



Optimalisert snølogistikk i forbindelse med VM i Granåsen 2021

Optimized snow logistics related to World Championship in Granåsen 2021

Bacheloroppgave i logistikk
Prosjektnummer: MAL-L-2016-004

Frøydis Amundal & Irina Øhrbom

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for teknologi
Institutt for maskinteknikk og logistikk



NTNU

FAKULTET FOR TEKNOLOGI
Institutt for maskinteknikk og logistikk
7004 Trondheim

Besøksadresse : Sverres gate 10

RAPPORT BACHELOROPPGAVE

Tittel (Både på norsk og engelsk kreves)

Optimalisert snølogistikk i forbindelse med VM i Granåsen 2021

Optimized snowlogistics related to World Championship in Granåsen 2021

Prosjektnummer:

MAL-L-2016-004

Forfatter(e)

Frøydís Amundal
Irina Øhrbom

Oppdragsgiver(e) eksternt

SIAT
Trondheim Bydrift

Dato
levert

25.05.2016

Antall
delrapporter

1

Totalt antall
sider

78

Veileder(e) internt

Asbjørn Wexsahl

Rapporten er ÅPEN

Kort sammendrag

Se på hvilke måter man kan distribuere snø ut i løypenettet frem mot et eventuelt VM i Granåsen. Ut i fra tre ulike alternativer på utforming av produksjon- og distribusjonsmetode ser vi på fordeler og ulemper knyttet til hvert alternativ.

Stikkord fra prosjektet

Distribusjon, snøkvalitet, VM, klima, snølagring

Forord

Denne oppgaven er skrevet som et avsluttende ledd i bachelorgraden for utdannelsen logistikingeniør ved Norges Tekniske Naturvitenskapelige Universitet (NTNU).

Arbeidet med oppgaven har til tider vært utfordrende, da mye av teorien rundt temaet snødistribusjon foreløpig er såpass ny og uvitende. Det har også vært svært lærerikt, da dette er et emne som kommer til å bli mer og mer relevant i fremtiden. Vi har lært mye om snø og dens egenskaper som vi ikke hadde kunnskap om fra før, og skjønt hvor viktig dette med lagring og produksjon av snø er blitt for å sikre gode skiforhold. Det har også i stor grad fått oss til å forstå konsekvensene av den globale oppvarmingen, og at nok natursnø ikke lenger er noen selvfølge.

Vi vil også benytte anledningen til å takke vår veileder Asbjørn Wexsahl for gode råd og innspill gjennom arbeidet med oppgaven. Videre vil vi takke ekstern veileder Snorre Nordbo Olsen ved SIAT som også har vært en støttespiller og til meget god hjelp. I tillegg vil vi rette en takk til Terje Wenaas for stort engasjement rundt oppgaven vår, samt utbyggingsleder og driftsleder i Granåsen, Geir Paulsen og Vidar Finnland.

Abstract

Norway has submitted an application for the Nordic World Championship for 2021, and if the application is granted Trondheim will be hosting the event. The event will be held at Granåsen ski resort, which is the main arena for winter sports in Trondheim. An event this big puts great demands on the facilities. It must be accessible to the public, athletes and media. This means new and improved grandstands, arena construction and good design of the trail system. In this context it is essential to be able to guarantee snow some months in advance.

The theme for this thesis is to look at possibilities for optimizing the logistics regarding distribution of snow to a possibly World Championship in Granåsen. The purpose is to get a picture of which solutions might be relevant and the difference between them. First in the report there is a presentation of the current facility in Granåsen and challenges they have today. Furthermore an introduction to relevant theory is given. This is theory concerning snow properties, climate statistics, seasonal storage and distribution of snow. There are few documented studies regarding distribution of snow. Therefore the method is based on former experiences, creative solutions and sensitivity analysis of determining factors.

The report presents three options for the design of production and distributions systems for Granåsen. The options discuss the temporary trail system that is planned on the east side of the stadium towards the WC. In this area it's not been established any kind of infrastructure, production systems or storage possibilities. It has therefore been chosen to mainly focus on the east side. On the basis of this we have seen at the cost associated with each option. The different options involve proposals for various production systems, road construction and deployment method. In the results, you can see that option 2 with local production at interchanges turns out to be the cheapest compared to the other two options.

The thesis ends with an understanding of important factors that affects the process to get a facility that is well suited and adapted to arrange a World Championship. Based on the results presented, it appears that a combination of the options provide a better solution, than if one of the options should have been designed alone.

Innholdsfortegnelse

FORORD	I
ABSTRACT	II
INNHALDSFORTEGNELSE	IV
LISTE OVER FIGURER	VI
LISTE OVER TABELLER	VII
1 INNLEDNING	1
1.1 BAKGRUNN OG VALG AV TEMA	1
1.2 AVGRENSING AV PROBLEMSTILLING	2
2 GRANÅSEN	4
2.1 DAGENS ANLEGG	4
2.1.1 Løypenett	4
2.1.2 Produksjonssystemet	5
2.1.3 Sommerlagring av snø	5
2.2 DET NYE GRANÅSEN	6
2.2.1 Løypenettet	6
2.2.2 Produksjonssystemet	7
2.2.3 Sommerlagring av snø	7
3 TEORI	9
3.1 NATURSNØ OG KUNSTSNØ	9
3.1.1 Hvordan dannes snøkrystaller?	10
3.1.2 Snøkvalitet	11
3.2 KLIMASTATISTIKK OG GEOGRAFISK OMRÅDE	12
3.2.1 Utvikling av klimaforhold i Norge	12
3.2.2 Granåsen	15
3.3 PRODUKSJON	18
3.3.1 Produksjonssystemet og produksjonsprosessen	18
3.3.2 Utstyr	19
3.4 LAGRING	20
3.4.1 Plassering	20
3.5 UTLEGGING	20
3.5.1 Utstyr	21
3.6 INNHENTING	22
3.7 LAGRING	22
3.7.1 Dekningsmateriale	22
3.7.2 Sagflis	22
3.8 FILT	24
3.8.1 Underlag og plassering av lagringssted	24
3.8.2 Volum og geometri	25
3.8.3 Svinn	26
5 METODE	27
5.1 GENERELL UTFORMING	27

5.2	UTSTYR OG HJELPEMIDLER.....	29
5.3	INFORMASJONSINNHEITING	29
5.3.1	<i>Møter og samtaler</i>	29
5.3.2	<i>Email korrespondanse</i>	30
5.3.3	<i>Telefonsamtaler</i>	30
5.3.4	<i>Litteratur- og dokumentstudiet.....</i>	31
6	RESULTAT OG ANALYSE	32
6.1	VEIUTBYGGELSE	33
6.2	TOGTRANSPORT	35
6.3	FREMLEGGING AV ALTERNATIV MED TILHØRENDE VÆRSITUASJON	36
6.3.1	<i>Sentral produksjon/lager</i>	36
6.3.2	<i>Lokal produksjon med få produksjonsenheter</i>	40
6.3.3	<i>Lokal produksjon med produksjonsenheter i hele traséen</i>	42
7	DRØFTING	45
8	KONKLUSJON	58
9	VIDERE ARBEID.....	59
10	LITTERATURLISTE	61
	VEDLEGG A: POPULÆRVITENSKAPELIG ARTIKKEL.....	63
	VEDLEGG B: TOTALT TIMEBRUK ALTERNATIV 1	65
	VEDLEGG C: TIMEBRUK ALTERNATIV 2.....	66
	VEDLEGG D: TIMELISTE FRA GRANÅSEN	67
	VEDLEGG E: BILDER FRA TUR TIL GJØVIK OG GARDEMOEN.....	69

Liste over figurer

Figur 2-1: Illustrasjon på hvordan rulleskiløypa er bygd opp i dag (Wirgenes, Alvestad et al. 2015).	4
Figur 2-3: Viser tidligere plassering av snølager, nordvest fra stadionanlegg ved siden av barnehageområdet.	6
Figur 2-4: Viser hvor snølageret ligger per dags dato. Nord for stadionområdet på parkeringsplass.	8
Figur 3-1: Figuren viser hvordan temperatur og luftfuktighet påvirker utseende av snøkrystaller.	11
Figur 3-2: Oversikt over ulike snøkvaliteter i ulik temperatur og luftfuktighet (SNOWatHOME 2015).	12
Figur 3-3: Viser avvik fra den årlige globale middeltemperaturen fra 1880-2012 og den globale gjennomsnittlige temperaturen pr tiår. (miljostatus.no)	13
Figur 3-7: Endring i dager med snødekke i perioden 2031-2060 til 2071-2100. Antall dager med snødekke vil si antall dager det er snø på bakken. (Rapport: Klima i Norge 2100). 15	
Figur 3-8: Punktdiagram som viser antall dager under -5 grader i perioden 2006-2015. Tall hentet fra Meteorologisk institutts nettsiden eklimate.no. TAM står for middeltemperatur. Målt i celsius.	16
Figur 3-9: Punktdiagram viser antall dager under -10 grader i perioden 2006-2015. Tall hentet fra Meteorologisk Institutts nettside: eklimate.no. TAM står for middeltemperatur. Målt i celsius.	17
Figur 3-11: Eksempel på tråkkemaskin (Skisenter).	21
Figur 3-12: Illustrasjon av ulike anleggsmaskiner (Trigonor).	21
Figur 3-13: Prinsippet om varme- og massetransport gjennom et flislag på snø (Skogsberg og Lundberg 2005).	23
Figur 5-1: Matrise for å sammenligne de ulike alternativene med tilhørende vær-situasjon. 28	
Figur 6-2: Markerte lagringsplasser for sentral produksjon.	37
Figur 6-3: Kart med avmerkede knutepunkt for lokal produksjon.	41
Figur 6-4: Kart med markerte punkter for lokalproduksjon med snølanser. 50 meters mellomrom mellom hver lanse rundt hele løypa.	43
Figur 7-1: Følsomheten til snøbehovet. Viser endring i total kostnad avhengig av snøbehov. 49	
Figur 7-2: Viser følsomhet på ulike faktorer som anses som viktige for total kostnadene.	50
Figur 7-3: Viser antall lastebiler som optimaliserer kapasiteten til gravemaskinen. Det er lastebiler på ulike lengder, men tatt et gjennomsnitt på 500 m.	53
Figur 7-4: Kart markert med inndelte soner.	55
Figur 0-1: Er det slik VM-løypene blir seende ut i Granåsen? Det er ikke helt usannsynlig skal vi tro prognosene for været.	64

Liste over tabeller

Tabell 1.: Estimert totalkostnad for utforming av vei	34
Tabell 2: Estimert tidsforbruk for lossing, lasting, kjøring tur/retur Heimdal og dumping i Granåsen.	36
Tabell 3: Estimerte kostnader for togtransport.	36
Tabell 4: Estimerte kostnader for alternativ 1 og værssituasjon a.	39
Tabell 5: Estimert årskostnader for alternativ 1 og værssituasjon b.	40
Tabell 6: Estimert årskostnad for alternativ 2 og værssituasjon b.	42
Tabell 7: Estimert årskostnad for lokalproduksjon med snølanser rundt hele løypa.	43
Tabell 8: Sammenlikning av alternativene. Gjelder for utlegging av 100% snø.	47

1 Innledning

1.1 Bakgrunn og valg av tema

Mangelen på snø er fremragende, og man hører stadig om det på sportssendinger og i aviser Europa rundt. Det er ikke lengre en selvfølge at vi har nok natursnø når det kommer til skiarrangement, og forskningen rundt produksjon, lagring, konservering og distribusjon av snø bli stadig mer interessant og nødvendig. Hvordan man skal greie å forlenge skisesongen, tross prognosene for at det vil komme mindre snø med årene, er blitt en utfordrende oppgave å ta tak i. Det forskes allerede på snøproduksjon flere steder i Norge, blant annet på Beitostølen og ved Sintef/NTNU i Trondheim. Det jobbes med å utvikle en teknologi som er miljøvennlig og ikke minst kostnadseffektiv.

«Klimavennlig snøteknologi er viktig uavhengig av vår VM-søknad, og vil gagne skisporten verden over.» Guri Hetland

I august 2015 ble søknaden om ski-VM 2021 levert, og det er vedtatt av Norges Skiforbund at Trondheim blir neste norske VM-arrangør. Noen måneder gjenstår enda før Trondheim vet om vi kan heise VM-flagget eller ikke. Guri Hetland, prosjektleder for VM-søknaden har uttalt at dersom søknaden for 2021 ikke blir innvilget, er planen å søke igjen for 2023 (Myhr 2016).

Rundt et slikt arrangement som ski-VM er det naturlig nok en hel del logistikk. Dette innebærer blant annet distribusjonen av snø ut i løypenettet, enten den er lagret fra året før eller produsert samme sesong. Distribusjonen står for en meget stor andel av kostnadene i forbindelse med en slik tilstelning, noe som gjør det ekstra viktig å utarbeide en mer lønnsom metode.

Vi fikk nyss i dette forskningsprosjektet av vår veileder Asbjørn Wexsahl, og ble raskt enige om at dette virket som et interessant tema å skrive oppgave om. Vi er begge oppvokst i

familier der skientusiasmen er stor, og en barndom preget av både skirenn og lange skiturer på fjellet.

Vi kom i kontakt med Snorre Nordbo Olsen som jobber i SIAT og Geir Paulsen som er utbyggingsleder for idrettsanlegget i Granåsen, og fikk startet et samarbeid for oppbyggingen rundt oppgaven. Vi opplevde begge parter som svært imøtekommende og positiv til vårt engasjement rundt prosjektet. Det tok litt tid å komme frem til den endelige problemstillingen, men siden utdanningen vår omgår logistikk, ble det naturlig å fokusere på selve distribusjonsbiten rundt arrangementet.

Hensikten med oppgaven er å skape et bilde over mulige alternativer til distribusjon av snø, optimalisering av infrastruktur og generelt forbedre logistikken rundt alle leddene i prosessen frem mot arrangementet.

1.2 Avgrensing av problemstilling

Problemstilling: «Optimalisert snølogistikk i forbindelse med VM i Granåsen»

Ut i fra problemstillingen vi kom frem til, ble det nødvendig å gjøre en del avgrensinger for at oppgaven ikke skulle bli for omfattende. Mye av detaljene og bestemmelsene rundt et VM i Granåsen er enda ikke fastsatt eller funnet ut av, så her ble det til at vi også måtte gjøre en del antagelser.

I forhold til å kunne arrangere et slikt arrangement, har vi som tidligere nevnt valgt å kun se på selve distribusjonsbiten, og kommer til å se bort fra detaljene rundt produksjon og lagring av snø selv om dette også kommer til å spille en vesentlig rolle. Vi kommer til å se på hvordan man kan distribuere snøen fra eventuelle lagrings – eller produksjonssted og få dette utlagt i løypenettet. I den sammenheng kommer vi til å velge ut ulike alternativ dette kan bli gjort på, i tillegg til å vurdere de ulike alternativene opp mot hverandre kostnadmessig.

I og med at løypenettet for et eventuelt ski-VM i Granåsen enda ikke er helt avklart, har vi valgt å gå ut i fra det foreløpige løypenettet som står som et utgangspunkt etter en befarings i langrennsanlegget 11.-12.09.14. Denne består av en sløyfe på 5,3 km på østsiden og en sløyfe på 4,75 km på vestsiden (samme side som stadion). Her har vi igjen valgt å avgrense oppgaven ved å konsentrere oss kun om løypa på 5,3 km som vil gå på østsiden, da det er her det i hovedsak er mangel på infrastruktur og løsninger for hvordan man skal få distribuert snøen. Utleggelse og arbeid knyttet til løypa på 4,75 km som går ut fra stadion velger vi å anse som funksjonelt slik det er i dag, selv om det også her er behov for oppgradering av både anlegg og infrastruktur. Ved benevnelsen østsiden og vestsiden, menes det hvilken side i forhold til bilveien som går i mellom de to løypenettene. Her er det en bro som skisporet går over.

I henhold til alternativene som blir lagt frem har vi også måttet velge å se bort fra særlige terrengutfordringer som måtte oppstå. Et eksempel er der vi legger frem en tenkt bygd vei for å komme frem med diverse maskiner ut til løypa. Det samme gjelder også for punktene vi velger å bruke som plassering ved snølagring. Dette er noe som selvfølgelig kommer til å måtte tas hensyn til ved en eventuell utbygging.

Oppgaven har også valgt å se bort fra kostnader og plasseringer av lys i løypa. Det er tatt utgangspunkt i at dagens utstyr kan brukes videre fremover. Det er selvfølgelig et aspekt ved det hele som vil måtte tas hensyn til ved utbyggingen og eventuelt VM i 2021.

2 Granåsen

2.1 Dagens anlegg

Granåsen skianlegg er Trondheims hovedarena for vinteridrettene langrenn, skiskyting, hopp og kombinert. Anleggene i Granåsen ble bygd i forbindelse med VM på ski i 1997. I tillegg til dette er det årlig arrangement av World Cup-renn i hopp og kombinert. Ser man bort fra elitebruken er anlegget hovedsakelig brukt til skileik og trening. Anlegget brukes året rundt, både i hoppbakkene og i langrennsløypene. En sløyfe på 2,3 km er asfaltert og egnet for rulleski. Skianlegget består per dags dato av en skiskytterarena tilknyttet stadionområde, to hoppbakker, rulleskiløype og vinterløyper.

2.1.1 Løypenett

Det er et bredt utvalg av løyper i Granåsen. Løypenettet er i tilknytning til Saupstad skistadion, som ligger noen kilometer øst for Granåsen. Dette gir mange valgmuligheter for brukere av anlegget, både for skileik og trening på høyere nivå. På vestsiden av Smistadvegen ligger det ei rulleskiløype på 2,3 km. På østsiden er det kun løyper for vinterstid. Det er planer om å bygge ut rulleskiløypene (fase 2 og 3) på østsiden av Smistadvegen.



Figur 2-1: Illustrasjon på hvordan rulleskiløypa er bygd opp i dag (Wirgenes, Alvestad et al. 2015).

Den største utfordringen med dagens rulleskiløype er utformingen av løypa. Den er bygd kun med tanke på sommersesongen og ikke særlig egnet til snø og vintersesong (Finnland 2016). Uttakene for vann og luft ligger helt inntil løypa og det er grøfter for drenering på hver side av løypa (se Figur 2-1). Når denne delen skal dekkles med snø for vintersesongen må man regne med nok snø til å fylle grøftene i tillegg, ellers vil snøen som ligger i løypa skli ut. Dette betyr flere kubikk med snø ekstra for å stabilisere løypa.

2.1.2 Produksjonssystemet

Granåsen har per dags dato 10 snøkanoner, 2 mobile snøkanoner og 25 snølanser. Slik det er i dag er produksjonssystemet noe som opptar mange arbeidstimer. Det er et manuelt anlegg som krever tilsyn døgnet rundt når det står å produserer. Før produksjon kan starte må vannrør legges ut til uttakene for vann og luft. Rørene legges på bakkenivå, som betyr at det fort kan fryse hvis det er kaldt og produksjonen ikke går. For hvert stopp i produksjon må vannrørene tømmes og fylles på igjen når produksjonen starter (Paulsen 2016). I tillegg må lansene flyttes avhengig av hvor vinden er, hvis ikke blir lansene snødd ned og man må sette inn ressurser for å tine av snø og is som har lagt seg på selve lansen.

Fordelen med systemet som er i dag er at det er en forholdsvis billig investering, og systemet er enkelt å vedlikeholde og kontrollere. De største utfordrende under produksjon er antall arbeidstimene, samt dårlige værforhold (Finnland 2016).

2.1.3 Sommerlagring av snø

På grunn av dårlige værforhold og lite snøfall ble det vedtatt at Granåsen skulle starte et prøveprosjekt på lagring av snø over sommersesongen. Snølagringen ble satt i gang sesongen 2014/2015, og det ble da lagret 8000 m³ (Finnland 2016). Snøen fra vinteren ble samlet opp i et stort lager og tildekket med flis. Da snøen skulle brukes igjen i november stod de igjen med 6000 m³, noe som tilsvarer et svinn på 25 %. Snølageret ble plassert nordvest for selve stadionområdet, illustrert på Figur 2-2.



Figur 2-2: Viser tidligere plassering av snølager, nordvest fra stadionanlegg ved siden av barnehageområdet.

2.2 Det nye Granåsen

Frem mot VM må en del aspekter ved stadion utbygges og forbedres. Det er satt i gang planer for utbyggelse av rullskiløype, som mest sannsynlig vil ligge som grunnlag for løypetraséen til VM.

2.2.1 Løypenettet

I tiden fremover er det som nevnt planlagt å utvide rullskiløypene. Utvidelsen er delt inn i to faser (fase 2 og fase 3). I fase 2 er det planlagt å utvide rullskiløypa til østsiden ved Søremsåsen, som vil gi et tilskudd på 4.1 km. Det vil si at når fase 2 er fullført er det totalt 6,3 km med rullskiløype i Granåsen. Fase 3 innebærer å utvide løypenettet fra Søremsåsen til Saupstad.

I utbyggingen av fase 2 er det viktig at man lærer av tidligere feil. Uttakene for vann og luft må ligge betydelig lenger unna selve løypa, og utformingen av traseen må være tenkt til vinterseasonen (Finnland 2016). Infrastrukturen på østsiden der fase 2 skal bygges er dårlig.

Det er allerede eksisterende løypenett, men det er ingen mulighet for å kjøre ut snø fra et deponi, da det ikke er noe veinett der. Dette vil være et nøkkelpunkt for å få til en effektiv og bra utkjøring på østsiden.

2.2.2 Produksjonssystemet

Det trengs en forbedring og effektivisering av systemet som finnes i dag. Det tungvinte systemet må modifiseres slik at når det først er forhold for å kunne produsere må dette kunne starte så fort som overhode mulig, uten at unødig tid går med til å legge ut slanger og feste disse. Et stort tidssparende tiltak vil være å oppgradere systemet til et halvautomatisk system. Da vil man kunne kutte noen arbeidstimer og det er enklere å starte og stoppe hele anlegget.

2.2.3 Sommerlagring av snø

Lagring av snø over sommersesongen er noe som vil fortsette i Granåsen fremover. Sesongen 15/16 skal det også lagres snø over sommeren, og lagret vil få en betydelig større størrelse. Det er antatt at det skal lagres ca. 15 000 m³ (Finnland 2016).

Plasseringen på nordvest side fra sesongen før er uaktuell. Lokasjonen er tilhørende en barnehage som er avhengige av plassen. Den er i dag plassert på parkeringsplassen, som ligger nord for stadionområdet.

Plasseringen på parkeringsplassen er ikke optimal men heller ikke uaktuell. Grunnen til at den ikke er optimal er at den tar opp et stort areal av parkeringsplassen, og ved store arrangement med stor pågang i anlegget, vil den begrense parkeringsmulighetene (Finnland 2016). Figur 2-3 viser dagens plassering av lageret.



Figur 2-3: Viser hvor snølageret ligger per dags dato. Nord for stadionområdet på parkeringsplass.

På bakgrunn av at dette ikke er en ideell lagringslokasjon jobbes det med en utredning for hvor det kan være aktuelt å plassere et slikt lager. Det er ikke noen konkrete forslag som ligger klart, og det vil derfor jobbes videre med å finne en bra løsning.

3 Teori

Under dette kapittelet vil det gjøres rede for eksisterende teori generelt om snø og snøens egenskaper og temaer innenfor distribusjon av snø.

3.1 Natursnø og kunstsne

Om det er kunstsne eller natursne består begge formene utelukkende av vann og luft i fast form. Natursne dannes ved at iskrystaller og/eller kalde vanndråper daler ned gjennom flere luftlag. Disse luftlagene danner unike snekrystaller som tilslutt faller på bakken.

Med klimaendringene som skjer er vinterklimaet veldig utsatt, og det blir mindre av natursnen. For å kunne starte skisesongen tidlig og sikre sne gjennom hele sesongen må vi kompensere for lite snefall, dette ved hjelp av kunstig sne. Sneproduksjon er helt avgjørende for å få nok sne til vintersportene. Sneproduksjonen foregår ved at vann pumpes med et trykk på ca. 30kg/cm^3 fra en vannkilde (dam, innsjø, elv etc.). Deretter tilsettes luft med et trykk på ca. 8kg/cm^3 som blandes med vannet og sprøytes ut i lufta. For at vannet og lufta skal danne sne må vannet fordeles til helt riktig dråpestørrelse og deretter blandes med en ispartikkel. Utgangspunktet for at vann skal fryse, er som kjent, frosne kjerner som består av partikler vannet kan binde seg til, og vokse (Kulturdepartementet 2014).

Forskjellen på kunstsne og natursne er snekrystallenes form. Kunstsneens krystaller er mindre og sneen pakkes mer sammen, mens natursnen daler fra flere hundre meter over bakken og legger seg luftig og fint på bakken. For å lage kunstsne er mengden og størrelsene på vanndråpene avhengige av riktig temperatur og hvor lenge vanndråpene er i luften (Kulturdepartementet 2014).

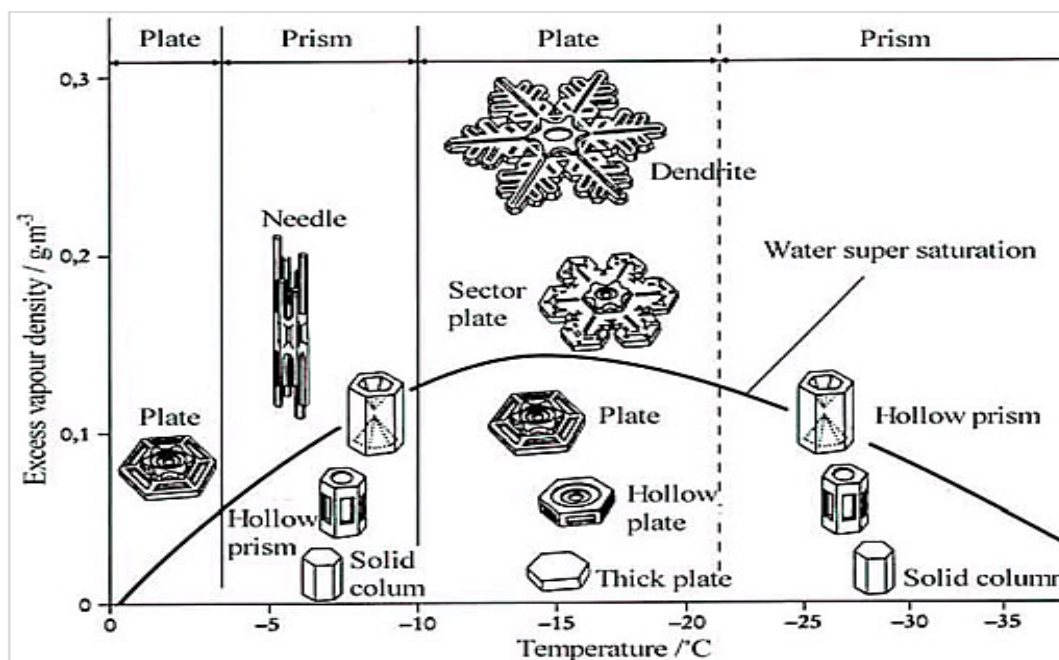
Den absolutt største fordelen med kunstsne er at den er veldig motstandsdyktig mot lange perioder med mildt vær og en del nedbør. Dette gjør at man kan sikre skisesongen gjennom hele vinteren med å legge et godt fundament med kunstsne, for siden å tilføre nyprodusert sne eller sne som er lagret gjennom året.

3.1.1 Hvordan dannes snøkrystaller?

For å kunne danne gode skiforhold er man nødt til å vite hva snø egentlig er. I dette kapittelet blir dannelsen av snøkrystaller belyst på et overordnet og forståelig nivå.

For at fryseprosessen skal starte må det først dannes en kjerne. Snøkrystaller vokser fra vanndamp rundt en partikkel i luften. Dette betyr at vannkvaliteten er viktig for at krystallene skal dannes (Kulturdepartementet 2014). Vann som er destillert har et frysepunkt på -40 grader celsius, mens urensset vann har et langt høyere frysepunkt. Det er derfor en fordel å ha en vannkilde som har noe forurensset vann. Når vannet fryser plasserer vannmolekylene seg i bestemte mønstre – sekskantede prizmer (Nilsen 2011).

Det er kjent at alle snøkrystaller er ulike. Begrunnelsen for dette er at temperaturforskjellene vanndråpene går gjennom på vei ned til bakken er ulik. I tillegg er det ingen molekyler som farer samme vei ned. På bakgrunn av dette blir de formet forskjellige. Temperatur og luftfuktighet er derfor to parametere som i all hovedsak bestemmer strukturen til hver krystall (Nilsen 2011). På Figur 3-1 kan vi se sammenhengen mellom luftfuktighet og temperatur, som er utslagsgivende for hvilken form krystallen får.



Figur 3-1: Figuren viser hvordan temperatur og luftfuktighet påvirker utseende av snøkrystaller.

For å kunne beskrive prosessen som skjer når snø produseres, er det viktig å forstå den termodynamiske prosessen som settes i gang. Dette er en kompleks prosess som krever solid kunnskap for å kunne forstå og produsere riktig kvalitet. Det er vanlig å dele prosessen inn i to stadier. Det første stadiet består av dannelsen av vanndråper. Vanndråpene blir blåst ut fra dysen i en viss hastighet og et vist trykk. I det andre stadiet inngår prosessen for frysing av vanndråpene og dannelse av snøkrystaller.

3.1.2 Snøkvalitet

Temperatur og luftfuktighet i luften rundt produksjon av snø er de to viktigste faktorene som spiller inn på snøkvaliteten. I teorien betyr dette at ved lavluftfuktighet og tørr luft kan det produseres på en høyere temperatur enn om luftfuktigheten er høy. Figuren under viser hvilken kvalitet man kan forvente å få for ulik temperatur og luftfuktighet (Kulturdepartementet 2014).

Good Snow Quality						Poor Snow Quality										No Snowmaking					
Temp C	Humidity																				
	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%		
-9	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-11	-11	-11	-11	-11	-11	-10	-10	-10	-10	-9	-9		
-8	-12	-11	-11	-11	-11	-11	-11	-10	-10	-10	-10	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-8	-8		
-7	-10	-10	-10	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-8	-8	-8	-8	-8	-7	-7	-7	-7	-7		
-6	-10	-9	-9	-9	-9	-9	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-7	-7	-7	-7	-6	-6	-6		
-5	-9	-9	-8	-8	-8	-8	-8	-7	-7	-7	-7	-7	-6	-6	-6	-6	-6	-5	-5		
-4	-8	-8	-8	-8	-8	-7	-7	-7	-7	-7	-6	-6	-6	-6	-6	-5	-5	-5	-4		
-3	-7	-7	-7	-7	-6	-6	-6	-6	-5	-5	-5	-4	-4	-4	-4	-3	-3	-3	-3		
-2	-7	-7	-6	-6	-6	-6	-5	-5	-5	-4	-4	-4	-4	-3	-3	-3	-3	-3	-2		
-1	-6	-6	-5	-5	-4	-4	-4	-3	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-1		
0	-5	-5	-4	-4	-4	-4	-3	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-1	0		
1	-5	-4	-4	-4	-3	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-1	0	0	1		
2	-4	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	2	2	2		
3	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-1	-1	-1	0	0	1	1	1	2	2	3	3	3		
4	-2	-2	-1	-1	-1	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4		

Figur 3-2: Oversikt over ulike snøkvaliteter i ulik temperatur og luftfuktighet (SNOWatHOME 2015).

Som vi ser av Figur 3-2 er det en sammenheng mellom luftfuktighet og temperatur, dette forholdet kalles "wet-bulb". Et annet temperaturbegrep som benyttes er "dry bulb", dette er kun temperaturen, uten hensyn til luftfuktighet. Innen snøproduksjon benyttes "wet bulb". Viser termometeret 0 grader og en luftfuktighet på 25%, vil en likevel kunne produsere siden wet-bulb er -4 grader (Kulturdepartementet 2014).

I tillegg til dette finnes det også andre faktorer man må ta høyde for i produksjonen.

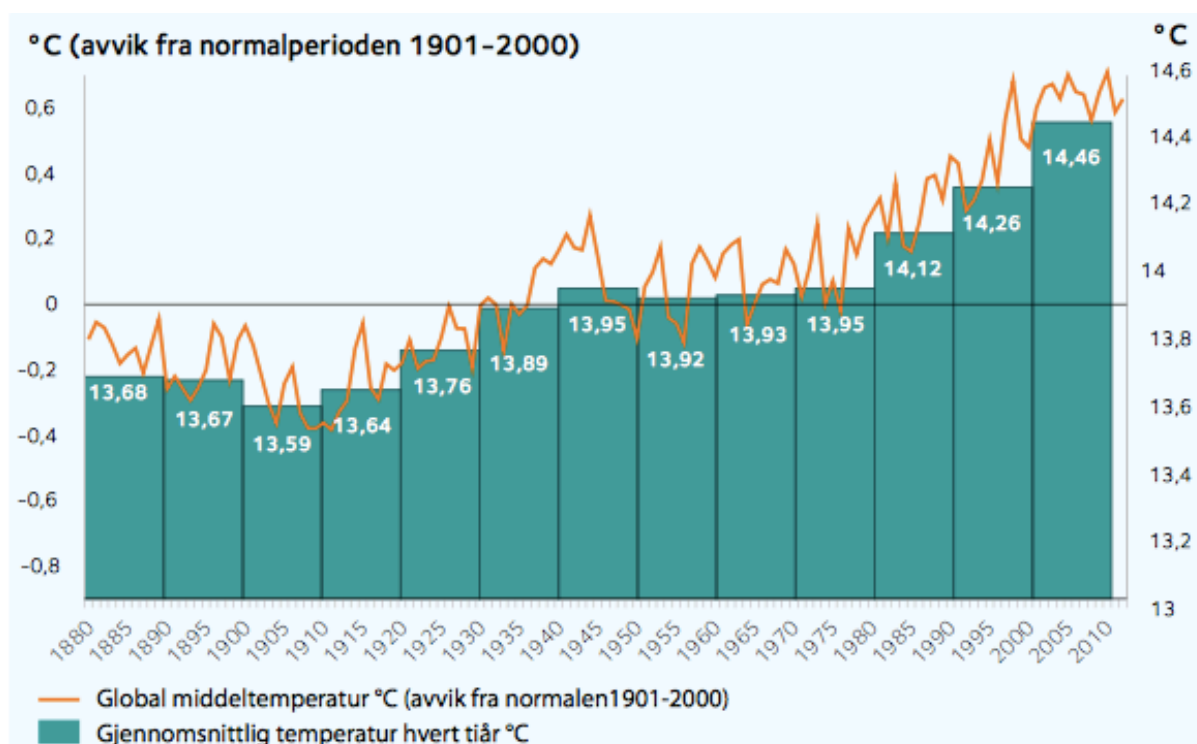
Temperaturen i vannet, partikler i vannet, vannkvaliteten og frost er eksterne faktorer som spiller inn på kvaliteten (Kulturdepartementet 2014). Produserer man i grensesonene for hva som er akseptabel temperatur og kvalitet vil det produseres mindre snø enn ved kaldere og/eller tørrere luft.

3.2 Klimastatistikk og geografisk område

3.2.1 Utvikling av klimaforhold i Norge

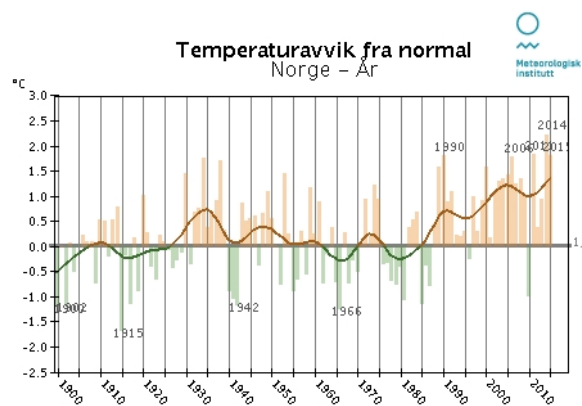
Det er utvilsomt at endringer skjer på jorda i dag, og betydningene for disse endringene er store. Klimaendringene påvirker alle deler av verden. For oss i Norge betyr det at vi får mer ustabil vær, mildere vintre og mer nedbør. FNs klimapanel har uttalt at det er høy sannsynlighet for at årsaken til klimaendringene på jorda skyldes klimagassutslipp fra menneskelig aktivitet. Klimagassutslippene har varmet opp atmosfæren og havet. Dette har ført til at snø og is smelter og havnivået har aldri vært høyere. I et infohefte laget av

miljøstatus, som er basert på IPCCs femte hovedrapport, kommer det frem at de tre siste tiårene har vært varmere enn det forrige. På den nordlige halvkule er den siste tredveårsperioden den varmeste på 1400år (Miljøstatus and Miljødirektoratet 2015).

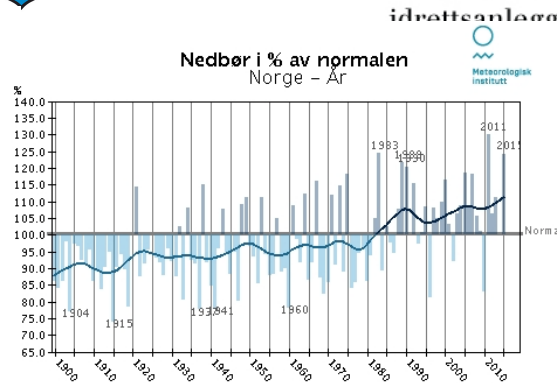


Figur 3-3: Viser avvik fra den årlige globale middeltemperaturen fra 1880–2012 og den globale gjennomsnittlige temperaturen pr tiår. (miljostatus.no)

Ser vi nærmere på klimaet i Norge, ser vi også betydelig avvik fra normalen. Tall hentet fra Meteorologisk Institutt viser at tendensen i temperaturutviklingen er stigende for hvert år som går (jf. Figur 3-3). Det samme gjelder for nedbørsmengden i forhold til normalen. Ut i fra Figur 3-5 og Figur 3-4 ser man at det har vært naturlige svingninger frem til 1980, før det stiger gjennomgående frem mot i dag. Dette gjelder for både temperatur og nedbør.

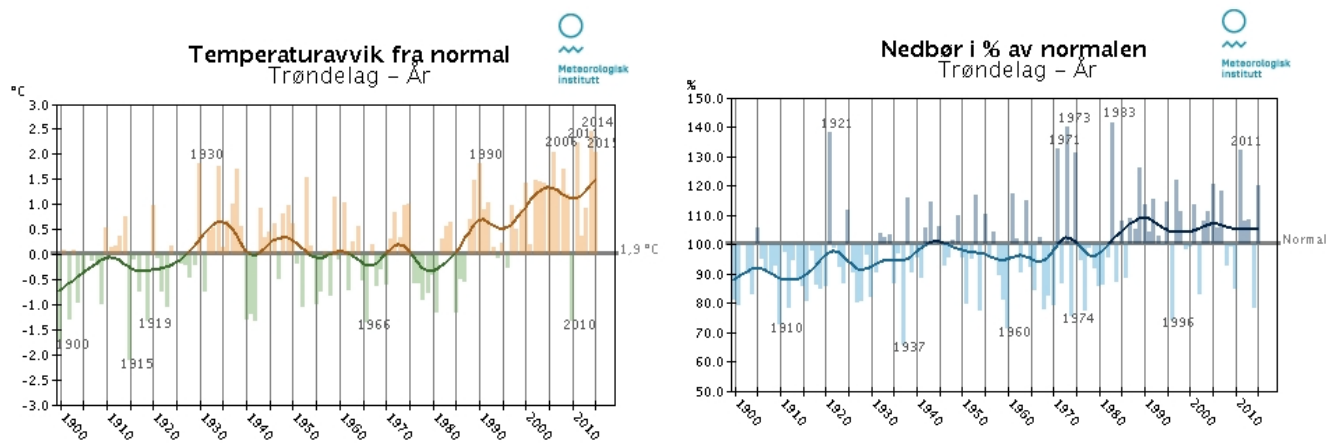


Figur 3-5: Målinger som viser temperatur fra det siste århundret og frem til i dag. Kurvene viser normalen for temperatur, mens søylene representerer den faktiske målte temperaturen.



Figur 3-4: Målinger som viser nedbør fra det siste århundret og frem til i dag. Kurvene viser normalen for nedbør, mens søylene representerer den faktiske målte nedbøren.

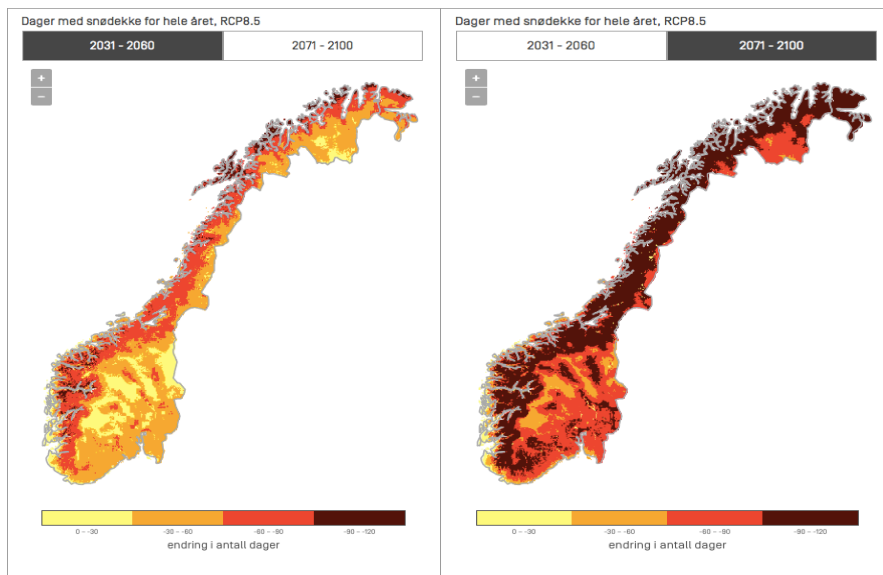
Ser man nærmere inn på Trøndelag kan det se ut som tendensen er den samme som for resten av landet, dette fremgår av Figur 3-6. Temperaturen har økt, mens nedbøren svinger en del.



Figur 3-6: Avskrivning av middeltemperatur og faktisk temperatur, i tillegg til samme målinger for nedbørsmenge, fra det siste århundret og frem til i dag.

I rapporten "Klima i Norge 2100" kommer det frem at hovedtrenden for Norge i årene fremover, er en minking i maksimal snømengde. Dette skjer som en følge av økte temperaturer, som igjen gir en senere start og tidligere avslutning av vintersesongen. Det fremgår også av rapporten at det i fremtida blir færre dager med snødekke per år (Miljødirektoratet 2015, Miljøstatus and Miljødirektoratet 2015). Figur 3-7 viser endringene i dager snødekke i tiden fremover. Ut i fra denne framskrivingen med et utslipp på RCP8.5.

”RCP står for ”representative concentration pathways” og beskriver forskjellige scenarioer for framtidig utvikling av globale klimagassutslipp” (Miljødirektoratet 2015).



Figur 3-7: Endring i dager med snødekke i perioden 2031-2060 til 2071-2100. Antall dager med snødekke vil si antall dager det er snø på bakken. (Rapport: Klima i Norge 2100)

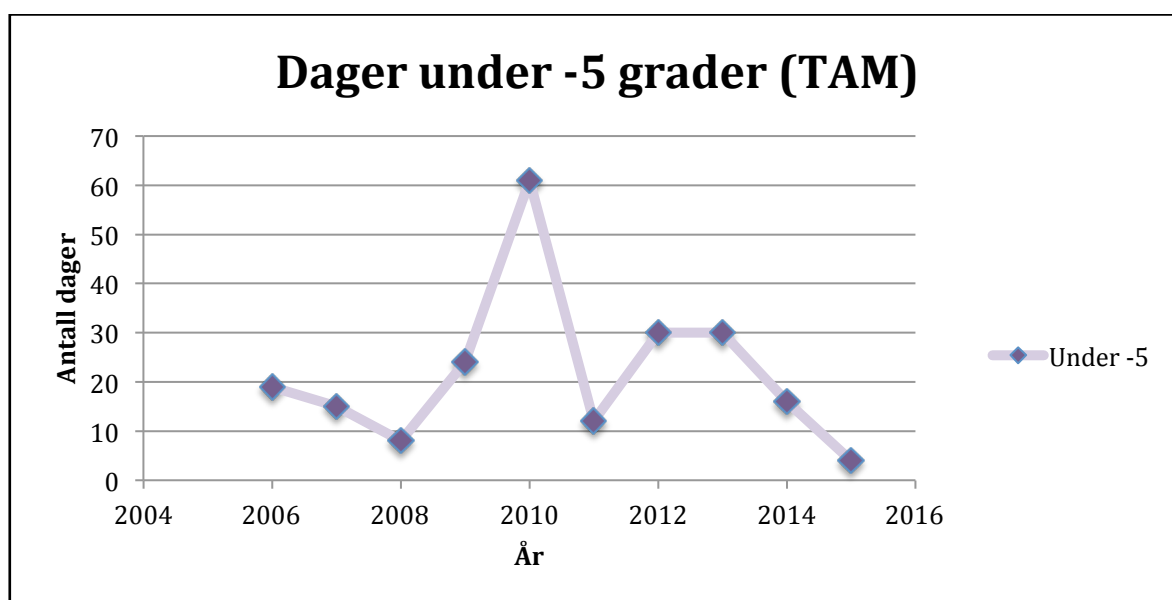
3.2.2 Granåsen

Granåsen skistadion ligger ca. 7 km sørøst fra Trondheim sentrum. Skistadion ligger omtrent 180 meter over havet og er omgitt av skog og noe bebyggelse. Inne på skianlegget er det noe høydeforskjell ute i traseen (omtrent 180-210m). Trondheim har et veldig fuktig og temperert klima, grunnet dets plassering ved fjorden. Trondheimsfjorden har tilknytning til Golfstrømmen som påvirker klimaet. Dette betyr at vintrene er milde og har et mer ustabilt vær bilde enn for eksempel innenlands liggende skianlegg som Beitostølen. På Beitostølen er det mer stabile værforhold. Det gjør det enklere å kunne legge til rette for tidlig sesongåpning og stabile forhold gjennom hele sesongen.

Målestasjonen i Trondheim ligger ved Voll. Stasjonen er plassert på 127 høydemeter. Den er derfor ikke helt representativ for Granåsen da det ligger høyere enn målestasjonen. Det er pr dags dato ikke noen egne værmålinger i skianlegget, men erfaring tilsier at skistadion ligger i ei ”kuldegrop”. På bakgrunn av dette kan det regnes med 1 eller 2 grader kaldere i

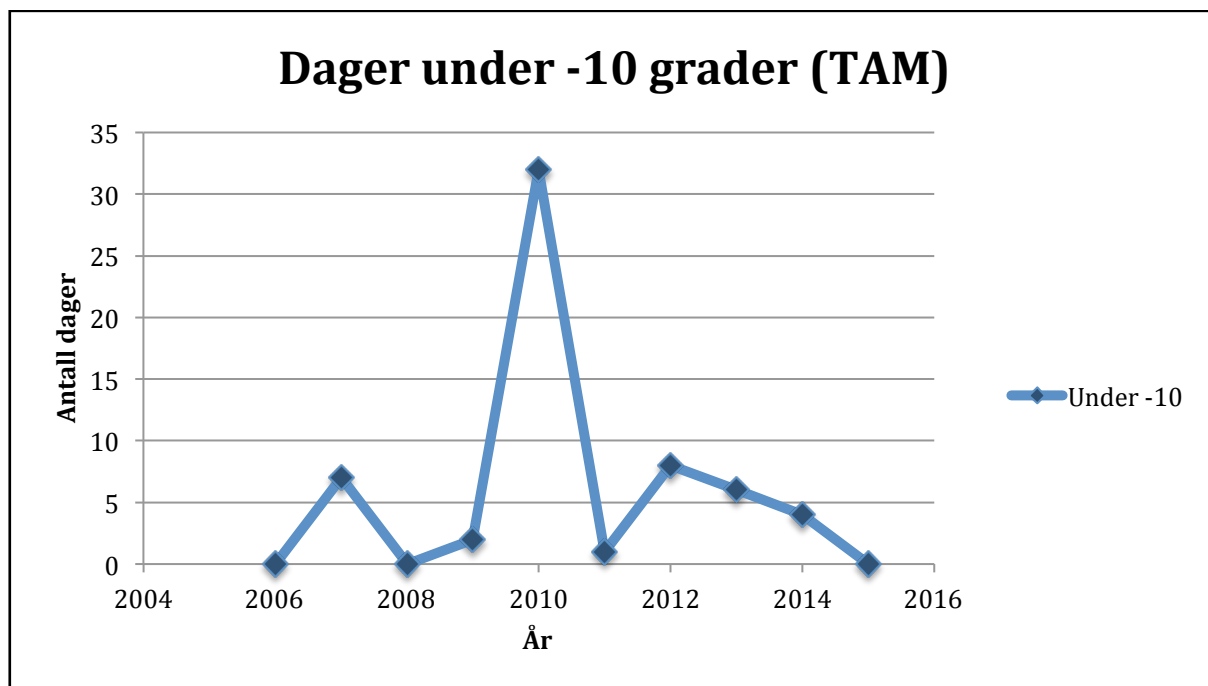
Granåsen enn ved Voll, dette gjelder kun for skistadion, og ikke ellers ute i løypa (Finland 2016).

Dagens snøproduksjon avhenger av gode værforhold. Det innebærer at temperatur og luftfuktighet er på et nivå som er godt egnet for å produsere snø med ønsket kvalitet (jf. kapittel Snøkvalitet "wet-bulb"). I Granåsen er luftfuktigheten relativt lav i forhold til andre skianlegg, det er derfor muligheter for å produsere selv om temperaturen ligger i grenseland. Ser vi på målingene i Figur 3-8 og Figur 3-9, fra de siste 10 årene, ser vi at det er betydelig nedgang i kalde dager om vinteren.



Figur 3-8: Punktdiagram som viser antall dager under -5 grader i perioden 2006-2015. Tall hentet fra Meteorologisk institutts nettsiden eklima.no. TAM står for middeltemperatur. Målt i celsius.

Sammenligner vi Figur 3-8 og Figur 3-9 ser vi en tydelig forskjell; etter 2013 er det jevnt over nedgang i dager under -5 grader, mens det er en tydelig nedgang etter 2012 på dager under -10 grader. Denne trenden ser ut til å fortsette, noe som gjør det vanskeligere for hvert år med tanke på snøproduksjon.



Figur 3-9: Punktdiagram viser antall dager under -10 grader i perioden 2006-2015. Tall hentet fra Meteorologisk Instituttets nettside: eklima.no. TAM står for middeltemperatur. Målt i celsius.

De foreløpige planene for VM-løypa er lagt til østsiden av brua. Utfordringene her er høydeforskjellene som påvirker hvilken temperaturer man må forholde seg til. Av erfaring fra driftspersonellet i Granåsen, kan det på de verste dagene være rundt 4 grader varmere bare fra skistadion og opp til brua (Finnland 2016). Da den lengste sløyfa skal ligge på andre siden av brua vil det sannsynligvis være enda større temperaturforskjeller her. Det igjen påvirker alternativene for snøproduksjon og utlegging.

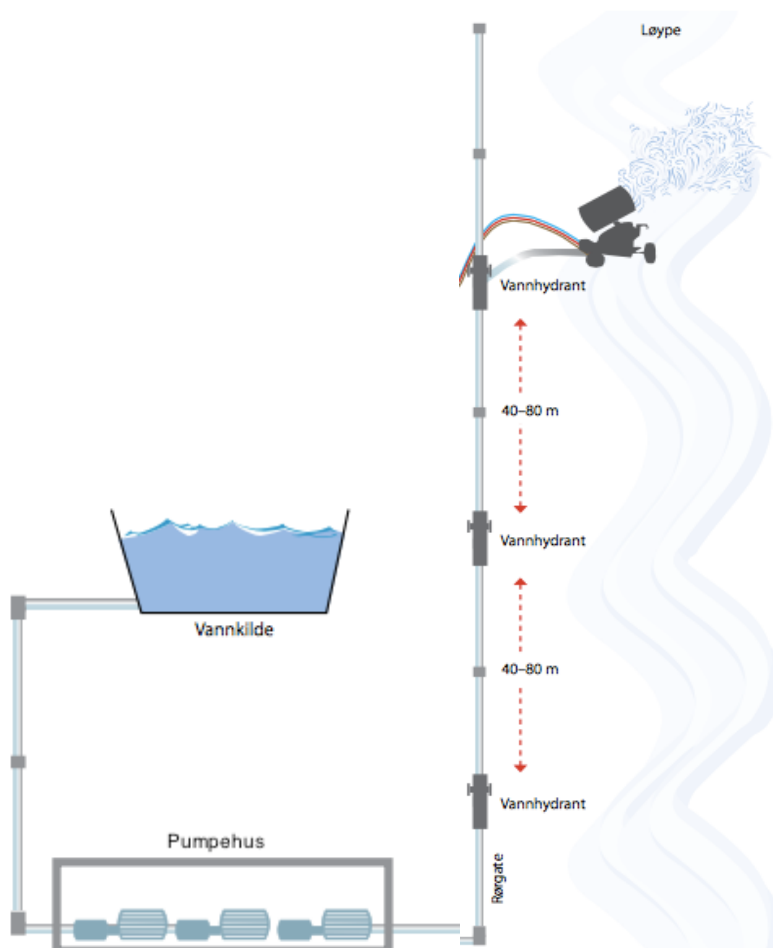
3.3 Produksjon

I dette kapitlet skal vi gi en innføring i hvordan produksjonen fungerer, hvilke komponenter som må være på plass og hvilke forutsetninger man må ha for å kunne produsere snø.

3.3.1 Produksjonssystemet og produksjonsprosessen

For å kunne produsere snø må man ha et produksjonssystem.

Et slikt system består i hovedsak av et pumpe- og rørsystem. Dette systemet kan enten være stasjonært eller flyttbart.



Figur 3-10: Figuren illustrerer et komplett snøsystem med alle komponenter. Systemet er uten strømtilførsel, da vi kun ser på lanser som ideelt produksjonsutstyr. (Kulturdepartementet 2014)

Rørsystemet kan være gravd ned på frostfri dybde eller det kan ligge på bakken med isolasjon rundt. Rørsystemet er knyttet til et pumpehus som pumper vann fra en vannkilde og ut i rørsystemet. Videre er systemet knyttet til en snøkanon eller lanse som spyr ut snøen i løypene. En illustrasjon vist i Figur 3-10, forklarer hvordan et komplett snøanlegg kan se ut (Kulturdepartementet 2014).

Selve produksjonsprosessen foregår ved at vann fra en vannkilde pumpes inn til pumpehuset. Dette vannet har lavt trykk, men blir gjennom pumpene forsterket opp til 55 bar (Kulturdepartementet 2014). Videre blir vannet pumpet ut i rørgatene, og videre til kanonene/lansene. For at det skal bli snø må man tilføre trykkluft som blåser vannet ut i lufta, og forstøver vannet slik at vandrdråpene kan fryse til is.

3.3.2 Utstyr

Det finnes mange ulike typer anlegg og snøkanoner. Per i dag finnes det to hovedtyper snøanlegg; mobile og stasjonære. Det som kjennetegner et mobilt snøsystem at anlegget er drevet av et aggregat, pumper og kanoner er plassert slik at de enkelt kan flyttes til der det er nødvendig med produksjon. Stasjonære system har et fast vanninntak fra en kilde i nærheten. Rørgater, pumpehus og strømtilførsel ligger fast, men kan ha flyttbare kanoner og/eller lanser koplet til uttak med jevne mellomrom langs løypa (Kulturdepartementet 2014).

Mange anlegg i dag har enten halvautomatisk eller helautomatiske system som gjør det enkelt å styre produksjonen. Likevel finnes det også manuelle system hvor operatøren må være tilstede under hele produksjonen for å starte/stoppe og justere pumper og kanoner. Dette er veldig tids- og ressurskrevende. Halvautomatiske system forenkler noen av justeringene slik at start og stengning av flere kanoner kan skje samtidig (Kulturdepartementet 2014). Automatiske anlegg har alle justeringer forhåndsinnstilt, det vil si at når parameter som temperatur, luftfuktighet og vanntemperatur er innenfor gitte grenser vil anlegget automatisk starte produksjon. Dette gjelder også for stans når parameterne er utenfor grensene.

I tillegg til ulike anlegg og systemer, finnes det ulike snøkanoner og lanser. Det er per i dag tre hovedtyper som går igjen på de fleste skianlegg; viftekanoner, høytrykkskanoner og lanse (lavenergikanoner). Forskjellen på disse kanonene ligger i kapasitet, energiutnyttelse, støy og vedlikeholdsvennlighet (Kulturdepartementet 2014).

3.4 Lagring

Lagring av snø blir mer og mer utbredt, selv om det er en forholdsvis ny teknikk for å sikre snø over sommeren. I dette avsnittet skal vi se på plassering av snølager og ulike hensyn som må tas.

3.4.1 Plassering

Plasseringen av et lager er viktig. Det er mange faktorer som spiller inn og man må nøye vurdere hvor lagret skal plasseres. Et snølager vil ta stor plass og vil være visuelt synlig gjennom hele lagringsperioden. Ser man bort fra det estetiske må man ta i betraktning smelting, både over og under lager, samt eksponering av sollys og vind bør være minst mulig.

En optimal plassering av slike snølager er så nært bruksstedet som overhodet mulig. I tillegg til dette må man også tenke på underlaget der hvor lagret skal ligge. Underlaget bør være av drenerende masse, slik at vann fra smelting og nedbør renner bort fra haugen (Finland 2016). Den drenerende massen bør helst være så ren som mulig for å unngå uønsket forurensing. Et underlag av stein kan være fordelaktig da den drenerer godt og er enkel å kjøre på for doseringsmaskinene.

3.5 Utlekking

Utlekking av snø krever mange ressurser. Dette er den posten i kjeden som har høyest kostnad. I budsjettet fra Beitostølen kommer det frem at ca. 65% av alle kostnadene går til utlegging, altså transport av snø og preparering av løypene.

For å kunne legge løypetraséer trenger man en god og effektiv plan på hvordan det skal gjøres. Det stilles her store krav til god infrastruktur som gjør det lett for kjøretøy å komme til løypene og ut igjen. God infrastruktur kjennetegnes ved god transportflyt, slik at man unngår opphopninger ved lasting og lossing. Ventetiden er minimal.

3.5.1 Utstyr

Transport av snø krever store tunge maskiner. For å få snøen bort fra et lagringspunkt til løypa benyttes både gravemaskin, lastebiler, hjullastere, traktorer med henger og løypemaskiner.



Figur 3-11: Eksempel på tråkkemaskin (Skisenter).



Figur 3-12: Illustrasjon av ulike anleggsmaskiner (Trigonor).

3.6 Innhenting

Innhenting av snø skjer på slutten av sesongen, normalt i april. Dette skjer ved at man freser/skraper opp snøen som ligger i løypenettet og samler dette i et snølager. I praksis kan dette være noe utfordrende da man kan få med urenheter fra underlaget (Finnland 2016).

3.7 Lagring

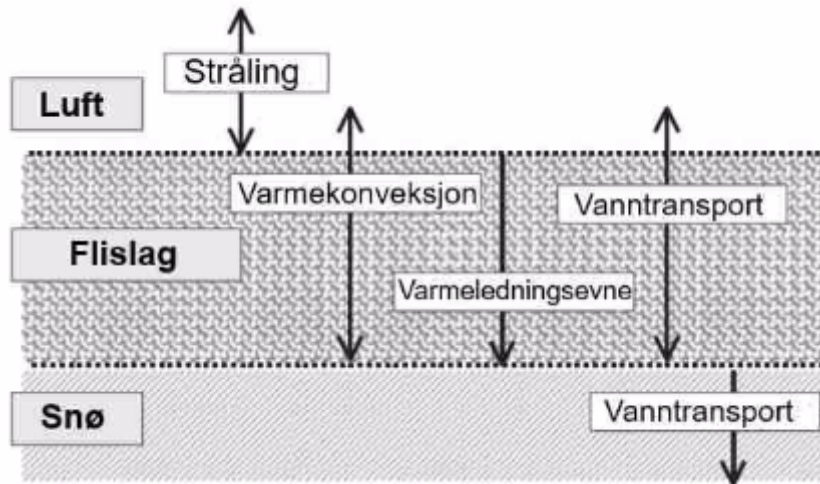
3.7.1 Dekningsmateriale

Når man lagrer snø vil det alltid forekomme noe smelting på grunn av varmelekkasje dersom temperaturen kommer over 0 C. Sagflis og geotekstiler er eksempler på isolerende materialer som er testet ved snølagring. Man beskytter den lagrede snøen mot blant annet stråling, vind, nedbør og fuktighet ved å benytte et termisk isolasjonslag.

Smelting kan deles inn i regnsmelting, bakkesmelting og overflatesmelting. Kilden til regnsmelting er nedbør, mens bakkesmeltingen kommer fra den naturlige varmen som ledes fra bakken. Overflatesmeltingen er summen av konveksjon og varmeledning gjennom overflatelaget som er på toppen av snølageret (Skogsberg and Lundberg 2005).

3.7.2 Sagflis

Bruk av sagflis som isolasjonsmateriale for snø og is er en flere hundre år gammel teknikk. Denne teknikken er fra gammelt av blitt brukt for å bevare isblokker til kjøling av mat gjennom sommeren (Strande 2013). Dette har vist seg å være et godt tildekningsmateriale. På Figur 3-13 ser man hvordan den totale varmeoverføringsmekanismen som bidrar til at overflaten av snøen smelter gjennom et lag med sagflis (Skogsberg and Lundberg 2005).



Figur 3-13: Prinsippet om varme- og massetransport gjennom et flislag på snø (Skogsberg og Lundberg 2005).

Smeltevannet fra snøen siler i hovedsak nedover i snølageret, mens en liten del vil bli transportert oppover gjennom flislaget på grunn av kapillære krefter og fordamping. Det vil også forekomme kondensering i flislaget. Fordamping krever energi og vil dermed kjøle ned flislaget, og smeltehastigheten vil avta.



Figur 3-14: Snølageret på Beitostølen dekket av flis for lagring over sommer (Strande 2013)

I tillegg til at flislaget absorberer deler av smeltevannet fra snøen, vil det også absorbere regnvann. Dette vil forsterke isolasjonseffekten (Skogsberg and Lundberg 2005).

En av fordelene med flis som dekningsmateriell er at flisa vil følge de ulike søkkene i snølageret. Flislaget bør ha en tykkelse på mellom 30-50 cm, og tildekking bør skje i april/mai etter siste snøfall. Utførelsen kan skje ved at man blåser flisa utover snølageret, eller kjøres på med traktor (Kulturdepartementet 2014).

3.8 Filt

Filt som overdekningsmateriale tar utgangspunkt i samme prinsipp som virker ved bruk av flis. I og med at filten ikke er tett men pustende, vil det alltid være en viss smelting som går over til damp. Dette er en prosess som vil gi en kald overflate. En av fordelene med dette materiale er at det er godt egnet ved mye regn, da det er laget slik at regnvann renner av duken som på et gortex-materiale. Andre fordeler er at materiale krever forholdsvis liten arbeidsinnsats ved tildekking, lett gjenbrukbart, og ikke har behov for spesielt stor lagringsplass. Avsmeltingen har vist seg å være noe større enn ved bruk av flis (Kulturdepartementet 2014).

3.8.1 Underlag og plassering av lagringssted

Det er blitt erfart at det smelter mer snø i sålen på snølageret enn på toppen. Flisa isolerer bra mot varmen fra sola, men selve grunnvarmen er det vanskelig å gjøre noe med. Skal man legge opp til isolering mot grunnen også, er dette noe som kommer til å bli uforholdsmessig dyrt. Derfor bør man prøve å holde grunnvannet så langt unna som mulig, ved å velge et godt drenert lagringssted (Strande 2013). Tele i bakken under haugen vil være en fordel (Kulturdepartementet 2014).

Optimal plassering av snølagringen vil være så nært bruksområde som mulig for å minimalisere transporten ved utlegging. At man har areal som egner seg veldig nært er ikke en selvfølge. Dette ut i fra blant annet vurderingene nevnt ovenfor. I tillegg til et godt underlag bør man også tenke over at snølageret blir plassert slik at det er minst mulig utsatt for sol og vind. Plasseringen av lagringsstedet bør være reneest mulig for å unngå å blande inn

uønsket jord, grener, blad osv. inn i snøen ved bearbeiding. En gruset parkeringsplass vil være et godt egnet sted (Kulturdepartementet 2014).

For å minimere eksponeringen mot varm luft/solsteking bør man samle mest mulig snø under minst mulig overflateareal. Haugen avrundes på toppen og prepareres med en jevn overflate slik at regnvann lett renner av (Kulturdepartementet 2014).

Det bør påses at snøen har en jevn tetthet etter hvert som snøen doses lagvis inn i haugen. Dersom tettheten er for liten, er det mulig å tilføre vann slik at man oppnår ønsket tetthet. Gjennom lagringstiden vil tettheten øke fra 400 kg/m^3 til 600 kg/m^3 (Kulturdepartementet 2014).

3.8.2 Volum og geometri

For en optimal snølagringsprosess er utforming og volum på snølageret viktig. Ideelt sett vil man ha så mye snø som mulig, under minst mulig overflateareal, for å minimere eksponeringen mot varm luft og sol (Kulturdepartementet 2014). Når det gjelder utformingen på snølageret er det generelt å anbefale at den er bratt i kantene og avrundet på toppen, med en tilhørende rampe for å komme til for å komprimere haugen (Kulturdepartementet 2014).

Tar vi dette i betraktning er det to ulike geometriske utforminger som kan være aktuell; halvkule og ellipsoide. Halvkuleformet snølager gjør at smeltingen reduserer betraktelig, da solstrålene har mindre overflateareal å treffe. Problemet med denne utformingen er at kantene rundt halvkula er for bratte til at doseringsmaskiner kan komme lett til for å dosere. En løsning er å bygge en rampe midt på haugen for å kunne enkelt kjøre på. En annen ulempe med en slik utforming er tildekking av flis. I de bratte områdene i sidekantene vil flisa være vanskelig å få festet, og dermed ligger enkelte områder utildekt og ekstra utsatt (Finnland 2016).

Ellipsoide har ganske lik utforming som en halvkule. Fordelene med denne utformingen er at man kan utvide i bredde og lengde for å tilpasse vinkelen på sidekantene. Da vil man i tillegg unngå å måtte bygge en tilhørende rampe for doseringsmaskinene.

3.8.3 Svinn

Den største utfordringen med snølagring er avsmeltingen som skjer i løpet av lagringsperioden (april-oktober). I følge Kulturdepartementets veileder «Snøproduksjon og snøpreparering» har testing vist at snølager som har vært lagret i høy middeltemperatur (+20) og tidvis mye nedbør gjennom sommeren, har så mye som 50 % av lageret smeltet. Erfaring fra forrige års lagring i Granåsen tilsa et svinn på ca. 25 %. Da ble det lagret 8000 m³ snø og stod igjen med 6000 m³ (Finnland 2016).

5 Metode

I dette kapittelet vil det bli redegjort for de ulike metodene som er brukt, og metodene for innhenting av informasjon og erfaring fra liknende prosjekt.

En metode beskrives som et redskap for å samle inn den informasjon som trengs til de undersøkelsene som skal utføres (Dalland 2014). Det er vanlig å skille mellom to hovedmetoder; kvalitativ og kvantitativ metode.

Kvalitativ metode bygger på innsamling av meninger og opplevelser som ikke lar seg tallfeste eller måles (Dalland 2014). Metoden tar for seg en systematisk innsamling, bearbeiding og analyse av informasjonene gitt gjennom samtaler og observasjoner (komiteene 2009). Typiske kjennetegn for en kvalitativ metode er forholdet mellom forsker og undersøkelsesperson, man får en dypere forståelse for det man undersøker og forskere ser sammenhengene innenfra (Dalland 2014).

Kvantitativ metode bygger på målbare størrelser og tall som settes i system ved hjelp av statistiske metoder (komiteene 2009). I denne metoden er det mulighet for å utføre regneoperasjoner basert på tallene som fremkommer av dataene. Kvantitative metoder kjennetegnes ved presisjon, systematikk, få frem de representative dataene og forholdet mellom forsker og undersøkelsesperson er et jeg-det-forhold (Dalland 2014).

5.1 Generell utforming

For å kunne optimalisere snølogistikken i Granåsen ble det utført befaringer, samtaler og seminarer for å kunne gi oss kunnskap om tidligere erfaringer og utfordringer rundt transport, lagring og utlegging av snø.

Temaet snølogistikk er forholdsvis nytt. Det vil si at det er gjort veldig lite forskning på dette område. Det er i hovedsak basert på erfaringer fra driftspersonell som har drevet med utlegging og preparering av snø over lengre tid. På bakgrunn av dette vil analysene,

konklusjonene og løsningen være basert på erfaringer fra driftspersonell, rapporter fra lignende prosjekt og antagelser.

Vi har valgt å bygge opp oppgaven ved å ta utgangspunkt i 3 ulike caser med utfall i 3 mulige værsituasjoner.

Figur 5-1 under viser hvordan sammenlikning av de ulike alternativene ble satt opp og utført.

Caser Værsituasjon	Sentralt lager/produksjon	Lokal produksjon <i>Få produksjon- enheter</i>	Lokal produksjon <i>Flere produksjons- enheter</i>
Uegnet for produksjon <i>For høy temperatur</i>			
Egnet for produksjon <i>Gode temperaturer</i> <i>Noe snøfall</i>			
Tilstrekkelig snøfall <i>Ikke behov for produksjon eller lagring</i>			

Figur 5-1: Matrise for å sammenligne de ulike alternativene med tilhørende værsituasjon.

Videre vil sammenlikningen av resultatene bli diskutert og kommentert. Resultatet vil vise hvilke(t) alternativ(er) som kommer billigst ut. Etter hvert vil en diskusjon bli gjort rundt fordeler og ulemper ved de ulike alternativene. Dette vil være hensiktsmessig for å være

forberedt på at ett eller flere alternativ kan inntreffe. For å kunne arrangere et VM må man være forberedt på alle mulige utfall. I tillegg er det utført en følsomhetsanalyse for å undersøke hvilke faktorer som har størst følsomhet på totalkostnadene i oppgavens budsjett. Den er satt opp slik at det kommer frem prosentvis endring i totalkostnader ut i fra prosentvis endring i faktorene som er inkludert.

5.2 Utstyr og hjelpemidler

Alle notater fra møter og samtaler ble notert på data og lagret i en felles delingskonto. Det ble også brukt en drone til å ta bilder av nåværende snølager i Granåsen.

5.3 Informasjonsinnhenting

For å innhente relevant informasjon og erfaringer har vi utført flere møter med relevante personer, i tillegg til en litteraturstudie og email korrespondanse.

5.3.1 Møter og samtaler

Gjennom arbeidet med oppgaven har møter og personlige samtaler vært en viktig informasjonskilde for å besvare problemstillingen. Det har vært flere møter med driftspersonellet i Granåsen med Vidar Finnland som hovedkontakt, i samråd med Geir Paulsen og Heidi Arnesen. I løpet av disse møtene har erfaringer fra fjorårets lagringsprosess kommet frem, det har også gitt et bilde på kostnadsrammene. Utfordringene i anlegget har blitt belyst, forbedringer og ønsker ble diskutert.

I denne prosessen har også samarbeidet med Ekspertene i Team ved NTNU bidratt til ideutveksling og deling av innhentet informasjon. Presentasjon av gruppene ble gjennomført på NTNU Gløshaugen, Trondheim. Utover i arbeidet har deling foregått på Google Drive.

I april fikk vi tilbud om å være med på et besøk til NTNU Gjøvik gjennom universitetslektor Terje Wenaas. Under turen fikk vi innblikk i alternative metoder for å kunne måle snølager med droner og tilhørende program for å beregne volum, størrelse og lignende. Dette ble

gjort i samarbeid med NTNU Gjøvik og førsteamanuensis Rune Strand Ødegård. Gjennom møte med Øveraasen AS ble vi kjent med deres kjerneområde og fikk se hvilket snøryddingsutstyr som finnes og som kan være aktuelle for utlegging og innhenting av snø. Det ble også satt i gang en idémyldring for modifiseringer på eksisterende utstyr og utvikling av nye ideer.

I sammenheng med turen til Gjøvik, ble det også gjennomført et besøk på Gardemoen flyplass. Siden Gardemoen har et enormt snølager var dette veldig relevant for å kunne se arealet som trengs for lagring av store mengder snø. Vi fikk en omvisning og lærte om erfaringer rundt snøryddingen på flyplassen. I vedlegg E ser man et lite utdrag av bilder fra turen.

5.3.2 Email korrespondanse

Historiske data angående været og ulike framskrivninger for Trondheim og Norge fikk vi gjennom Meteorologisk Institutt's e-tjeneste; eklima.no. Gjennomgang av bruk av nettsiden fikk vi av Reidun G. Skaland [klimavakten@met.no].

For å kunne estimere kostnader på veiutbygging, grøft- og rørlegging har vi hatt tett kontakt med entreprenørfirmaet Johs. J. Syltern AS med kontaktperson Svein-Ole Daltveit [svein.ole.daltveit@syltern.no]. Her har vi mottatt kostnader pr. meter vei og grøft, kostnader på rør i ulike dimensjoner og med ulik isolering. I samråd med han har vi også kunne utarbeidet et forslag til utforming av vei og rørgate.

Løypeprofiler, utbyggingsplaner, utstyrsbeholdning, arbeidstimer for produksjon og utkjøringsplan ble tilsendt av Vidar Finnland [vidar.finnland@trondheim.kommune.no] og Geir Paulsen [geir.paulsen@trondheim.kommune.no].

5.3.3 Telefonsamtaler

For å beregne kostnader i forhold til togtransport fra Østersund til Trondheim ble det tatt kontakt med CargoNet AS for å få et prisestimat.

5.3.4 Litteratur- og dokumentstudiet

Det ble foretatt et litteratursøk for å finne informasjon, forskning og tidligere erfaringer som kunne bidra til å belyse problemstillingen i oppgaven. Ved relevante funn ble det gjort en nøye og kritisk gjennomgang for å kvalitetssikre funnet.

Vår eksterne veileder Snorre Nordbo Olsen ved SIAT ble benyttet under innhenting av litteratur, da han har gode kunnskaper om emnet og tilgang på relevante dokumenter innenfor vår problemstilling.

Det ble i hovedsak brukt tilsendt materialet fra ekstern veileder, men også nettbaserte databaser tilgjengelig via NTNU. Google Scholar og Oria ble brukt med avgrensinger i søkeområdet og nøkkelord.

6 Resultat og analyse

I dette kapittelet vil det bli presentert resultat av beregninger og kostnader knyttet til de ulike alternativene med tilhørende vær-situasjoner. I utregningene som medfølger er det tatt en del antagelser basert på erfaringer fra representanter i Granåsen Skisenter (Finnland 2016), samt snølagringsprosjekter på Beitostølen (Ødegård 2016).

Antagelser	
Svinn ved lagring over sommeren	20 % (uavhengig av størrelse på haug)
Løypebredde	8 m
Tykkelse av snø	0,5 m
Komprimeringsgrad	2
Flistykkelse	0,40 m
Timepris lastebil	900 kr/t
Timepris gravemaskin	1230 kr/t
Transport gravemaskin	7200 kr (tur/retur)
Kostnad ferdig tilkjørt flis	57 kr/m ³
Veiutbygging	2000 kr/m
Rør vann/luft	350/150 kr/m
Snølanser	19 200 kr/stk i året

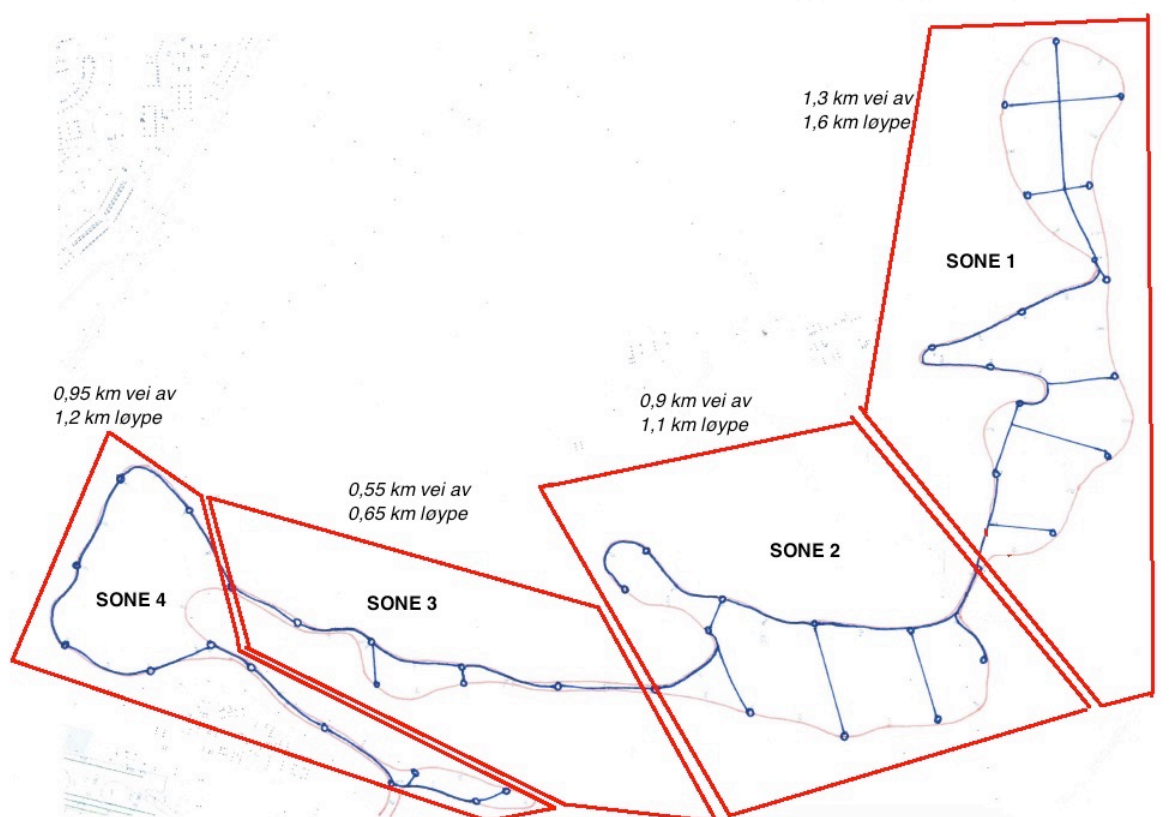
Alle beregninger er gjort for løypa på østsida av veien, som i utgangspunktet er 5300 meter. I og med at løypa i noen parti går i samme «bane» i begge retninger, regnes det i stedet med en løypelengde på 4550 meter. Andre beregninger som benyttes ved utleggelse av snøen i løypa er en gjennomsnittlig bredde på 8 meter, tykkelse på 0,5 meter og en komprimeringsgrad på 2 (Finnland 2016). Komprimeringsgrad vil si at 2 m³ produsert snø, vil gi 1 m³ snø i løypa. Der vi har regnet på snøproduksjonsutstyr har vi tatt utgangspunkt i investeringskostnaden på dagens system (Paulsen 2016), men valgt å benytte leasing av utstyret for å unngå vedlikeholdskostnader, avskrivning og lignende. Ved pris på

transportkjøretøy er det brukt de gjeldende ved sist sesong (Finnland 2016). Ved snølagringen som ble gjort forrige år i Granåsen ble det erfart ca. 25 % svinn av den lagrede snømengden på 8000 m³. Vi har likevel valgt å bruke 20 % som svinnprosent, ut i fra større lignende prosjekter som for eksempel Beitostølen hvor svinnet har vist seg å være ca. dette. Ved beregninger av rørmeter, er det tatt utgangspunkt i at man kobler seg på vannkilde rett ved brua på vestsiden.

Værsituasjonen som sier «tilstrekkelig snøfall» er antatt å være meget lite sannsynlig, og er derfor heller ikke tatt med i beregningene som kommer. Ved situasjonen som tilsier at det er «Egnet for produksjon – gode temperaturer og noe snøfall» er det tatt et anslag i forhold til forrige sesongs utlegging, og regnet med behov på ca. 40 % tilført kunstsne. Timer som følger av arbeid med tråkkemaskin for å preparere løypa anses om lag det samme på alle alternativene, i og med at dette er en jobb som ved alle værsituasjoner vil være nødvendig. Det er derfor ikke regnet på timer rundt denne jobben. Kostnadene som kommer til å være sammenlignbare rundt de ulike alternativene vil være på produksjonssystem/metode, utstyr og arbeidstimer knyttet til transport ved utlegging. Det er viktig å bemerke at alle de ulike beregningene kun er over distribusjon av snøen ut i løypenettet og ikke ved eventuell innhenting av snø til lagring over sommer, pådekking av flis etc.

6.1 Veiutbyggelse

Veiutbyggelse anses som nødvendig for samtlige alternativer, og er derfor valgt å se bort fra sammenligning av kostnadene knyttet til dette på hvert alternativ. Dette begrunnes med at man i verste fall blir nødt til å hente snø eksternt, for deretter å få dette ut i løypa. Da må man ha tilgjengelig vei for å kunne komme seg frem med nødvendig utstyr og kjøretøy. På Figur 6-1 er det illustrert tenkt vei, der man skal kunne komme til hver 100 meter for nødvendig snødumping (de små sirklene). Veien som går nederst helt til venstre på bildet er lagt i løypekurven, da denne sløyfa anses å være bratt og ufremkommelig ellers i terrenget. Videre er det tatt minimale beregninger i forhold til terreng og høydeforskjeller. Det er ikke merket på snuplasser, selv om dette er medregnet i kostnadsbildet.



Figur 6-1: Tenkt vei for kjøretøy med mulighet for dumping hver 100. meter

Kostnadene rundt denne veiutbyggelsen vil komme seg på om lag 7 400 000 kr med en vei på 3700 m. Her regner vi med pris fått fra entreprenørfirma Johs. J. Syltern på 2000 kr/m, som er inkludert noen snu-/møteplasser. Veien er ment å skal tåle tyngre kjøretøy som lastebil. Dersom løypetraséen likevel skal behandles med maskiner, kan man vurdere å legge opp til kjøring i hele løypa. Da vil veilengden bli 4550 m og komme seg på om lag 9 100 000 kr.

Tabell 1.: Estimert totalkostnad for utforming av vei

	I løpekurven	Med stikkveier
Lengde	4550 kr	3700 kr
Kr/m	2000 kr	2000 kr
Totalt:	9 100 000 kr	7 400 000 kr
<i>Inkluderer snu/møteplasser</i>		

Når utbygging av vei skal planlegges må det naturligvis tas en avveining i forhold til skog og naturinngrep, men for å avgrense oppgaven er det tatt utgangspunkt i veiutforming med stikkveier og vei i deler av løypetraséen ved kommende beregninger. Begrunnelsen for en slik utforming er at det er mer gunstig i forhold til dumping med lastebil og mulighet for å enklere benytte flere lastebiler, da de har mulighet til å kjøre ut til ulike dumpeplasser. Kjører man i traséen vil man få et stort behov for snuplasser, og det vil bli utfordrerne å komme til med flere lastebiler samtidig, siden de alle må benytte samme vei.

6.2 Togtransport

Siden man ikke vet hva som vil skje med vær-situasjonen 6 år frem i tid må alle mulige scenarioer tenkes på og tas med i betraktningen. I dette tilfellet er det ikke helt urealistiske å tenke at det vil være en liten mulighet for at det ikke finnes noe snø i 2021 og i verste fall også uten snølager. Er det heller ikke noen dager med gode temperaturer for produksjon blir det vanskelig å kunne stille med snøgaranti til arrangementet.

Hvis dette faktisk skjer er det nødvendig å se lenger ut for henting av snø. Et alternativ da er å kunne hente snø fra skianlegg som har store snølager. Tanken er å frakte snø fra Östersund i Sverige med tog til Trondheim. Östersund lagrer per dags dato 60 000 m³ med snø.

Når det kommer til terminal både i Östersund og i Trondheim er det tatt utgangspunkt i at terminalene er tilrettelagt med sidespor og tilhørende vei, slik at fremkommelighet til lossing og lasting ikke er et problem. Dette for å avgrense oppgaven. Estimaten som fremgår er kun fra når toget kjører fra Östersund og videre til sluttspunkt ute i løypa i Trondheim. Det er ikke tatt med lasting på toget i Östersund.

På bakgrunn av det er det sett på hvordan en slik situasjon kan løses og hvor store kostnadene blir hvis dette blir nødvendig. I tillegg er det tatt med et estimert tidsforbruk på

lossing og lasting fra tog til lastebil, og estimert hvor lang tid det tar å kjøre fra terminal til dumpeplass. De estimerte kostnadene og tidsforbruket fremgår av tabellen nedenfor.

Tabell 2: Estimert tidsforbruk for lossing, lasting, kjøring tur/retur Heimdal og dumping i Granåsen.

KAPASITET		
Gravemaskin	1,6 m ³ /skuff	10 sek/skuff
Lastebil	16 m ³ /lass	10 km/t
	10 skuff/lass	
TIDSBRUK		
Fylle opp last	1,7 min	
Tømme lass	1 min	
Tur/retur Heimdal	30,0 min	
Totalt	32,7 min/lass	
Fraktet med tog:	36 400 m ³	
Kostnad lastebil:	900 kr/t	
Kostnad gravemaskin	1230 kr/t	
Antall lass:	2275 stk	
Samlet tidsbruk:	81 462 min	
	1 358 timer	

Tabell 3: Estimerte kostnader for togtransport.

Estimert Togkostnader

Volum container	57,9 m ³	Kostnad lastebil:	900 kr/t
Totalt volum snø	36 400 m ³	Kostnad gravemaskin	1230 kr/t
Antall containere	629 stk		
Pris pr container	5500 kr		
Totalt togtransport	1 728 843 kr		
Totalkostnad	4 621 383 kr		

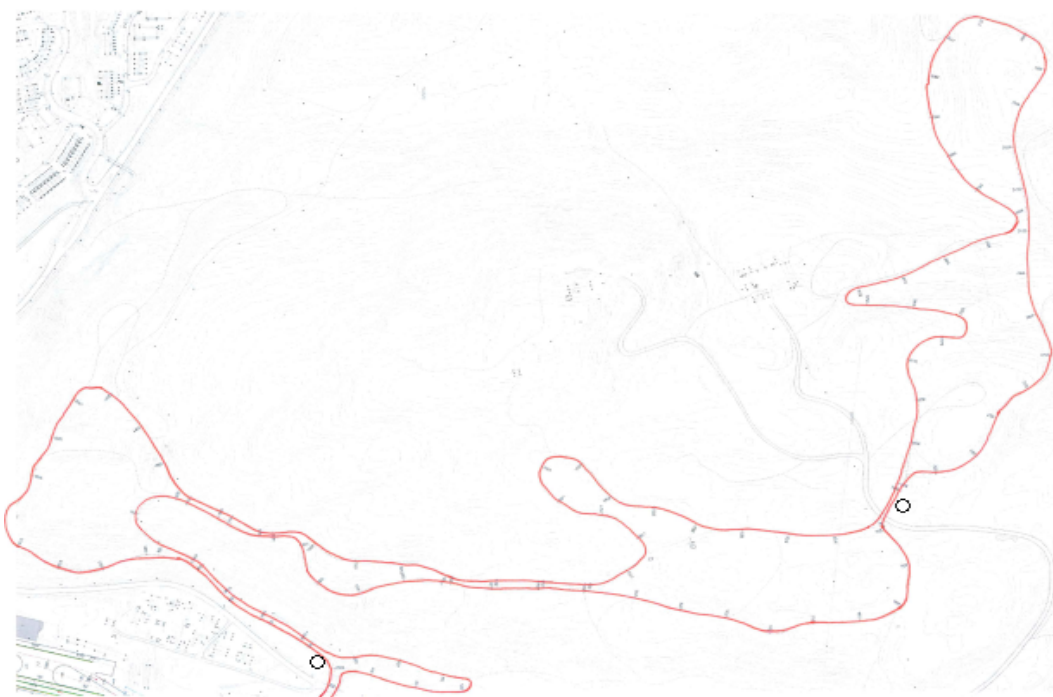
6.3 Fremlegging av alternativ med tilhørende vær-situasjon

6.3.1 Sentral produksjon/lager

Ved følgende alternativ er det tenkt to sentrale produksjons- og lagringsplasser.

Produksjonen vil foregå hvor lagringen plasseres, og det produseres hver dag dersom det er behov og værforholdene tilsier det.

Her velger man å produsere i to store snølager, der disse blir lagret over sommeren tildekt med flis, for deretter å legges ut igjen når sesongen starter. Lagringen bør være strategisk plassert med tanke på vind og værforhold i den grad dette lar seg gjøre. I og med at det er et stykke utenfor vår kompetanse å finne et slikt godt egnet sted, tar vi utgangspunkt i en plassering vi anser som optimal med tanke på effektivitet og gunstighet i forhold til utlegging. I løypa på 5,3 km på østsiden av veien, som er den vi fokuserer på, velger vi å legge opp til to sentrale produksjons-/lagerdunger som vist på Figur 6-2. Dette fordi løypa er såpass lang at å velge bare én dunge ville vært meget upraktisk med tanke på at kjøretøyene som benyttes må kjøre lange strekk i tillegg til at de ofte kommer til å bli i veien for hverandre.



Figur 6-2: Markerte lagringsplasser for sentral produksjon.

For å kunne kjøre snøen ut fra disse to lagrene, er det tenkt at man ved hvert lager har en gravemaskin som laster opp snø i planet på lastebil, for deretter å kjøres ut og dumpes hver 100. meter rundt om i løypa. Herfra tar trakkemaskiner over jobben, da de har en kapasitet på å fordele ca. 50 meter i hver retning (Finnland 2016). Det vil være én produksjonsenhet per produksjon-/lagerplassering.

6.3.1.1 Uegnet for produksjon – temperatur for høy

Denne værstsituasjonen tar for seg dårlege produksjonsforhold, altså at temperaturen er for høy over lengre perioder slik at all produksjon stopper opp.

Dersom en slik værstsituasjon oppstår, blir det en hel del arbeid i forkant av arrangementet. For å være forberedt på et slikt senario blir man nødt til å basere seg på å lagre nok snø til å dekke hele løypenettet fra forrige vintersesongen. Da trengs det totalt 36 400 m³, som gir et lagringsbehov på 43 680 m³ med snø inkludert 20 % svinn. Sett bort fra at dette blir en utfordring i forhold til areal ved lagring, trenger vi 18 200 m³ snø i hver av de to snødungene den dagen det er klart for utlegging. Vi har valgt å dele mengden likt i begge dungene, ut i fra at lagrene kan forsyne omtrent halve løypenettet hver der de ligger. Sett at det lar seg gjøre å lagre denne mengden med snø over sommeren, blir det mange arbeidstimer å medregne ved utlegging av all snøen.

For å beregne mengden flis som trengs til denne snølagringen har vi for enkelhets skyld valgt å gjøre en antakelse om at snøen er lagret i hauger formet som en halvkule. Tykkelsen på flislaget er på 0,4 m og skal være et jevnt lag over hele snøhaugen. Mengden flis beregnes ved hjelp av geometriske formler for overflate og volum av en halvkule. Formelen som benyttes er forenklet, og volumet av flis regnes ut ved å multiplisere flistykkelse med overflateareal uttrykt ved volum av snøhaug fremfor radien (Berg, Hagen et al. 2016).

$$V_f = h_f 2\pi \left(\sqrt[3]{\frac{3V_s}{2\pi}} \right)^2$$

V_f = volum, flis

h_f = tykkelse, flis

V_s = volum, snøhaug

For et lagret volum på 21 840 m³ snø i hver av de to dungene, vil det være behov for en flismengde på 1 200 m³ i hver. Det totale flisvolumet på 2 399 m³ blir da en kostnadsbærer på 136 754 kr. For å finne ut omtrent hvor mange timer arbeid med avdekking av flisa vil ta, er det gjort svært grove beregninger ut i fra timebruk per m³ i Granåsen sist sesong (jf. vedlegg D). Estimert tidsbruk er på 162 m³ i timen, som tilsier at det vil ta om lag 15 timer å få avdekt all flisa i begge dungene.

Tabell 4: Estimerte kostnader for alternativ 1 og værstsituasjon a.

ALTERNATIV 1	100 %
Arbeidstimer, transport	137 t
Arbeidstimer, avdekking flis	15 t
Transportkostnader	338 330 kr
Flis ferdig tilkjørt	136 743 kr
Produksjonssystem	87 680 kr
Totalt	562 753 kr

I vedlegg B fremgår utregning av timebruk for transport.

6.3.1.2 Egnet for produksjon – gode temperaturer i tillegg til noe snøfall

Denne værstsituasjonen tar for seg hvis det er gode forhold til å produsere i tillegg til at det er noe naturlig snøfall.

En slik værstsituasjon er en av de mest ideelle for å kunne sikre snø til et stort arrangement som VM på ski. Hvis disse forholdene gjør seg gjeldene vil man spare seg en del arbeid kontra forrige situasjon hvor det ikke var natursnø i det heletatt. Den naturlige snøen som kommer er ikke nok alene, men med gode produksjonsforhold vil det kunne dekke snøbehovet for traséen. Har man også et snølager vil man sikre seg for en god skisesong, og gode forhold under VM. Under dette er det utgangspunkt i en situasjon der man i snitt har 60 % nok natursnø jevnt i hele løypenettet, og man har behov for 40 % ekstra tilført. Vi beregner utkjøring fra de sentrale punktene, i og med at utkjøringen vil bli den samme enten det er blitt produsert eller tatt fra lagerhaug. Da trengs det utkjøring på 7 280 m³ fra hvert

sentrallager-/produksjonssted. Vi antar de samme kostnadene i forhold til avdekking av flis, siden det er medregnet at lager uansett er tilstede med forbehold om at man må legge ut alt derfra.

Tabell 5: Estimert årskostnader for alternativ 1 og vær-situasjon b.

Arbeidstimer, transport	55 t
Arbeidstimer, avdekking flis	15 t
Transportkostnader	163 500 kr
Flis ferdig tilkjørt	136 754 kr
Produksjonssystem	87 680 kr
Totalt	387 934 kr

6.3.2 Lokal produksjon med få produksjonsenheter

Alternativ 2 tar for seg lokal produksjon ute i løypetraséen. Produksjonen foregår på foreslåtte knutepunkt. Tanken er at plassering i knutepunkt skal gjøre snøen mer tilgjengelig for utkjøring og utlegging, og vil dermed kunne spare noe tid på kortere avstander ved transport. Dette fordi det vil bli en kortere vei fra produksjonsenhetene der snøen hentes og ut i løypa.

Fra punktene har vi beregnet at det kan benyttes hjullaster til å laste opp snøen, som igjen kjører lassene direkte ut til stedene der det trengs, eventuelt hver 100. meter dersom det er behov. Derfra fordeler og prepper tråkkemaskinene snøen i løypa. Tross at hjullasteren rommer mindre m³ per lass enn ved bruk av gravemaskin og lastebil, har vi valgt å ta utgangspunkt i bruk av hjullaster da beregningene tilsier at dette tar mindre tid og vil gi en lavere total kostnad (jf. vedlegg C). Det vil også bli mindre håndtering med snøen ved bruk av hjullaster, kontra gravemaskin og lastebil.

Denne løsningen vil gjøre det mulig å sette i gang ekstra produksjon i forkant av arrangementet, dersom prognosene tilsier at man ikke har, eller rekker å få tilstrekkelig med natursnø. Det er ikke beregnet at man bruker disse punktene som lagring over sommeren,

men kun produksjon på vinters tid. På Figur 6-3 har vi illustrert 5 tenkte plasseringer for lokalproduksjon. Disse er plassert med tanke på at man lett kan forsyne løypa i begge retninger av der snøhaugen dannes. I den grad det er hensiktsmessig, nedgraves rør til produksjonsenhetene i samspill med veiutbyggelsen. Et grovt estimat gir 2050 m rør til de 5 tenkte plasseringene av lokalproduksjon.



Figur 6-3: Kart med avmerkede knutepunkt for lokal produksjon.

6.3.2.1 Egnen for produksjon – gode temperaturer og noe nysnø

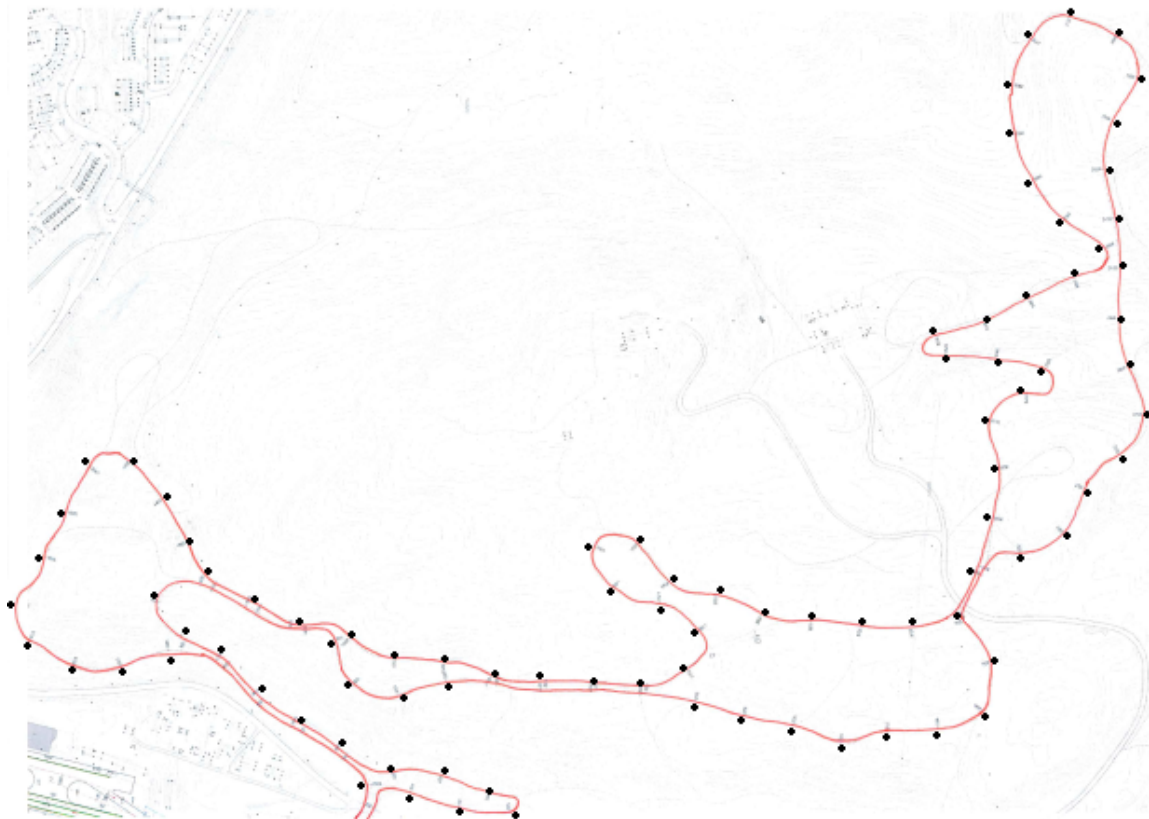
Får vi en vær-situasjon som gjør det ideelt med produksjon og i tillegg har noe snøfall vil det være mulighet for å kunne starte produksjon i forkant, for deretter å kjøre snøen ut fra disse valgte knutepunktene til punktene for dumping rundt om i løypa. I forhold til alternativ 1 vil man kunne hente fra flere hauger og sjansen er mindre for at de blir i veien for hverandre. Som tidligere nevnt benyttes det hjullaster direkte fra snøhaug, som kjører ut til dumping der det vil være behov, for så å bli fordelt og preppet. Skal man anta behov for 40 % utkjørt snø også her, vil man trenge 2 912 m³ produsert ved hver enhet. Dette tatt i betraktning at det trengs jevnt fordeling av snø i hele løypenettet, noe som ikke trenger å være tilfelle på grunn av lokale vær- og temperaturforskjeller.

Tabell 6: Estimert årskostnad for alternativ 2 og værstsituasjon b.

Arbeidstimer, transport	35 t
Transportkostnader	31 500 kr
Produksjonssystem	224 200 kr
Totalt	255 700 kr

6.3.3 Lokal produksjon med produksjonsenheter i hele traséen

I dette alternativet er det tenkt å utvide den lokale produksjonen til å dekke hele løypa med produksjonsenheter. Da vil man ha mulighet for å produsere snøen lokalt rundt om i løypa, bare ved en tettere produksjon. Det monteres snølanser med 50 meters mellomrom rundt om langs hele løypa. Disse lansene fordeler snøen i 50 meters bredder, og det vil derfor ikke være nødvendig med annet enn tråkkemaskin for å få preppet løypene. I noen parti ser man at løypa går i samme «bane» i begge retninger, noe som vil gjøre at man sparer seg for noen lanser i forhold til lengden på løypa. Med disse beregningene kom vi frem til omlag 90 lanser, som illustrert på Figur 6-4.



Figur 6-4: Kart med markerte punkter for lokalproduksjon med snølanser. 50 meters mellomrom mellom hver lanse rundt hele løypa.

I dette alternativet er det i likhet med forrige tenkt at det lett kan produseres manglende snø når det nærmer seg arrangementet. Ved et slikt system fordeles snøen jevnt i 25 meter hver retning ved produksjon, og man sparer seg for bruk av en del andre kjøretøy som er dyre i drift. Lansene er fastmonterte og man kan kontrollere disse manuelt for enkelt å produsere kun der det er behov. Dette vil være en kostbar investering, men vil spare inn mange timers arbeid.

Tabell 7: Estimert årskostnad for lokalproduksjon med snølanser rundt hele løypa.

Produksjonssystem	800 600	kr
Totalt	800 600	kr

6.3.3.1 Egnet for produksjon – gode temperaturer i tillegg til noe snøfall

Dette er nok det produksjonssystemet som gjør det enklest når man kommer i en situasjon der man trenger å produsere snø for å ha tilstrekkelig mengde i henhold til arrangementet. Her er det ikke behov for annet enn tråkkemaskiner, i og med at lansene fordeler snøen jevnt 25 meter i hver retning. Disse kan startes manuelt og man kan velge å forsyne snø kun der det er behov. Sett at det også her mangler 40 % av nødvendig snømengde, trenger man å produsere 162 m³ i snitt per lanse. Kostnadsbilde vil være over produksjonsenhetene og rørsystem, da vi som tidligere nevnt har valgt å se bort fra arbeid og kostnad ved tråkkemaskin da dette uansett vil inngå i alle alternativer.

7 Drøfting

I dette kapittelet drøftes resultatene i forhold til sensitivitetsfaktorer som vil være avgjørende for kostnadene, samt tilleggsprosjektene som veiutbygging, utleggingsplan og øvrige kostnader.

De generelle valgene som ble tatt for å utforme oppgaven, er i hovedgrunn for å få et bilde over ulike muligheter for å forme et produksjon – og distribusjonssystem. I og med at løypa som vil bli gående på østsida mangler både infrastruktur og tilgjengelig produksjonskapasitet per dags dato, sto vi friere til å komme opp med mulige løsninger for videre planlegging. I stedet for å komme frem til en bestemt god løsning, valgte vi å se på hvilke faktorer som kan være avgjørende for det totale kostnadsbilde. Det er viktig å påpeke at det er lagt vekt på distribusjonshåndtering fremfor utfordringer som måtte være ved utbyggingen av selve anlegget.

Når det gjelder alternativ 1, som baserer seg på å produsere og lagre snø i sentrale store lager, er det denne metoden man lettest kan basere seg på erfaring fra andre referanseprosjekter. Dette har de også allerede startet å skaffe seg erfaring med i Granåsen, der de har hatt et prøveprosjekt på å lagre snø over sommeren 2015. De skal på ny lagre snø over sommeren 2016, da en større mengde enn sist. Dette er en metode som krever store tilgjengelige areal for å sikre at man greier å lagre nok snø, som i tillegg krever strategisk gode plasseringer. Slik vi har oppfattet det av representanter fra Granåsen Skianlegg vil det bli en krevende utfordring å finne slike gode plasseringer i område på østsida. Å måtte hente snø fra lageret som per dags dato har vært knyttet til løypeområde på vestsida, vil være lite aktuelt da man vil få lange avstander ved transport. Fordelen hvis man greier å etablere et eller flere slike lager, er at man stiller med en mye sterkere snøgaranti hvis det oppstår en situasjon som ikke gir temperaturer til å kunne produsere i forkant av arrangementet. Ulempen er at denne metoden fører til mange arbeidstimer, da det kreves mer transport ved utlegging og arbeid rundt tildekking/avdekking av flis. Dette er store kostnadsbærere. I

Østersund har de i tillegg erfaring med at det har oppstått isblokkdannelse ved lagring i stor snøhaug, og det er grunn til å tro at dette kan komme av permafrost i bakken ved lagring av veldig store megder.

Lokalproduksjon ved sentrale knutepunkter i løypa, angitt som alternativ 2, vil kunne gi lavere kostnad knyttet til transport, fordi kjørelengdene blir redusert. Her kan man også enklere benytte flere kjøretøy uten at de blir i veien for hverandre fordi snøen er tilgjengelig på flere steder enn ved sentralproduksjon. Siden det anses å være gunstig å bruke for eksempel hjullaster som eneste transportmiddel ut til dumping, er det grunn til å tro at man reduserer svinn og bevarer en bedre snøkvalitet, kontra at snøen blir håndtert i flere operasjoner som ved alternativ 1. Ikke uventet vil kostnadene knyttet til produksjonsenheter og rørnedlegging komme noe høyere enn ved forrige alternativ. Man må også her finne strategisk gode plasseringer i forhold til vind og værforhold som måtte påvirke. I oppgaven ble det tatt utgangspunkt i at disse enhetene kun benyttes til produksjon ved manglende snøbehov. I realiteten kan det vurderes om disse plasseringene også kan benyttes til mindre snølager over sommeren, for å kunne stille med en bedre snøgaranti. Avgjørende faktorer som svinn, arbeidstimer og kostnader i forhold til lagring i flere små snølager kontra store, er foreløpig ikke noe som er av dokumentert erfaring. Utfordringen vil være å finne egnede plasseringer, siden man også her vil trenge en del areal for å kunne masseprodusere snø til lagring, i tillegg til terreng og værforbehold.

Ved sistnevnte alternativ om lokalproduksjon langs hele løypa, vil man se at det ikke er tatt høyde for behov av transport i det hele tatt. I og med at produksjonsenheterne står såpass tett plassert, skal man ikke trenge annet enn tråkkemaskin som jevner ut og prepper løypene klare. Snøen slipper og håndteres av flere maskiner, og man vil derfor bevare en bedre snøkvalitet. Tross at man slipper unna transportkostnader, vil man se at dette alternativet kommer høyest ut i form av kostnader på grunn av produksjonssystemet. I oppgaven er det også her tatt i betraktning at systemet benyttes ved at man produserer opp manglende snø i forkant av arrangementet. Dette gjør det vanskeligere å kunne stille med snøgaranti. Det vil ikke være mulighet for å produsere opp til lager, da denne snøen blir

sprøytet rett ut i løypa. Skal man velge å utarbeide et slikt system, vil man nok likevel være nødt til å etablere en form for snølager dersom forholdene tilsier at man ikke vil kunne produsere. Veien vil allerede være etablert, men man vil igjen stå med kostnader på flis og annet arbeid rundt lageretablering. Er tilfelle at man kan benytte produksjonssystemet i løypa alene, er dette alternativet som utgjør minst arbeidstimer.

Ved en sammenlikning av de tre alternativene, som vist i Tabell 8 nedenfor, vil man se at lokalproduksjon på knutepunkter kommer billigst ut. Dette vises som forholdsvis lave totalkostnader, da dette ikke inngår alle reelle kostnader som kommer til å spille inn. Vi har kun sett på utgiftene som vil være mest ulike mellom alternativene, og antatt at flere av de andre kostnadene vil være omtrent de samme.

Tabell 8: Sammenlikning av alternativene. Gjelder for utlegging av 100% snø.

ALTERNATIV 1	100 %	ALTERNATIV 2	100 %	ALTERNATIV 3	100 %
Arbeidstimer, transport	137 t	Arbeidstimer, transport	88 t	Prod.system	800 600 kr
Arbeidstimer, avdekking flis	15 t	Transportkostnader	79 200 kr		
Transportkostnader	338 330 kr	Produksjonssystem	224 200 kr		
Flis ferdig tilkjørt	136 743 kr				
Produksjonssystem	87 680 kr				
Totalt	562 753 kr	Totalt	303 400 kr	Totalt	800 600 kr

Noe av det som er interessant å se nærmere på, er hvilke faktorer som kan være følsomme overfor totalkostnaden hvis de endres.

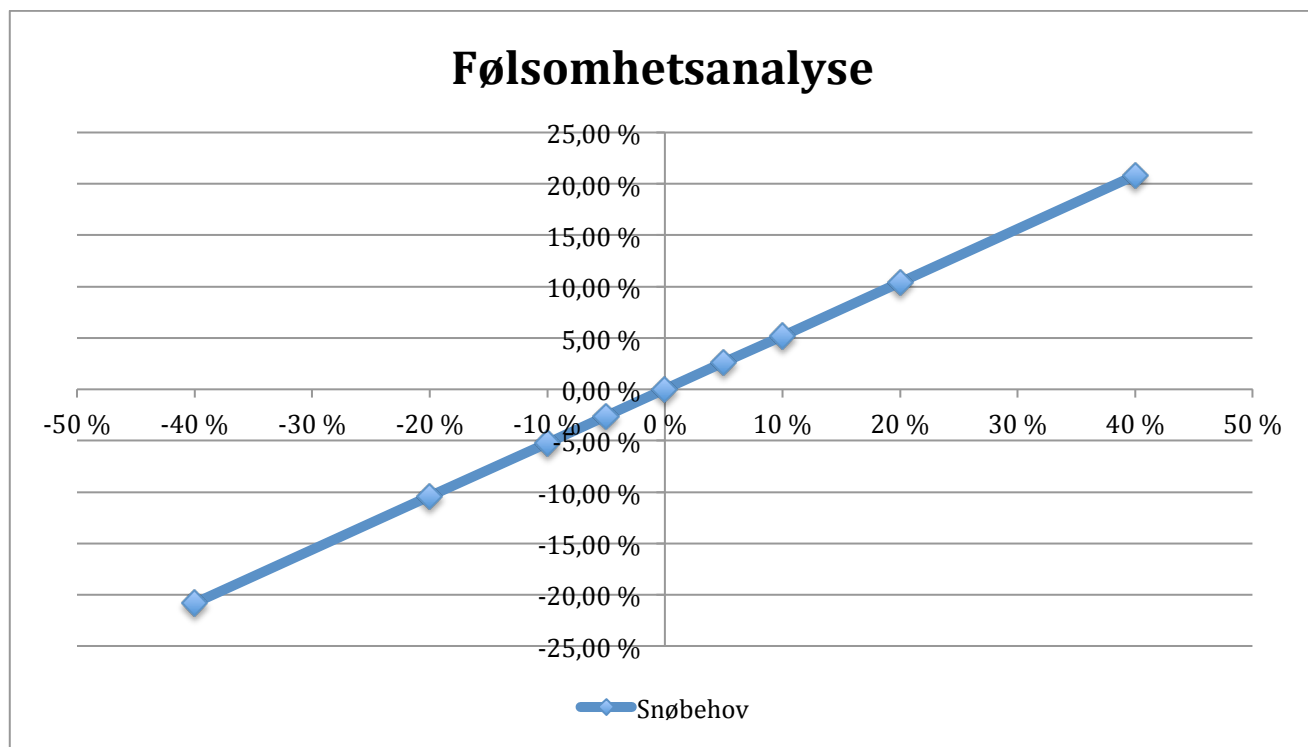
Følsomhetsanalyse

Det er knyttet store usikkerheter til kostnadene som er brukt i oppgaven, det er derfor gjennomført en følsomhetsanalyse på ulike variabler i regnskapet. Variablene som ble valgt å se på, ble valgt ut i fra det som ble ansett som vesentlige usikkerheter. Gjennom denne analysen har det vært mulig å kartlegge hvordan de ulike faktorene spiller inn på totalkostnaden for prosjektet. Selv om denne analysen kan gi et bilde på hvor følsom

faktorene er i forhold til kostnadene er det grunn til å stille spørsmål ved metoden. Grunnen er at en slik modell er partiell, som betyr at den kan bare endre én usikker faktor om gangen. Det kunne vært utført en scenarioanalyse for å inkludere faktorenes avhengighet, men det ble diskutert at følsomhetsanalysen var mer enn tilstrekkelig for denne oppgaven. Det er også viktig å merke at en slik analyse ikke inkluderer sannsynlighetene for at noen avvik inntreffer, men den forteller oss noe om hvert avvik og er derfor valgt som en god løsning for denne problemstillingen.

Analysen har referansepunkt; fart 10 km/t hvor snøbehovet er 36 400 m³, som gir en total kostnad på 562 753 kr. Totalkostnaden gjelder for alternativ 1, men faktorene er noe som også spiller inn på de to andre alternativene.

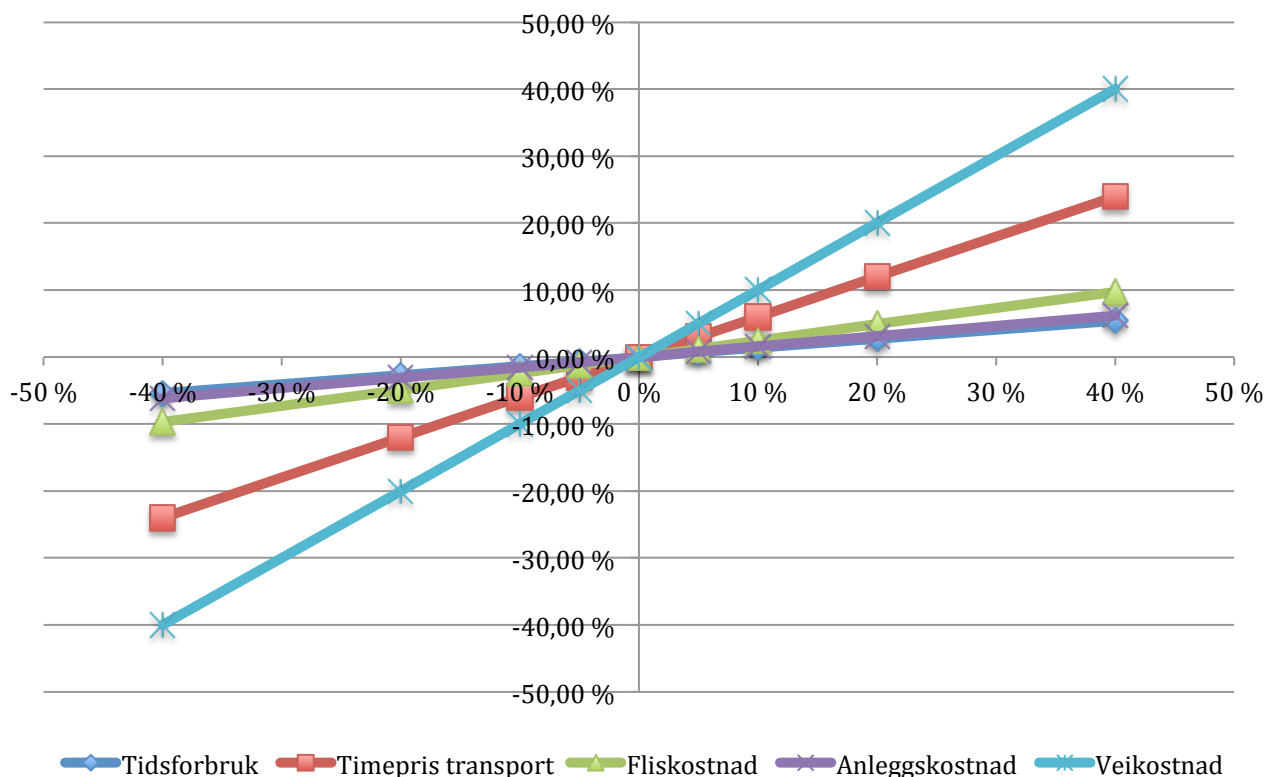
Den første faktoren som er usikker er mengden snø som trengs for å dekke løypebehovet. Hvor mye natursnø som kommer rundt tiden det skal legges ut snø er veldig usikkert, derfor er det valgt å ta med dette som en faktor. I tillegg vil det også være usikkert hvor mye som gjenstår i snølageret etter sommerlagringen. Hvis mer enn 20 % er smeltet bort vil behovet øke og dermed påvirker dette total kostnadene. Snøbehovet er derfor en følsom faktor, slik det fremgår av Figur 7-1 vil total kostnaden stige med 5,20 % hvis snøbehovet øker med 10 %.



Figur 7-1: Følsomheten til snøbehovet. Viser endring i total kostnad avhengig av snøbehov.

Videre er analysen basert på tidsforbruket, timesprisen på transport, fliskostnadene, anleggskostnadene og veikostnadene. Ut i fra Figur 7-2 leses det at veikostnad og timekostnadene for transport har størst følsomhet. Hvis prisen per meter vei endrer seg med 10 % vil også totalkostnaden på vei stige 10 %. For timeskostnadene på transport vil totalkostnadene stige med 6 % hvis endringen er 10 %. Som det fremgår av Figur 7-2 er det en lineær endring i variablene. Endringene stiger og synker med samme forhold.

Følsomhetsanalyse



Figur 7-2: Viser følsomhet på ulike faktorer som anses som viktige for totalkostnadene.

Sett i forhold til de øvrige kostnadene er det stor følsomhet på veikostnad og transportkostnad. Fliskostnad, tidsforbruk og anleggskostnad frem går som mindre følsom. I variabelen tidsforbruk inngår hastigheten på transportmaskinene, slik som lastebil og gravemaskin. Her er det endringer i hastighet og timebruken som er inkludert i beregningene. Tidsforbruket er den variabelene som overrasket mest, det var sannsynlig at desto saktere man kjørte desto større ble totalkostnaden, og det ble tenkt at denne variabelen skulle få størst avvik, men viste seg å være den med minst avvik. På bakgrunn av dette vil man kunne tenke seg at det oppnås høyere fart ved lengre strekninger og man derfor kan spare inn tid.

Veiutbygging

Som tidligere nevnt i kapittel 10.1 vil det være behov for utbygging av en vei for å kunne komme til med utlegging av snø i løypa ved alle de tre fremlagte alternativene.

For å planlegge og tilrettelegge for en slik vei, vil faktorer som terreng og naturinngrep være svært avgjørende i forhold til hva som vil være gunstig, og ikke minst kostnadene. I våre beregninger er det i veldig liten grad tatt slike hensyn, da det ble for omfattende for oppgaven. Sammenligningen av kostnadsestimatet ved kjøring i løypa kontra stikkveier, viste seg at stikkvei-alternativet kom noe billigere ut, og det var denne vi valgte å benytte i de videre beregningene som ble gjort. Denne kom som et forslag fra entreprenør for at vi skulle ha noe å jobbe ut i fra. Om det er realistisk at denne veiutbyggingen lar seg gjøre, er det foreløpig knyttet stor usikkerhet til. Her må det grundig forarbeid og planlegging til for å finne de beste løsningene både når det gjelder praktiske løsninger ved transport ut i løypa og kostnadseffektivitet. Det er ikke usannsynlig at det kan lønne seg å legge en vei fra inngangen av løypa som kommer fra vestsiden i sone 4 og rett over i sone 3 for å lettere komme til med utlegging også i sone 3. Det hadde vært mulighet for å legge frem flere ulike veiforslag, men vi valgte å se dette som lite hensiktsmessig siden det ville utgjort små forskjeller og grunnlaget for forslagene ville ikke vært noe bedre enn det som er fremlagt.

Ved utbygging av nødvendig vei vil det mest sannsynlig lønne seg å legge ned rør til produksjonssystem samtidig, og samkjøre dette i den grad det lar seg gjøre for å unngå ekstra graving. Det er tatt utgangspunkt i at rør må graves ned på frostfri dybde og det er fornuftig å anta at det vil komme steder der man blir nødt til å sprengre for å tilrettelegge for dette. Tilleggspris for nødvendig grøftesprenging vil komme seg på ca. 600 kr/m eks. mva. (Daltveit 2016).

Når det kommer til et arrangement som VM på ski, må det også legges stor vekt på å tilrettelegge for publikum og TV-kamera. Dette kan man også anta at kommer til å gjøres noe samtidig som veiutbyggingen, for å spare kostnader på innleieing av entreprenør og utstyr. Internett og strøm er aktuelt å legge ned samtidig som vei-/rørutbyggingen pågår. Å utarbeide plass for publikum langs løypene og parti hvor man kan kjøre scooter med TV-kamera vil komme i tillegg til utregningene i oppgaven.

Lagring

Det er i oppgaven tatt utgangspunkt i halvkuleforma snølager. I teorien er dette den beste utformingen på et snølager med tanke på avsmelting og eksponering av sollys og vind. I praksis gir denne formen en liten utfordring da den er ganske bratt i kantene og man må vurdere om det kan være fordelaktig å endre formen. Et alternativ som kan regnes på er å forme lageret som en halv ellipsoide. Egenskapene til halvkula går igjen i store deler av denne formen, men i kantene er den mindre bratt og gjør det lettere for doseringsmaskiner å komme til. Selv om disse formene er de mest ideelle, er det vanskelig å bestemme at den eller den formen skal gjelde for lagring i Granåsen.

Dette med plassering er en viktig faktor som må diskuteres. Oppgavens forslag til plassering er ideell kun får oppgavens løsning og utforming, og det er grunn til å sette spørsmål ved plasseringene, da det ikke er tatt hensyn til terrenget og arealbruken. Likevel ble det valgt å gå videre med alle alternativene fordi det er ikke gjort noe form for lagring eller utlegging i den østre delen av løypenettet tidligere.

Utstyr

Valg av utstyr er noe det i oppgaven er sett delvis bort fra. Det er som nevnt tatt utgangspunkt i det utstyret som finnes i dag. Mot et VM er det grunn til å diskutere om det skal investeres i nytt utstyr. Dette gjelder da både tråkkemaskiner, produksjonsenheter, rørsystem og selve anlegget.

Transportutstyret som blir brukt i denne oppgaven er noe mindre enn det som ble brukt ved fjorårets utlegging i Granåsen. Veiutbyggingen gjør det mulig å kjøre tyngre kjøretøy på veien. Siden dette ikke er egnet i dagens rulleskiløype, må det brukes mindre lettere og kjøretøy. Tyngre kjøretøy med større lasteplass kan slippe til på færre turer. Det gjør at kostnadene rundt transportkjøretøyene er noe redusert. I tillegg blir selve utleggingen effektivisert ved at lastebilene tar et større volum i lasteplanet enn for eksempel en traktor. Ut i fra hvordan utleggingen ble gjort i fjor, hvor snø ble hentet fra lageret og fraktet til

stadionområdet for så å bli transportert videre ut i løypa, er oppgavens fordel at lagrene ligger i umiddelbar nærhet til løypenettet. Ved denne løsningen unngås det å bruke ekstra transporttid fra lager til deponi nærmere løypa. I utregningene er det regnet med en lastebil og to gravemaskiner, dette definerer forholdet mellom lastebil og gravemaskin. Videre er det gjort simuleringer for å finne beste antall lastebiler for å utnytte kapasiteten på gravemaskina optimalt. Tall som ligger til grunn her er at gravemaskina bruker 1,7 minutt på å fylle og tømme skuffen som rommer $1,6 \text{ m}^3$. Av Figur 7-3 fremgår det beste antallet lastebiler på ulike distanser på vei. Siden det i oppgaven er ulike kjørelengder fra snølager til dumpepunkter er det tatt en gjennomsnittslengde på 500 m pr kjøretur, dvs. tur/retur 1000 m.

Antall lastebiler	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
1	3,9	5,1	6,3	7,5	8,7	9,9	11,1	12,3	13,5	14,7
2	1,9	2,5	3,1	3,7	4,3	4,9	5,5	6,1	6,7	7,3
3		1,7	2,1	2,5	2,9	3,3	3,7	4,1	4,5	4,9
4				1,9	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7
5					1,7	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9
6							1,8	2,0	2,2	2,4
7								1,8	1,9	2,1
8									1,7	1,8
9										
10										

Figur 7-3: Viser antall lastebiler som optimaliserer kapasiteten til gravemaskinen. Det er lastebiler på ulike lengder, men tatt et gjennomsnitt på 500 m.

Denne simuleringen er som nevnt bare tatt utgangspunkt i kapasiteten til gravemaskina. Det er ikke tatt hensyn til at lastebilene kan returnere til gravemaskina på samme tidspunkt, og det vil da oppstå en kø-situasjon. utfordringene med økende antall lastebiler er koordinering. Veiene har ikke rom for motgående lastebiler og det blir derfor et stopp i endene for å vente på møtende trafikk. For at det skal kunne lønne seg med flere lastebiler må veien utformes på en måte som gjør motgående trafikk mulig.

Ved beregninger på utstyrsforbruk og kostnader knyttet til dette er det viktig å presisere at det er grove estimater. Det er også gjort et valg om å lease snølanser til produksjon. Fordelene med en slik løsning er at vedlikeholdskostnader og avskrivning unngås, siden det er eierne av produksjonssystemet som sitter med dette ansvaret. Det ble derfor diskutert at dette var det mest hensiktsmessige valget i forhold til problemstillingen. Likevel er det grunn til å være kritisk til kostnadene på produksjonsenhetene, da det er tatt utgangspunkt i tilbudsprisen som ble gitt i forbindelse med utbyggingen av rulleskiløypa som ligger på vestsiden. Det er derfor grunn til å anta at disse kostnadene ligger noe høyere i dag enn for 4 år siden. I tillegg er det mulig at selve lansene er videreutviklet og ny teknologi er tilgjengelig, dette vil også kunne påvirke prisen.

Videre er det viktig å bemerke at utregningene ved alternativene er tatt utgangspunkt i prisen på lanser og ikke andre typer snøkanoner. I realiteten vil det være hensiktsmessig å finne riktig type produksjonssystem i forhold til hvor produksjonene skal foregå. For eksempel vil man kunne benyttet snøkanoner i stedet for lanser ved sentral produksjon til lager, mens det ute i løypenettet kan brukes lanser. I tilknytning til produksjonsenhetene trengs det rør med riktige dimensjoner. Entreprenøren som beregnet kostnadene på rørene brukte PE-rør med 10-12 bar trykk, diameter 250mm på vannrør og 150mm på luftrør. Trykket i produksjonsanlegg er veldig høyt og man må derfor, mest sannsynlig, stipulere et tillegg for rør av høyere trykkklasse. Videre må man ha et pumpehus installert. Det er i oppgaven sett bort fra kostnadene på dette, men dette er en tilleggskostnad som man må ta høyde for. Valget av pumpehus faller på leverandørene av produksjonsenhetene, da de har oversikt over spesifikasjoner og dimensjoner for de ulike snøkanontypene.

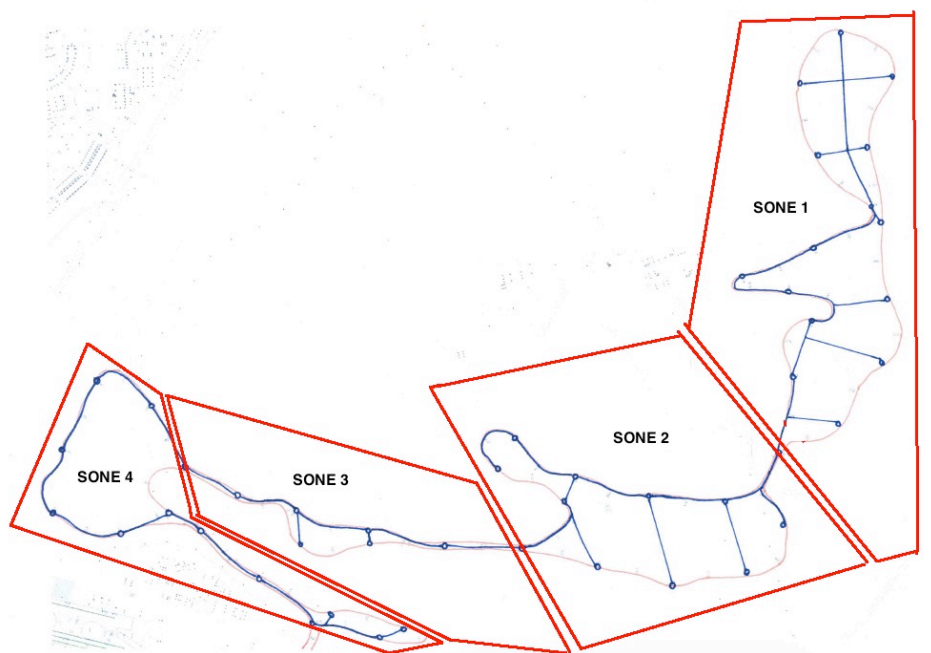
Oppgradering av produksjonssystemet fra manuelt til halvautomatisk eller helautomatisk, må diskuteres ut i fra hvor stort behov det blir for dette fremover i tid. Skal Granåsen satse på å bli en anerkjent by for å arrangere store idrettsarrangement for nordiske grener, vil det være lønnsomt å investere i noe dyrere løsninger for å effektivisere produksjonen. Er det

derimot et ønske å opprettholde dagens status vil det ikke være nødvendig å oppgradere i like stor grad.

Utleggingsplan

For å kunne utføre utlegging av snø så effektivt som mulig, er det valgt å komme med en foreslått plan på gjennomføringen. Denne planen bygger på logiske løsninger ut i fra hvordan veiutformingen er tenkt.

Løypetraséen er delt inn i 4 soner for å enkelt kunne planlegge utkjøring og komme lettest mulig til. Inndelingen kan ses på Figur 7-4. Den markerte blå streken er veien, beregnet for å tåle tunge kjøretøy som blant annet lastebil og hjullaster. Utformingen av løypetraséen som oppgaven har tatt utgangspunkt i, er en foreløpig løypeplan. Om dette blir den endelige VM-løypa er noe usikkert.



Figur 7-4: Kart markert med inndelte soner.

Ut i fra kartet kan vi se hvilke traseer som er lettest å komme til og hvilke traseer som har en del utfordringer. Ser man på sone 3 er store deler av veien lagt i løypetraséen, noe som betyr at her må det legges snø først. Dette for å unngå mye kjøring i snø som allerede er utlagt. I sone 4 er veien lagt i trassen grunnet bratt terreng rundt. Disse sonene krever noen

snuplasser for at lastebiler skal kunne rygge seg til å dumpe snø. Sone 1 og sone 2 er de sonene som er lettest tilgjengelige. De ligger omtrent i samme høydekurve og har derfor muligheter for flere stikkveier. Stikkveiene gjør det mulig å kjøre flere lastebiler på samme tid, som igjen resulterer i god effektivitet.

Innfartsveiene til løypa kan ligge mellom sone 1 og 2 og ved overgangen i sone 4. Ved disse alternativene ligger det en etablert vei som gjør det mulig å komme tett innpå løypa. Generelt sett vil man starte utkjøring til de partiene som ligger innerst, eller innklemmt, mellom to eller flere veier. Da unngår man å kjøre over partier hvor det allerede er lagt snø. Videre er det hensiktsmessig å fortsette utover og legge nøkkel- og innfartsveier helt til slutt. I vårt tilfelle er det akkurat denne tankegangen vi velger å gå ut ifra.

Hvorvidt dette er den mest effektive løsningen er vanskelig å si med tanke på at det ikke er gjort noen form for utlegging på denne siden av anlegget.

Øvrige kostnader

Det er flere kostnader som er utelukket fra regnskapet i denne oppgaven, men som vil være viktige for et helhetlig perspektiv. Dette er kostnader for blant annet pumpehus, tråkkemaskinen- arbeid, arbeid ved innhenting av snø, samt forming og tildekking av flis til sommerlager. Overtidstillegg vil også komme som en tilleggspost, i tillegg til administrative kostnader. I forhold til veiutformingen og valgene som er gjort rundt dette i oppgaven, er det ikke tatt hensyn til grunneiere. Det vil mest sannsynlig oppstå noen problemer i forhold til dette ved en slik utbygging, og slike forhold må man få klarhet i på forhånd av utbyggingen. Videre kan det stilles spørsmål til naturinngrep og hvilke kostnader dette fører med seg.

Samfunnsnytt og miljøperspektivet

Når det kommer til miljøperspektivet ved de ulike alternativene som er fremlagt er denne meget uklar. Å produsere kunstsne er i utgangspunktet lite miljøvennlig, dermed vil lagring over sommeren ikke være positivt ettersom dette krever store mengder produsert snø. I

tillegg til selve produksjonen kommer forurensingen ved transport. Snøforholdene i Norge blir jevnt dårligere for hvert år, som følge av klimaforandringene. Dette er noe som kommer til å bli en utfordring med tanke på å kunne sikre snø mot et VM på ski. Man må derfor vurdere ulempene opp mot fordelene. Produsering og lagring av kunstsne vil enklere gi mulighet for å sikre snøgaranti mot håpet om å få innvilget søknaden om VM på ski i Granåsen i 2021. Samfunnsnyttene av å få arrangert et VM vil også være positivt for resten av Trondheim. Et arrangement som VM på ski vil sette byen på kartet, og gjøre at man får oppmerksomhet fra både inn- og utland. Dette er noe som kan bidra til at økt turisme, som igjen fører positivt med seg til ulike næringer i byen både under og etter VM.

Skulle det derimot ikke bli et VM på ski i Granåsen med det første, vil det å kunne sikre snøgaranti til skianlegget være en interessant problemstilling uansett. Skisport og langrenn vil fortsatt være en stor del av den norske kulturarven, samtidig som den er en viktig bidragsyter til generell god folkehelse.

8 Konklusjon

Etter å ha sett på tre ulike alternativer for produksjon- og distribusjonssystem er det kommet frem til at ingen av de fremlagte alternativene er ideell alene slik de er presentert i oppgaven. Dette begrunnes med at det er fordeler og ulemper med samtlige alternativ, og det vil derfor være hensiktsmessig og heller kombinere noen av metodene.

Siden det per dags dato ikke er etablert eller utprøvd noen metoder på østsiden av skistadion, er det desto vanskeligere å si hva som lar seg gjøre i forhold til utbygging av veitrasé og tilrettelegging for snølagring. Snølagring blir sett på som nødvendig uansett valg av produksjonssystem som trengs dersom værforholdene ikke egner seg for produksjon.

For besparelse på transportkostnader og arbeidstimer vil alternativet med mange produksjonsenheter langs løypa komme best ut. Nyten av dette må selvfølgelig vurderes opp mot hvor mye anlegget skal påkostes. Ut i fra følsomhetsanalysen vises det at kostander knyttet til transport er en følsom faktor, og at endringer i denne påvirker totalkostnadene stort. Det er ønskelig å utarbeide et anlegg som begrenser behovet for transport.

9 Videre arbeid

Til videre arbeid vil det være interessant å forske mer på flere ting. Observasjoner på hvorvidt små snødunger påvirkes av svinn ved avsmelting kontra store vil være nyttig for å avgjøre hvordan man skal legge opp til lønnsom og praktisk lagring. Det er foreløpig lite sikker informasjon rundt dette, og det har også vært ønskelig å vite hvordan forskjellen påvirker kostnadene. I tillegg til å finne ut hvilken produksjon – og distribusjonsmetode som vil egne seg best, vil det være interessant å danne kunnskap om hvilken metode som vil være mest miljøvennlig med tanke på CO₂-utslipp.

Gjennom dronemålingene som ble gjort før besøket til Gjøvik, vil det være interessant å tilegne seg mer kunnskap til denne metoden. Det kan bidra til å gjøre målinger enklere enn dagens metode, hvor man må manuelt måle over hele lageret. Med dronemålinger kan man spare inn flere timer. For å gjøre slike metoder mulig å implementere til ulike skianlegg som driver med snølagring, må man tilegne seg gode kunnskaper om programvare for å beregne volum og areal. Det kan bidra til å få et overblikk over utforming på lageret og hvor stort det er, da man enkelt kan se hvor mye man har.

Tidligere erfaringer viser at transport og utlegging utgjør omtrent 60 % av totalkostnadene. For å kunne minimere slike kostnader er det muligheter for å se på dagens utstyr og videreutvikle det og komme med nye, mer effektive løsninger. Et alternativ er å se på muligheten for å utforme en maskin som kan gjøre flere operasjoner i utleggingsfasen. En maskin som kan hente snø, legge ut snø og preppe løypene. Med ideer og tanker fra Øveraasen AS på Gjøvik er det nevnt en tråkkemaskin som har en henger bak, og fres knyttet til hengeren for å legge ut snø. Dette er en meget spennende idé, og vil kunne gjøre utlegging mye mer effektiv og redusere kostnadene betraktelig.

For å se på løsninger for fremtiden og med en tanke om at det blir mindre og mindre snø fremover, kan man se på Envac sitt vakuumbaserte søppelsystem. Om det hadde vært mulig å reversert funksjonene fra å suge til seg søppelet, til å spyle ut snø fra et innendørs lager,

ville det forandret hvordan man legger ut snø. Har man mulighet for innendørs lager og/eller produksjonsenheter vil man eliminere temperaturfaktoren som snøproduksjon er avhengig av i dag. En slik løsning vil selvfølgelig kreve mange ressurser og kostnadene for å få til noe slikt er meget sannsynlig veldig høy, men skal skisporten leve videre er dette kanskje en vei å gå.

10 Litteraturliste

Berg, O. E. H., et al. (2016). Lagring og utlegging av kunstsno. Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU.

Dalland, O. (2014). Metode og oppgaveskriving Gyldendal Norsk Forlag AS.

Daltveit, S. O. (2016). KS / Kalkulasjon, Johs. J. Syltern.

Finnland, V. (2016). Driftsleder, Trondheim Bydrift.

komiteene, D. n. f. (2009). Veiledning for forskningsetisk og vitenskapelig vurdering av kvalitative forskningsprosjekt innen medisin og helsefag etikkom.no.

Kulturdepartementet (2014). Snøproduksjon og snøpreparering.

Miljødirektoratet (2015). Klima i Norge 2100.

Miljøstatus and Miljødirektoratet (2015). Klima i endring - Store utfordringer, et mangold av løsninger

Myhr, O. R. (2016). Fullstappet Grnåsen hjelper VM-søknaden Byavisa.

Nilsen, O. (2011). "Hva med temperaturen? ." from <http://www.mn.uio.no/kjemi/tjenester/kunnskap/snokrystaller/snokrystaller07-hva-med-temperaturen.html>.

Nilsen, O. (2011). "Hvordan dannes snøkrystaller? ." from <http://www.mn.uio.no/kjemi/tjenester/kunnskap/snokrystaller/snokrystaller03-hvordan-dannes-krystaller.html>.

Paulsen, G. (2016). Utbyggingsleder i Granåsen.

Skisenter, O. "Ny tråkkemaskin." from <http://www.oslo-skisenter.no/sider/tekst.asp?side=119>.

Skogsberg, K. and A. Lundberg (2005). Wood Chips as Thermal Insulation of Snow. **PhD.**

SNOWatHOME (2015). Snowmaking Weather Tools.

Strande, M. (2013). "Snølagring under flis." Retrieved april, 2015, from <http://www.tu.no/artikler/denne-snoen-skal-brukes-neste-vinter/232628>.

Trigonor. "Anleggsmaskiner." from <http://www.trigonor.no/Leker/Uteleker/Biler-og-kjoret%C3%B8y-utendørs/Anleggsmaskiner-3-stk-23-cm-orange-6600-p0000008578>.

Wirgenes, E., et al. (2015). Snow Guarantee for Ski Season in Bymarka for the 1st of november 2015 and for the Nordic World Championships in Trondheim 2021. Ekspert i team, NTNU

Ødegård, R. S. (2016). Førsteamanuensis, Seksjon for bygg, geomatikk og realfag NTNU Gjøvik.

Vedlegg A: Populærvitenskapelig artikkel

Kunstsno – fremtidens svar på å sikre sno i skisporet?



Vi nordmenn sies å være født med ski på beina. Når kalenderen viser november forventes det nesten at skiløypene er ferdig preppet og klar for skilek og trening. Med klimaforandringene som skjer i dag, er det nærliggende å tro at man i fremtiden ikke vil ha like gode skiforhold som vi er vant til i dag. Så hva gjør vi da? Hvordan kan vi fortsette nasjonal idretten med silkeføre under skia?

I Trondheim er det vedtatt at det skal avholdes VM i nordiske grener hvis Norge blir vertsnasjon for mesterskapet i 2021. Da vil Granåsen skianlegg, som er hovedanlegget i byen, fylles med

skientusiaster, presse og utøvere fra hele verden. Det forventes gode og utfordrende skiløyper for utøverne, gode tv-bilder fra media og fantastiske opplevelser for publikum. Kravene til anlegget er derfor store, og en god logistikk er nøkkelen for å kunne avvikle et slikt arrangement.



Den absolutt viktigste faktoren er snø, for hvordan skal man ellers kunne gå på ski? Dette er også den faktoren som kan gi mest hodebry for arrangøren. Utlekking av løypenettet på en effektiv måte sparer ikke bare tid men også store kostnader. Transportkostnader i forbindelse med utlegging utgjør hele 60% av totalkostnadene i budsjettet til et anlegg. Ved å se på ulike alternativer for produksjon og utlegging kan det gi oss et bilde på hvilke alternativer som kan være aktuelle i forhold til totalkostnad, tidsbruk og mulighet for gjennomførelse. Innenfor de ulike alternativene er det viktig å få et overblikk av påvirkningsfaktorer, utforming av produksjonssystemer, infrastruktur og distribusjonsmetoder.



Figur 0-1: Er det slik VM-løypene blir seende ut i Granåsen? Det er ikke helt usannsynlig skal vi tro prognosene for været.

Det er ingen tvil om at å sikre snø fremover i tid blir vanskeligere og vanskeligere. Granåsen skianlegg og Trondheim kommune som mulig arrangør må derfor utarbeide optimale planer og løsninger for å være klare til skieliten inntar anlegget. Så gjenstår det å se om VM-søknaden blir godkjent og folkefesten endelig kommer tilbake til trønderhovedstaden.

Vedlegg B: Totalt timebruk alternativ 1

Utlekking av 100% snø fra sentrale lager

KAPASITET

Gravemaskin	1,6	m3/skuff	10	sek/skuff	100 %
Lastebil	16	m3/lass	10	km/t	100 %
=	10	skuff/lass			tidsforbruk

TIDSBRUK

Fylle opp last	1,7 min	
Tømme lass	1 min	(inkl. rygg og snu)
=	2,7 min/last	

Løypesløyfer (m)	Snøbehov (m3)	Veilengde (m)	Antall lass	Ant. dumpepl.	Ant. dump pr plass	Gj.snittlig kjørelengde pr lass (m)	Tidsbruk pr kjøretur (min)	Tidsbruk samlet (min)
1600	12800	1300	800	16	50	163	0,98	2913
1100	8800	900	550	11	50	164	0,98	2007
650	5200	550	325	8	41	138	0,83	1135
1200	9600	950	600	12	50	158	0,95	2170
4550	36400	3700	2275			622	3,73	8225 min 137 t

Vedlegg C: Timebruk alternativ 2

Utlekking av 40 % snø fra 5 prod.enheter (hjullaster)									
KAPASITET									
Hjullaster	8 m3/skuff								
Fart	10 km/t								
TIDSBRUK									
Fyll opp skuff	0,17 min/skuff	(10 sek)							
Løypesløyfer (m)	Snøbehov (m3)	Veilengde (m)	Antall lass	Ant. dumpepl.	Ant. dump pr plass	Gj.snittlig kjørelengde pr lass (m)	Tidsbruk pr kjøretur (min)	Tidsbruk samlet (min)	
910	2912	700	364	9	40	156	0,93	402	
910	2912	700	364	9	40	156	0,93	402	
910	2912	700	364	9	40	156	0,93	402	
910	2912	800	364	9	40	178	1,07	450	
910	2912	800	364	9	40	178	1,07	450	
									2105 min
									35 t

[illegible]

Vedlegg D: Timeliste fra Granåsen

2

UTKJØRING AV LAGRET KUNSTNØ I SNØDUNGE 2015

Mandag 23.11.15. fra kl 07.00-15.00

Klargjøring av flisdeponi.

Påbegynt avskalling av flis og bortkjøring av denne til lager ved smistadvegen.

Utstyr: 1stk 30T gravemaskin, to lastebiler fra valøya og to traktorer/m henger.

1 stk hjullaster fra Saubstad.

4 pers fra Bydrift
ekstern, innleid
fra Saubstad

Temperatur – 1,5 grad og oppholdsvær

Tirsdag 24.11.15. fra kl 07.00-20.00

Utstyr: 1stk 30T gravemaskin

Saubstad

2stk Løypemaskiner

2 Bydrift

1stk Hjullaster

2stk lastebiler fra valøya og 1 stk lastebil fra OTTS. ⇒ 2 Bydrift + 1 ekstern

4stk traktorer med boggihengere. ⇒ 4 Bydrift

Utkjørt snø på tirsdag ca 3000 m³.

Temperatur variert mellom -1 grad til +1,5 grad. Ingen nedbør.

Onsdag 24.11.15. fra 07.00-21.00

Utstyr: 1stk 30T gravemaskin → 1 Saubstad

2stk Løypemaskiner → 2 Bydrift

1stk Hjullaster → 1 Saubstad

2stk lastebiler fra valøya → 2 Bydrift

4stk traktorer med boggihengere. → 4 Bydrift

Utkjørt snø på onsdag ca 3000m³.

Totalt utkjørt snø ca 6000m³. Ca 1,8 km med løype.

Temperatur fra +0,5 til +2,0 grader og regn på ettermiddagen.

Utkjøring av snø var ferdig ca kl 20.00. Løyper ble preppet ferdig og var klar kl 21.30.

Se film : Snø te Vintern - utkjøring
Viser tirsdag - torsdag : Utkjøring + 1. dags bruk.

Torsdag 25.11.15 fra 07.00 – 15.00.

Utstyr: 1stk 30T gravemaskin

1stk Hjullaster

3stk traktorer med Boggihengere fram til kl.10.00 deretter 2stk.

1stk Lastebil fra Valøya.

Bortkjøring av flis og siste rest av snø ble brukt til vrimleareal på skistadion.

Utkjøring og logistikk har fungert meget godt.

Mvh

Roar Klette

Arbeidsleder Granåsen.

Vedlegg E: Bilder fra tur til Gjøvik og Gardemoen



Omvisning hos Øveraasen AS i Gjøvik



Omvisning ved snølageret på Gardemoen

