0	0
449,55	408,75	40,8	40,8	0	0
768	563,75	204,25	204,25	2,72	81,6
790	451,25	338,75	338,75	5,45	408,5
812,5	422,5	390	390	8,1	677,5
836	421,25	414,75	414,75	7,5	780
169,85	76,75	93,1	93,1	9,09	829,5
514,95	217,5	297,45	297,45	9,53	186,2
173,5	75	98,5	98,5	10,3	594,9
881,25	525	356,25	356,25	9,4	197
903,75	775	128,75	128,75	4,85	712,5
367	364	3	3	0	242,5
462,5	462,5	0	0	0	0
93,325	93,325	0	0	0	0
187,7	191,15	-3,45	3,45	0	0
758,8	730	28,8	28,8	0	0
967,5	914,25	53,25	53,25	0	0
985,75	1139,25	-153,5	153,5	0	0
1001,25	1450	-448,75	448,75	6,14	307
608,4	975	-366,6	366,6	11,81	897,5
408,7	640	-231,3	231,3	12,63	733,2
1032,5	1470	-437,5	437,5	10,5	462,6
1047,75	1307,5	-259,75	259,75	7	875
1063	1147,75	-84,75	84,75	3,39	519,5
1078,25	1078,25	0	0	0	169,5
654,3	654,3	0	0	0	0
439,2	439,2	0	0	0	0
88,24	88,24	0	0	0	0
243,65	243,65	0	0	0	0
667,5	667,5	0	0	0	0
111,575	111,575	0	0	0	0
917,99	917,99	0	0	0	0
202,86	202,86	0	0	0	0
1139,25	1139,25	0	0	0	0
1154,25	1154,25	0	0	0	0
1165,5	1165,5	0	0	0	0
1168,75	1168,75	0	0	0	0
1163	1163	0	0	0	0
254,265	254,265	0	0	0	0
437,19	437,19	0	0	0	0
457,3	457,3	0	0	0	0
678,9	678,9	0	0	0	0
447	447	0	0	0	0
660,15	660,15	0	0	0	0
432,7	432,7	0	0	0	0
636,45	636,45	0	0	0	0
415,1	415,1	0	0	0	0
-29812	-29812	0	0	0	0
34854,905	34392,855	462,05	4433,25	Sum areal s	8674,5
				Volum som må bort (	44332,5
				Pris per sm^3	350
				Pris per bol	1000
				Pris	kr 15 516 375,00
				Pris total	kr 2 551 323,53

Tillegg: Rigg  
Transport (per m^3)  
Stabilitetssikring ved store høydeforskjeller?