

# Produksjonsanalyse av gruva i Ballangen

**Ingrid Dyrhaug**

Tekniske geofag

Innlevert: juni 2015

Hovedveileder: Sunniva Haugen, IGB

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for geologi og bergteknikk





## MASTERKONTRAKT

- uttak av masteroppgave

### 1. Studentens personalia

Etternavn, fornavn <b>Dyrhaug, Ingrid</b>	Fødselsdato <b>20. jun 1989</b>
E-post	Telefon <b>90954010</b>

### 2. Studieopplysninger

Fakultet <b>Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi</b>	
Institutt <b>Institutt for geologi og bergteknikk</b>	
Studieprogram <b>Tekniske geofag</b>	Studieretning <b>Mineralproduksjon</b>

### 3. Masteroppgave

Oppstartsdato <b>14. jan 2015</b>	Innleveringsfrist <b>10. jun 2015</b>
Oppgavens (foreløpige) tittel <b>Produksjonsanalyse av gruva i Ballangen</b>	
Oppgavetekst/Problembeskrivelse Produksjonsanalyse av dolomittgruva i Ballangen. Målet med analysen er å finne forbedringspotensialet i produksjonsprosessen frem til levering på grovknuser. Fokuset skal være på produktivitet og produksjonskostnader. For å finne forbedringspotensialer skal følgende analyseres: Utnyttelse av maskiner, arbeidskraft og stuff, heft og avbrudd i prosessen, tilgjengeligheten til maskinene. Denne dataen skal samles inn ved hjelp av aktivitetstudie og "En dag på jobben"-studie. Studiene skal gjennomføres for to ulike skiftordninger som skal sammenlignes.	
Hovedveileder ved institutt <b>Professor Sunniva Haugen</b>	Medveileder(e) ved institutt
Merknader <b>1 uke ekstra p.g.a påske.</b>	

#### 4. Underskrift

**Student:** Jeg erklærer herved at jeg har satt meg inn i gjeldende bestemmelser for mastergradsstudiet og at jeg oppfyller kravene for adgang til å påbegynne oppgaven, herunder eventuelle praksiskrav.

Partene er gjort kjent med avtalens vilkår, samt kapitlene i studiehåndboken om generelle regler og aktuell studieplan for masterstudiet.

Trondheim, 14/1 - 2015

**Sted og dato**

**Student**

*Frogrid Dyrhaug*

**Hovedveileder**

*Sunniva Hauken*

Originalen lagres i NTNUs elektroniske arkiv. Kopi av avtalen sendes til instituttet og studenten.

Side 2 av 2

# Forord

---

Denne masteroppgaven ble skrevet våren 2015 som avslutning av min mastergrad i tekniske geofag med hovedprofil mineralproduksjon ved institutt for geologi og bergteknikk ved Norges tekniske og naturvitenskaplige universitet.

Det er mange personer som har bidratt til å muliggjøre denne oppgaven. Først og fremst vil jeg takke professor Sunniva Haugen for god veiledning og for at hun alltid har hatt tid til å diskutere spørsmålene jeg har hatt i forbindelse med oppgaven. Deretter vil jeg takke Thomas B. Addison og Gullik Sletteng i Franzefoss Miljøkalk AS for muligheten til å gjøre en produksjonsanalyse i gruva i Ballangen og Franzefoss Miljøkalk AS for økonomisk støtte. Jeg vil også takke Leonard Nilsen og Sønner, ved Lage Erlandsen og Ståle Nilsen, ettersom oppgaven i hovedsak omhandler deres drift av gruva.

Takk til alle operatører og ansatte fra Franzefoss Miljøkalk AS og Leonard Nilsen og Sønner for at de tok godt imot meg under datainnsamlingene, svarte på mine spørsmål underveis og lot meg få være med under arbeidet i gruva. Det hadde ikke vært mulig å gjennomføre produksjonsanalysen uten deres samarbeid.

Jeg vil rette en takk til min søster Birgit Dyrhaug for korrekturlesing, og til Stefan Schumacher for gjennomlesing og støtte under skrivingen av denne oppgaven.

Til slutt takker jeg familien min for at de har trodd på meg og heiet på meg i løpet av studietiden, og til alle medstudenter, professorer og forelesere som har gjort dette til fem fine og lærerike år.

Trondheim, juni 2015

Ingrid Dyrhaug

# Oppsummering

---

Denne masteroppgaven er en produksjonesanalyse av gruva i Ballangen. Gruva er eid av Franzefoss Miljøkalk AS og driftet av Leonard Nilsen og Sønner og det tas ut dolomitt. Resultatene i analysen er basert på to datainnsamlinger i form av aktivitetsstudier, DILO-studier og intervju.

Fokuset for produksjonsanalysene er produktivitet og produksjonskostnader, og målet var å finne eventuelt forbedringspotensial i driften med tanke på disse to fokusområdene.

Datainnsamlingen tok sikte på å få informasjon om utnyttelsesgrad av stuffer og maskiner, tilgjengeligheten til maskiner og årsaker til avbrudd og heft i produksjonen.

Konklusjonen som er dratt som følge av produksjonsanalysen er som følgende:

- For å sikre jevnere drift bør det være fokus på kiling i knuseren. En reduksjon av dette hadde gitt mindre kostnader på pigger og mindre ventetid for dumper og hjullaster. For å oppnå dette kan det gjøres forsøk med kilcutt, og det bør fokuseres på sortering og trimming av røys ved lastning.
- Oppredningsverket har lavere tilgjengelighet enn gruvemaskineriet, noe som fører til at det blir begrensende faktor, en økning av oppetiden på oppredningsverket kunne ført til mindre behov for kveldsskift.
- Det er ikke funnet noe som tilsier at driftskostnadene i gruva kan reduseres foruten prosjektet for å redusere drivstofforbruk og økt oppetid på knuser. Utnyttelse av tilgjengelig skifttid er høy, både for maskiner og personale og det er ikke funnet ikke-verdiskapende tid som kan unngås. Bemanningen er gruva er allerede lav, og det det kan ikke anses som en mulighet til å drive med lavere bemanning enn det allerede blir.
- Etersom gruva blir større og dermed syklustiden lengre bør det transporteres med to dumpere for å gi jevn drift på oppredningsverket. Dersom sortering og trimming av røys prioriteres, anses det ikke som nødvendig med egen hjullasteroperatør.

Av resultatet av datainnsamlingen fremkommer det ikke noe tydelig forbedringspotensial med tanke på gruvedriften utenom punktene over. Tilgjengeligheten på maskinene er høy, og utnyttelsesgraden er tilstrekkelig til å produsere nok til å dekke behovet til oppredningsverket.

# Abstract

---

This Master's thesis is a production analysis of the mine in Ballangen. The mine is owned by Franzefoss Miljøkalk AS and operated by Leonard Nilsen and Sons, and it is mined for dolomite. The results of the analysis are based on two periods of data collections in terms of activity studies, DILO studies and interviews.

The focus for the production analysis is productivity and production costs, and the goal was to find any potential for improvement in the mining operation in terms of these two focus areas.

The data collection aimed to get information on utilization of stuff and equipment, availability of equipment and causes of disruption in the production.

The conclusion which is drawn as a result of the production analysis is as follows:

- To ensure smoother operation should be focusing on tickling the crusher. A reduction of this had given less costs of spikes and less waiting for dumper and loader. To achieve this it may be attempted with kilkutt and it should be focused on sorting and trimming heap during loading.
- The crushing plant has lower availability than mining machinery, which leads to it being the limiting factor, an increase in the uptime of the crushing plant could lead to higher production in daytime and thereby less need for evening shifts.
- There is not found any indication that the operating costs of the mine can be reduced besides a project to reduce fuel consumption and increased uptime of on the crushing plant. Utilization of available skifttid are high, both for equipment and staff, and it is not found non-productive time that can be eliminated. Staff is already low in the mine, and it cannot be considered possible to operate with less staff than it already is.

As the mine, and thereby the cycle time of the dumper truck, extends, it should be transported with two dumper trucks to provide enough mass for the crushing plant. If sorting and trimming in the loading operation is given priority, it should not be necessary with a separate loading operator.



The results of data collection no other potential for improvement besides the points above. The availability of the machines is high, and the utilization rate sufficient to produce enough to meet the demand of the crushing plant.



## Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>1</b>
1.1	Problemstilling og mål for masteroppgaven .....	1
1.2	Forskningsspørsmål .....	1
1.3	Begrensinger .....	1
1.4	Bakgrunnsinformasjon om gruva i Ballangen.....	1
1.4.1	Gruvelayout.....	2
1.4.2	Produksjonssystem.....	4
1.4.3	Brytningsmetode .....	5
1.4.4	Produksjonsstyring.....	6
1.4.5	Beskrivelse av drift 19.-23.januar.....	7
1.4.6	Beskrivelse av drift 2.-6. Mars.....	7
<b>2</b>	<b>Produksjonsanalyse og produksjonsfilosofi.....</b>	<b>9</b>
2.1	Hvorfor gjøres produksjonsanalyser?.....	9
2.2	Produksjonsfilosofier.....	9
2.2.1	Masseproduksjon.....	10
2.2.2	Lean .....	11
2.2.3	Flaskehalsteorien.....	14
2.2.4	Produksjonsfilosofi og forbedringsstrategier i gruveindustrien .....	16
2.3	Datainnsamlingsmetoder .....	21
2.3.1	Aktivitetsstudier .....	21
2.3.2	Observasjon .....	25
2.3.3	Intervju .....	27
2.4	Behandling av rådata.....	27
2.4.1	Aktivitetstider .....	27
2.4.2	Aktivitetsnivå .....	29
2.4.3	Stuffutnyttelse.....	29
2.4.4	Tilgjengelighet .....	30
2.4.5	Utnyttelsesgrad .....	30
2.4.6	Total anleggsutnyttelse, OEE .....	32
2.4.7	Produktivitet.....	35
<b>3</b>	<b>Gruvekostnader.....</b>	<b>37</b>
<b>4</b>	<b>Metode .....</b>	<b>39</b>

<b>4.1</b>	<b>Valg av datainnsamlingsmetode .....</b>	<b>39</b>
<b>4.2</b>	<b>Gjennomføring av aktivitetsstudie.....</b>	<b>40</b>
<b>4.3</b>	<b>Intervju.....</b>	<b>41</b>
<b>4.4</b>	<b>Databehandling .....</b>	<b>41</b>
4.4.1	Aktivitetstider .....	41
4.4.2	Aktivitetsnivå .....	42
4.4.3	Stuffutnyttelse.....	42
4.4.4	Tilgjengelighet .....	42
4.4.5	Utnyttelsesgrad.....	42
4.4.6	OEE .....	43
4.4.7	Produktivitet.....	43
4.4.8	Kostnadsberegninger.....	43
<b>4.5</b>	<b>Validering av datainnsamling .....</b>	<b>45</b>
<b>5</b>	<b>Resultat.....</b>	<b>47</b>
<b>5.1</b>	<b>Aktiviteter og aktivitetstider.....</b>	<b>47</b>
5.1.1	Boring.....	49
5.1.2	Lading.....	54
5.1.3	Sprenging.....	56
5.1.4	Lasting og transport .....	56
5.1.5	Pigging.....	65
5.1.6	Opprensk.....	66
<b>5.2</b>	<b>Aktivitetsnivå .....</b>	<b>67</b>
<b>5.3</b>	<b>Stuffutnyttelse.....</b>	<b>70</b>
<b>5.4</b>	<b>Tilgjengelighet og utnyttelsesgrad på maskiner .....</b>	<b>72</b>
5.4.1	Hjullaster L180H.....	74
5.4.2	Dumper .....	82
5.4.3	Pigger.....	89
5.4.4	Borerigg.....	92
5.4.5	Knuser .....	98
<b>5.5</b>	<b>Produksjon og produktivitet .....</b>	<b>101</b>
<b>5.6</b>	<b>Gruvekostnader.....</b>	<b>104</b>
<b>6</b>	<b>Diskusjon .....</b>	<b>107</b>
<b>6.1</b>	<b>Datainnsamlingsmetode .....</b>	<b>107</b>
<b>6.2</b>	<b>Resultat.....</b>	<b>107</b>
<b>7</b>	<b>Konklusjon .....</b>	<b>115</b>

<b>8</b>	<b>Litteraturliste.....</b>	<b>117</b>
----------	-----------------------------	------------



## Figurer

Figur 1.4-1 Gruvenivå 1 (Addison, 2013).....	3
Figur 1.4-2 Gruvenivå 2 (Addison, 2013).....	3
Figur 1.4-3 Oversiktskart, gruveområdet.....	5
Figur 1.4-4 Prinsippskisse, strossing.....	6
Figur 2.2-1 «The Japanese Lake» .....	21
Figur 2.4-2 Eksempel: Presentasjon av aktivitetstider .....	28
Figur 2.4-1 Eksempel: Spredning i operasjonstider .....	28
Figur 2.4-3 Aktivitetsnivå .....	29
Figur 2.4-4 Eksempel: Stuffutnyttelse .....	30
Figur 2.4-5 Eksempel: Maskinutnyttelse .....	31
Figur 2.4-6 Eksempel: Fordeling av skifttid .....	32
Figur 2.4-8 OEE beregnet med basis i planlagt produksjonstid.....	34
Figur 2.4-7 OEE beregnet med basis i kalendertid .....	34
Figur 3-1 Fordeling av kostnader .....	37
Figur 4.5-1 Valideringsmøte i Ballangen 20.mai .....	45
Figur 5.1-1 Aktivitetstider, stross.....	47
Figur 5.1-2 Aktivitetstider, salve.....	48
Figur 5.1-3 Borerigg: Aktivitetstider .....	48
Figur 5.1-4 Boring av salve.....	49
Figur 5.1-5 Manuell rensk.....	49
Figur 5.1-6 Spredning i aktivitetstid, boring og oppsett av tennere.....	50
Figur 5.1-7 Operasjonstider, boring av salve .....	51
Figur 5.1-8 Salveplan .....	52
Figur 5.1-9 Boring av stross.....	52
Figur 5.1-10 Operasjonstider, boring av stross .....	53
Figur 5.1-11 Lading.....	54
Figur 5.1-12 Fordeling av slurry per borhull i salva .....	54
Figur 5.1-13 Fordeling av ladetid.....	55
Figur 5.1-14 Lading av salve i H4.....	55
Figur 5.1-15 Hjullaster L180H.....	56
Figur 5.1-16 Ferdig lastning av salve/stross.....	57
Figur 5.1-17 Syklustid dumper.....	58

Figur 5.1-18 Volvo A40D .....	58
Figur 5.1-20 Laste- og rangeringstid.....	59
Figur 5.1-19 Transporttid .....	59
Figur 5.1-21 Fordeling av lassvekt, 19.-23. januar .....	65
Figur 5.1-22 Pigger .....	65
Figur 5.1-23 Piggetid.....	66
Figur 5.1-24 Opprensk .....	67
Figur 5.2-1 Aktivitetsnivå 19.-23. januar .....	68
Figur 5.2-2 Aktivitetsnivå 2.-6. mars .....	69
Figur 5.3-1 Stuffutnyttelse beregnet på kalendertid.....	70
Figur 5.3-2 Stuffutnyttelse, 19.-23. januar .....	71
Figur 5.3-3 Stuffutnyttelse 2.-6. mars .....	72
Figur 5.4-1 Tilgjengelighet .....	73
Figur 5.4-2 Utnyttelsesgrad.....	74
Figur 5.4-3 Hjullaster L180H: Fordeling av skifttid 19.-23. januar.....	75
Figur 5.4-4 Hjullaster L180H: Verdiskapende dagskifttid.....	76
Figur 5.4-5 Hjullaster L180H: Ubemannet dagskifttid, .....	76
Figur 5.4-6 Hjullaster L180H: Fordeling av ikke -verdiskapende skifttid 19.-23. januar, .....	77
Figur 5.4-7 Hjullaster L180 H: OEE med egen lasteoperatør.....	78
Figur 5.4-8 Hjullaster L180H: Fordeling av skifttid, 2.-6. mars.....	80
Figur 5.4-9 Hjullaster L180H: Fordeling av ubemannet skifttid, 2.-6. mars .....	80
Figur 5.4-10 Hjullaster L180H: Fordeling av verdiskapende tid når dumperfører laster .....	81
Figur 5.4-11 Hjullaster L180H: OEE når dumperfører laster selv.....	82
Figur 5.4-12 Dumper 1: Fordeling av skifttid, 19. - 23. januar.....	83
Figur 5.4-13 Dumper 1:Fordeling av ikke verdiskapende tid i .....	84
Figur 5.4-14 Dumper 1: Fordeling av ventetid i .....	85
Figur 5.4-15 Dumper 1: Fordeling av ubemannet tid.....	85
Figur 5.4-16Dumper 1: Fordeling av dagskifttid, 2.-6. mars .....	86
Figur 5.4-17 Dumper 2: Fordeling av skifttid, 19.-23. januar i.....	87
Figur 5.4-18 Dumper 2: Fordeling av ventetid, 19.-23. januar i .....	88
Figur 5.4-19 Dumper 2: Fordeling av skifttid, 2.-6.mars.....	89
Figur 5.4-20 Pigger: Fordeling av skifttid, 19.-23. januar .....	90
Figur 5.4-21 Pigger: Fordeling av skifttid, 2.-6. mars.....	91
Figur 5.4-22 Borerigg: Fordeling av skifttid, 19.-23. januar.....	92



Figur 5.4-23 Borerigg: Fordeling av verdiskapende tid, 19.-23. januar i .....	93
Figur 5.4-24 Borerigg: Fordeling av ikke verdiskapende tid, 19.-23. januar i.....	93
Figur 5.4-25 Borerigg: Fordeling av ubemannet tid, 19.-23. januar i .....	94
Figur 5.4-26 Borerigg: Fordeling av skifttid, 2.-6. mars .....	95
Figur 5.4-27 Borerigg: Fordeling av verdiskapende tid, 2.-6. mars i % av total skifttid .....	95
Figur 5.4-28 Borerigg: Fordeling av ikke verdiskapende tid, 2.-6. mars i % av total skifttid .	96
Figur 5.4-29 Borerigg: Fordeling av ubemannet tid, 2.-6. mars i % av total skifttid.....	96
Figur 5.4-30 Borerigg: OEE, 2.-6. mars.....	97
Figur 5.4-31 Fordeling av dagskifttid, 2.-6. mars .....	99
Figur 5.4-32 Knuser: Stopptid, 19.-23. januar i % av dagskifttid .....	99
Figur 5.4-33 Knuser: Fordeling av kveldsskifttid, 19.-23. januar.....	100
Figur 5.4-34 Knuser: Fordeling av skifttid, 2.-6. mars .....	100
Figur 5.4-35 Knuser: Småstopp, 2.-6. mars .....	101
Figur 5.6-1 Fordeling av driftskostnader.....	105



<b>Tabeller</b>
-----------------

Tabell 1.4-1 Kjøreavstand .....	4
Tabell 2.4-1 Tapskategorier for beregning av OEE (Kilde: Eelevli & Eelevli, 2010) .....	33
Tabell 4.2-1 Skjema for registrering i aktivitetsstudier.....	41
Tabell 5.1-1 Tid per borhull .....	51
Tabell 5.1-2 Tid per borhull, stross .....	53
Tabell 5.1-3 Gjennomsnittlig laste-rangerings- og transporttid.....	58
Tabell 5.1-4 Aktivitetstid, dumperfører laster.....	64
Tabell 5.4-1 Hjullaster L180H: Tilgjengelighet og utnyttelsesgrad, 19.-23. januar .....	74
Tabell 5.4-2 Hjullaster L180H: Tilgjengelighet og utnyttelsesgrad begge skift, 19.-23. januar .....	75
Tabell 5.4-3 Hjullaster L180H: Kategorisering av tapstid.....	77
Tabell 5.4-4 Hjullaster L180H: Tilgjengelighet og utnyttelsesgrad 2.-6. mars .....	79
Tabell 5.4-5 Hjullaster L180H: Tilgjengelighet begge skift, 2.-6.mars.....	79
Tabell 5.4-6 Hjullaster L180H: Fratrukket tid, OEE .....	81
Tabell 5.4-7 Dumper 1: Tilgjengelighet og utnyttelsesgrad, 19. - 23. januar .....	83
Tabell 5.4-8 Dumper 1: Tilgjengelighet, 19.-23. januar .....	83
Tabell 5.4-9 Dumper 1: Tilgjengelighet 2.-6. mars.....	86
Tabell 5.4-10 Dumper 2: Tilgjengelighet, 19.-23. januar .....	86
Tabell 5.4-11 Dumper 2: Tilgjengelighet og utnyttelsesgrad 2.-6. mars .....	88
Tabell 5.4-12 :Pigger:Tilgjengelighet og utnyttelsesgrad, dagskift 19.-23. januar.....	89
Tabell 5.4-13 Pigger: Tilgjengelighet begge skift, 19.-23. januar .....	90
Tabell 5.4-14 Pigger: Tilgjengelighet og utnyttelsesgrad 2.-6. mars.....	91
Tabell 5.4-15 Borerigg: Tilgjengelighet, 19.-23. januar .....	92
Tabell 5.4-16 Borerigg: Tilgjengelighet og utnyttelsesgrad, 2.-6. mars .....	94
Tabell 5.4-17 Borerigg: Tapskategorier .....	97
Tabell 5.4-18 Knuser: Utnyttelsesgrad, 19.-23. januar .....	98
Tabell 5.5-1 Produktivitet .....	102
Tabell 5.5-2 Produktivitet dumpere .....	104
Tabell 5.6-1 Driftskostnader .....	105



# 1 Innledning

## 1.1 Problemstilling og mål for masteroppgaven

Denne oppgaven er en produksjonsanalyse av dolomittgruva i Ballangen. Målet med analysen er å finne forbedringspotensial i produksjonsprosessen frem til levering på grovknuser. Fokuset skal være på produktivitet og produksjonskostnader.

Etter ønske fra Franzefoss Miljøkalk skal to ulike skiftordninger sammenlignes, der den ene har større bemanning enn den andre.

## 1.2 Forskningsspørsmål

Hvordan er produktiviteten på de to ulike skiftordningene? Hvis den er ulik, hvorfor?

Finnes det forbedringspotensial i driften som kan gi høyere produktivitet og/eller lavere driftskostnader?

## 1.3 Begrensinger

Oppgaven omfatter driftsprosessene, det vil si boring, lading, sprenging, lasting i gruva frem til steinen er tippet i grovknuseren. Ettersom det ikke er mellomagring før grovknuseren vil stopp i denne føre til stopp av steintransport ut av gruva. Av den grunn er det også samlet inn driftsdata om grovknuseren, men ikke resten av oppredningsverket, lasting eller salg.

Datainnsamlingen gjøres i to omganger, den første gangen er det høy bemanning i gruva, den andre gangen er det normal bemanning i gruva.

Det har ikke vært tilgang på kostnadsdata for gruvedriften fra entreprenør i gruva, LNS, kostnader er derfor ikke behandlet med reelle kostnader som grunnlag.

## 1.4 Bakgrunnsinformasjon om gruva i Ballangen

I gruva tas det ut dolomitt. Forekomsten er en antiklinal med mektighet mellom 10 og 45 meter (Addison, 2009). Gruva ligger på Hekkelstrand i Ballangen kommune i Nordland, ti kilometer nord for Ballangen sentrum langs fylkesvei 819. Gruva har eget kaianlegg til lasting for båter opptil 8000 tonn.

Bergspenningsforholdene i gruva er svært gunstige og muliggjør store åpne bergrom kalt strosserom. ”De numeriske modellene indikerer at det ikke er fare for at den globale stabiliteten er truet i området ved åpning av store rom” (Jacobsen & Larsen, 2009).

Forekomstens størrelse tilsier videre drift i 25 år, dette er uten røving av horisontalpilarene som skiller de ulike nivåene i gruva (Addison, 2009).

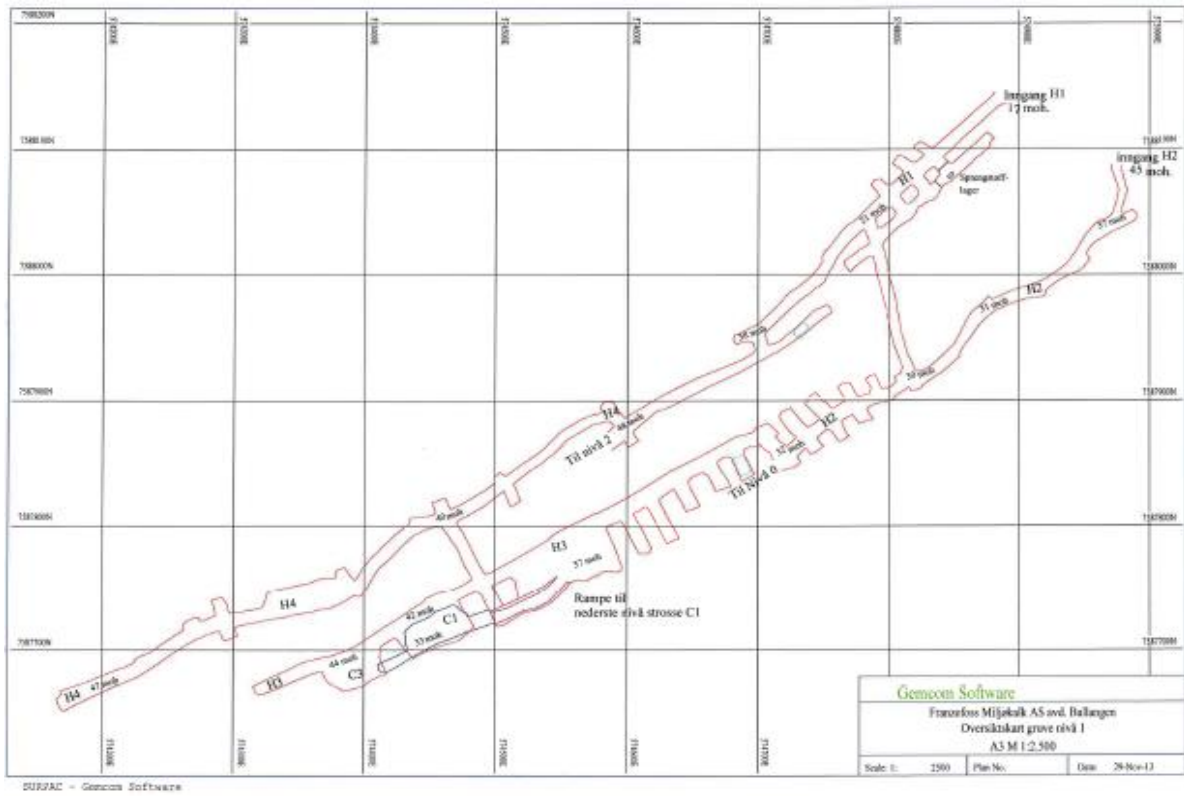
#### **1.4.1 Gruvelayout**

Både stoller og strosserom ligger i dolomittforekomsten. Pilarene mellom strosserommene er 25 meter, strosserommene er 8 meter høye, 30-36 meter brede og opptil 60 meter lange.

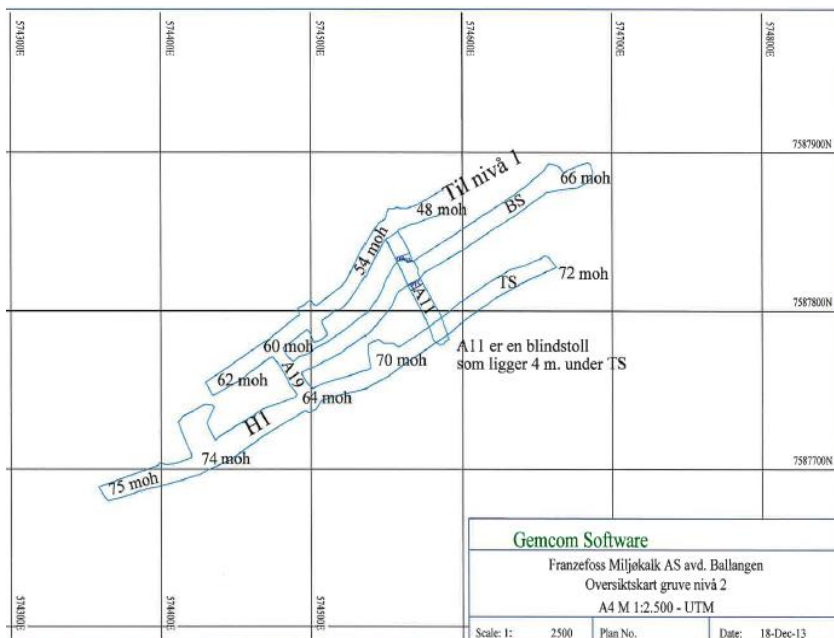
Gruva har tre nivåer, nivå 0 er delvis fylt med vann og er ikke i drift. Kart av nivå 1 vises i figur 1.4-1, her kan man også se at den første brytningsmetoden som ble brukt i gruva var rom og pilar. Fra nivå 1 er det tilkomst til nivå 2, vist i figur 1.4-2. Tverrsnitt av gruva ligger i vedlegg Æ. Gruvekartene er fra november 2013, så gruva har blitt større etter dette. I hovedsak er det blitt flere strosserom.

Strosserommene får navn etter hvilken stoll de ligger i og hvilket nummer de er i rekken av strosserom. Det første strosserommet i H1, det vil si stoll 1, er kalt S1, navnet på strosserommet blir dermed H1 S1. Det neste strosserommet blir S2 osv.

Det drives også ut én horisontal pall. Denne drives i H3. Høyden i strosserommet etter at pallen er drevet er 16 meter.



Figur 1.4-1 Gruvenivå 1 (Addison, 2013)



Figur 1.4-2 Gruvenivå 2 (Addison, 2013)

### 1.4.2 Produksjonssystem

Dolomittgruva i Ballangen er eid av Franzefoss Miljøkalk AS, fra nå av kalt FMK, mens Leonard Nilsen og Sønner AS, fra nå av kalt LNS, er entreprenør i gruva. LNS leverer stein til oppredningsverket som er driftet av FMK. Maskinene som brukes i gruva er presentert i vedlegg C.

Driften er konvensjonell boring og sprenging. Det brukes en tre-boms borerigg. Den sprengte steinen lastes med hjullaster på dumper som kjører steinen til grovknuseren. Det er normalt dumperfører som selv laster på dumperen med hjullaster. Fra grovknuseren går massen direkte til andre knusetrinn og inn på oppredningsverket. Det er ingen mellomlagring av masse mellom gruva og knuser og heller ikke inne i oppredningsverket.

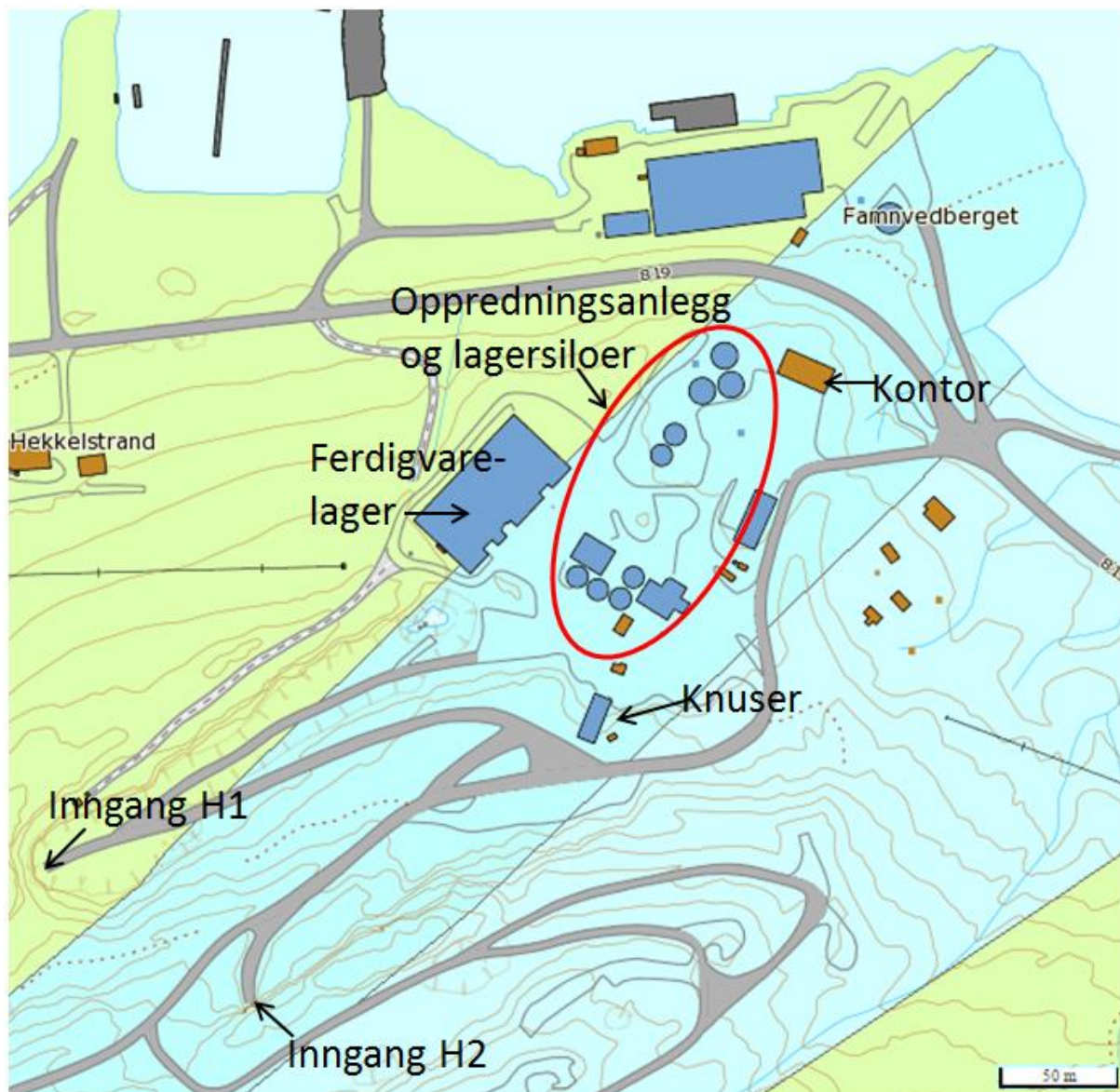
Ved normal drift er bemanningen som følger: Borer, stufferarbeider, dumperfører i tillegg til anleggsleder.

Inngangene til gruva er vist i kartet i figur 1.4-3. Der kan man også se at grovknuseren er plassert utenfor gruva. Inngangen til H1 ligger lavere enn knuseren, på 17 meter over havet, mens inngangen til H2 ligger høyere enn knuseren, 40 meter over havet. Hvilken inngang/utgang som brukes ved transport av masse til knuseren er avhengig av føre, da de unngår å måtte kjøre opp til H2 fra knuseren når det er glatt, og fra hvilken stoff det lastes. Avstand mellom stoffene som er var i drift i januar og mars 2015, da datainnsamling ble gjennomført, og grovknuser er presentert i tabell 1.4-1. Den lengste kjøretiden er mellom toppstoll og grovknuser, dette skyldes at veien er svingete og farten derfor må være lav.

Tabell 1.4-1 Kjøreavstand

Stoff	Avstand til grovknuser [meter]
H3 S3	1040
H3 S2	895
H3 Synk	800
H4	1130
H1 S3	905
H1 S2	990
Toppstoll	1050

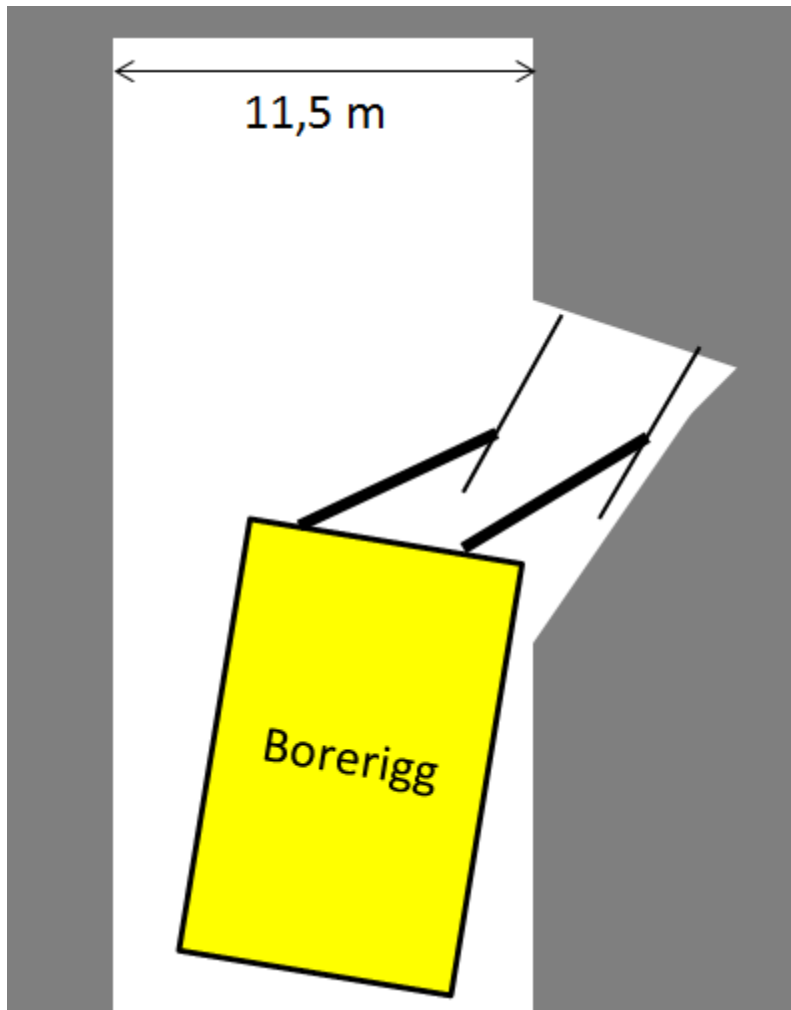




Figur 1.4-3 Oversiktskart, gruveområdet. Kilde: (Norges geologiske undersøkelse, 2015)  
 Markeringer er gjort av undertegnede.

### 1.4.3 Brytningsmetode

I gruva drives det først stoller, disse stollene har en dimensjon på 11,5×8 meter, det vil si et tverrsnitt på 92 m<sup>2</sup>. For å åpne strosserom vides tverrsnittet i stollene ut, de strosses. Etter at det er strosset to til tre runder er det plass nok til at borerigg kan stå vinkelrett på strosseromstuppen. Da bores det salver med samme dimensjoner som salvene i stollene, 11,5×8 meter. Strossing er vist i figur 1.4-4, det brukes bare 2 bommer ved denne typen boring.



Figur 1.4-4 Prinsippskisse, strossing

#### 1.4.4 Produksjonsstyring

Ut i fra salgsprognoser lages det budsjett i begynnelsen av hvert år. Hvor mye som skal produseres til enhver tid avgjøres av bestillinger. Produksjonsplanleggingen har kort tidshorison, både på grunn av kapasiteten til ferdigvarelager og på grunn av salgsmarkedet. Avdelingsleder fra FMK bestemmer i samarbeid med anleggsleder fra LNS om det skal produseres på ett eller to skift. Hvor mye som blir produsert måles ved hjelp av en veicelle under knuseren, i tillegg peiles ferdigvaresiloene hver måned. (Sletteng, 2015).

Planleggingen av gruvelayout er det produksjonsansvarlig for FMK i Ballangen, Thomas B. Addison, som er ansvarlig for. Han måler inn gruva og planlegger hvor videre stoller og strosserom skal være. Nøyaktig hvor det skal tas ut stein til enhver tid er det anleggsleder fra LNS, Lage Erlandsen og boreoperatør som bestemmer. Boreoperatør har retningslinjer for hvor langt ut mot grensene av forekomsten han skal bore (Addison, 2015a).

Om det skal bores og sprenges strosser eller stollsalver er avhengig av hvor mye som skal produseres. Strosser er mindre produktive, og disse blir nedprioritert i perioder med høy produksjon. Dersom ferdigvarelagrene er i ferd med å bli fulle produseres derimot heller strosser (Addison, 2015a).

#### **1.4.5 Beskrivelse av drift 19.-23.januar**

I løpet av januar skulle det leveres 50 000 tonn dolomitt i fraksjon 20 – 70 mm. Ettersom den totale lagerkapasiteten er 35 000 tonn var det på forhånd klart at minst 15 000 tonn måtte produseres i løpet av leveringsperioden. Da dårlig vær hindret en båt i å hente 7 – 8000 tonn betongtilslag i begynnelsen av desember ble lagerkapasitet bundet opp og tilsvarende måtte produseres i løpet av leveranseperioden (Addison, 2015a)

Ved produksjon av fraksjon 20-70 mm har oppredningsverket større kapasitet enn lasting og transport i gruva (Validering av produksjonsanalyse, 2015). For å kompensere for dette ble det kjørt masse til grovknuseren med to dumpere på dagskiftet i januar.

Ved sprengning i H3 Synk tirsdag 20. januar traff en stein vannkranen som ble åpnet og tappet i løpet av natta vannmagasinet. Dette førte til at boremaskinen måtte vente til det var pumpet vann til tilførselsbassenget H1 i fra vannmagasinet i H2. Dette forsinket boring på toppstoll onsdag 21. januar.

Bemanningen i gruva og grovknuser 19.-23. januar var som følger:

Dagskift:06:00-16:00. Borer, stufferarbeider, to dumperførere, én laster, én i knuser.

Kveldsskift: 16:00-22:00. operatør i knuser, en dumperfører (begynner kl. 14:00). Det var ikke kveldsskift fredag 23. januar. Anleggsleder fra LNS jobbet dagskift. Den totale skifttiden var 74 klokke timer.

På kveldsskiftet ble det lastet fra stuffer med kortere kjøreavstand til grovknuseren enn på dagskiftet.

#### **1.4.6 Beskrivelse av drift 2.-6. Mars**

Det ble produsert fraksjon 0 – 20 mm i oppredningsverket. Ved produksjon av denne fraksjonen er det elevatorer i oppredningsverket som begrenser produksjonen, dette fører til at

knuseren ikke går for full kapasitet og kan ikke ta imot like mye masse fra gruva per time som ved produksjon av fraksjon 20-70 mm.

Det var stopp i verket fra morgen onsdag 4. mars til kl. 16:40 torsdag 5. mars og fra kl. 07:00 fredag 6. mars og til etter helgen. Tilgjengelig tid på knuseren var 30,5 timer. Dette fører til lavere utnyttelse av stuffer, hjullaster og dumpere, da det ikke kan kjøres masse fra gruva til knuseren den tiden knuseren står. Det ble ikke arbeidet på stoffene nærmest knuseren under denne datainnsamlingsperioden.

Bemanningen 2.-6. mars var som følger:

Dagskift: kl. 06:00-14:00. Dumperfører, borer, stufferarbeider, operatør i knuser.

Kveldsskift: kl. 14:00-22:00. Dumperfører, operatør i knuser.

Borer og stufferarbeider arbeidet mandag til torsdag. Det var ikke kveldsskift på fredag.

Anleggsleder fra LNS jobbet dagskift. Total skifttid var 72 timer.

## 2 Produksjonsanalyse og produksjonsfilosofi

I dette kapittelet redegjøres det for produksjonsfilosofier og produksjonsanalyser. Ulike metoder for datainnsamling beskrives og diskuteres.

### 2.1 Hvorfor gjøres produksjonsanalyser?

Produksjonsanalyser utføres for en rekke formål (Haugen, 2015d, Haugen, 2014b)

- De kan brukes til å finne forbedringspotensial i en bedrift eller produksjonsprosess
  - Er det deler av driften som kan fungere bedre?
  - Er det mulighet for å være mer ressurseffektiv?
  - Kan produksjonen økes med dagens produksjonsutstyr?
  - Er alle aktiviteter som utføres egentlig nødvendige?
- Sette mål for eventuelt forbedringsarbeid
  - Hvor mye bedre kan driften bli?
  - Hva er realistiske mål?
  - Få tall for å sammenligne drift før og etter forbedringsarbeid
- Sammenligne driften eller prosessen med andre
  - Hvordan ligger bedriften an i forhold til sammenlignbare bedrifter
- Skape motivasjon for å gjennomføre forbedringsarbeid, da ei produksjonsanalyse kan gi
  - Eierskap til eventuell forbedringsprosess
  - Et felles mål å arbeide mot
  - En overordnet idé om hvordan målet kan nås
- Få mer kunnskap om egen prosess
  - Tallfeste aktivitetene i prosessen
  - Mulighet for å verifisere antatte sannheter
  - Avliving av oppståtte myter
  - Finne sammenhenger som ikke er innlysende

### 2.2 Produksjonsfilosofier

Ulike produksjonsfilosofier fordrer ulike produksjonsanalyser. Produksjon deles grovt inn i tre hovedfilosofier, masseproduksjon med fokus på store volum og lave enhetskostnader;

Lean produksjon med fokus på tid og ressurseffektivitet og flaskehalsteorien der produksjon tilpasses prosessleddet med lavest kapasitet. Den følgende generelle presentasjonen av disse tre produksjonsfilosofiene vil i hovedsak fokusere på Lean og flaskehalsteorien, dette fordi de er de mest ukjente av de tre filosofiene.

### **2.2.1 Masseproduksjon**

Produksjon av store volum fører til lave enhetskostnader da få omstillinger gir høy arbeidskraftproduktivitet fordi det blir lite stopp i prosessen. Det lave antallet omstillinger i prosessen gjør den tidseffektiv i hvert trinn, men ikke nødvendigvis som helhet da andelen varer i arbeid er høy, og ligger lagret mellom produksjonsleddene. Disse lagrene blir bygget for å unngå stopp i prosessen ved for eksempel maskinhavari i et foregående prosessledd (Haugen, 2014b). For å imøtegå variasjoner i markedet bygges store ferdigvarelager (Bicheno, 2007). Utnyttelsen av hver maskin skal være så høy som mulig (Goldratt, 1992).

#### **2.2.1.1 Kort historisk gjennomgang av masseproduksjon**

Etter den industrielle revolusjon, og særlig etter at samlebåndsfabrikkene ble etablert på begynnelsen av 1900-tallet, ble det mer fokus på tidsbruk i produksjon. Samlebåndsfabrikkenes far, Henry T. Ford, åpnet den første produksjonslinjen i 1913, der målet var å produsere biler billig og raskt. All tilvirkning foregikk i en linje og for å opprettholde flyten i produksjonen ble tid brukt på hver arbeidsoperasjonen en avgjørende faktor. Forbedringsarbeidet lå i å kutte i tiden og produksjonsanalyser bestod i hovedsak av såkalte stoppeklokkestudier. Arbeidsinstruksene ble utformet av planleggere som var helt adskilt fra utførelsen av arbeidet, i tråd med Fredrick Winslow Taylors ”The Principles of Scientific Management” (Bicheno, 2007).

I 1928 ble Rouge-fabrikken åpnet. Produksjonslinjen bestod, men detaljtilvirkning foregikk i arbeidsgrupper som forsynte linjen. Arbeidsgruppene pulstilvirket, det vil si at de gjorde seg ferdig med en batch før de begynte på den neste batchen. Fokus gikk fra korte ledetider til produksjon av volum og forbedringspotensial var ikke lenger antatt å ligge i aktivitetstider, men i å utnytte maskinene så godt som mulig. Variasjoner i etterspørselen ble løst ved å bygge store lager (Bicheno, 2007).

## 2.2.2 Lean

Begrepet ”Lean” ble først brukt i boken ”The Machine that Changed the World” fra 1991, denne boken var resultatet av en studie utført av MIT i USA som sammenlignet bilindustrien i verden. Lean-produksjon er basert på Toyota Production System, TPS. Lean produksjon kan oversettes til slank produksjon, altså produksjon som ikke bruker mer ressurser enn nødvendig (Bicheno, 2007).

Det som kjennetegner Lean er (Haugen, 2014b):

- Rask og fleksibel strøm av produkter eller tjenester
  - Fokuset ligger på tid. Ledetiden skal være så kort som mulig og omstillinger i prosessen skal være raske.
- Ressurseeffektivitet
  - Det skal ikke tilføres mer verdi til en vare enn kunden er villig til å betale for. I gruveindustrien kan det for eksempel bety at man ikke selger gods med 97% renhet når kunden har bestilt, og dermed betaler for, gods med 96% renhet.
  - Fokus på sløsing. Det vil si tid eller ressurser som brukes men som ikke tilfører verdi til produktet.
- Eliminasjon av variasjoner
  - Hver aktivitet skal ha samme resultat hver gang.
  - Spissing av produkter til ulike markeder utsettes til så sent i prosessen som mulig for å unngå unødvendige omstillinger.
- Balansert produksjonskapasitet
  - Alle ledd i prosessen skal produsere i samme takt slik at det ikke er nødvendig med mellomlager.
  - Det etterstrebes at alle ledd i prosessen skal ha samme kapasitet.

Lean produksjon baseres på fem prinsipper som må innføres og kontinuerlig følges opp (Bicheno, 2007):

1. **Verdien** av en vare skal bestemmes ut i fra kundens perspektiv. Kunden betaler for et resultat ikke for et produkt. Derfor skal det ikke tilføres mer verdi enn kunden er villig til å betale for, men heller ikke mindre.
2. Identifisere **verdiflyten**. Det er tidsmessige fordeler som skal identifiseres, ikke stordriftsfordeler.

3. **Flyten** i prosessen. Produktene i arbeid skal være i konstant bevegelse og ikke ligge lagret før neste ledd i prosessen. For å oppnå dette sekvenseres<sup>1</sup> produksjonen slik at tiden utnyttes til det fulle. Dette fører til flere omstillinger, men også til at flere produkter går gjennom prosessen per tidsenhet.
4. **Pull.** Det er etterspørselen som bestemmer takten i produksjonen. Det skal ikke produseres mer enn markedet etterspør. Og det skal ikke produseres mer i foregående produksjonsledd enn det neste produksjonsledd behøver.
5. **Perfeksjon.** Dette målet kan først nås når de fire foregående prinsippene er innarbeidet. I tillegg til kvalitet på produktet handler det om å produsere akkurat det kunden vil ha, akkurat når kunden vil ha det til en pris kunden er tilfreds med.

Å unngå sløsing er den grunnleggende aktiviteten i Lean 5S. Dette er en femstegs prosess som skal gi mer velfungerende arbeidsforhold, men den handler også om å ha rett innstilling til arbeidet som skal utføres (Bicheno, 2007). Begrepene som blir brukt i den følgende punktlisten er hentet fra Wikipedia (2014) , mens innholdet i begrepene er hentet fra ”Ny verktøyslåda för Lean” (Bicheno, 2007)

- Sortere  
Kast alt som ikke blir brukt. Avgjør hvilke verktøy/maskiner som må ligge fremme og hva som kan være på lager etter hvor ofte de blir brukt.
- Strukturere (forenkle)  
Ha rett verktøy/maskin på rett plass og gjør denne plassen fast, benytt for eksempel markering. Ha verktøy tilgjengelig i rett høyde slik at operatørene ikke må bøye seg for å nå tak i det.
- Skinne  
Visuell og fysisk vedlikehold av de to foregående trinnene. Passer på at alt er på sin rette plass, se etter avvik og årsaker til avvik.
- Standardisere

---

<sup>1</sup> I stedet for produksjon av produkt AAAAA og så BBBB, som ved volumproduksjon, produseres for eksempel AABAABAB dersom dette utnytter tiden bedre.



For å unngå variasjoner skal arbeidet standardiseres, noe som er sluttresultatet av 5S. Mer om standardisering av arbeid i siste avsnitt i dette delkapittelet.

- Sikre ("skape vane" eller "selvdisplin", (Bicheno, 2007)

Vedlikeholde 5S-rutinene slik at det ikke blir tilbakefall til gamle vaner. Dette kan gjennomføres ved for eksempel innføring av tilsynsrunder.

For å oppnå dette er det nødvendig med kontinuerlig forbedringsarbeid. I Toyota gjøres dette arbeidet av operatørene selv. Lean produksjonsfilosofi går dermed bort fra prinsippene til Taylor som mente all planlegging og forbedring skulle være styrt fra toppen. Operatørene måler selv aktivitetene og utarbeider selv arbeidsstandarder. Tanken er at dagens arbeidsstandard aldri er den aller beste, men den er den beste de har oppnådd til da. Arbeidsstandardene dokumenteres for å sikre at det ikke utarbeides nye standarder som allerede er blitt forbedret (Bicheno, 2007).

#### 2.2.2.1 Litt historie om Lean

Toyota Motor Co, som ble grunnlagt i 1937, brukte de samme prinsippene som Ford, men hadde ikke tilgang til maskinparken benyttet i USA. Dette gjorde masseproduksjon umulig og Just-in-Time prinsippet ble utviklet og tatt i bruk allerede i 1938. Just-in-Time prinsippet er at kunden skal få rett produkt, til rett tid på rett sted. Ledetiden skal være så kort som mulig fra bestilling til levering. Denne formen for produksjon reduserer lagerkostnader og kapital bundet i varer som er i arbeid (Bicheno, 2007).

Mangel på kapital og dårlig infrastruktur i Japan etter andre verdenskrig førte til et enda større fokus på korte ledetider, da det var nødvendig å omtrent få betalt for bilen før den var levert. Just-in-time prinsippet ble videreutviklet og Toyota Production System (TPS) ble innført i 1947 (Bicheno, 2007). Just-in-time prinsippet blir av Sandvik m. fl. (1999) beskrevet som en måte å "minimalisere mellomlagring uten å løpe for stor økonomisk risiko ved påregnelige forstyrrelser i produksjon og transport."

For å korte ledetider ble maskinene programmert til å stoppe når noe var galt, uten at operatørene måtte stoppe maskinen manuelt, slik at reparasjon kunne bli gjennomført så tidlig som mulig. Fokus på korte omstillingstider i stedet for fokus på få omstillinger i prosessen førte også til innføring av SMED, "Single-digit Minute Exchange of Die", en måte å skifte

pressverktøy så raskt så mulig. Denne omstillingsstrategien har gjort Toyotas fabrikker svært fleksible (Bicheno, 2007).

Under oljekrisen på 70-tallet viste bedrifter med Lean produksjon bedre evne til å tilpasse seg og dermed bedre resultater og forskningsarbeidet som førte til presentasjon av uttrykket "Lean" ble satt i gang (Bicheno, 2007).

### **2.2.3 Flaskehalsteorien**

Flaskehalsteorien, også kjent som "Theory of Constraints", baserer seg på at det i en prosess som oftest vil være ulik kapasitet på ulike produksjonsledd/maskiner. En flaskehals er et ledd som begrenser den totale produksjonen i prosessen, for eksempel en maskin med lavere kapasitet enn de tidligere produksjonsleddene. Det vil si et ledd som har lik eller lavere kapasitet enn behovet til prosessen (Goldratt, 1992)

Ettersom flaskehalsen er begrensingen på produksjonen må denne i følge flaskehalsteorien utnyttes fullt og det er dermed nødvendig med et lager foran denne for å sikre jevn forsyning til ressursen. Når en enhet av dette lageret er brukt av flaskehalsen, må den forutgående ressursen produsere en ny enhet. Produksjonen tantes dermed etter flaskehalsressursen og skaper en ubalansert produksjon (Goldratt, 1992).

Tapt tid på flaskehalsressursen skal regnes som tapt tid for hele prosessen, og er i følge Goldratt (1992) tid man ikke kan arbeide inn igjen. Overproduksjon i ikke-flaskehalsene må unngås både for sikre jevn flyt i prosessen og for å ikke binde opp kapital i unødvendige mellomagre (Haugen, 2014b). Dette bryter med filosofien i volumproduksjon, der maskiner skal utnyttes fullt i alle trinn. Økt produksjon i ikke-flaskehals er jfr. Goldratt (1992) meningsløst, da det ikke vil føre til økt produksjon i hele prosessen.

For å sikre jevn produksjon reduseres batch-størrelser og produksjonen sekvenseres, som ved Lean-produksjon, for å utnytte flaskehalsen. Dette fører til flere omstillinger, men mindre ventetid før neste produkt kan gå gjennom prosessen. Arbeidet med å takte produksjonen etter flaskehalsressursen beskrives i følgende femtrinnsmodell (Goldratt, 1992):

1. Identifiser flaskehalsen(e)
2. Avgjør hvordan flaskehalsen kan utnyttes maksimalt

3. Organiser resten av produksjonsprosessen etter resultatet av trinn 2
4. Øk kapasiteten på flaskehalsen
5. Gjenta syklusen

Økning av kapasitet på flaskehalsressursen kan gjøres på følgende måter:

- Installer flere maskiner som går parallelt
- Øke tiden flaskehalsressursen er i drift (i streng forstand kan ikke en ressurs betraktes som en flaskehals dersom den ikke går 24/)
- Ta vekk noe av belastningen på flaskehalsen
  - Må alle produktene bearbeides av denne ressursen?
  - Er det andre maskiner som heller kan gjøre jobben?

Goldratt (1992) mener det er positivt å ha en flaskehals i prosessen da dette letter arbeidet med å holde en jevn produksjon. Han mener videre at produksjonen skal ligge under etterspørselen i markedet for å unngå ferdigvarelager. Goldratt går helt bort fra å bruke maskinutnyttelse som et produktivitetsmål, slik det blant annet blir benyttet ved volumproduksjon. I følge Goldratt er det tre nøkkeltall som kan brukes til å måle produksjon og lønnsomhet.

- Throughput
  - hvor mye som blir solgt
- Inventar
  - alt som er inne i prosessen, inkludert maskiner og utstyr som har en salgbar verdi
- Operasjonskostnader
  - penger som må tilføres prosessen for at inventar skal bli throughput. Dette inkluderer lønnskostnader, vedlikeholdskostnader, energi etc.

### 2.2.3.1 Kort om bakgrunnen til flaskehalsteorien

Flaskehalsteorien ble fremsatt av Eliyahu M. Goldbratt i boka ”The Goal: A Process of Ongoing Improvement” i 1984<sup>2</sup>. Flaskehalsteorien baserer seg i stor grad på de samme prinsippene som Lean, men skiller seg fra den på særlig ett punkt: I flaskehalsteorien anses det som umulig å eliminere variasjon helt. I ”Ny Lean” brukes flaskehalsteorien som en del av konseptet (Bicheno, 2007).

---

<sup>2</sup> Øvrige henvisninger til Goldratts ”The Goal: A Process of ongoing Improvement” i denne oppgaven gjelder den 2. reviderte utgaven av boken fra 1992.

Grunnen til utgivelsen av boken var at en programvare som ble utviklet av Goldratts selskap på slutten av 70-tallet ikke solgte så godt som han hadde håpet. Softwaren gikk i mot det som var vanlig i tilvirkningsindustrien, særlig med tanke på utnyttelse av kapasitet, men de som hadde implementert den i sine bedrifter rapporterte høyere produksjon og reduksjon av varer i arbeid. Goldratt kom fram til at vanlig markedsføring ikke holdt, og ga altså ut boka ”The Goal”, som baserer seg på de samme ideene som softwaren, som en del av promoteringsarbeidet (Goldratt, 1992).

Etter å ha blitt kontaktet av mange som hadde lest boka og dialog med disse kom Goldratt frem til at det ikke var mangel på adekvat programvare som førte til problemer for bedrifter, men at selve grunnideen bak deres produksjon var feil. Etter hvert sluttet han å promotere programvaren som hadde vært utgangspunktet til boka (Goldratt, 1992).

I forbedringsarbeid skiller flaskehalsteorien seg fra Lean ved at den er svært toppstyrt og ikke involverer operatørene, mens det ved forbedringsarbeid jamført Lean er viktig med ansvarliggjøring av operatørene (Nave, 2002). Sunniva Haugen forklarte sammenhengen mellom flaskehalsteorien og Lean slik under vårmøtet til Norskbergforening i Gällivare 5.-7. mai 2015: ”Flaskehalsteorien peker ut hvilke områder som må forbedres, Lean sier hvordan du skal forbedre” (2015c).

#### **2.2.4 Produksjonsfilosofi og forbedringsstrategier i gruveindustrien**

Vårmøtet til Norskbergforening i Gällivare 6.-7.mai 2015 hadde «Lean Mining» som tema. Der ble det blant annet utført en workshop der personer fra bedrifter svarte på spørsmål om Lean og andre produksjons- og forbedringsstrategier. Ingen av deltakerbedriftene hadde innført Lean på hele virksomheten,, men svært mange hadde innført Leanstrategien i deler av driften og enda flere hadde innført 5S, som er en viktig pilar i Leanfilosofien (se kap, 2.2.2). Disse bedriftene var: Omya Hustadmarmor AS, Outotec, Sintef og Boliden, Rana Gruber (Norsk Bergforening, 2015).

Deltakerbedriftene bruker også andre verktøy og mål for forbedringsarbeid, blant andre: CIP, Continual Improvement Process; MIP, Maintenance Improvement Process og TPM, Total Production Management. Det vil ikke gås nærmere inn på disse i denne masteroppgaven (Norsk Bergforening, 2015).

Alle deltakerne som hadde vært med på et større forbedringsarbeid eller omlegging av produksjonsfilosofi vektla tålmodighet og engasjerte ledere som et nøkkelpunkt for suksess. Bygging av gjensidig tillit i organisasjonen og forståelse for hva bedriften ville oppnå ble ansett som det mest arbeidskrevende, og flere av foredragsholderne trakk fram viktigheten av at de som ble omfattet av arbeidet hadde et eierskap til forbedringsprosessen (Norsk Bergforening, 2015, Palo, 2015, Olofsson, 2015b).

Et av spørsmålene som skulle besvares i workshopen var: «Hvordan motiverer man best organisasjonen?» (med tanke på forbedringsarbeid). Et utvalg av svarene finnes i følgende punktliste (Norsk Bergforening, 2015):

- Eierskap og delaktighet i forbedringsarbeidet for operatørene.
- Presentasjon av nøkkeltall.
- At ledelsen interesserer seg og etterspør eventuelle innførte rapporter, eller spør hvordan operatørene oppfatter arbeidet og om de føler noen forbedring.
- Skape nøkkelpersoner (ambassadører) for forbedringsarbeidet.
- Vise at strukturen er der for å støtte opp om arbeidet til operatørene, og ikke at operatørene skal støtte opp strukturen.
- Vise fordeler som er nær operatøren. At konsernet tjener mer ikke nødvendigvis en motivator for den enkelte.
- Små delmål.

I Aitik Boliden har de innført Leanstrategien i vedlikeholdsavdelingen og lasteavdelingen. Dette fordi de opplevde holdninger som: ”Vi må produsere så mye som mulig i dag, for det er ikke sikkert vi har maskiner i morgen”, noe som førte til ujevn produksjon og lav driftsikkerhet på maskinene. Fokus ble flyttet fra «brannslukkingsarbeid» til forebyggende arbeid. Dette har ført til at de opplever bedre tilgjengelighet på maskiner og oppnår en bedre planfølgelse nå enn før de begynte med forbedringsarbeidet (Palo, 2015)

Inspirert av resultatene fra vedlikeholds- og lasteavdelingen satte tilredningsavdelingen<sup>3</sup> Aitik i gang med et forbedringsarbeid på eget initiativ der hovedfokuset var daglig driftsplanlegging. De innførte morgenmøter og ga prioritet til arbeidsoppgavene som skulle

---

<sup>3</sup> Tilredning er ”forberedelse og fullføring av nødvendige anlegg før malmproduksjonen kan ta til” TESSEM, S. *Tilredning* [Online]. [www.steinkjer-kommune.net](http://www.steinkjer-kommune.net). Available: <http://www.steinkjer-kommune.net/eggevandring/egge/index.php?meny=92>. *ibid.*

utføres. Det ble også utført en workshop der alle operatører sa hva de ville forbedre på boreriggene og det ble innført 5S for disse (Fagerlönn, 2015)

Dr. Stein Tore Bogen holdt foredrag om innføring av Lean-filosofien i lasteoperasjonene i Rana Gruber. De hadde problem med at det var mye stopp i lastingen og lastingen ble identifisert som flaskehalsen i produksjonen. For å bedre dette fokuserte de på kortidsplanleggingen og endret arbeidsinstruksene slik at lasterne ikke stoppet lastingen for å utføre annet arbeid, som veiarbeid og pukkflytting. De innførte strukturerte møter, slik Aitik Boliden også har hatt suksess med (Olofsson, 2015b) og reduserte byråkratiet innad i produksjonen. Viktigst var å senke tempoet i selve utførelsen, noe som kan virke motstridende når målet var bedre produktivitet. Resultatet var derimot at maskinene ble kjørt mykere, noe som ga mindre behov for vedlikehold. I tillegg førte spissing av lasteteamet til at det ble færre avbrudd i arbeidet da annet personell utførte veivedlikehold og lignende i gruva. Rana Gruber avstemte også taktslaget til forutgående operasjoner i forhold til lastingen og reduserte derfor takten på produksjonsboringen. Etter at Lean-tankegangen ble innført har lasteoperasjon blitt mer produktiv og produksjonskostnaden er blitt lavere. Produksjonen blir nå ikke begrenset av lastingen, men av båtlasting av produkt (Bogen, 2015). Dette er helt i tråd med flaskehalsteorien som fremsatt i boka "The Goal", der det står at det er best om flaskehalsen, og dermed taktgiveren til produksjonen, befinner seg i slutten av produksjonsleddet (Goldratt, 1992)

For å finne flaskehalsen i produksjonen er det enklest å se etter hvilke arbeidsoperasjoner det blir ventet lengst på (Nave, 2002). Dette ble gjort ved gjennomføring av et *flytstudie* (se kap. 2.3.1) i Boliden (2004), da ble det sett hvor mange tonn som ventet på hver aktivitet. Målet var å øke produksjonskapasiteten.

Ren Lean-produksjon forutsetter at det er jevnt med aktivitet i gruva hele uka, dette forhindres blant annet av faste skytetider, som gir bølger av aktivitet. Siden arbeidet ikke alltid kan fordeles jevnt anbefales det å legge inn tidsbuffere før flaskehalsen, slik at starttidspunkt for flaskehalsaktiviteten ikke blir forsinket (Haugen, 2015d).

I Bolidens gruve Garpenberg ble det registrert en økning i salvetempo på 20 % ved streng styring etter flaskehalsprinsippet der det som ble ansett som flaskehalsmaskiner, i dette tilfellet piggerne, hadde høyest prioritering (Haugen, 2015d). Problemet er at dersom styringa

ikke er streng vil ofte arbeid som gir høy tonnasje med forholdsvis lite arbeidsinnsats, for eksempel sprengning av benksalver i stedet for oppfaringssalver, bli prioritert. Det har skjedd at fokus på strossing, som gir høy produktivitet, med tanke på tonn/timeverk, har ført til at det ikke er ferdig oppfaring å fortsette strossinga i. Dette fører selvfølgelig til stopp i prosessen (Haugen, 2014a). I én av de to norske gruvene der det ble utført case studier i forbindelse med doktorgradsarbeidet til Sunniva Haugen (1999) ble utjevning mellom oppfaring og palling oppgitt som et av målene med ukentlig driftsplanlegging. Jamført Lean er slik utjamning viktig for å utnytte tiden best mulig og sikre jevn drift.

Johnny Olofsson, ansvarlig for tilredning og boring i LKAB Malmberget fortalte om innføring av et system for operativ styring som gikk ut på at alle skulle produsere to. Det vil si at borerne skulle bore to salver per skift, renskerne skulle renske to salver per skift. På denne måten ble operasjonene taktet og ett produksjonsledd ble ikke liggende foran eller bak andre ledd (Olofsson, 2015a). Dette er et eksempel på toppstyrt forbedringsarbeid, som nevnt i kap. 2.2.3. Dersom det ikke ble produsert to ble årsakene til dette analysert (Olofsson, 2015a). Denne typen analyser er operatørmedvirket forbedringsarbeid og mer i tråd med Lean (Nave, 2002).

I følge Lean skal alle variasjoner kunne elimineres og alle mellomlager og ventetid mellom prosessledd fjernes. Flaskehalsteorien anser det som umulig å fjerne alle forstyrrelser fra prosessen og legger opp til et bufferlager eller buffertid foran flaskehalsressursene. I volumproduksjon anses det som kostnadsbesparende å produsere store kvanta med færrest mulig omstillinger. Variasjon i etterspørsel og forstyrrelser i produksjonen blir imøtegått med store mellom- og ferdigvarelager.

Størrelsen på mellomlager bør, i følge Sandvik m.fl. (1999), være dimensjonert slik at det dekker den planlagte produksjonen både før og etter i prosesskjeden. I et oppredningsverk må lageret foran mølla være så stort at det rommer nok gods til å forsyne mølla den tiden knuserne ikke går, dersom ei mølle går helkontinuerlig, mens knuserne kun går mandag til fredag. Lageret må i tillegg være så stort at det rommer gods produsert i knuseverket i tilfelle stopp i møllekretsen. Dette er i og for seg også tråd i med flaskehalsteorien.

Dersom produkt skipes i store partier er det nødvendig med ferdigvarelager som rommer minst én båtlast. På den måten unngås det at båter må vente for å få full last og for å hindre

stopp i produksjon på grunn av fulle lager. Dette er å betrakte som minimum lagerkapasitet (Sandvik m.fl., 1999). En båtlast kan betraktes som en batch, og dette vil da også være i tråd med flaskehalsteori og Lean produksjon.

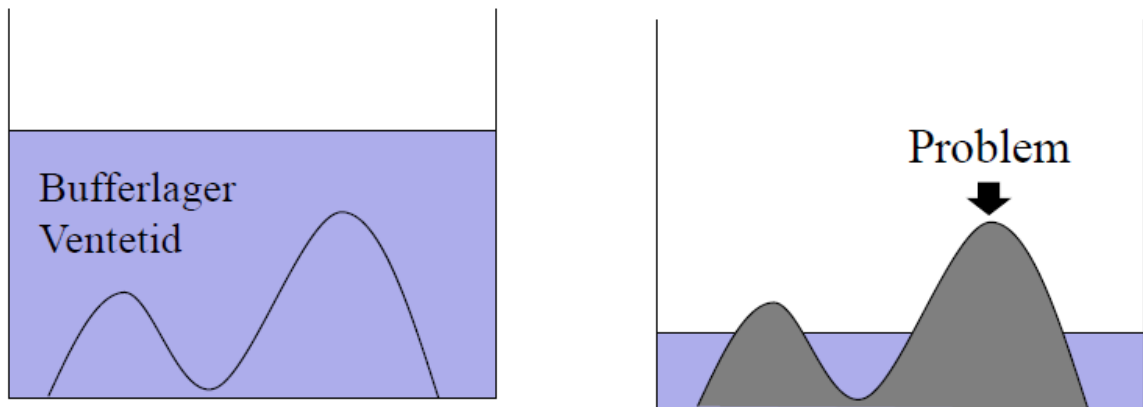
For å ikke være sårbar for alle svingninger i prosesskjeden bygges det i praksis lager som tar det dobbelte av hva som kreves for å ha jevn drift. Det gjelder både mellomlager og ferdigvarelager (Sandvik m.fl., 1999).

I følge Lean skal det ikke bygges ferdigvarelager, eller brukes mellomlager, da det ikke skal produseres mer enn markedet etterspør: Kunden bestemmer produksjonstakten (Bicheno, 2007) Jamført flaskehalsteorien skal det kun bygges lager foran flaskehalsressurser, dette lageret skal etterfylles ettersom det blir produsert i flaskehalsressursen. Det skal produseres litt mindre enn markedet etterspør for å forhindre bygging av ferdigvarelager (Goldratt, 1992)

Mellom- og ferdigvarelager binder opp kapital tilsvarende kostnaden med å produsere varen. I tilvirkningsindustri kan det være fare for at varer som er lagret i store kvanta blir utdaterte før de kommer ut på markedet. (Bicheno, 2007). I bergverksindustri er ikke denne faren så stor ettersom mineralske produkter sjeldent ”går av moten” (Haugen, 2015a). I bergverksindustrien er heller problemet med lagring av gods segregering og oksidasjonsprosesser. Begge deler kan motvirkes med god utforming av lager (Sandvik m.fl., 1999). Rågods- og mellomlager kan dessuten hjelpe til med en utjevning av kvalitet i prosessen. Det samme kan også oppnås ved god planlegging av brytning i gruva, men Sandvik m.fl. (1999) påpeker utviklingen mot bruk av færre og større maskiner som et hinder for slik utjevning.

«The Japanese Lake» (figur 2.2-1) illustreres konsekvensen av at mellomlager fjernes. Problemer i driften som normalt ville blitt imøtegått med et bufferlager eller buffertid kommer til syne når bufferen fjernes og produksjonen blir mer sårbar for forstyrrelser. Av denne grunn kan man ikke skifte fra en produksjonstrategi med mellomlager til strategi etter just-in-time prinsippet uten å adressere alle problemer og finne varige løsninger på disse, før mellomlager reduseres (Haugen, 2015b).





Figur 2.2-1 «The Japanese Lake» (Haugen, 2015b)

## 2.3 Datainnsamlingsmetoder

Grunner til å gjennomføre en produksjonsanalyse er belyst i kap. 2.1. Uavhengig av årsak til gjennomføring av produksjonsanalysen må det samles inn data som beskriver hvordan driften er i dag.

Datinnsamlingen kan skje ved hjelp av *sekundær* eller *primær* data. *Sekundær* data kan samles inn fra interne dokumenter som basrapporter og rapporter om tonn inn på oppredningsverket. Den *primære* dataen kan samles inn ved hjelp av eksperiment, observasjon eller intervju og spørreundersøkelser. Bruk av sekundær data er billigere og mindre arbeidskrevende enn bruk av primær data, da datainnsamlingen allerede er utført. Ulempen med bruk av sekundær data er at dataen er samlet inn for et annet formål og kan derfor være for unøyaktig til å brukes (Ghauri & Grønhaug, 2002).

Fordelen med bruk av flere datainnsamlingsmetoder er at de vil gi et mer helhetlig bilde av driften, det sikrer også validiteten av dataen da informasjonen kommer fra flere kilder (Ghauri & Grønhaug, 2002)

### 2.3.1 Aktivitetsstudier

For å få informasjon om produksjonsprosessen kan det ved primær datainnsamling gjennomføres det som i ”Verktøy for Lean Produksjon” (Quest Worldwide Consulting LTD.,

2007) kalles en **TÄPIK**- analyse (**T**id, **Ä**garskap, **P**ersonal, **I**nformation, **K**ostnader). Denne typen analyse gir svar på:

- Hvor lang tid en aktivitet tar og hvor lang tid det tar før neste aktivitet startes. Det vil omstillingstid for aktiviteten.
- Hvem er ansvarlig?
- Hvem utfører aktiviteten?
- Hvilken informasjon trengs for å gjennomføre aktiviteten og hvilken informasjon ble gitt?
- Hva koster aktiviteten og hvor mye av kostnaden skyldes eventuell omarbeiding?

Det fokuseres på hver enkelt aktivitet og ikke på prosessen som helhet.

For å se prosessen fra et produktsynspunkt kan det gjennomføres en **verdiflytanalyse** ("Värdeflödesanalys").

En verdiflytanalyse tar sikte på å få informasjon om: (Quest Worldwide Consulting LTD., 2007)

- Syklustid
- Antall operatører
- Bearbeidingstid
- Omarbeiding
- Partistørrelse
- Tilgjengelighet av maskiner
- Mellomlager

I bergverkssammenheng kan partistørrelse være salvestørrelse og det vil i tillegg være interessant med tilgjengeligheten av stoffene.

For å samle inn data om aktiviteter kan metodene som beskrives i de følgende delkapitlene benyttes.

### 2.3.1.1 Radiorapportering

Verdiflytanalyser er blitt gjennomført i Boliden blant annet i 2004, da for å identifisere forbedringspotensial i ei gruves produksjons- og utviklingsprosess som kunne øke produksjonskapasiteten. I denne studien rapporterte operatørene følgende i realtid til kontrollrom via radio (Boliden, 2004):

- Henter maskin
- Begynner aktivitet
- Avslutter aktivitet
- Avbruddsårsak
- Hvor det arbeides

Ut i fra denne informasjonen kunne det tas ut data om følgende (Boliden, 2004):

- Utnyttelsesgrad av stuffer
- Aktivitetstider
- Syklustider
- Distribusjon av feil
- Feilårsaker
- Produksjonstakt
- Ventetid
- Aktivitetsdistribusjon på stuff
- Aktivitetsnivå i løpet av døgnet

Med tilgang på produksjonsplanen kan også planfølgelsen til foretaket måles (Boliden, 2002). Det vil si hvordan produksjonen forløper sammenlignet med produksjonsplanen.

Fordelen med denne typen rapportering er at

- det er lite arbeidskrevende for operatørene å rapportere på denne måten.
- den som utfører studien har mulighet til å følge opp med spørsmål i realtid dersom det er noe som er uklart.
- det trengs ikke så mange til å utføre studien sammenlignet med antall operatører.
- dataen kan legges inn i skjema i realtid.

Ulempen med denne typen rapportering er at det til tider kan være mange som rapporterer samtidig slik at kapasiteten for å ta i mot rapportene blir sprengt og det blir et etterslep på rapporteringen. Dersom operatører glemmer å rapportere i realtid må dette klargjøres i etterkant og dataen blir da mindre nøyaktig.

### 2.3.1.2 Videoanalyse

En annen metode for å samle inn informasjon om prosessen er å analysere videoopptak av driften. Det gir mulighet til å samle inn data fra flere steder samtidig og å kunne spole tilbake for å dobbeltsjekke hva som skjer. Analyse av filmopptak som strekker seg over et helt skift vil være like tidkrevende som å være observatør på skiftet. Kanskje mer da det er mulighet til å filme flere steder i gruva samtidig. For å kutte ned på filmtiden kan det benyttes timelapse-videoer, der det tas bilde med fastsatt mellomrom.

I et forsøk utført på et konstruksjonsanlegg ble informasjon om byggeprosessen samlet inn på tre forskjellige måter, basert på en timelapse-video (Thomas & Daily, 1983). Den første måten var å rapportere hvilken aktivitet hver håndverker utførte til enhver tid gjennom hele videoen. Aktivitetene som skulle rapporteres var fastlagt på forhånd.

Den andre måten var å rapportere aktivitetene i løpet av fastlagte tidsintervall. Tidsintervallene var lagt til tidspunkt der aktivitetene som skal rapporteres blir gjennomført.

Den tredje måten var å observere arbeidslaget i 30 sekund, med ni (sic!) (ti) på forhånd satte starttidspunkt, slik at det til sammen ble rapportert fra fem minutter av time-lapse videoen. De tre ulike analysemetodene ga informasjon om henholdsvis:

1. Hvor mye direkte arbeid som ble utført av hver enkelt arbeider
2. Hvilke underoppgaver som utgjorde en arbeidssyklus. Den ga også mulighet til å bedømme om antallet av håndverker er tilstrekkelig til arbeidet.
3. Hvor mye forsinkelser som rammer arbeidet. Metode 3 viste også en korrelasjon med metode 1 om hvor mye direkte arbeid som ble utført.

Videoanalyser kan oppleves som overvåking for operatørene og det vil sannsynligvis være nødvendig å gå gjennom deler av videoopptaket med operatørene i etterkant for å avklare deler av aktivitetene. Å filme arbeid i ei gruva er teknisk vanskelig på grunn av lysforholdene og at det arbeides på flere steder, noe som vil kreve flere kameraer.

### 2.3.1.3 Operatørene registrerer aktivitetene selv

Som beskrevet i kap. 2.2.2 registrerer operatørene i Toytoa aktivitetstider selv og utarbeider arbeidsbeskrivelser og –instrukser. I følge Bicheno (2007) kan dette være en fordel for forbedringsarbeid i stedet for bruk av ekstern tidsstudiemann. Dette har både med kjennskap

til produksjonsprosessen og inngående kunnskap om aktiviteten å gjøre, i tillegg til at eierskap til produksjonsanalysen gjør det mer motiverende å følge opp forbedringer.

Dette rapporteringsarbeidet må bli gjort skriftlig og ikke være så omfattende at det kommer i veien for utføring av arbeidet.

Ulempen er at operatørene kan glemme å skrive underveis og dermed måtte fylle inn i etterkant, noe som blir mer unøyaktig. Det kan også være stor forskjell i hvor nøyaktig operatørene rapporterer. Da slike rapporter må samles inn og føres inn i databehandlingsprogram etter at arbeidsskiftet er ferdig kan det være vanskelig å oppklare eventuelle uklarheter.

#### 2.3.1.4 Kjørecomputere

Tall fra kjørecomputer i de ulike maskinene kan også benyttes for å hente ut informasjon om prosessen. En kjørecomputer kan registrere når maskinen er betjent, når den går på tomgang og den kan gi svært detaljert informasjon om hvordan jobben blir utført. En kjørecomputer vil derimot ikke kunne gi informasjon om årsaker til ventetid. Denne informasjonen må i så fall samles inn i tillegg.

### 2.3.2 Observasjon

Aktivitetsstudien vil gi informasjon om når, hvor, hvor lenge og hvor mye, men for å få et bedre inntrykk av prosessen må aktivitetene observeres. For en operatør kan det være innlysende hvilke underaktiviteter som inngår i en hovedaktivitet, for eksempel boltsetting ved boring, men dette trenger ikke være innlysende for eksterne

Observasjonene er direkte, men ikke deltakende. Det vil si at observatør er med når aktivitetene gjennomføres, men deltar ikke i arbeidet. På forhånd må det fastlegges hva som skal observeres, da en situasjon kan være så kompleks at observatør ikke evner å få med seg alt (Yin, 2011). Kategorier velges etter hva som er formålet med datainnsamlingen og kan blant annet være (Yin, 2011):

- Interaksjon mellom mennesker
- Handlinger og hendelser, uansett om de har menneskelig opphav eller ikke
- Omgivelsene

En svært inngående form for observasjon er et DILO-studie. DILO står for ”Day in the Life of an Operator” og gjennomføres ved at observatør følger en operatør eller betjent maskin gjennom et skift. Aktivitetene som utføres registreres på minuttbasis og dataen får dermed svært høy oppløsning (Boliden, 2009).

Aktiviteter som ikke er verdiskapende blir identifisert og tidtatt, dette er aktiviteter som ofte kan bli innrapportert innunder en verdiskapende tid, for eksempel hvor lang tid det tar å starte maskiner. Gjennomføring av DILO-studier kan også, forutsatt at de ikke oppleves invaderende, gjøre at observatør kommer i kontakt med operatørene og gi operatørene et eierskap til analysen som skal gjennomføres. I forkant av en DILO-studie er det viktig å ha snakket om hva som er grunnen til at studiet skal gjennomføres, og å bli enig med anleggsleder om hvilken operatør som skal følges. DILO-studier kan føles invaderende og det er viktig å formidle at formålet er å forstå prosessen i seg selv og ikke å måle eller sammenligne operatørene som individ. I informasjonsheftet ”DILO-studier ”En dag på jobbet” fra Boliden (2009) er det en sjekkliste for hva man skal og ikke skal gjøre i en DILO-studie.

Man skal blant annet:

- På forhånd ha snakket om hva formålet med studiet er
- Fremheve at fokuset ligger på å forstå prosessen og ikke å måle operatøren

Man skal ikke:

- Bruke stoppeklokke
- Kommentere eller kritisere arbeidstempo eller hvordan arbeidet utføres
- Forstyrre

Hvilken operatør man skal følge må avklares med arbeidsleder og det er selvfølgelig viktig at operatøren selv synes at det er greit.

Det er svært viktig at det som blir nedtegnet i løpet av en DILO-studie er korrekt og så detaljert at det ikke er tvetydig hva som står når rapporteringen skal renskrives etter at DILO-en er gjennomført.

Videooptak kan brukes i stedet for tilstedeværende observatør, med de ulemper som er beskrevet i kap.2.3.1.2

Ulempen med alle typer observasjon er at operatørene kan bli påvirket av tilstedeværelse av observatør og derfor utfører arbeidet på annen måte enn de vanligvis ville gjort og/eller at observatør ikke evner å være nøytral i rapporteringen (Ghauri & Grønhaug, 2002). Det er rapportert at det i begynnelsen av både aktivitetsstudier og DILO blir økt produktivitet før det normaliserer seg, dette gjerne i løpet av en uke (Haugen, 2014a).

### **2.3.3 Intervju**

For å få mer utfyllende informasjon kan det stilles spørsmål til operatørene om hvorfor aktiviteten utføres som den gjør. Yin (2009) kaller dette et ”in-depth-interview”. Denne typen intervju kan foregå over lenger tid og er ikke begrenset til en enkelt anledning og har ikke nødvendigvis fastsatte spørsmål.

En annen type intervju er fokusintervju, der personen blir intervjuet i et begrenset tidsrom. Intervjuet kan utføres som en dialog, men spørsmålene er fastsatt på forhånd. Denne typen intervju brukes ofte til å få stadfestet fakta, men også til å avdekke ulike syn på forskjellige områder innad i en bedrift (Yin, 2009). Spørsmålene som brukes i fokusintervju tilpasses intervjuobjektet (NN, 2008) etter hva slags informasjon intervjueren er ute etter.

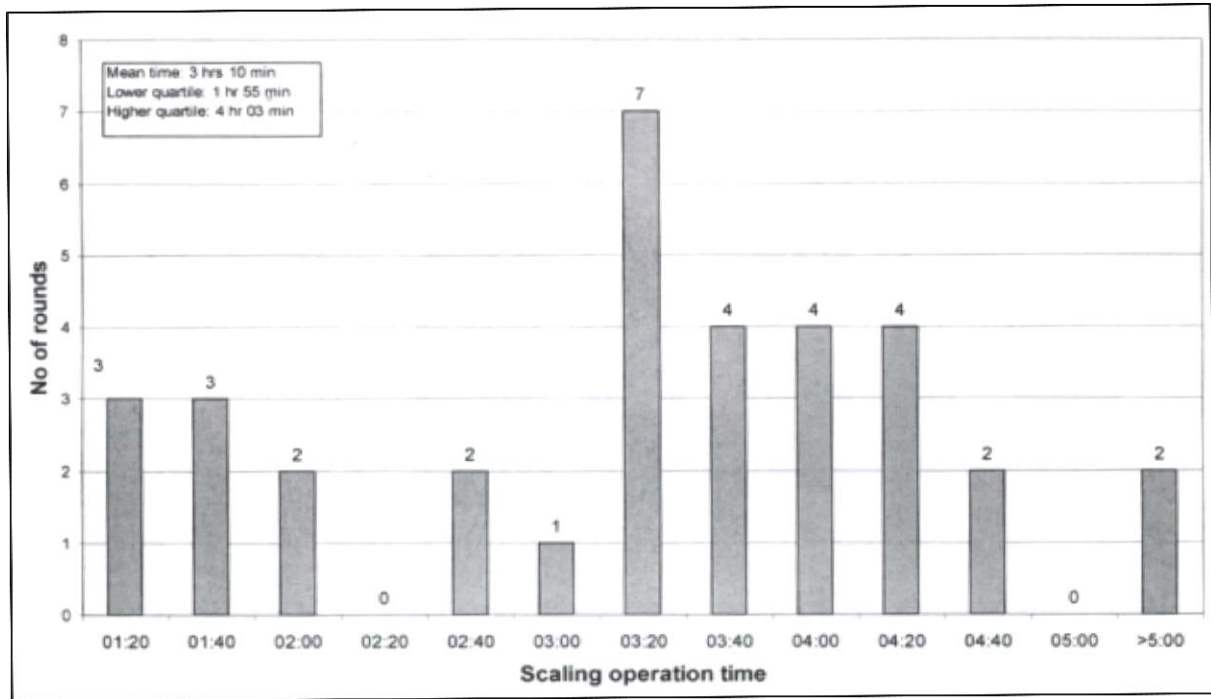
Ulempen med bruk av intervju er at intervjuobjektet kan gi svaret det de tror intervjueren ønsker å høre (Yin, 2011). Det antas at det er lite fare for dette i forbindelse med denne oppgaven ettersom intervjueren ikke har noen direkte innflytelse på bedriften og heller ikke er en autoritetsfigur for intervjuobjektene.

## **2.4 Behandling av rådata**

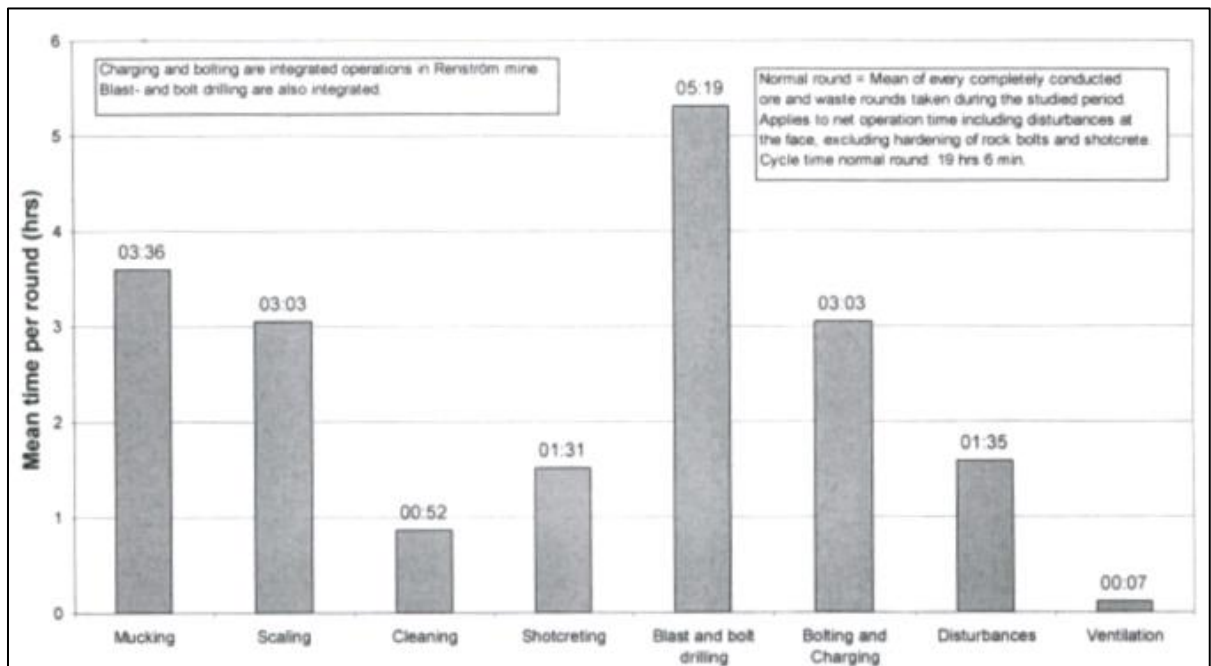
For at den innsamlede dataen skal kunne brukes og presenteres er det nødvendig å prosessere den. I dette delkapittelet redegjøres det for hva som kan beregnes med data fra aktivitetsstudier og observasjon, og hvordan dette kan presenteres.

### **2.4.1 Aktivitetstider**

Når det er blitt samlet inn aktivitetstider kan tidene for like aktiviteter brukes til å beregne gjennomsnittlig aktivitetstid og til å vise fordelingen av aktivitetstiden. På denne måten får man et inntrykk for hvor lang tid en aktivitet normalt tar, og man kan finne årsaker til at aktiviteten tok lenger eller kortere tid. Aktivitetstidene kan videre benyttes til å planlegge driften (Boliden, 2002). Eksempel på spredning i operasjonstider ligger i figur 3-1.



Figur 2.4-2 Eksempel: Spredning i operasjonstider (Boliden)



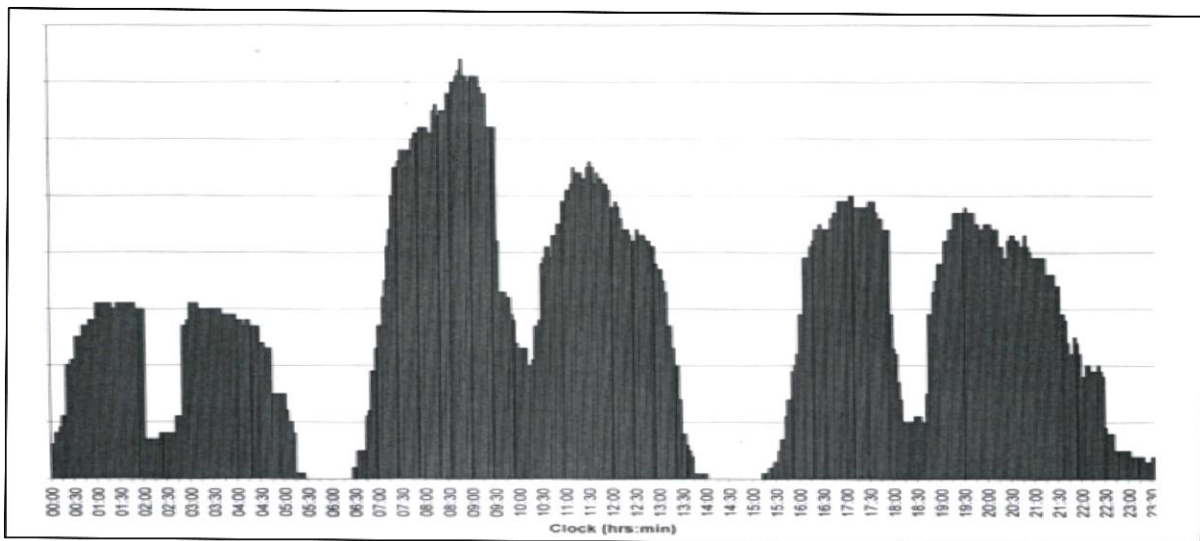
Figur 2.4-1 Eksempel: Presentasjon av aktivitetstider (Boliden)



## 2.4.2 Aktivitetsnivå

Hvordan aktivitetsnivået i gruva er i løpet av skifttiden er interessant med tanke på å se hvordan skiftene blir utnyttet, om det er sen start etter matpause eller om det går treigt å komme i gang på morgenen (Haugen, 2015a).

Aktivitetsnivået er beregnet ved å legge sammen alle aktiviteter som utføres i gruva i et bestemt tidsintervall (Boliden). Figur 2.4-3 viser fremstilling av aktivitetsnivå i løpet av en 24-timers periode.



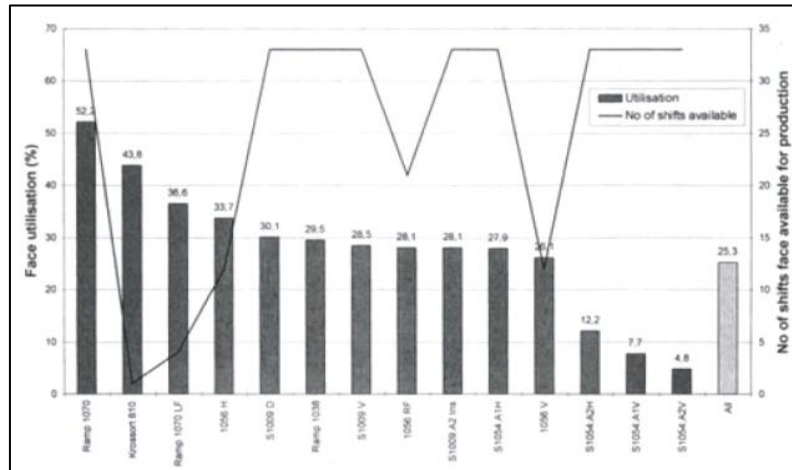
Figur 2.4-3 Aktivitetsnivå (Boliden)

## 2.4.3 Stuffutnyttelse

Stuffutnyttelsen er tiden det arbeides på stoff delt på den totale tiden, det være seg skifttid, netto utnyttelse, eller kalender tid, brutto utnyttelse (Boliden, 2002, Boliden),

Stuffutnyttelsen kan også presenteres som et GANTT-diagram, denne typen presentasjon gir et bedre inntrykk av hvor lang ventetid det er mellom hver aktivitet (Boliden, 2002).

I Boliden (2004) ble det utført et aktivitetstudie på en ikke navngitt gruve. Den gjennomsnittlige stuffutnyttelsen var 20 % fratrukket de minst utnyttede stoffene. Den høyeste stuffutnyttelsen var ca. 40 %. Stuffutnyttelsen i andre av Bolidens gruver lå mellom 21 % og 28 %.



Figur 2.4-4 Eksempel: Stutfutnyttelse

#### 2.4.4 Tilgjengelighet

Tilgjengeligheten til en maskin sier noe om den tekniske tilstanden til maskinen. En maskin regnes som tilgjengelig når den er i en slik teknisk stand at den kan brukes, det vil si når den ikke har maskinfeil, ikke er på service eller det ikke utføres vedlikehold på maskinen. Dette kalles den *vedlikeholdsrelaterte oppetiden*. Andelen av vedlikeholdsrelatert oppetid i forhold til den totale tiden angir tilgjengeligheten (Haugen, 2014b).

$$\text{Tilgjengelighet} = \frac{\text{total tid} - \text{planlagt vedlikehold, service og maskinfeil}}{\text{total tid}}$$

Den totale tiden kan være kalendertid (24/7), den planlagte skifttiden eller tiden det er planlagt at maskinen skal brukes. Den typiske tilgjengeligheten til ei gruvemaskin er 75-85% regnet på kalendertid (Haugen, 2014b).

Høy tilgjengelighet for maskiner er viktig for de maskinene som brukes mye. Det er ikke like viktig at maskiner som blir brukt mindre alltid er i stand til å brukes, men de må være i stand når de *skal* brukes. Tilgjengeligheten skal ikke være høy for enhver pris (Haugen, 2014a).

#### 2.4.5 Utnyttelsesgrad

*Utnyttelsesgraden* er andelen av den totale tiden der en maskin er i bruk. Det vil si all den tid maskinen utfører arbeid. Ikke-verdiskapende arbeid blir ofte trukket fra driftstiden, det samme blir småstopp.

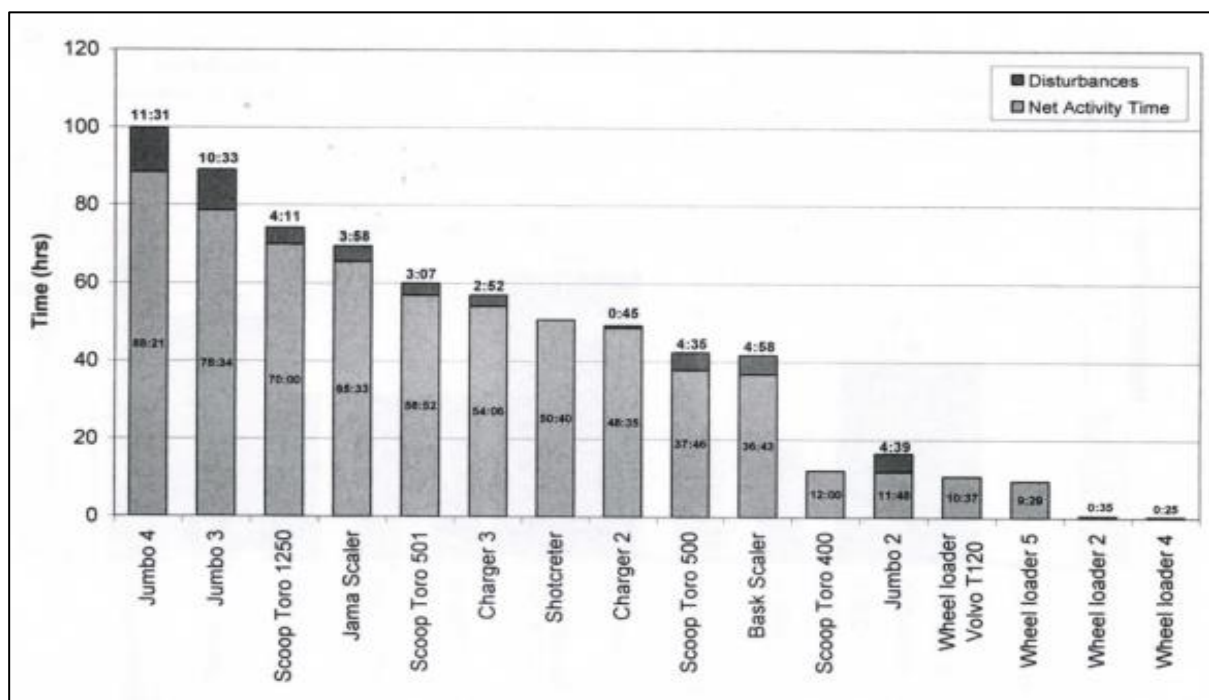
$$\text{Utnyttelsesgrad} = \frac{\text{driftstid}}{\text{total tid}}$$

Den totale tiden kan beregnes på samme måte som for tilgjengelighet. Utnyttelsesgraden til gruvemaskiner er normalt mellom 15-40% regnet på kalendertid (Haugen, 2014b). eksempel på presentasjon av utnyttelsesgrad sees i figur 2.4-5.

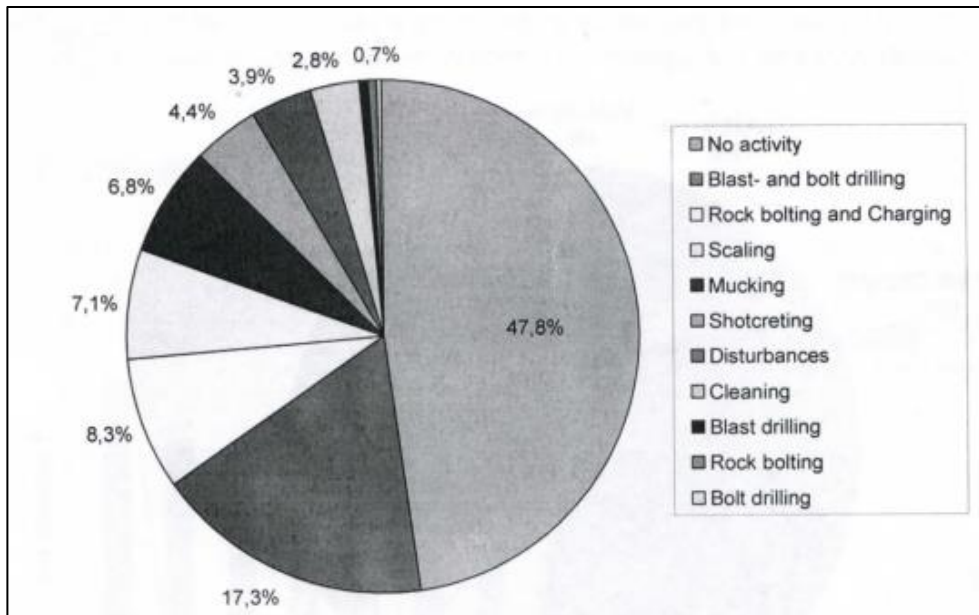
Tiden på maskinen kan deles i flere kategorier: For eksempel aktiv, parkert og masinfeil (Boliden, 2002), eller verdiskapende, ikke verdiskapende og ikke verdiskapende tid som kan unngås (Haugen, 2014b).

Verdiskapende arbeid defineres ulikt for ulike maskiner, dette skyldes at de brukes til ulike aktiviteter. Lastemaskinens verdiskapende arbeid er når den brukes til å laste sprengt stein på truck, dette er en aktivitet som gir inntekt til bedriften (det forutsetter selvfølgelig salg), veivedlikehold er derimot ikke en verdiskapende oppgave. Piggerens oppgave, å renske stoffen etter sprengning, vil ikke være verdiskapende arbeid for bedriften da det ikke fører til inntekt, men rensk er like fullt nødvendig og betraktes som verdiskapende arbeid for piggeren (Haugen, 2015a). Eksempel på fordeling av skifttid finnes i figur 2.4-6.

Det er verdt å nevne at det ikke er ønskelig med høy utnyttelsesgrad på alle maskiner. Høy utnyttelsesgrad av en pigger vil reflektere dårlig bergmasse eller dårlig salvsprengning, mens høy utnyttelsesgrad av reservemaskiner kan bety at hovedmaskinen er i dårlig stand. Utnyttelsesgraden av den enkelte maskin uten å se på helheten har derfor lite for seg (Haugen, 2014a)



Figur 2.4-5 Eksempel: Maskinutnyttelse



Figur 2.4-6 Eksempel: Fordeling av skifttid

#### 2.4.6 Total anleggsutnyttelse, OEE

Total anleggsutnyttelse blir benyttet til å måle produktiviteten i en aktivitet eller maskin. Dette måletallet har den fordelen at den kategoriserer årsakene til tap og kan derfor brukes til å måle spesifikke forbedringer, for eksempel om mer opplæring gir mindre omarbeiding.

OEE er et produkt av tre faktorer: Tilgjengelighet, anleggsutnyttelse og kvalitet.

$$OEE = \text{Tilgjengelighet} * \text{Anleggsutnyttelse} * \text{Kvalitet}$$

$$OEE = T * A * K$$

Det vil si andel av tid der maskinen kan benyttes, tilgjengelig produksjonstid; andel av den tilgjengelige tiden der maskinen blir brukt, operativ produksjonstid; og andelen av arbeidet som er utført med tilfredsstillende kvalitet på første forsøk, verdiskapende tid (Haugen, 2014b).

Det brukes 6 tapskategorier, disse er presentert i tabell 2.4-1. Her vises det også hvilken OEE-faktor tapstiden trekkes fra.

Tabell 2.4-1 Tapskategorier for beregning av OEE (Kilde: Elevli & Elevli, 2010)

De seks store tapskategoriene	OEE tapskategori	OEE Faktor
Maskinfeil Flytt og oppstilling	Nedetid	Tilgjengelighet
Heft og småstopp Redusert hastighet	Kapasitetstap	Anleggsutnyttelse
Redusert inndrift Omarbeiding	Kvalitetstap	Kvalitet

En maskins **nedetid** kan beregnes på flere måter, dette forklares mer inngående under delkapitlene «Hvilken tid skal OEE beregnes fra?» og «Ventetid» , men ettersom flytt og oppstilling også regnes som nedetid vil ikke tilgjengelig ved beregning av OEE tilsvare tilgjengeligheten som beregnet i kap. 2.4.4 «Tilgjengelighet».

**Kapasitetstap** omfatter tiden som går til småstopp, definert av Bicheno (2007) som stopp med under ti minutters varighet. For en borerigg kan dette for eksempel gjelde slanger som hopper av på bommen eller påfylling av kjølevæske. Selv om dette ofte er stopp som ikke registreres i hverdagen, er det ofte blant de største tidstapene på en maskin når de legges sammen (Bicheno, 2007). Redusert hastighet kan for hjullasteren blant annet skyldes lav fyllingsgrad i skuffa til hjullasteren på grunn av store blokker i røysa eller .

Dersom for eksempel en salve ikke oppnår inndriften den skulle hatt på grunn av mislykket sprengning regnes dette som et **kvalitetstap**. Det samme gjelder når det trengs to forsøk på å sette en bolt (Haugen, 2014b)

#### 2.4.6.1 Tidsbasis

OEE kan beregnes med basis i enten kalendertid (24/7) eller planlagt produksjonstid.

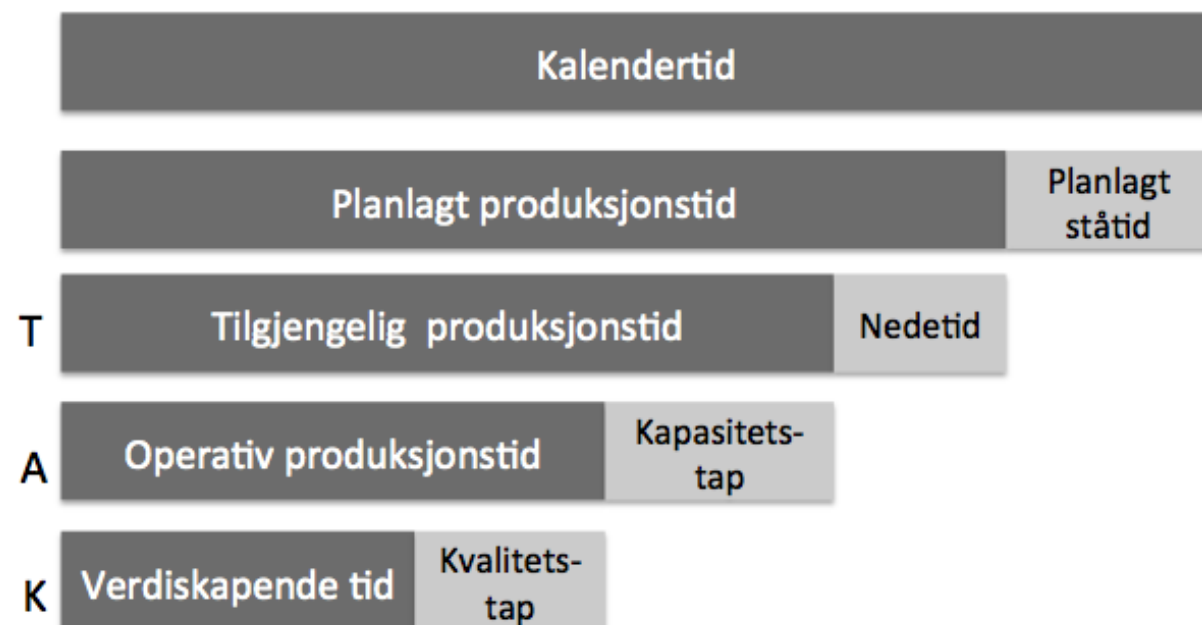
De to måtene er grafisk fremstilt i henholdsvis figur 2.4-7 og figur 2.4-8.

Elevli og Elvli (2010) argumenterer for å bruke kalendertid (24/7) som basis for å beregne OEE fordi det gir et bedre inntrykk av utnyttelsen av maskinen sett fra et investeringsperspektiv. De mener dette er viktig ettersom gruveindustrien er kapitalintensiv. I

praksis betyr det at den planlagte ståtiden ikke blir trukket fra den totale produksjonstiden, men blir beregnet som nedetid og dermed inngår i beregningen av OEE, slik det fremgår i figur 2.4-7. Dette vil føre til en lavere beregnet OEE enn når den blir beregnet fra planlagt produksjonstid, fremstilt i figur 2.4-8.



Figur 2.4-8 OEE beregnet med basis i kalendertid



Figur 2.4-7 OEE beregnet med basis i planlagt produksjonstid

Det er vanligst å beregne OEE med basis i planlagt produksjonstid der også planlagt vedlikehold blir trukket fra som planlagt ståtid (Elevli & Elevli, 2010). Haugen (2014a) mener dette er misledende, ettersom en maskin da kan settes opp på vedlikehold store deler av tiden, men fortsatt fremstå som tilgjengelig.

#### 2.4.6.2 Ventetid

Dersom gruva er undertrucket, det vil si at den har større lastekapasitet enn transportkapasitet, vil lastemaskinen måtte vente på truckene. I følge Eelevli og Eelevli (2010) skal denne ventetiden trekkes fra som nedetid og på den måten redusere den tilgjengelige produksjonstiden til hjullasteren.

Haugen (2015a) mener ventetiden skal regnes som et kapasitetstap og dermed trekkes fra den tilgjengelige produksjonstiden, dette for at tap i tilgjengelighet grunnet venting ikke skal oppfattes som maskinfeil. I ”Ny Verktøyslåda för Lean” (Bicheno, 2007)” trekkes tiden maskinen går på tomgang fra den operative produksjonstiden.

De ulike måtene å trekke fra ventetiden på fører til en forskjell i beregnet OEE. Ved å trekke ventetid fra operativ tid oppnås en høyere OEE enn ved å trekke den fra tilgjengelig tid.

#### 2.4.6.3 OEE i gruveindustrien

Bruk av OEE i gruveindustrien skiller seg fra bruk i annen tilvirkningsindustri på grunn av følgende faktorer (Eelevli & Eelevli, 2010):

- Prestasjonen til en maskin avhenger av prestasjonen til maskinen som ble brukt i foregående aktivitet. For eksempel vil boring av ei salve bli påvirket av hvordan rensk ble utført etter forrige salve.
- Kapasiteten til maskinene er svært stor, derfor vil effekten av utnyttelsen av maskinen være svært høy.
- Gruvemiljøet maskinene benyttes i er ikke ideelt.
- Ytre parameter, for eksempel geologien, påvirker utnyttelsen av utstyret.

På grunn av dette er ikke benchmarks fra annen industri overførbart til gruveindustrien.

Basert på den planlagte lastetida bør det oppnås en tilgjengelighet og anleggsutnyttelse på over 90 % og en verdiskapning (utført arbeid med tilfredsstillende kvalitet) over 95 %. Dette gir en OEE over 77 %. Beregningen er basert på lastemaskiner i et dagbrudd (Eelevli & Eelevli, 2010). Det bemerkes at planlagt vedlikehold ikke er regnet som nedetid og at ventetid er trukket fra tilgjengelig tid i disse benchmarks.

### 2.4.7 Produktivitet

”Når man snakker om produktivitet menes vanligvis *faktorproduktiviteten*. Det vil si mengden produkter som produseres per enhet innsats av én produksjonsfaktor, oftest uttrykt per

timeverk” (Østenstad, 2015). Produktiviteten i ei gruve blir jamført denne definisjonen antall tonn mineral uttatt, delt på antall timeverk.

$$\textit{Produktivitet} = \frac{\textit{antall tonn}}{\textit{timeverk}}$$

I Norcem Dalen er produktiviteten 21,95 tonn per timeverk. Dette er inkludert alle operatører i gruva, men ikke stigere og øvrig administrasjon (Dyrhaug, 2014)

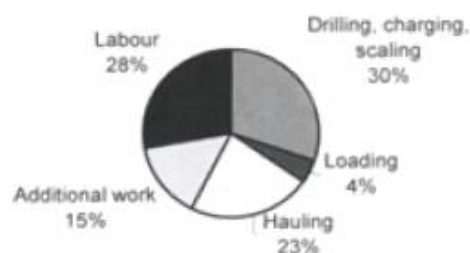


### 3 Gruvekostnader

Drift av stoller i Ballengen kan sammenlignes med tunneldrift. Driftskostnader ved tunneldrift er beskrevet i rapport 2C-05 DRILL AND BLAST TUNNELING Costs (NTNU Insitutt for bygg- og anleggsteknikk, 2006). Rapporten er basert på norsk kostnadsstatistikk for tunneldrift og det er laget diagrammer for elementkostnader som funksjon av tunneltverrsnitt og om det er sporveier eller hjuldrevet maskinere som brukes, tunnellengde og stigningsgrad. Kostnadselementene er som følger:

- Boring, drillstål og drift av borerigg
- Sprengstoff
- Rensk/pigging
- Lasting
- Transport
- Vann
- Elektristet (ikke lys)
- Ventilasjon
- Veibane
- Nisjer
- Lønn og velferdsgoder

Kostnadsfordelingen for de ulike elementkostnadene i følge rapport2C-05 er presentert i figur 3-1. Boring, lading og rensk er den største kostnadsfaktoren, denne inkluderer sprengstoffkostnader. Transportkostnadene (hauling) er inkludert lønnskostnader for denne aktiviteten. Øvrige lønnskostnader ligger under kategorien labour (arbeid).



Figur 3-1 Fordeling av kostnader (NTNU Insitutt for bygg- og anleggsteknikk, 2006)

I gruva Norcem Dalen er driftskostnadene 90 kr/tonn. I denne gruva tas det ut kalkstein under jord med brytningsmetoden rom og pilar.

Ved salveboring brukes kilkutt, dette er uvanlig i Norge der parallellkutt er det vanligste. Kilkutten gir god kast, noe som gjør det enklere å sprengne den seige bergmassen, og den gir god fragmentering av bergmassen. God kast gir også god spredning av røysa noe som gjør den enklere å laste. Salveboringstiden er derimot lenger enn ved tilsvarende dimensjoner og parallellshullkutt. Salvedimensjonene i Norcem Dalen er 14×8 meter.

I denne gruva kjøres det med tre dumpere, i tillegg er det egen operatør i hjullaster. Gruva er undertrucket, det vil si at det er hjullaster som må vente på å laste. Den maksimale syklustiden er 38 minutt, da er det lasting fra laveste nivå, 328 meter under havoverflaten (per november 2014). Massen leveres til en konknuser, det er ikke uttalt noe problem med kiling i denne knuseren.

Det drives omfattende rensk denne gruva, både maskinelt og manuelt.

## 4 Metode

Dette kapitlet beskriver metoden for hvordan denne studien ble gjennomført. Her redegjøres det for hvordan datainnsamlingsmetode ble valgt, gjennomføring av datainnsamling og hvordan den innsamlede datoen behandles.

Det ble gjennomført en primær datainnsamling der operatørene selv rapporterte aktiviteter. Det ble også gjennomført DILO-studier og intervju av produksjonsjef og avdelingsleder fra FMK og anleggsleder fra LNS.

### 4.1 Valg av datainnsamlingsmetode

Etter samtale med produksjonssjef Thomas Addison fra FMK i Ballangen 7. januar ble det klart at produksjonsanalysen ikke skulle ta sikte på å finne potensial for å øke produksjonskapasiteten i gruva. Dette skyldes at markedet begrenser salget og gruva har ikke marked for økt salg per nå. Fokuset på produksjonsanalysen skulle heller være på lavere driftskostnader og produktivitet. Addison ønsket også at to ulike skiftformer skulle sammenlignes. De ulike skiftformene skyldes at det var høy produksjon i januar da 50 000 tonn skulle leveres til LKAB i Kiruna. I denne perioden var det høyere bemanning på laste- og transportoperasjonen. Da storleveransen var ferdig ville gruva gå tilbake til normal produksjon og bemanning. Det ble derfor nødvendig med to datainnsamlingsperioder, der den ene måtte skje allerede i januar og den andre ved normal produksjon og bemanning (Addison, 2015b)

Da fokus skulle være på produktivitet og produksjonskostnader ble det avgjort at nøkkeltallene det skulle fokuseres på tilgjengelighet, utnyttelsesgrad og produksjon per timeverk, det vil si produktivitet. Disse nøkkeltallene gjør det også mulig å sammenligne de to skiftordningene.

Etter å ha sett basrapportene fra gruva i Ballangen var det klart at disse ikke var detaljerte nok til å beskrive driften eller beregne nøkkeltallene i nevnt forrige avsnitt. Det måtte derfor gjennomføres en innsamling av primær data og etter diskusjon med veileder, Thomas Addison, Gullik Sletteng og Lage Erlandsen ble det avgjort at det skulle gjennomføres en aktivitetsstudie, nærmere bestemt en verdiflytanalyse.

Hvordan datainnsamlingen skulle foregå ble bestemt av de praktiske forholdene i gruva. Videoopptak ble ikke diskutert da det verken var teknisk eller praktisk gjennomførbart. Informasjon som kan hentes fra kjørecomputerne ble heller ikke diskutert og det er usikkert om maskinparken i Ballangen har denne typen computere installert. Det beste alternativet ville vært radorapportering (se kap. 2.3.1.1), men ettersom gruva ikke har installert radiosamband var ikke dette mulig. Datainnsamlingen måtte derfor gjennomføres ved at operatørene rapporterte skriftlig (se. kap. 2.3.1.3)

For å få data med høyere oppløsning ble det gjennomført DILO-studier (se kap. 2.3.2). Ettersom det var laste- og transportkapasiteten som ble økt ved høy bemanning ble det bestemt at DILO-en skulle omhandle lasteren, det ble DILO for lasteren ved begge skiftordningene. For å få nøyaktige tider for boring, lading og annet stoffarbeid ble det også gjennomført DILO for operatør på boreriggen.

## 4.2 Gjennomføring av aktivitetsstudie

Hver operatør som arbeider i gruva fikk et skjema, vist i

tabell 4.2-1, som skulle fylles inn. På dette skjemaet skulle følgende rapporteres:

- Start- og sluttidspunkt for aktiviteten
- Hvilken maskin som ble brukt
- Hvor i gruva det ble arbeidet
- Hvorfor aktiviteten ble avsluttet
- Eventuelt type maskinfeil

Skjemaene ble samlet inn på slutten av hvert skift og føres inn i Microsoft Excel. Skjemaene ble stiftet på et kartong for å gi stivere skriveunderlag og det ble knyttet fast en blyant.

Det ble stilt spørsmål til operatørene dersom noe var uklart både under skiftet og etter at skjemaet ble mottatt ved skiftslutt.

Tabell 4.2-1 Skjema for registrering i aktivitetsstudier

Aktivitetsstudie ledet av student Ingrid Dyrhaug i forbindelse med masteroppgave ved NTNU					
Navn:				Skiftstart:	
Dato:				Skiftslutt:	
<b>Fra kl:</b>	<b>Til kl:</b>	<b>Aktivitet</b>	<b>Sted</b>	<b>Kommentar</b>	

### 4.3 Intervju

For å få informasjon om hvordan driften planlegges og hvilke tanker de gjør seg angående forbedringer i gruva ble det gjennomført fokusintervju med produksjonssjef og avdelingsleder ved Franzefoss Miljøkalk avdeling Ballangen, og med anleggsleder i LNS ved gruva i Ballangen.

### 4.4 Databehandling

Data rapportert av operatørene ved hjelp av skjemaet i

tabell 4.2-1 ble ført inn i Microsoft Excel, det samme ble data fra gjennomførte DILO-studier. Dataen er sortert ved hjelp av pivottabeller. Nøkkeltallene og andre beregninger er beskrevet i kap. 2.4, mer spesifikk informasjon om beregninger i denne masteroppgaven finnes i de følgende delkaptitlene.

#### **4.4.1 Aktivitetstider**

Aktivitetstidene er i denne oppgaven brukt til å beskrive driften og finne ut hvor mye tid som går til faktisk arbeid. Det er utført DILO-studier (se kap. 2.3.2) der aktivitetstidene er mer nøyaktig registrert enn det operatørene selv har registrert.

Aktivitetene det ble samlet inn data om kan deles i ulike kategorier, for eksempel, verdiskapende, ikke verdiskapende som mer nødvendige og ikke verdiskapende aktiviteter som kan unngås. Under ikke-verdiskapende aktiviteter som er nødvendige kommer blant annet veivedlikehold, opprensk, pigging, rydding og vedlikeholdsarbeid. En del av det ikke verdiskapende arbeidet kan derimot i noen grad unngås, slik som venting og reparasjoner (Haugen, 2014b).

Å fokusere på å eliminere de ikke-verdiskapende aktivitetene som kan unngås har i flere tilfeller vist seg å være mer effektivt med tanke på å øke produktivitet enn å fokusere på å korte ned tidene på aktiviteter som er nødvendige (Haugen, 2014a). Også i følge Bicheno (2007) har det å presse ned aktivitetstiden for å øke produktiviteten lite for seg. Han skriver at i stedet for å prøve å presse mer inn på mindre tid bør det heller innføres flere pauser slik at tiden det arbeides blir mer effektiv. Det er derfor ikke fokus på muligheter for å korte ned netto aktivitetstid i denne masteroppgaven.

#### **4.4.2 Aktivitetsnivå**

Aktivitetsnivået er beregnet med et tidsintervall på 15 minutt. Lasting og transport er betraktet som én aktivitet, uavhengig av om det kjøres med to dumpere eller om hjullaster har egen operatør.

#### **4.4.3 Stuffutnyttelse**

Stuffutnyttelsen blir beregnet på kalendertid, 168 timer, og på total skifttid, 74timer 19. - 23. januar og 72 timer 2.-6. mars. Ikke verdiskapende tid trekkes fra.

#### 4.4.4 Tilgjengelighet

I denne oppgaven er det beregnet tilgjengelighet for både skifttid for den aktuelle maskinen og på kalendertid. Kalendertiden det er regnet med er 168 timer, det vil si én uke, ettersom datainnsamlingsperiodene varte en arbeidsuke. Fylling av diesel på maskinene er kun beregnet som nedetid når det er blitt kombinert med vedlikehold.

#### 4.4.5 Utnyttelsesgrad

Utnyttelsesgraden til maskiner er beregnet med basis i planlagt skifttid på maskinen og kalendertid, 168 timer.

Den verdiskapende og ikke verdiskapende tiden og tiden der en maskin er ubemannet vil bli presentert i kakediagrammer. I presentasjon av ubemannet tid vil blant annet følgende kategorier forekomme:

- Møtetid: Om morgenen er det et kort morgenmøte der det blir gitt beskjeder angående driften. Denne foregår på kontoret.
- Skiftslutt: Tiden mellom stopp i arbeid og at skiftet er slutt. I denne tiden skrives skiftrapport, og operatørene skifter fra arbeidsklær.
- Faring: tiden det tar fra operatørene drar fra kontoret til de er i maskin/aktivitet i gruva.

Ved beregning i denne oppgaven vil også eventuell pigging i knuser, i tilfelle kiling, bli betraktet som verdiskapende tid for piggeren.

#### 4.4.6 OEE

I denne oppgaven vil OEE bli beregnet med planlagt produksjonstid som basis med planlagt vedlikehold som en del av nedetiden, ventetiden bli betraktet som et kapasitetstap, og dermed fratrukket den operative tiden (se kap. 2.4.6). Service utført på maskiner av eksterne aktører vil ikke regnes som nedetid ettersom intervallet mellom slik service langt overskrider datainnsamlingsperioden.

For å beregne OEE trengs det detaljert data, derfor blir OEE i denne oppgaven kun beregnet for maskiner der det er utført DILO.



#### 4.4.7 Produktivitet

For å sammenligne de to skiftordningene stilles produktiviteten når det er to dumpere og \en hjullaster oppmot produktiviteten når det kun er én dumper og dumperfører laster. Produktiviteten til hele gruva sammenlignes også

#### 4.4.8 Kostnadsberegninger

Kostnadsberegningene er basert på rapporten «2C-05 DRILL AND BLAST TUNNELING Costs» skrevet ved Institutt for bygg- og anleggsteknikk ved NTNU, 2006 (NTNU Insitutt for bygg- og anleggsteknikk, 2006), og ikke på kostnadsdata fra LNS. Kostnadene i rapporten er beregnet for juni 2005 ((NTNU Insitutt for bygg- og anleggsteknikk, 2006) disse er justert etter konsumprisindeksen for februar 2015 (Statistisk Sentralbyrå, 2015a). Det er regnet med kun 2/3 av kostnadsøkningen, ettersom økning i effektivitet og produktivitet antas å ha økt tilsvarende 1/3 av kostnadsøkningen i løpet av en periode på 5-10 år (NTNU Insitutt for bygg- og anleggsteknikk, 2006). Timelønnen det gås ut i fra i rapporten (NTNU Insitutt for bygg- og anleggsteknikk, 2006) er justert med en indeks på 1,55, som er lønnsprisindeksen for bergverksarbeid for 2015, med 2005 som grunnlag (Statistisk Sentralbyrå, 2015b). Det er lagt til 50 % på timelønnen som inkluderer forsikringer og andre arbeidsgiverkostnader (NTNU Insitutt for bygg- og anleggsteknikk, 2006)

I beregningene er følgende brukt:

- Tverrsnittsareal:  $92 \text{ m}^2$  (dimensjonene til oppafaringssalver er  $11,5 \text{ m} \times 8 \text{ m}$ )
- God borbarhet
- God sprengbarhet
- Bormeter per salve: 510 meter (98 sprenghull + 4 grovhull à 5 meter)
- Massetetthet dolomitt:  $2,7 \text{ tonn/m}^3$
- Bordiameter: 48 mm.
- Tunnellengde: 3500 m (dette er den sammenlagt lengden av stoller i gruva, det er ikke tatt hensyn til strosserom som er bredere enn oppfaringssalva).

Bemerkninger:

- Det er ikke brukt noen korreksjonsfaktor for tunnellengde.

- Ved beregning av transportkostnader er det brukt en tunnallengde på 1 km. Dette tilsvarer avstanden fra stoff i H4 i gruva i Ballangen til grovknuseren (**Error! Reference source not found.**).
- Ved beregning av lastekostnader antas full utnyttelse av lastekapasiteten og maskinkombinasjonen er hjullaster Volvo L330E og 35 tonns truck (NTNU Insititutt for bygg- og anleggsteknikk, 2006).
- Lønnskostnader ved transport er inkludert i transportkostnadene. Det legges 101 timers uke til grunn.
- Lønnskostnader for hjullasteren er ikke medberegnet da det normalt er dumperfører som laster.
- Lønnskostnader for anleggsleder er ikke tatt med i beregningen. Det vil si at lønnskostnadsposten er borer og stoffarbeider med 36 timers arbeidsuke hver.
- Gjennomsnittlig antall salver er 2,5 salver/uke. Det er ikke tatt hensyn til strosser, ettersom også strosserom i hovedsak blir utsprengt med oppfaringssalver.

## 4.5 Validering av datainnsamling

20. mai ble resultatet av datainnsamlingen presentert for operatører fra FMK og LNS i Ballangen, i tillegg til avdelingsleder fra FMK og anleggsleder fra LNS og ansatte på kontor og laboratorium.

Under presentasjonen var det mulighet til å komme med tilbakemelding på resultatene og gjennomføringen av datainnsamlingen. I presentasjonene var det også innlagt spørsmål for å finne ut om resultatene stemte og om de var representative. Det ble også stilt spørsmål om hvorfor enkelte aktiviteter blir utført som de blir og om operatørene selv hadde noen ideer til hva som kunne vært bedre. Figur 4.5-1 viser bilde fra valideringsmøtet.



Figur 4.5-1 Valideringsmøte i Ballangen 20.mai



## 5 Resultat

I dette kapitlet presenteres resultatet av datainnsamlingen i form av aktivitetstider, tilgjengelighet, utnyttelsesgrad, produktivitet og kostnader.

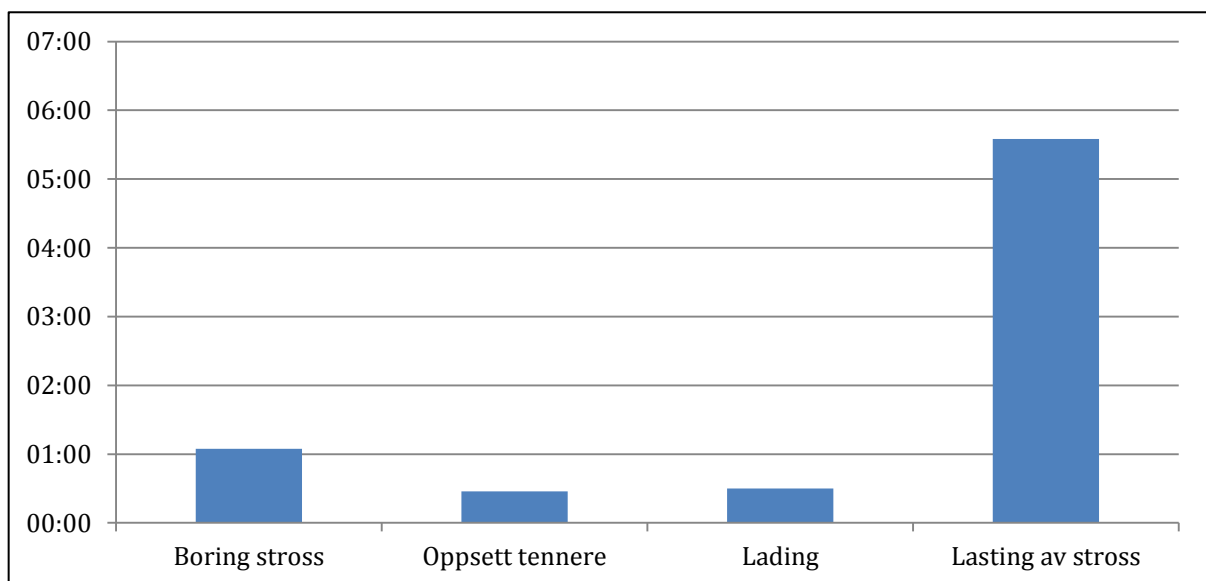
I begynnelsen av kapitlene er det diagrammer som viser en oversikt over funnene i datainnsamlingen, før det deretter går nærmere inn på hver aktivitet og maskin.

### 5.1 Aktiviteter og aktivitetstider

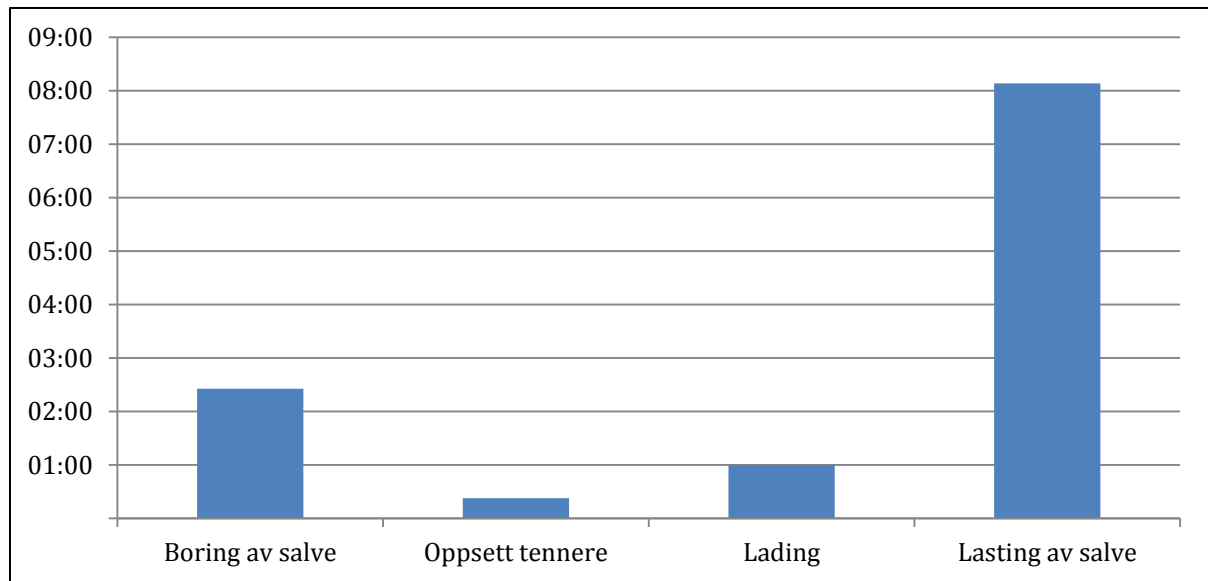
I dette kapitlet vil operasjonstidene bli presentert. Grunnlaget er rapportene fra operatørene og DILO-studier utført for lasting, boring og lading. Ettersom datainnsamlingsperioden var kort og det kun ble utført fem DILO-studier er datagrunnlaget lite. Datagrunnlaget for beregning av aktivitetstider ligger i vedlegg D. Kommentarene i dette vedlegget beskriver usikkerheten ved målingene. Aktivitetstider der flere aktiviteter er inkludert er ikke tatt med i beregningene. Dette gjelder ikke boring av salve, der manuell rensk og bolting inngår-

Gjennomsnittlige aktivitetstider for aktiviteter på stross og salve er vist i henholdsvis figur 5.1-1 og figur 5.1-2. Pigging og opprensk er ikke inkludert da dataen samlet inn for dette er svært usikker.

Av figurene kan man se at lasting er den mest tidkrevende aktiviteten. Ved salveboring inngår også manuell rensk og bolting i aktivitetstiden.

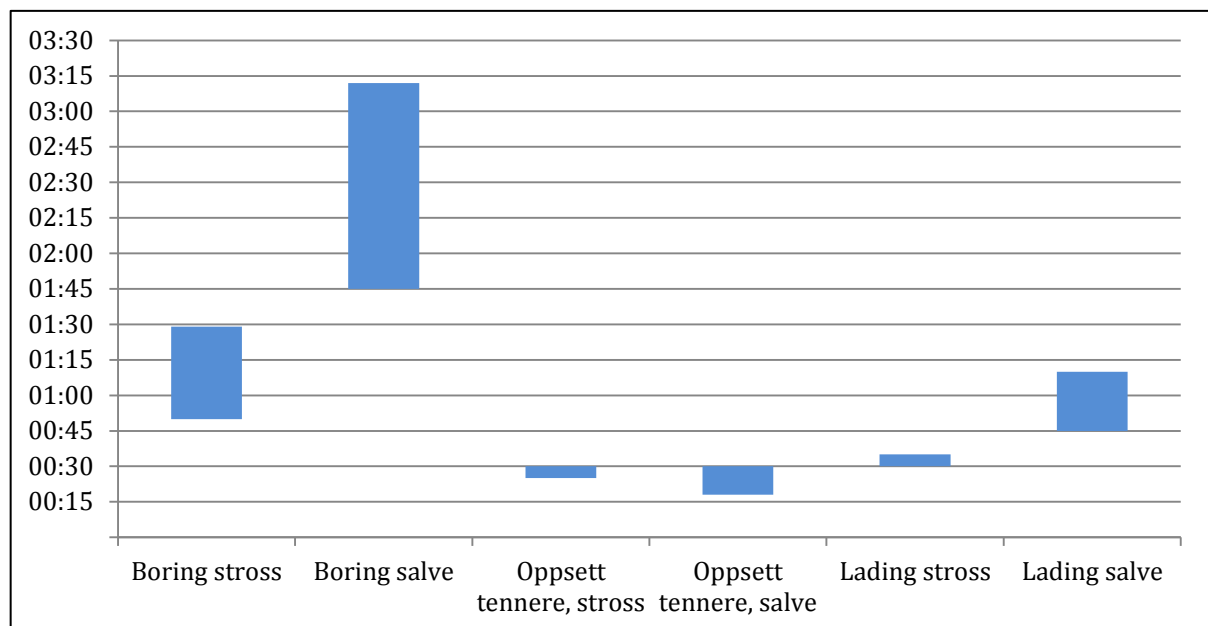


Figur 5.1-1 Aktivitetstider, stross



Figur 5.1-2 Aktivitetstider, salve

Fra begge periodene med datainnsamling er det beregnet gjennomsnittlig aktivitetstid for boring og oppsett av tennere og lading. Disse aktivitetstidene er presentert som det målte intervallet mellom lengste og korteste tid. I figur 5.1-3 er spredningen i aktivitetstider vist. For lading av stross er det kun en rapportering som kun inkluderer strossen, ellers er ladetiden blitt inkludert i ladetiden av salver. Den rapporterte tiden for lading av stross er 30 min. For at dette skulle vises i figur 5.1-3 er det derfor lagt til et fiktivt datapunkt på 35 minutt. For oppsett av tennere og lading av salve er det flere sikre rapporteringer, beregnet gjennomsnitt for disse er henholdsvis 22 minutt og 1 time.



Figur 5.1-3 Borerigg: Aktivitetstider

### 5.1.1 Boring

Figur 5.1-4 viser boreriggen. Bommen som står vertikalt borer boltehull. Mer informasjon om boreriggen finnes i vedlegg C.



Figur 5.1-4 Boring av salve

Når boreren har rapportert har manuell rensk og bolting blitt rapportert inn med boring. Manuell rensk er avbildet i figur 5.1-5. I borerens egne rapporter er ofte tennere blitt rapportert inn under boring eller lading. Klargjøring av tennere, primere og bolter blir gjort av stufferarbeider.

Borehullene har en dybde på 5,2 meter, sprenghullenes diameter

er 48 mm, mens de fire grovhullene i langhullskutten har en diameter på 102 mm. Salven har 98 sprenghull, og 4 parallellhull i kutt (se figur 5.1-8) mens strossen har omkring 40 hull. Ved strossing er det ikke nødvendig med kutt, da den har stor fri flate. Det brukes i gjennomsnitt 3,5 bolter for hver salve sprengt. Det tar ett minutt å sette opp én bolt. Strossing begynner to salvelengder bak salvestuff, etter at pilarbredden er blitt 2 meter. Etter at det er sprengt to strosser er det god nok plass til at boreriggen kan stille seg vinkelrett på stuff og da blir det også her



Figur 5.1-5 Manuell rensk

boret salver.

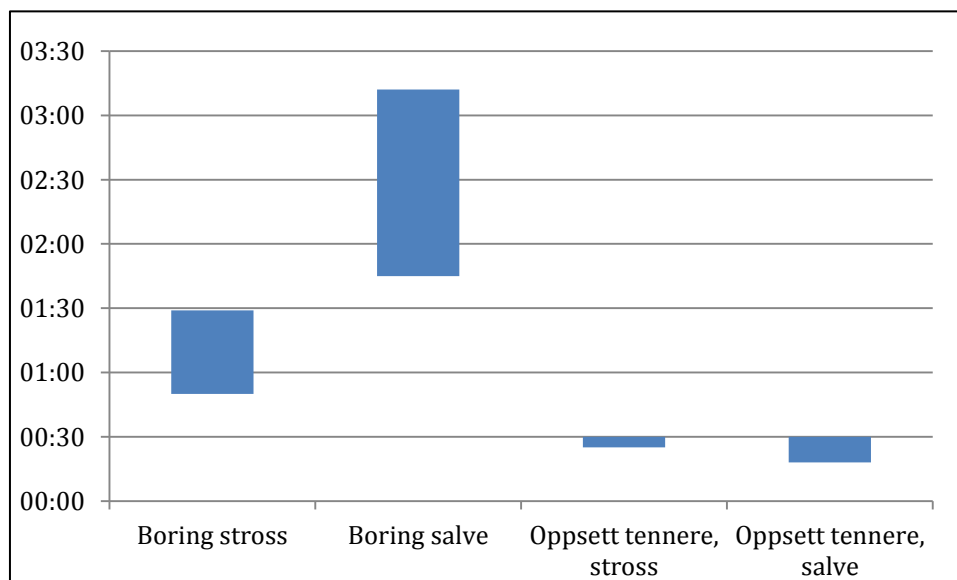
### Boring

Borer starter maskinen, boreplanen vises på en dataskjerm. Boreren rangerer maskinen slik at den står vinkelrett på salvestuff. Alle tre bormaskinene benyttes og boreren styrer dem manuelt inn til der det skal bores, ved hjelp av anvisninger fra den elektroniske boreplanen. Når boringen av hullet er ferdig flyttes bormaskinen til neste hull. For å bore de fire grovhullene byttes det krone på en av bormaskinene. Boringen av grovhull skjer samtidig med boring av boltehull i taket.

Når boringen av salva er ferdig tas det en borekaksprøve som blir analysert av Franzefoss Miljøkalk. Deretter lastes boltene opp i korga og stuffarbeider utfører manuell rensk av hengen ved hjelp av et spett. Så settes boltene manuelt. Når boltingen er ferdig lastes tennerne opp i korga og stuffarbeideren setter også disse på plass.

Boretiden av salve varierer mellom 2 timer og 35 minutt og 3 timer og 12 minutt. Boring av stross varierer mellom 50 minutt og 1 time og 50 minutt. Det er ikke klart hva den store variasjonen skyldes.

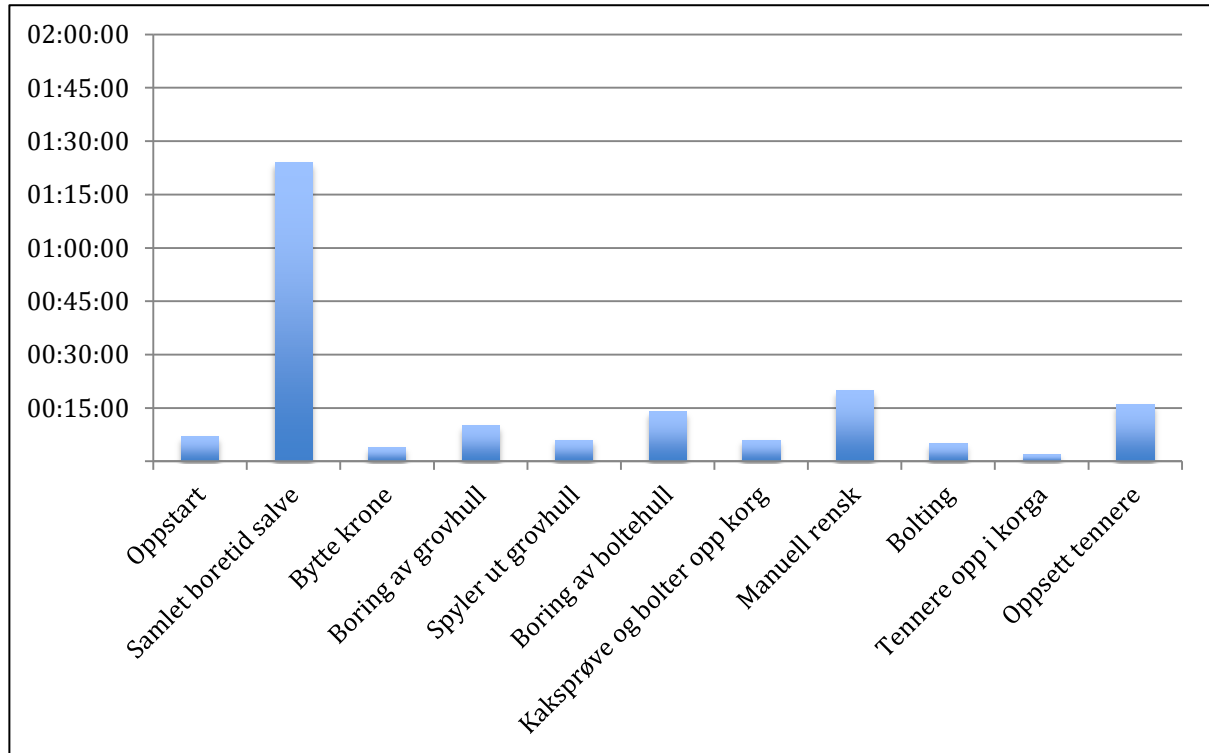
Det er kun to sikre rapporteringer av oppsett av tenner på stross, ellers har dette blitt rapportert som en del av bortiden. Spredning av aktivitetstid for boring og oppsett av tennere vises i figur 5.1-6



Figur 5.1-6 Spredning i aktivitetstid, boring og oppsett av tennere



Det ble gjennomført et DILO-studie for boring av salve 3. mars, resultatet av dette er presentert i figur 5.1-7. Boringen foregikk i H1 S3. Den registrerte dataen ligger i vedlegg V.. Det tok 2 timer og 56 minutt fra start til tennerne var oppsatt, dette. Det tok 18 minutt å få tennerne opp i korga og sette disse på plass. Det ble satt 5 bolter.



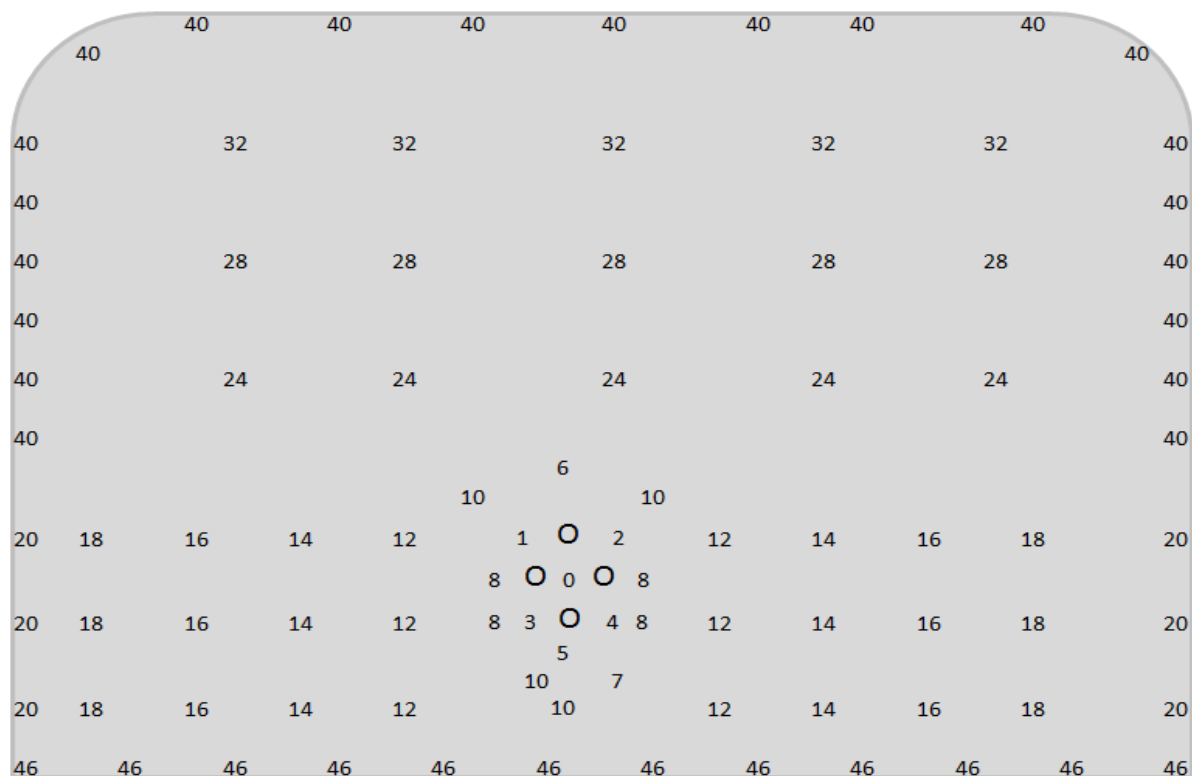
Figur 5.1-7 Operasjonstider, boring av salve

I tabell 5.1-1 vises den gjennomsnittlige tiden for boring av hvert borhull og flytt av bom fra borhull til borhull ved boring av salve.

Tabell 5.1-1 Tid per borhull

Gjennomsnittlig tid per borehull, H1 S3	
Boring	00:02:09
Flytt av bom	00:00:18

Borplan og nummerering tennere for salve av vises i figur 5.1-8. Det brukes tennere fra 0-46, det vil si tennere med forsinkelse 0-4600 ms. Liggen sprenges sist.



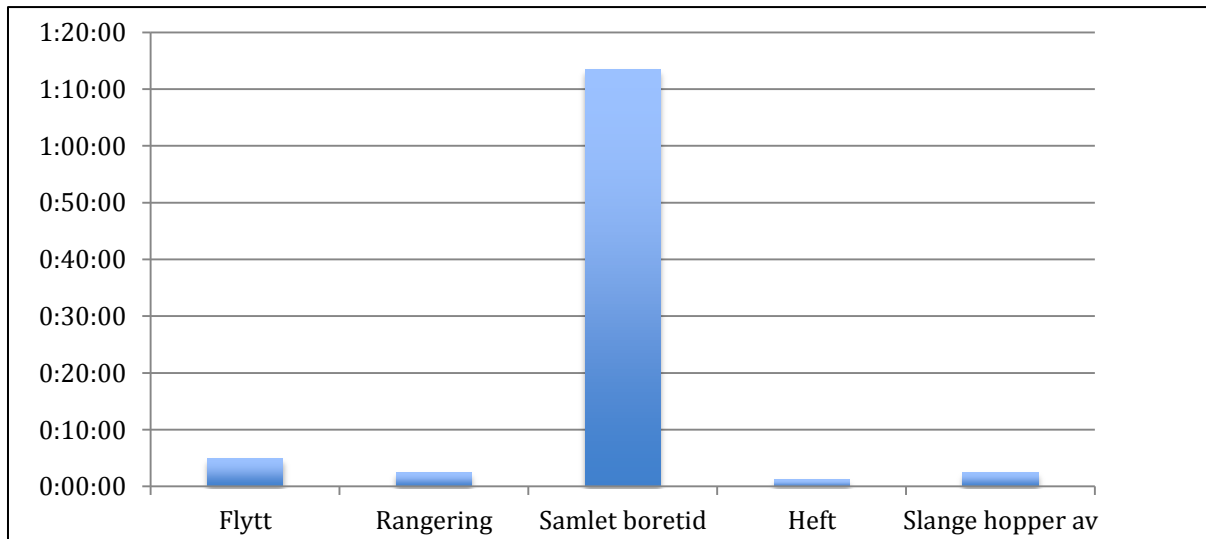
Figur 5.1-8 Salveplan



Figur 5.1-9 Boring av stross

Boring av stross er avbildet i figur 5.1-9. Boring av stross tar kortere tid enn boring av salve, da den har færre hull. Datane fra av DILO-studie ved boring av stross i H3 S3, er presentert i figur 5.1-10. Registrert data ligger i vedlegg W. Tid fra rangering av borerigg til stuff frem til boringen var ferdig var 1 timer og 24 minutt.

Ved boring av stross brukes bare to bommer, det er fordi boreriggen må stå skrått på stuffen. Ved et tidspunkt hoppet en hydraulikkslangen på den ene bommen av og borer måtte ut og reparere. For å kunne bore ligghullene måtte disse graves frem, dette kommer fra som rydding på stuff. Ved boring av ligghull brukes kun én bormaskin, det er ikke plass til bruk av flere. Den ene bommen glapp på stuff og måtte stilles inn på nytt i forhold til boreplanen, dette er registrert som heft i diagrammet.



Figur 5.1-10 Operasjonstider, boring av stross

Den gjennomsnittlige tiden det tar å bore ett borhull i stross er vist i tabell 5.1-2.

Tabell 5.1-2 Tid per borhull, stross

<b>Gjennomsnittlig tid per borehull, H3 S3</b>	
Boring	00:02:05
Flytt av bom	00:00:25

### 5.1.2 Lading



Figur 5.1-11 Lading

19.-23. januar ble det ladet og sprengt 9 ganger, mens det 2.-6.mars ble sprengt 3 ganger. Normalt sprenges det 2-3 ganger per uke. Sprengingen legges som regel til skiftslutt. Bilde av lading i figur 5.1-11.

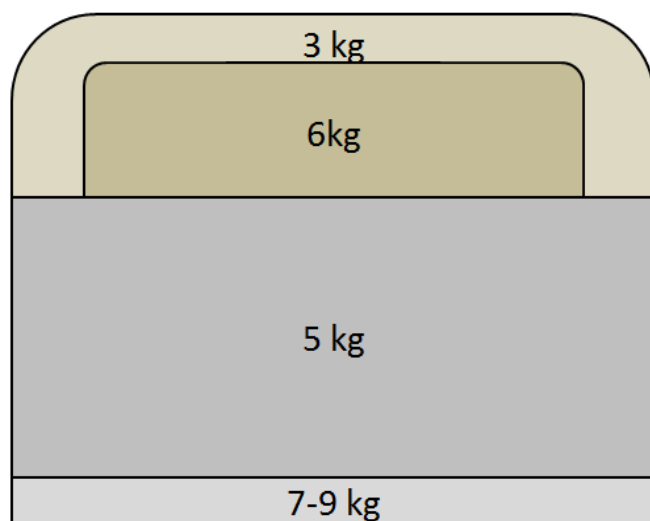
Ved lading av salve i H4 2. mars ble det brukt 3263 kg slurry. Slurrien sprutes inn med en hastighet på 90 kg/min. I denne

perioden hadde de redusert antall borhull og brukte mindre sprengstoff enn normalt i et forsøk på å få mindre finstoff inn på oppredningsverket. De har nå gått tilbake til vanlig salve med 98 hull da de hadde problemer med at salva ikke gikk skikkelig av. Under workshopen 20. mai ble det sagt at dette skyldtes mangelen på automatisk trekking på ladeslangen.

#### Lading

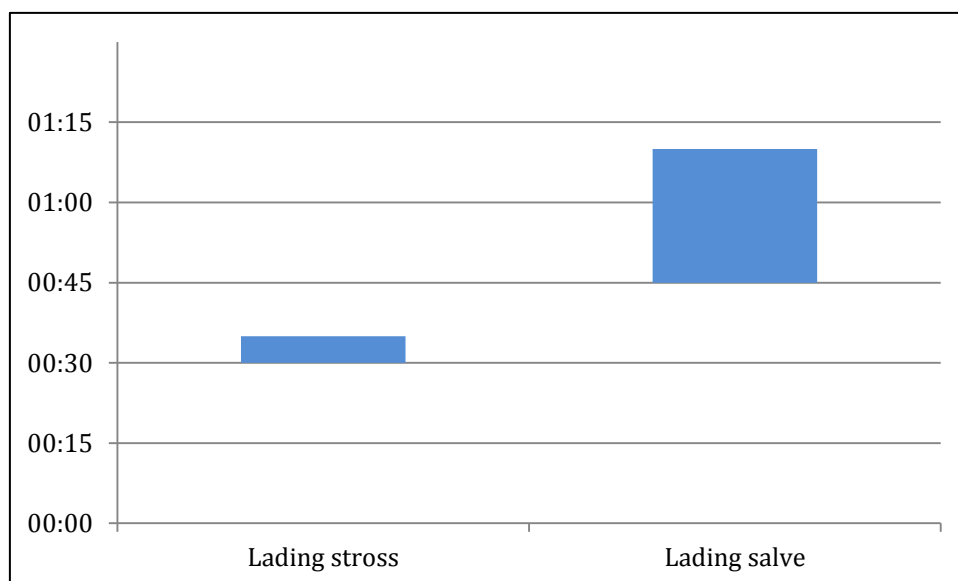
Det blir ladet med slurry fra Orica. Bilen kommer ved behov, og de forsøker å lade flere salver på en gang. Borer står i korga og skyver slangen inn i hullene, mens stufferarbeider eller ladebilsjåfør styrer slurrystrømmen etter muntlig beskjed fra boreren. Når ladingen er ferdig samles tennerne i knytter som teipes sammen og disse knyttene knyttes på en DET-lunte. Tilslutt ryddes det på stuff og søppel fra ladingen kastes.

Mengde sprengstoff i hvert hull varierer etter hvor i hullet salva her. Som man kan se i figur 5.1-12 er det minst sprengstoff per hull i konturen, mens det er mest i liggen.



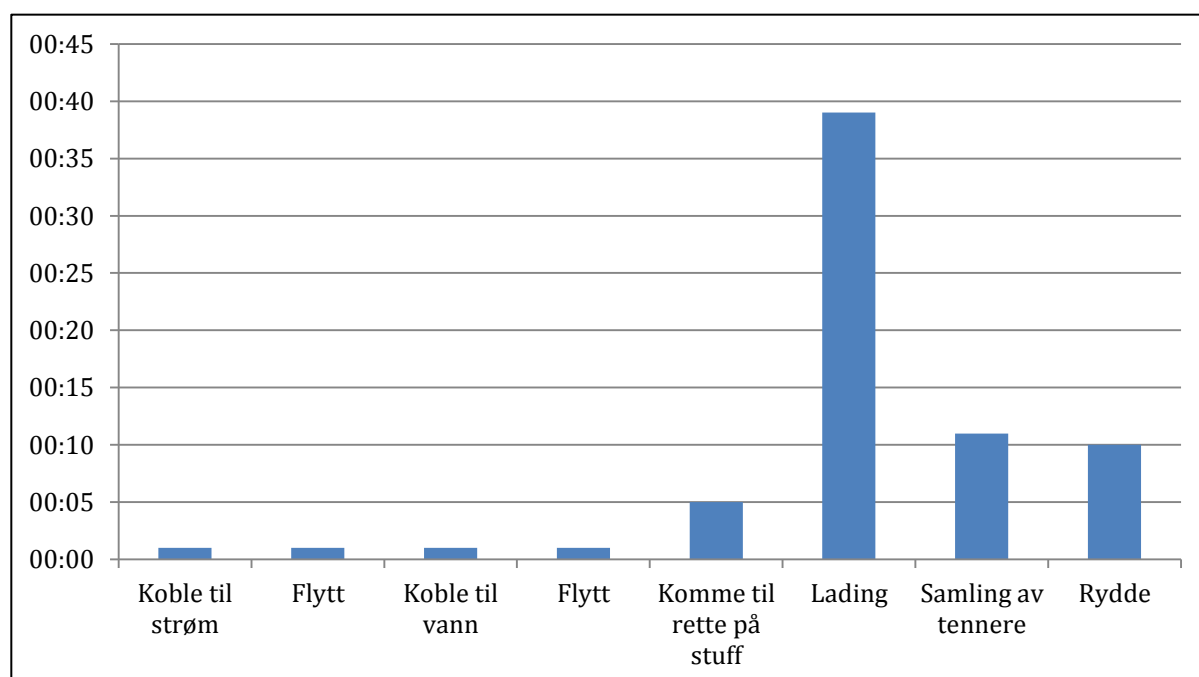
Figur 5.1-12 Fordeling av slurry per borhull i salva

Ladetider er presentert i figur 5.1-13. Beregning av ladetiden for stross er kun basert på to tilfeller, og datagrunnlaget er dermed tynt. Ladingen av salve varierer mellom 45 minutt og 1 time og 15 minutt, det er uklart hva denne variasjonen skyldes.



Figur 5.1-13 Fordeling av ladetid

Operasjonstider for lading av salve i H4 er presentert i figur 5.1-14 Her er også tiden som går med til å koble til strøm og vann med. Registrert data fra DILO-studie utført ved lading av salve ligger i vedlegg X.



Figur 5.1-14 Lading av salve i H4

Selve ladingen tok 39 minutt, mens inkludert samling av tennere og ryding er tiden 1 time og 5 minutt, noe som er innenfor normalen med tanke på spredningen i figur 5.1-13.

### 5.1.3 Sprenging

Ved spregning kjører boreren til stoffen som skal sprenges. Svartkruttlunte blir koblet på detluntten og tent på. Boreren kjører til sikker avstand.

Sprenging blir lagt til slutten av dagskiftet.

### 5.1.4 Lasting og transport

Lasting fra stoff til dumper blir utført med hjullaster L180 H. Den er avbildet i figur 5.1-15,

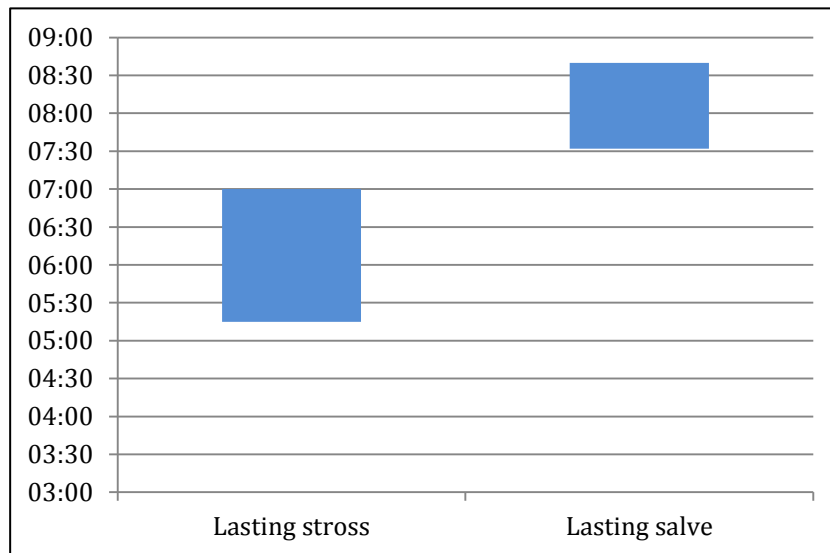


Figur 5.1-15 Hjullaster L180H

der den står i tipp-posisjon. Mer informasjon om maskinen finnes i vedlegg C. Normalt sett bemanner dumperfører selv hjullasteren og laster på sin egen dumper og det er kun én dumperfører på skiftet. På dagskiftet i januar var derimot hjullasteren bemannet med en egen operatør og det var to dumpere som transporterte masse fra gruva til knuseren. Dumperne er av typen

Volvo A40D. Mer informasjon om dem ligger i vedlegg C.

Tiden det tar å laste ferdig på stoff er avhengig av røysa og forholdene på stoffen, i tillegg til hvor mye ventetid det er for å tippe i knuseren og avstanden fra stoff til knuser. Spredningen av lastetid er vist i figur 5.1-16. Fordelingen er tiden det tar å laste ferdig én stross eller salve. Datapunktene er justert for at enkelte salver/strosser ble lastet med to dumpere, slik at lastetid med to dumpere er doblet. Det er kun salver og strosser som der lasting er påbegynt og gjort ferdig i løpet av datainnsamlings-periodene som er tatt med. Det tar lenger tid å laste en stross enn å laste en salve fordi salvene er større. Strossene har i tillegg stort sett ligget nærmere knuseren enn salvene.



Figur 5.1-16 Ferdig lasting av salve/stross

Det ble utført et DILO-studie med hjullasteren 22. januar da det var lasting på stoff i toppstollen. Denne stoffen har lengst transportvei til knuseren av alle stoffene i gruva. DILO-studiet varte fra skiftstart om morgenen frem til matpause kl. 10:00. På grunn av ekstern service på hjullaster L180H ble det byttet hjullaster kl. 08:56. Det er kun tatt med data fra

#### Hjullaster bemannet med egen operatør

Lasteren stod klar med full hevet skuff vendt mot stoffen. Dumperen rygget seg inn på siden av den. Dumperen tippet første skuff i kassa og kjørte til røys for å hente ny. Gjennomsnittlig antall skuffer per lass var fem. Etter at dumperen hadde kjørt trimmet hjullasteroperatøren røysa før han stilte seg opp med full hevet skuff og ventet på neste dumper. Dumperen kjøres til grovkkunser og tipper.

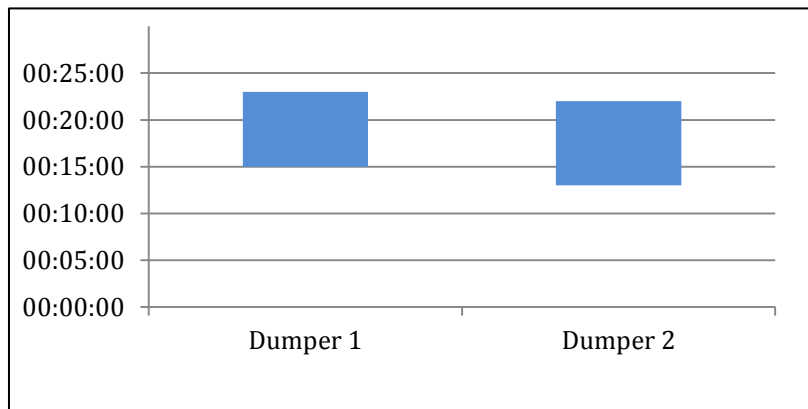
tiden der det ble lastet på L180H, den totale tiden DILO ble gjennomført var 2 timer og 21 minutt. Den registrerte dataen ligger i vedlegg L.

Tabell 5.1-3 er resultatet av DILOen fra 22. januar presentert i form av gjennomsnittlig varighet av lasting, rangering og venting på truck. Det ble lastet 16 ganger i løpet av denne DILOen. Det ble i gjennomsnitt brukt fem skuffer per lass.

Tabell 5.1-3 Gjennomsnittlig laste-rangerings- og transporttid

Aktivitet	Dumper 1	Dumper 2	Gjennomsnittlig aktivitetstid
Rangering	00:00:46	00:01:10	0:00:58
Lasting	00:02:14	00:01:59	00:02:06
Transport	00:15:01	00:14:36	Vente på truck: 05:34
Syklustid	00:18:00	00:17:45	

Den gjennomsnittlige rangeringstiden var 58 sekund. Transporttiden er mindre enn ventetiden for trucken, dette skyldes at dumperne kjører om hverandre. Syklustiden til truckene er i gjennomsnitt 18 minutt. Spredning i syklustiden er vist i figur 5.1-17. Dumper 1 har en differanse mellom lengste og korteste syklustid på åtte minutt, mens dumper 2 har en forskjell på lengste og korteste syklustid på ni minutt.



Figur 5.1-17 Syklustid dumper

Differansen i transporttid for dumper 1 er derimot større for dumper 2, med 8 minutt og 19 sekund mot 6 minutt og 27 sekund (figur 5.1-19). Det er nærliggende å anta at spredningen i transporttid skyldes varierende ventetid for å tippe i knuseren, men observatør satt ikke på i dumperne, så dette er ikke sikkert. Bildet i figur 5.1-20 viser dumper som venter på å tippe.

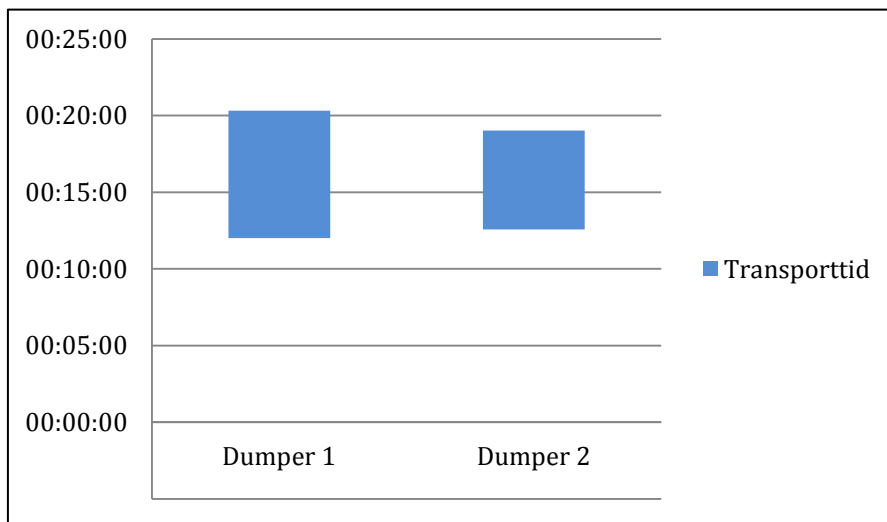


Figur 5.1-18 Volvo A40D

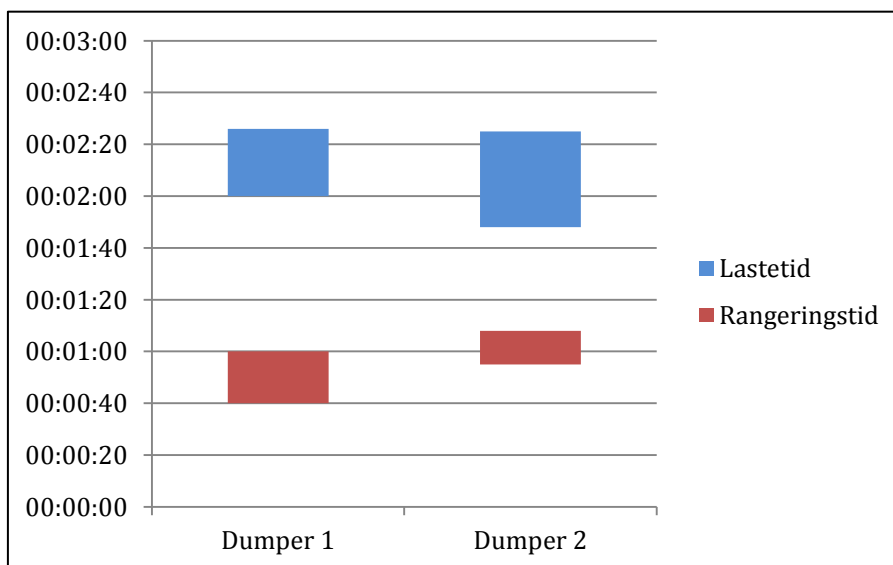
I gjennomsnitt brukte dumper 1 kortere tid på rangering enn dumper 2 (tabell 5.1-3). Differansen mellom korteste og lengste rangeringstid vises i figur 5.1-20., sammen med korteste og lengste lastetid. Forskjellen i rangeringstid skyldes ulike rangeringsmåte. Rangeringsmåtene er presentert i kap5.1.4.1 og 5.1.4.2



Den ulike lastetiden kan skyldes rangeringsmåten, der dumper 2 bruker lenger tid, men kan også være tilfeldig.

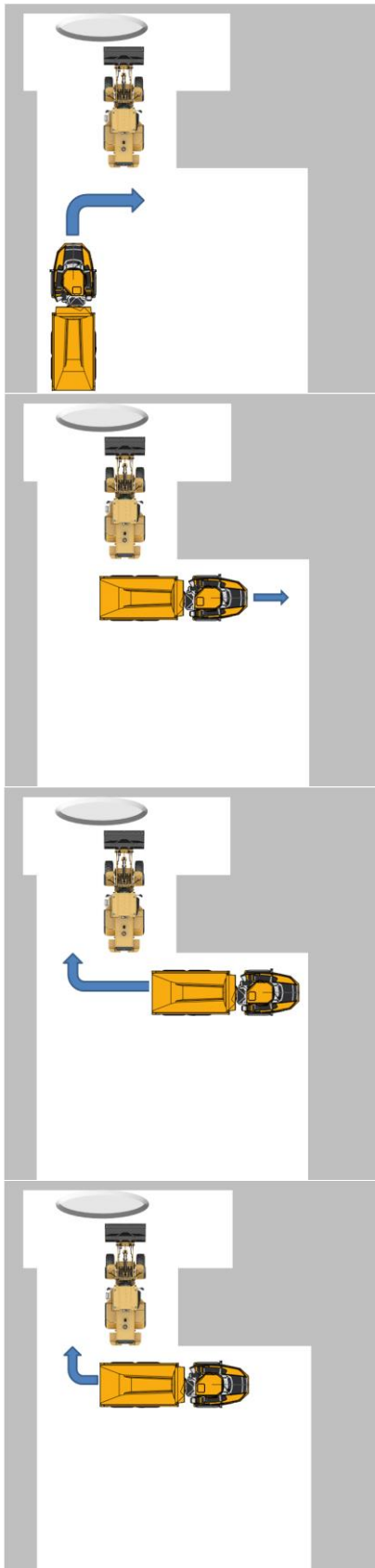


Figur 5.1-20 Transporttid



Figur 5.1-19 Laste- og rangeringstid

## 5.1.4.1 Rangering av dumper 1

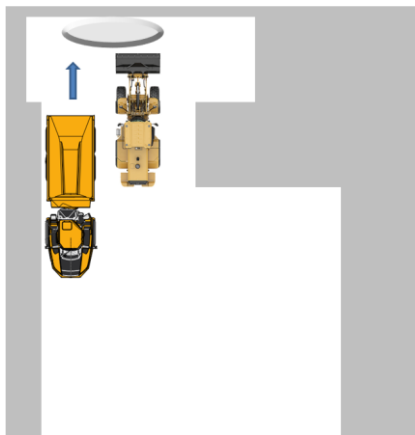


Dumperen kjører mot stuff og svinger mot høyre.

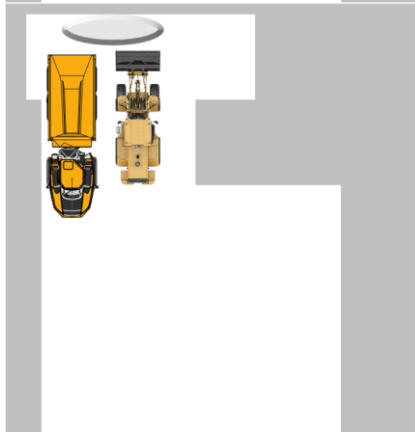
Dumperen kjøres mot veggen, vinkelrett på kjøreretningen til hjullasterne.

Dumperen rygger tilbake mot hjullasteren, og svinger inn mot stuffen.

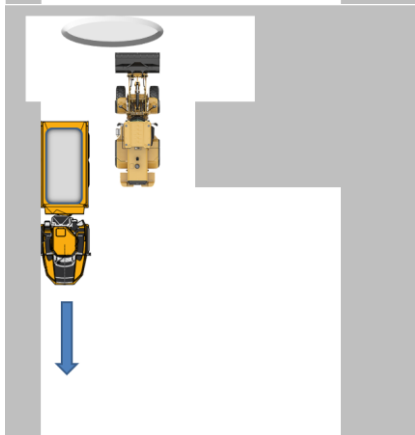
Dumperen rygger inn på siden på lasteren.



Dumperen rygger inn til hjullasteren

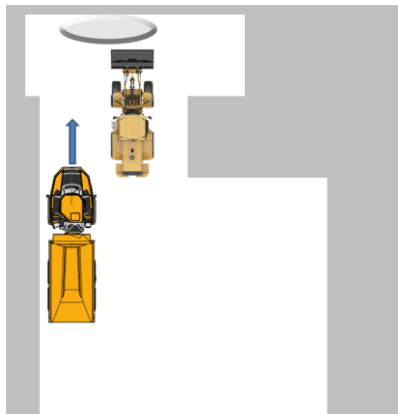


Dumperen lastes av hjullasteren som har sidetipp.

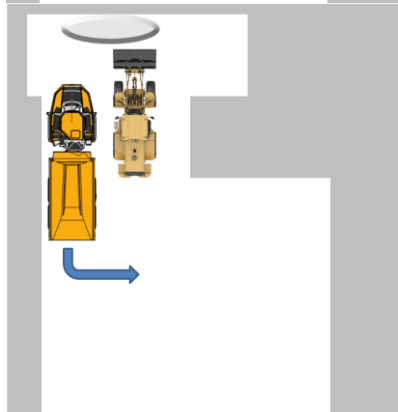


Den ferdig lastede dumperen kjører til knuseren. Hjullasteren trimmer røys, fyller skuffa som heves og venter på neste røys.

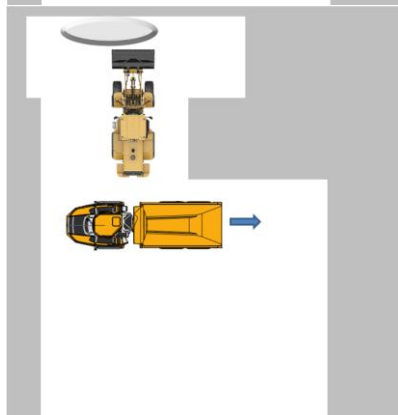
## 5.1.4.2 Rangering av dumper 2



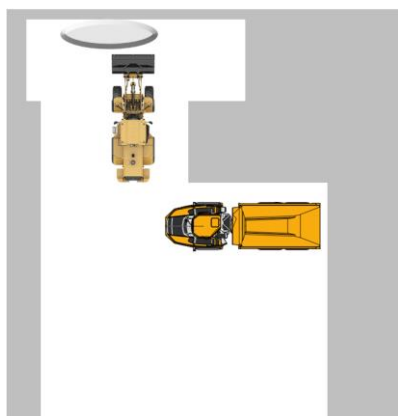
Dumper 2 kjører snuten inn mot hjullasteren.



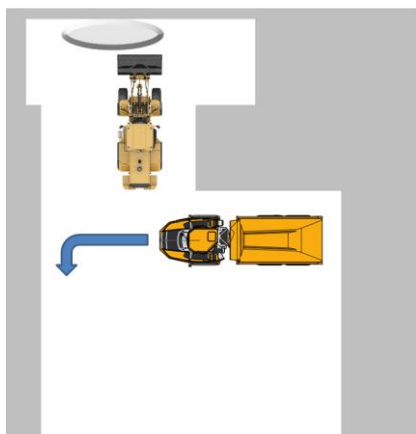
Deretter rygges den inn i strosserommet.



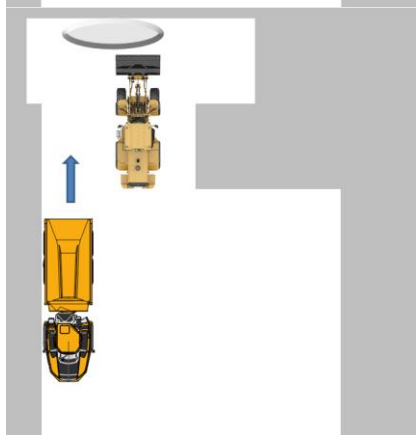
Dumperen rygges mot fjellveggen i strosserommet.



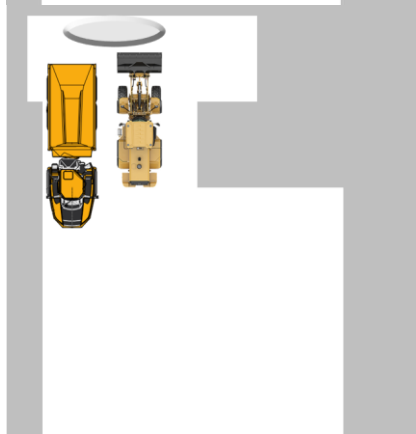
Dumperen kjøres så fremover



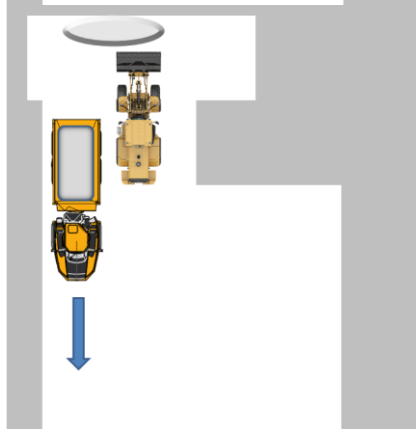
Dumperen kjøres fremover for å kunne rygge inn til lasteren.



Dumperen rygges inn mot lasteren



Dumperen lastes av hjullasteren som har sidetippskuffe.



Den lastede dumperen kjøres til knuseren.

Ved normal drift er det dumperføreren som betjener hjullasteren og laster på til seg selv. 2. - 6. mars var det normal drift, og det ble utført et DILO-studie for laste- og transport

#### Dumperfører laster

Dumperfører kjører dumperen inn i en nisje foran ved stuffen og rygger derifra dumperen til den står ved siden av hjullasteren.

Dumperføreren klatret over i hjullasteren og lastet i syv skuffer i kassa, så klatret han tilbake og kjørte lasset til knuseren.

operasjonen 5. mars ble det gjennomført DILO for lasting og transport der dumperfører laster selv. Etersom et transportbånd gikk av på oppredningsverket ble det bare kjørt tre lass fra gruva til knuseren denne dagen så datagrunnlaget er svært lite.

Den gjennomsnittlige varigheten til lasting og transport er presentert i tabell 5.1-4 Den

Tabell 5.1-4 Aktivitetstid, dumperfører laster

Aktivitet	Gjennomsnittlig aktivitetstid
Transport	0:07:55
Klatre til og fra hjullaster	0:00:56
Rangering	0:00:56
Lasting	0:04:46
<b>Syklustid</b>	<b>0:14:33</b>

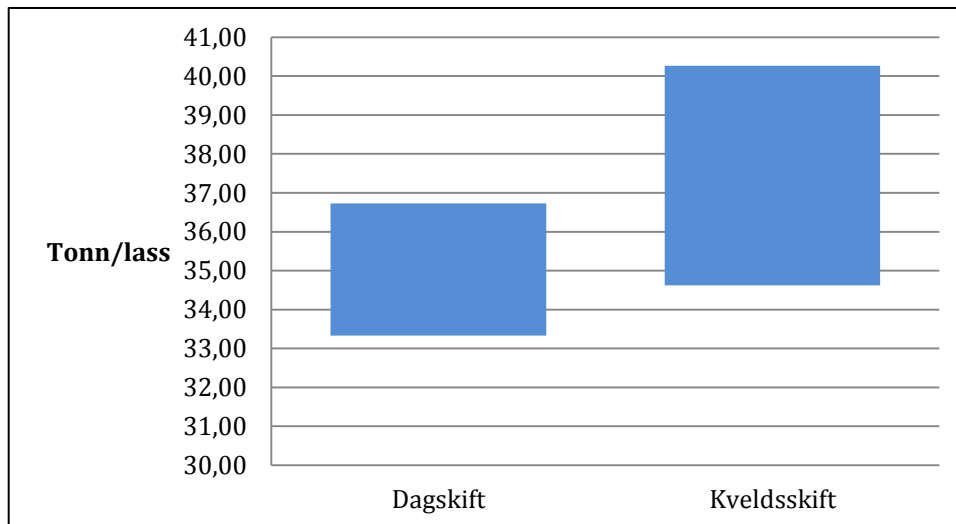
gjennomsnittlige lastetiden er 4 minutt og 46 sekund. Det ble brukt sju skuffer per lass. Kjøringen inkluderer tiden frem og tilbake fra knuser. Syklustiden var 14 minutt og 33 sekund per lass. Ved tipping av ett av de tre lassene ble det ventet 9 minutter for tippe. De to andre lassene

ble tippet uten ventetid ved knuseren. Ventetid er ikke medberegnet i syklustiden fordi datagrunnlaget er så lite at det ville gjort stort utslag på lite grunnlag.

I datainnsamlingsperioden 19.-23. januar ble det registrert antall lass som ble tippet på hvert skift, dataen ligger i vedlegg Ø. Ved å dele registrert tonnasje som er produsert i knuseren på antall registrerte lass per skift er gjennomsnittlig lassvekt på hvert skift beregnet. Den er presentert i figur 5.1-21. Den gjennomsnittlige lassvekten på dagskiftet, da det var egen lasteoperatør, ligger mellom 33,33 og 36,73 tonn. På kveldsskiftet når dumperfører lastet selv lå lassvekten mellom 34,42 og 40,26 tonn. Gjennomsnittet for hele uka er 35,1 tonn på dagskiftet og 37,4 tonn på kveldsskiftet.

Masksimum nyttelast på dumperne er 36 tonn, det vil si at det på kveldsskiftet ble kjørt en del lass med overlast. Også på dagskiftet var noen av lassene for tunge.

Det tas forbehold om at operatørene kan ha glemte å registrere noen av lassene.



Figur 5.1-21 Fordeling av lassvekt, 19.-23. januar

Registrering av antall lass 2.-6. mars var mangelfull, og det er derfor ikke beregnet gjennomsnittlig lassvekt for denne perioden.

### 5.1.5 Pigging

Når stoffen er tilgjengelig brukes en gravemaskin med hammer, piggeren, til å slå løs løse



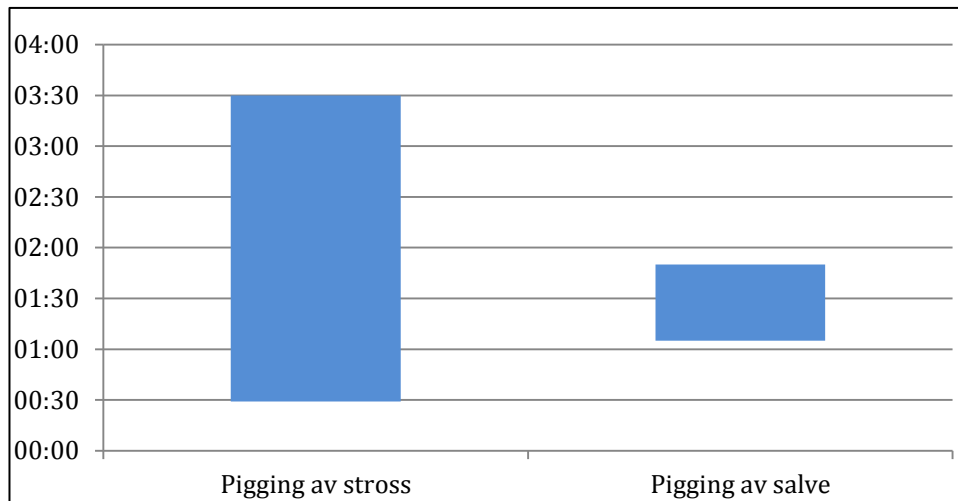
Figur 5.1-22 Pigger

blokker og steiner fra heng og stuff.

Mer informasjon om piggeren ligger i vedlegg. Piggeren er avbildet i figur 5.1-22. Fordelingen av hvor lang tid det tar å pigge stross og salve er presentert i figur 5.1-23.

Pigging av storss bør normalt ta kortere tid enn pigging av salve, da det er mindre flate som blir avdekket ved sprenging av en stross. I figur 5.1-23 vises det at det

er rapportert at ved enkelte tilfeller tok det lenger tid å pigge stross enn salve. Det kan antas at dette skyldes at det var flere stuffer som ble rapportert som én.



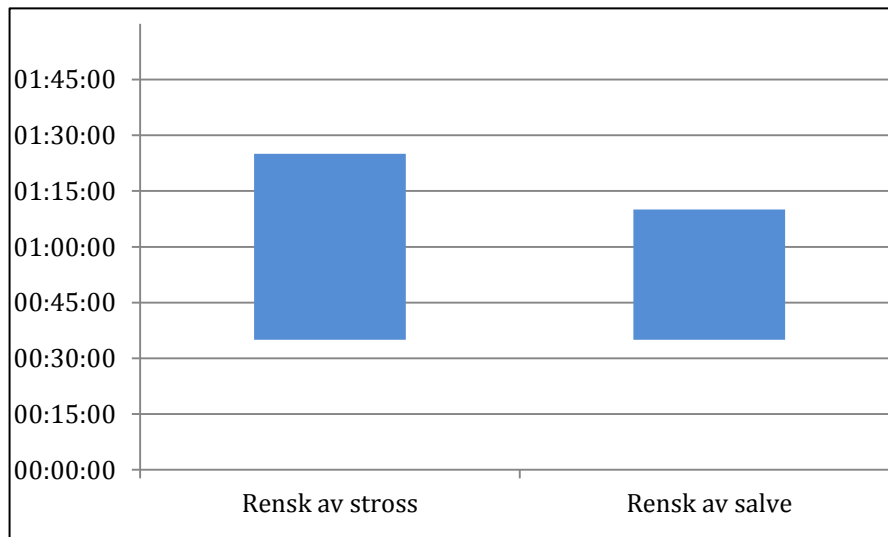
Figur 5.1-23 Piggetid

Piggeren blir også brukt til å pigge i knuseren når det oppstår kiling. Dersom piggeren benyttes inne i gruva må dumperfører kjøre så nærme at han kan få kontakt med operatør via walkie-talkie. Operatør i pigger kjører deretter piggeren til knuseren. Operatør på knuseren må veilede piggerføreren da det ikke er mulig for ham å se ned i knuseren. Dersom piggeren ikke er i bruk står den gjerne parkert ved knuseren i tilfelle kiling, det er tilfellet på bildet i figur 5.1-22. Dersom det ikke er andre operatører på jobb i gruva er det gjerne dumperfører selv som pigger.

### 5.1.6 Opprensk

Etter at ei salve er ferdiglastet blir det rensket opp på stoff for å gjøre klart til boring. Dette gjøres ved hjelp av hjullaster L180H. Fordeling av tiden som går til opprensk er presentert i figur 5.1-24. Det bemerkes at dette er usikre data, ettersom det har vært registrert opprensk fra salver og strosser som var sprengt uka før datainnsamlingsperiodene og det er uklart hvor mange stuffer det er ryddet opp etter, ettersom det kan ha vært flere stuffer i samme område i gruva, for eksempel i H2 S2.





Figur 5.1-24 Opprensk

## 5.2 Aktivitetsnivå

Aktivitetsnivået i løpet av dagen 19.-23. januar er vist figur 5.2-1, 2.-6. mars vises i figur 5.2-2. Her er antall aktiviteter i gruva for hvert kvarter av skifttiden på hver dag av datainnsamlingen summert. Beregningene er basert på det som er beskrevet i kap. 2.4.2 og 4.4.2

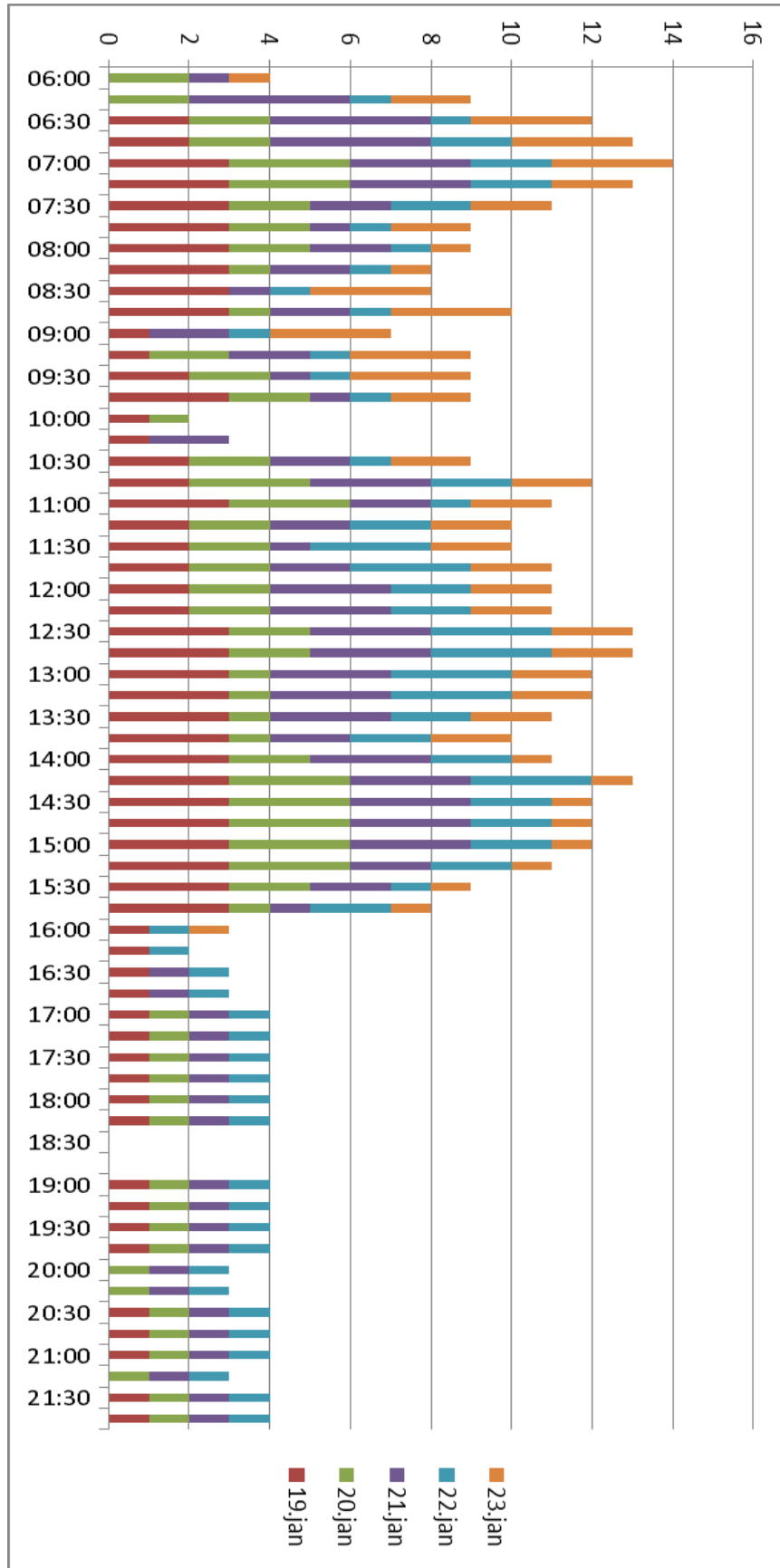
Operatørene i gruva kommer fort i gang med aktivitetene ved skiftstart, og det er tilsynelatende lite tid som går bort rundt matpauser kl. 10:00 og 18:30. Kl. 08:00 tar borer og stufarbeider kaffepause på kontoret, derfor er det færre aktiviteter i dette tidsrommet. 1

9.-23. januar er det et høyere aktivitetsnivå rett etter skiftstart på morgenen enn resten av dagen, dette skyldes at det var i denne tidsperioden piggeren helst var i bruk i gruva.

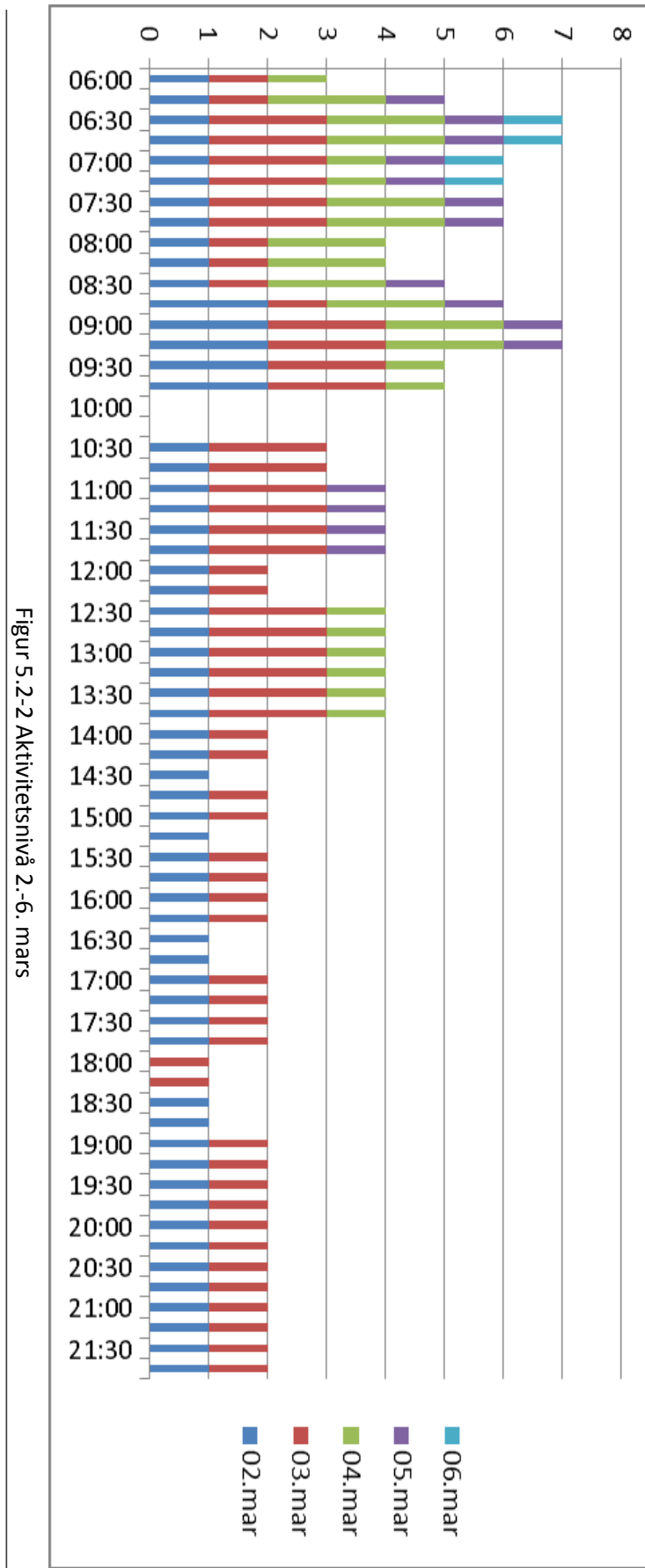
19.-23. januar var det dagskift frem til kl. 16:00, fra 16:00-22:00 var det kun dumperfører som arbeidet i gruva, derfor er aktivitetsnivået betydelig lavere etter kl. 16:00.

2.-6. mars var det kun dumperfører som arbeidet i gruva fra kl. 14:00.

Operatørene mente fordelingen av aktivitetsnivå var representativt for gruva og at de alltid kom i gang raskt etter skiftstart (Validering av produksjonsanalyse, 2015).



Figur 5.2-1 Aktivitetsnivå 19.-23. januar

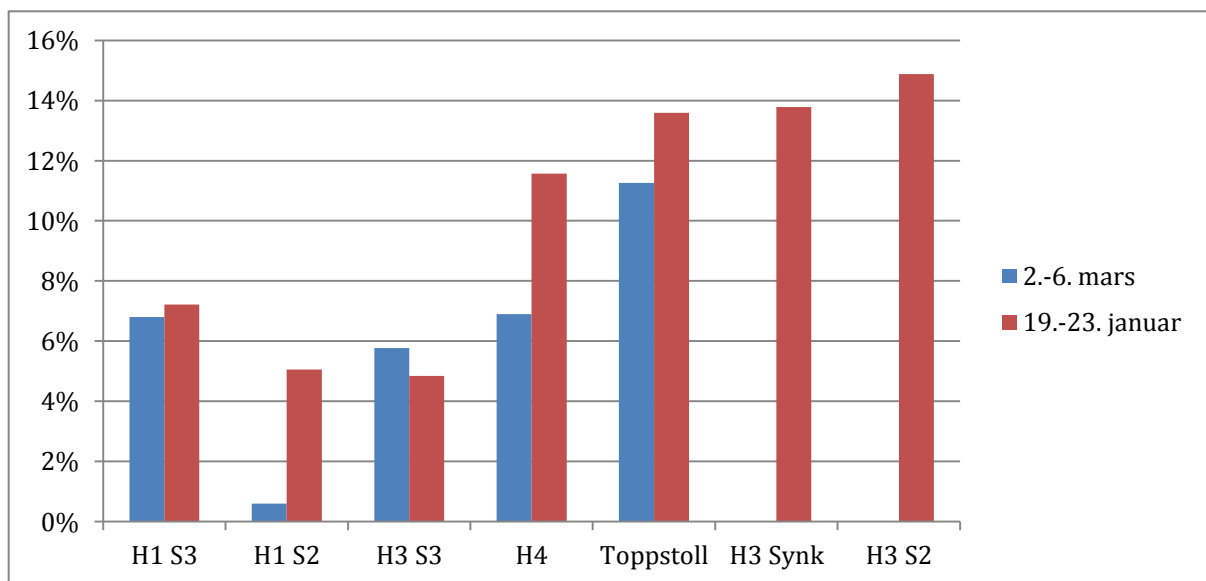


### 5.3 Stuffutnyttelse

Stuffutnyttelsen, det vil si tiden det blir arbeidet på stuff, er beregnet på kalendertid, 168 timer. Det er tiden det er aktivitet på stuffen som regnes med, ikke antall timeverk. Den samlede utnyttelsesgraden kan overstige 100% da det foregår aktivitet på flere steder i gruva samtidig. Nærmere beskrivelse av hvordan stuffutnyttelse beregnes finnes i kap. 2.4.3 og 4.4.3.

Stuffutnyttelsen for begge datainnsamlingsperiodene er presentert i figur 5.3-1. Her vises det at stuffene var jevnt mer utnyttet 19.-23. januar enn 2.-6. mars. Det var også arbeidet på flere stuffer 19.-23. januar. Diagrammet er basert på tabell som ligger i vedlegg G.

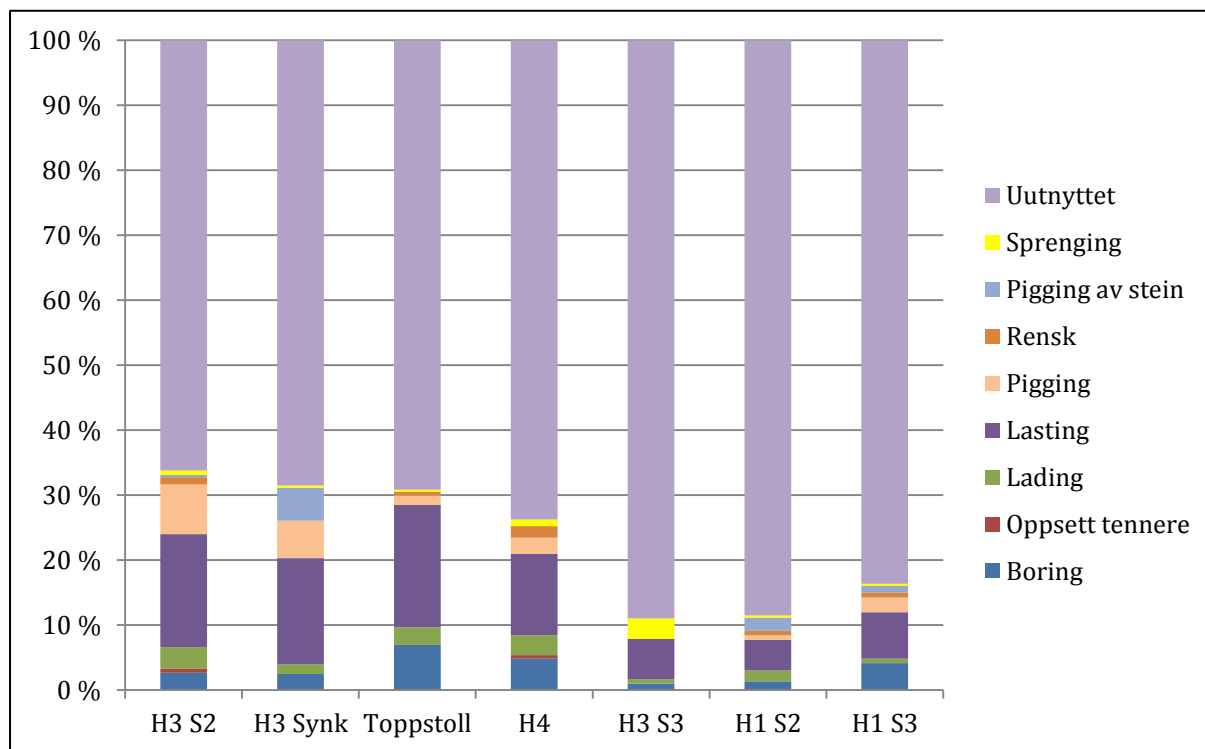
Den gjennomsnittlige stuffutnyttelsen var 10 % 19.-23. januar. 2.-6. mars var den 6 %, ikke



Figur 5.3-1 Stuffutnyttelse  
beregnet på kalendertid

medregnet H3 Synk, H3 S2 eller H1 S2.

Utnyttelsen av stuff beregnet på total skifttid 19. - 23. januar er presentert i figur 5.3-2. Diagrammet er basert på tabellen som ligger i vedlegg F. I dette diagrammet er det tydelig at lastning er den aktiviteten som tar lengst tid i gruva . H3 S2 er hardest utnyttet med 34 %. H3 S2 er et strosserom med flere angrepspunktet som blir behandlet som én stuff, det var dessuten i hovedsak lastet på é dumper, noe som gjør lastetiden lenger enn ved lastning på to dumpere. Også i H3 Synk ble det lastet på kun én dumper. Den lange boretiden i toppstollen skyldes at det var to salver der som ble sprengt samtidig, det ble lastet på to dumpere.

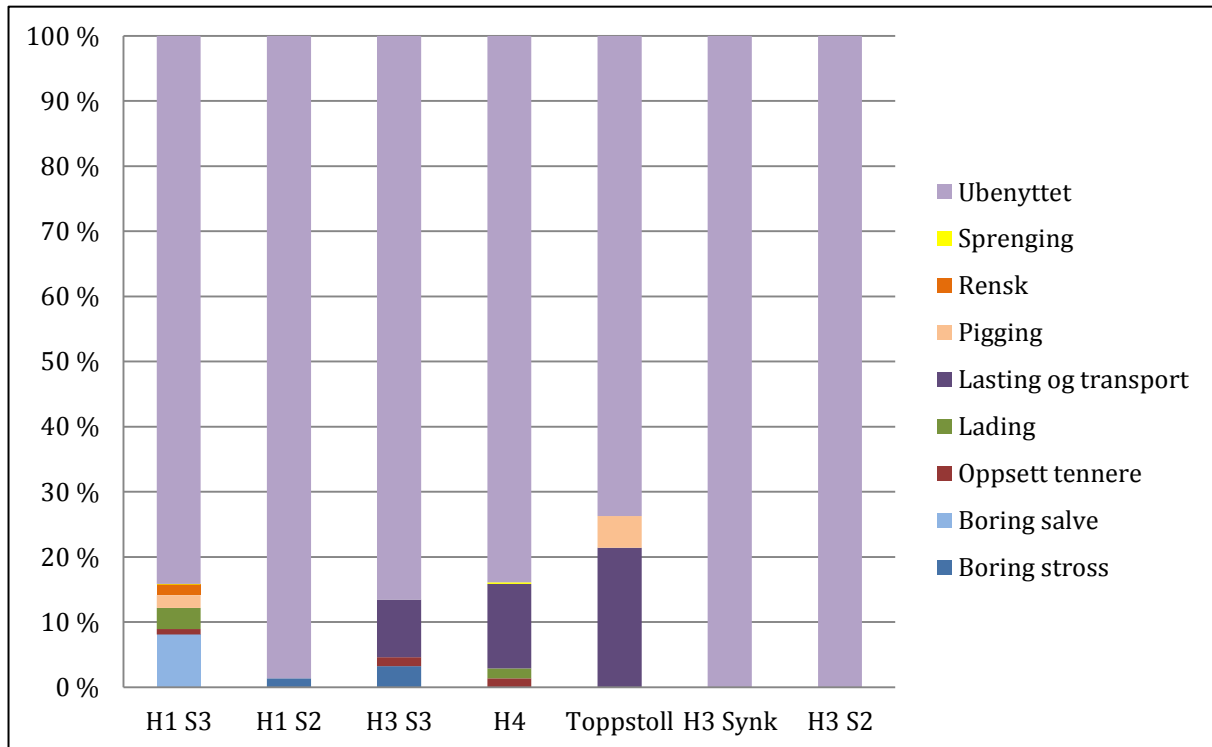


Figur 5.3-2 Stuffutnyttelse, 19.-23. januar, beregnet på total skifttid

Stuffutnyttelsen 2.-6.mars (figur 5.3-3) bærer preg av at det var mye stopp i oppredningsverket. Datagrunnlaget for stuffutnyttelse 2.-6. mars ligger i vedlegg F.

Knuseren var kun i drift 41 % av den planlagte skifttiden på 72 timer (se figur 5.4-34) 2.-6. mars, det er kun når det er drift i knuseren det kan transporteres masse ut av gruva. Like fullt var det lasting og transport mest tid gikk til. Det ble lastet i H3 S3, H4 og i toppstollen. I H1 S3 gikk det nesten 8 timer til boring, dette skyldes at H1 S3 har to salvestuffer ved siden av hverandre. Begge disse salvene ble boret, ladet og sprengt i løpet av denne datainnsamlingsperioden. 2.-6. mars ble det arbeidet på færre stuffer enn 19.-23.mars. Det ble boret to strosser, én i H3 S3 og én i H1 S2.

Det ble ikke arbeidet på H3 Synk eller H3 S2 2. – 6. mars. Det ble ladet to ganger i løpet av denne datainnsamlingsperioden. Det ble utført 3,5 timer med pigging i toppstollen. Dette skyldes at det er to stuffer også der.



Figur 5.3-3 Stoffutnyttelse 2.-6. mars  
beregnet på total skifttid

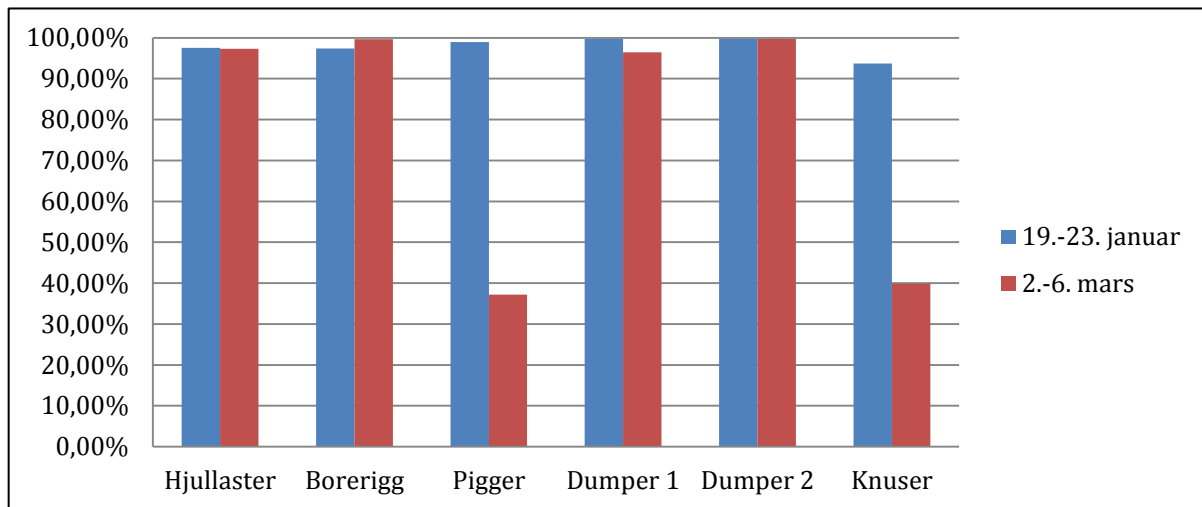
I forbindelse med presentasjonen av oppgaven i Ballangen ble det spurt hvorfor det ble arbeidet på så mange stuffer samtidig, i stedet for å ha kortere salvesyklustider eller høyere utnyttelsesgrad av hver stoff. Det ble da informert fra gruva om at målet er å ikke begynne og arbeide på stoffen før dagen etter sprenging. Dette for at det skal være god tid til utlufting. Det blir også ansett som positivt at det er ferdig sprengte salver som ligger i gruva, da dette er å betrakte som et bufferlager for oppredningsanlegget i tilfelle stopp i produksjonen i gruva (Validering av produksjonsanalyse, 2015).

## 5.4 Tilgjengelighet og utnyttelsesgrad på maskiner

Maskinbruken er målt ved hjelp av tre nøkkeltall: Tilgjengelighet, utnyttelsesgrad og total anleggsutnyttelse (Overall Equipment Efficiency), forkortet OEE. OEE blir, som nevnt i kap. 2.4.6 kun beregnet for maskiner der det er blitt gjort DILO-studie. Beskrivelse av hvordan tilgjengelighet, utnyttelsesgrad og OEE beregnes finnes i kapittel 2.4 og 4.4.

Tilgjengeligheten til maskinene i gruva og grovknuseren beregnet på kalendertid er vist i figur 5.4-1. Tilgjengeligheten er jevnt høy, med et snitt på 98 % 19.-23. januar og 78 % 2.-6. mars. Det som trekker ned tilgjengeligheten 2.-6. mars er knuseren og piggeren. Knuseren stod på

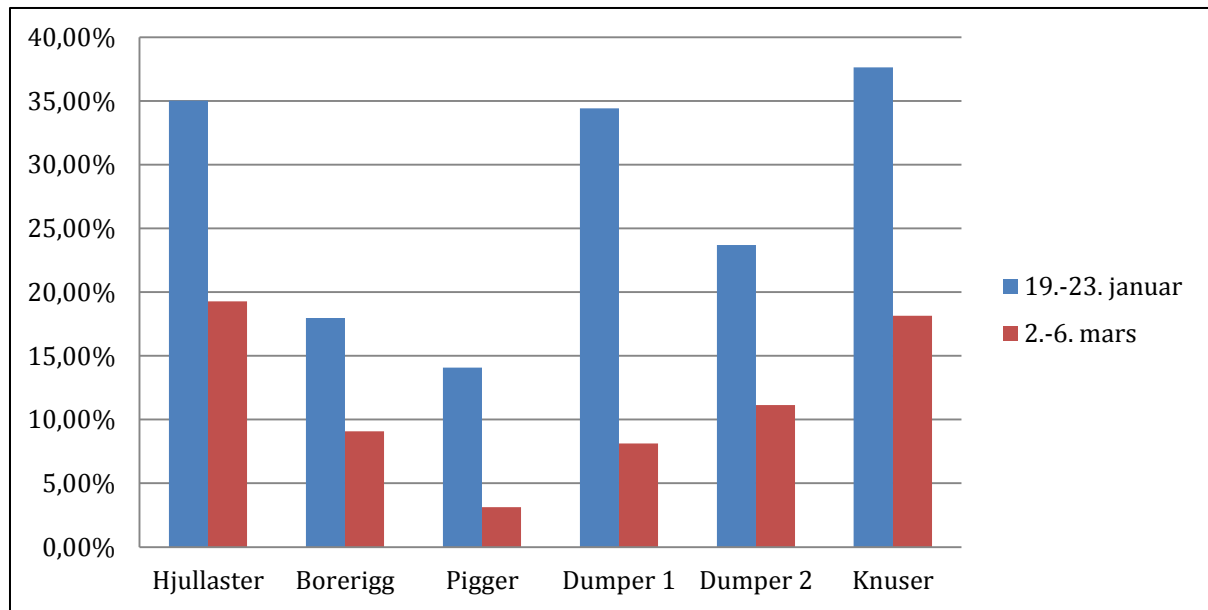
grunn av feil på oppredningsverket, altså skyldes ikke den lave tilgjengeligheten feil i selve knuseren. På piggeren røk viftereima.



Figur 5.4-1 Tilgjengelighet til maskiner beregnet på kalendertid

Figur 5.4-2 viser utnyttelsesgraden av maskinene regnet på kalendertid. 19.-23. januar er utnyttelsesgraden av dumper 1 høyere enn utnyttelsesgraden av dumper 2. Det skyldes at dumper 1 ble benyttet på begge skift mens dumper 2 kun ble benyttet på dagskiftet. 2.-6. mars er derimot utnyttelsesgraden til dumper 2 større enn dumper 1, det skyldes at dumper 2 ble benyttet på kveldsskiftet. Oppredningsverket hadde mer oppetid på kveldsskiftet enn på dagskiftet.

Forutenom for dumper 1 er forholdet mellom utnytting av de ulike maskinene tilnærmet likt under de to datainnsamlingsperiodene. Hjullaster, dumper og knuser er like i utnyttelsesgrad ettersom de er gjensidig avhengig av hverandre for drift. Boreriggen har høyere kapasitet enn lasteing og transport, og må derfor ikke utnyttes i samme grad. Piggeren utnyttes minst, noe som reflekterer bergforholdene i gruva.



Figur 5.4-2 Utnyttelsesgrad av maskiner beregnet på kalendertid

Tilgjengelighet, utnyttelsesgrad og fordeling av skifttid for hver maskin er nærmere presentert i de følgende delkapitlene.

#### 5.4.1 Hjullaster L180H

Beregninger for hjullaster 19.-23. januar er basert på data datagrunnlaget som finnes i vedlegg I.

Tilgjengelighet og utnyttelsesgrad for dagskift og kveldsskift er presentert i tabell 5.4-1. Tilgjengeligheten til hjullasteren er lavere på dagskiftet enn på kveldsskiftet, dette skyldes at vedlikehold og service ble utført på dagskiftet. Det samme fører til at utnyttelsesgraden er lavere på dagskiftet enn på kveldsskiftet.

Tabell 5.4-1 Hjullaster L180H: Tilgjengelighet og utnyttelsesgrad, 19.-23. januar

Tilgjengelighet <sup>skift</sup>		Utnyttelsesgrad <sup>skift</sup>	
<i>Dagskift</i>			
Total skifttid	50:00:00	Total skifttid	50:00:00
Oppetid	45:56:00	Verdiskapende tid	38:30:00
<b>Tilgjengelighet</b>	<b>91,87 %</b>	<b>Utnyttelsesgrad</b>	<b>77,00 %</b>
<i>Kveldsskift</i>			
Total skifttid	24:00:00	Total skifttid	24:00:00
Oppetid	24:00:00	Verdiskapende tid	19:45:00
<b>Tilgjengelighet</b>	<b>100,00 %</b>	<b>Utnyttelsesgrad</b>	<b>82,29 %</b>

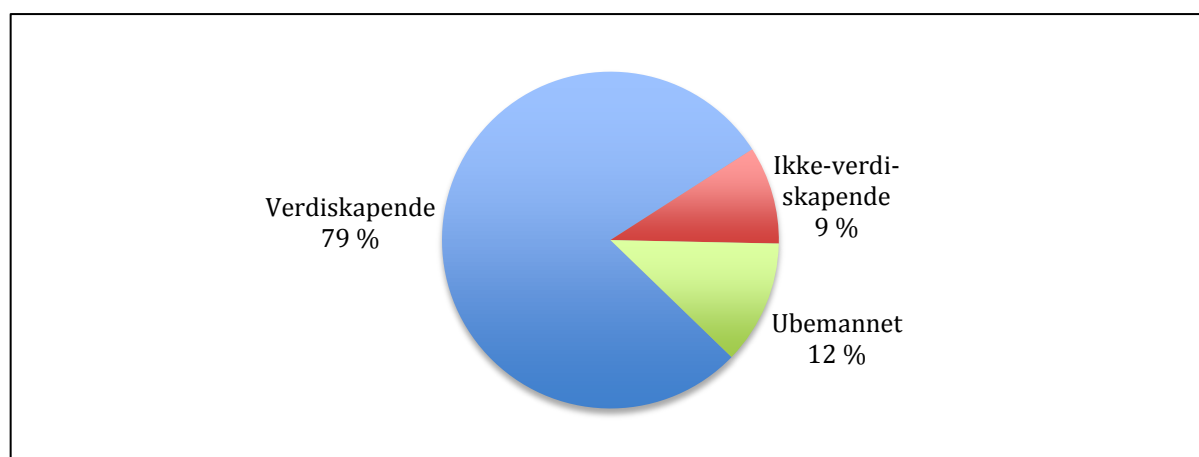


Tilgjengelighet og utnyttelsesgrad for samlet skifftid på hjullaster er presentert i tabell 5.4-2.

Tabell 5.4-2 Hjulaster L180H: Tilgjengelighet og utnyttelsesgrad begge skift, 19.-23. januar

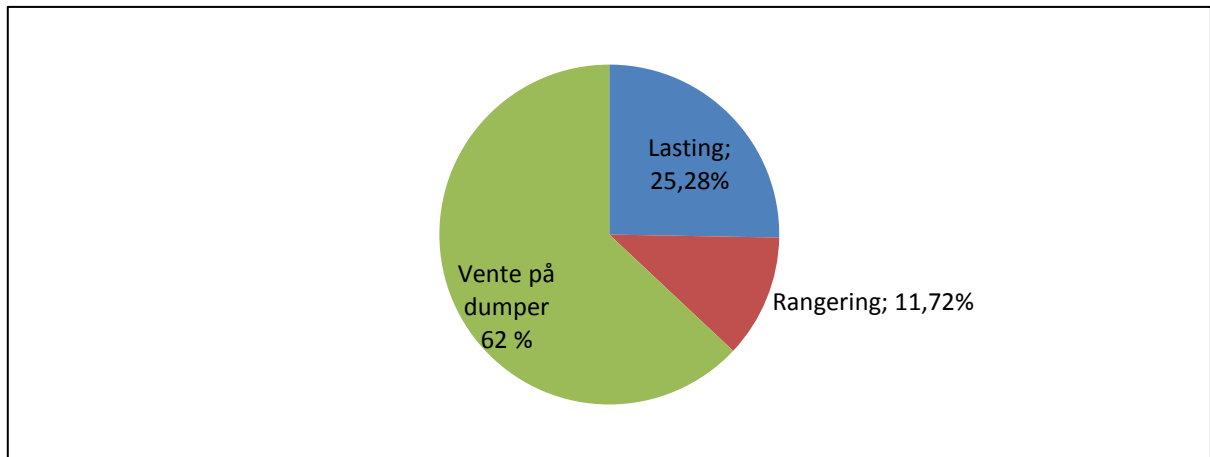
Tilgjengelighet <sup>skift</sup>		Utnyttelsesgrad <sup>skift</sup>	
Total skifftid	74:00:00	Total skifftid	74:00:00
Oppetid	69:56:00	Verdiskapende tid	58:15:00
<b>Tilgjengelighet</b>	<b>94,50 %</b>	<b>Utnyttelsesgrad</b>	<b>78,72 %</b>

Fordelingen av skifftid på hjullaster L180H 19 -23. januar er vist i figur 5.4-3. Denne figuren viser skifftiden delt i tre kategorier, verdiskapende tid, ikke-verdiskapende tid og ubemannet tid. Den verdiskapende tiden er, avrundet, 79 % av den totale skifftiden, dette er det samme som utnyttelsesgraden.



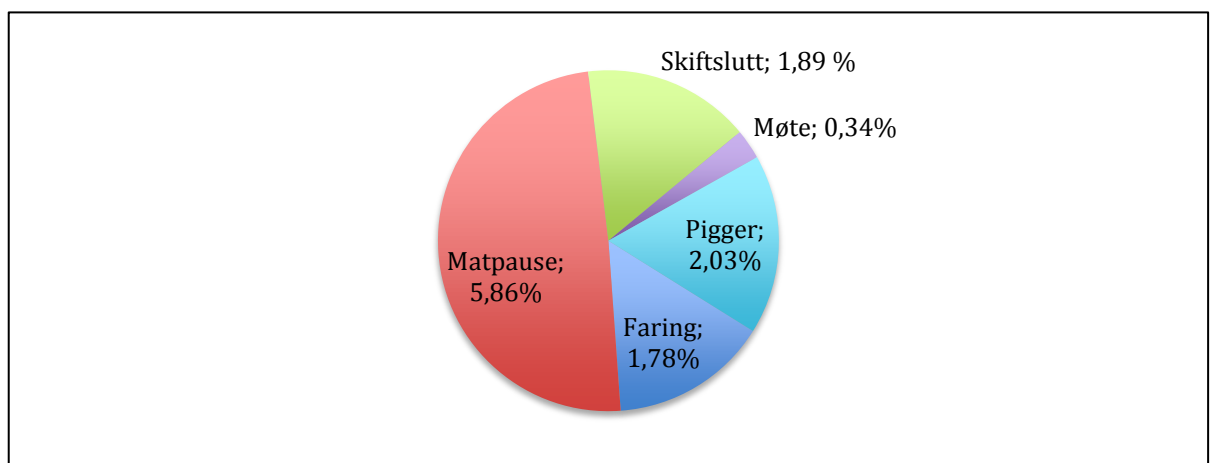
Figur 5.4-3 Hjulaster L180H: Fordeling av skifftid 19.-23. januar

Fordelingen av den verdiskapende tiden på dagskiftet er nærmere presentert i figur 5.4-4. Figuren er basert på data fra DILO-studie utført 22. januar (vedlegg L). Det bemerkes at DILO-studiet ble utført ved lastning i toppstollen, stoffen med lengst kjøretid til knuseren, dette gjør syklustiden til truckene, og dermed ventetiden for hjullasteren, lengre enn ved lastning på andre stuffer. 62 % av tiden hjullasteren var i toppstollen ventet den på dumperen, i tillegg kommer tiden der truckene ble rangert. Andelen effektiv lastetid multiplisert med utnyttelsesgraden for dagskift (tabell 5.4-1) gir en faktisk utnyttelsesgrad på 19,47 %. Det vil si at hjullasteren lastet tilsammen 9 timer og 44 minutt på dagskiftet i løpet av uka.



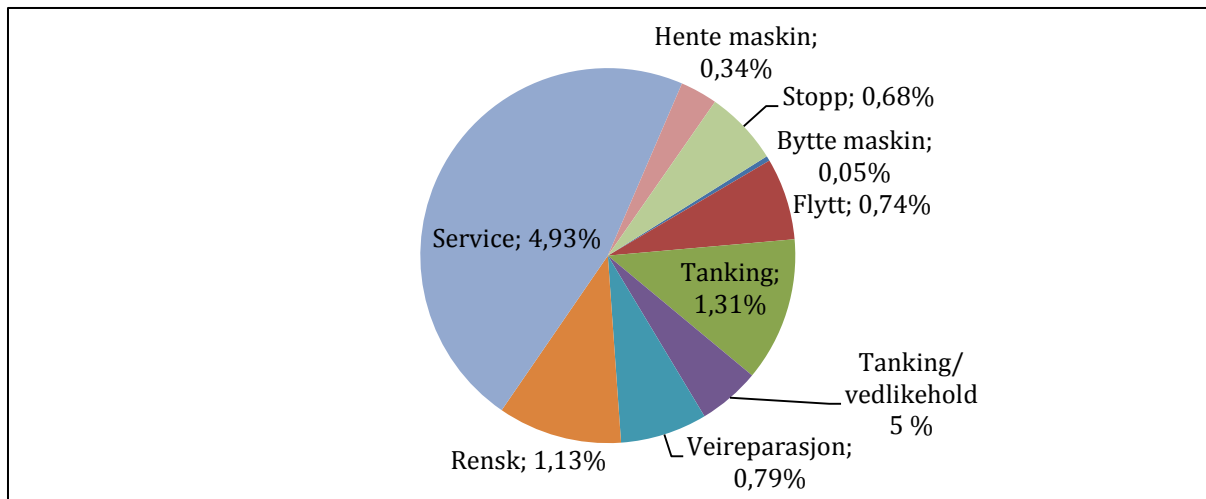
Figur 5.4-4 Hjullaster L180H: Verdiskapende dagskifttid, 19.-23. januar, i % av tiden hjullaster er på stuff i toppstoll.

Figur 5.4-5 viser hva som skjer i de 12 % av skifttiden tiden der hjullasteren ikke er bemannet. Tallene er i prosent av den totale skifttiden på 74 timer. Her kan man se at piggeren er benyttet 2,03 % av den totale skifttiden. Fra kl. 16:00 - 22:00 var det bare én operatør på jobb i gruva. Ved kiling i knuseren var det denne operatøren som måtte pigge, og hjullaster og dumper var dermed ikke i bruk i denne tiden.



Figur 5.4-5 Hjullaster L180H: Ubemannet dagskifttid, 19.-23. januar, i % av total skifttid

Den ikke-verdiskapende skifttiden utgjør 12 % av den totale skifttiden til hjullaster L180H og er fordelt som vist i figur 5.4-6. Den store andelen ikke-verdiskapende tid som går bort til service skyldes den eksterne servicen utført av Volvo. Stopp skyldes at filtersiloen på oppredningsverket var full.



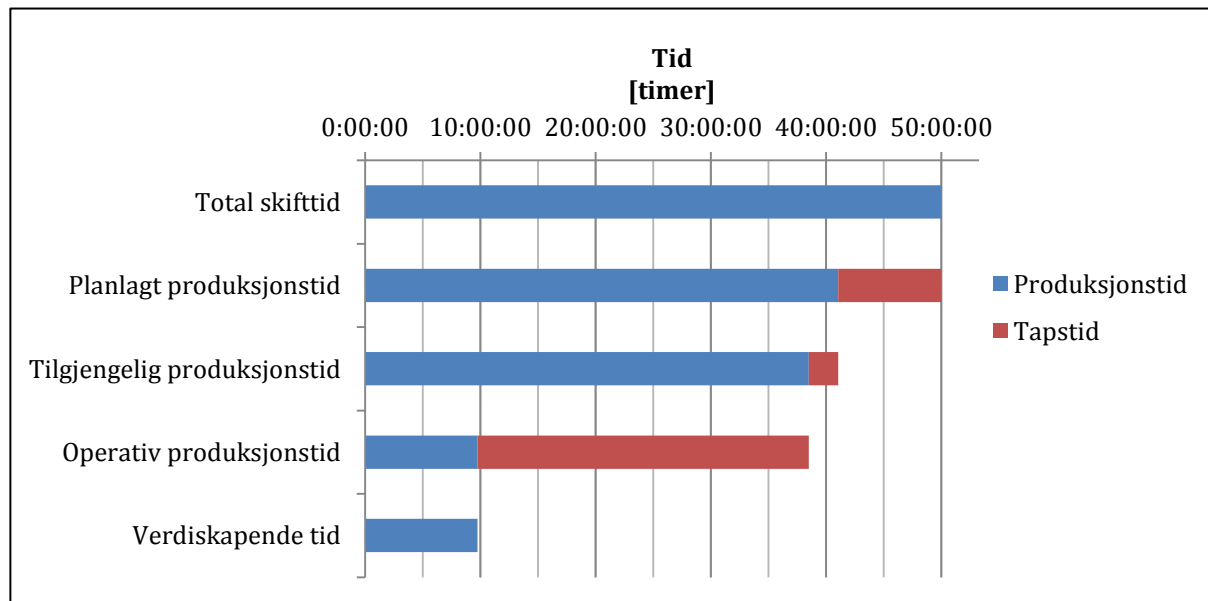
Figur 5.4-6 Hjullaster L180H: Fordeling av ikke-verdiskapende skifttid 19.-23. januar, i % av total skifttid

Beregning av OEE baseres på lasternes egne rapporteringer og DILO-studie utført på dagskiftet 22. januar (vedlegg L). OEE er beregnet for hjullasteren på dagskift ettersom det var da det var egen operatør i hjullasteren. OEE når dumperfører laster selv er presentert i figur 5.4-7. Hvordan tapene blir kategorisert er beskrevet i kapittel 2.4.6. Oversikt over hvilke tap som er blitt trukket fra ved beregning av OEE for hjullaster L180H på dagskiftet vises i tabell 5.4-3. Veireparasjon ble utført når det var oppstart i oppredningsverket mandag morgen og det ikke kunne tippes i knuseren. Bytting av maskin skjedde i forbindelse med service.

Tabell 5.4-3 Hjullaster L180H: Kategorisering av tapstid

Planlagt ståtid	Nedetid	Kapasitetstap
Møtetid	Flytt	Vente på truck
Faring	Tanking	Rangering av truck
Matpause	Vedlikehold/tanking	
Service	Bytte maskin	
Skiftslutt		
Veireparasjon		

Det er ikke registrert noen kvalitetstap for lastingen. Beregning av OEE ligger i vedlegg N. Grafisk fremstilling av beregnet OEE vises i figur 5.4-7.



Figur 5.4-7 Hjullaster L180 H: OEE med egen lasteoperatør

Det er tydelig i figur 5.4-7 at det er størst tap i den operative produksjonstiden, dette kommer av at det kun er 25,28 % av tiden maskina står på stuff og er tilgjengelig til lasting at den faktisk laster (figur 5.4-4). Det gir en effektiv lastetid på 9 timer 44 minutt for dagskiftet, av en total dagskifttid på 50 timer, som nevnt tidligere.

Tilgjengeligheten er på 93,79 %, anleggsutnyttelsen er 25,28 % og kvaliteten er 100 %. Den beregnede OEE for hjullaster L180H når den er bemannet med egen operatør blir dermed 23,71 %.

Tilgjengelighet, utnyttelsesgrad og fordeling av skifttid for hjullaster L180H 2. – 6. mars er beregnet på grunnlag av dataen som ligger i vedlegg J. Tilgjengelighet og utnyttelsesgrad for Hjullasteren er presentert i tabell 5.4-4. Tilgjengeligheten på dagskiftet er 88,75 %, det er lavere enn tilgjengeligheten på dagskift 19.-23. januar, men skyldes at det ble utført vedlikehold i 4,5 timer i tiden der oppredningsverket stod. Utnyttelsesgraden var også lav, dette skyldes også at verket stod noe som hindret lasting og transport ut av gruva.

Kveldsskifttiden var 32 timer og 40 minutt fordi de hadde drift lenger én kveld. På kveldsskiftet ble det ikke utført vedlikehold, og tilgjengeligheten til hjullaster L180H blir

derfor 100 %. Utnyttelsesgraden er også høyere enn på dagskiftet, det er fordi oppredningsverket var i drift tre av fire kveldsskift, mot to av fem dagskift.

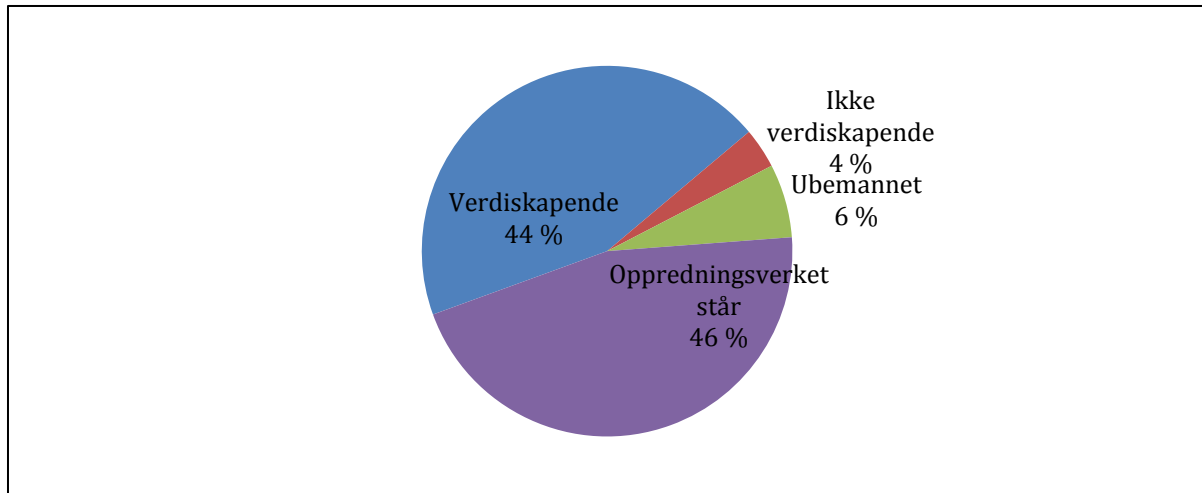
Tilgjengelighet		Utnyttelsesgrad	
<i>Dagskift</i>			
Total skifttid	40:00:00	Total skifttid	40:00:00
Oppetid	35:30:00	Verdiskapende tid	13:35:00
<b>Tilgjengelighet</b>	<b>88,75 %</b>	<b>Utnyttelsesgrad</b>	<b>33,96 %</b>
<i>Kveldsskift</i>			
<b>Total skifttid</b>	<b>32:40:00</b>	Total skifttid	32:40:00
Oppetid	32:40:00	Verdiskapende tid	18:42:00
<b>Tilgjengelighet</b>	<b>100,00 %</b>	<b>Utnyttelsesgrad</b>	<b>57,24 %</b>

Tilgjengelighet og utnyttelsesgrad for begge skift på hjullasteren L180H 2.-6. mars vises i tabell 5.4-5.

Tabell 5.4-5 Hjullaster L180H: Tilgjengelighet begge skift, 2.-6.mars

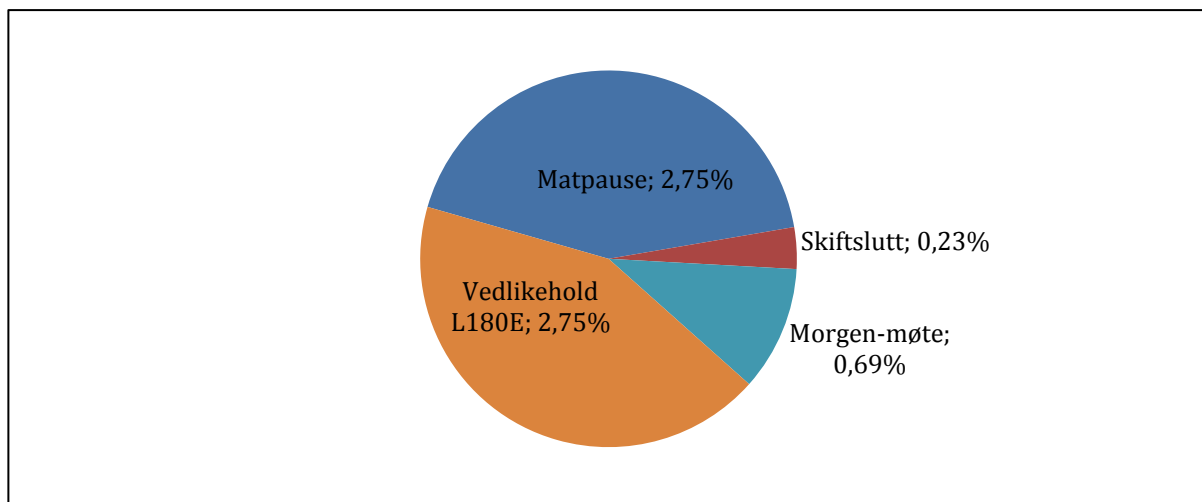
Tilgjengelighet <sup>skift</sup>		Utnyttelsesgrad <sup>skift</sup>	
Total skifttid	72:40:00	Total skifttid	72:40:00
Oppetid	68:10:00	Verdiskapende tid	32:17:00
<b>Tilgjengelighet</b>	<b>93,81 %</b>	<b>Utnyttelsesgrad</b>	<b>44,48 %</b>

Fordelingen av skifttid på hjullaster L180H er presentert i figur 5.4-8. Den verdiskapende tiden var, avrundet, 45 %, tilsvarende utnyttelsesgraden. Oppredningsverket stod 46 % av den totale skifttiden. Den ikke verdiskapende tiden inkluderer flytt av hjullaster mellom stuffer, me også ventetid som skyldes kiling i knuser (kun ett tilfelle 2.-6. mars) og andre småstopp på oppredningsverket. Den samlede ventetiden på grunn av slike stopp var 2 timer og 28 minutt.



Figur 5.4-8 Hjullaster L180H: Fordeling av skifttid, 2.-6. mars

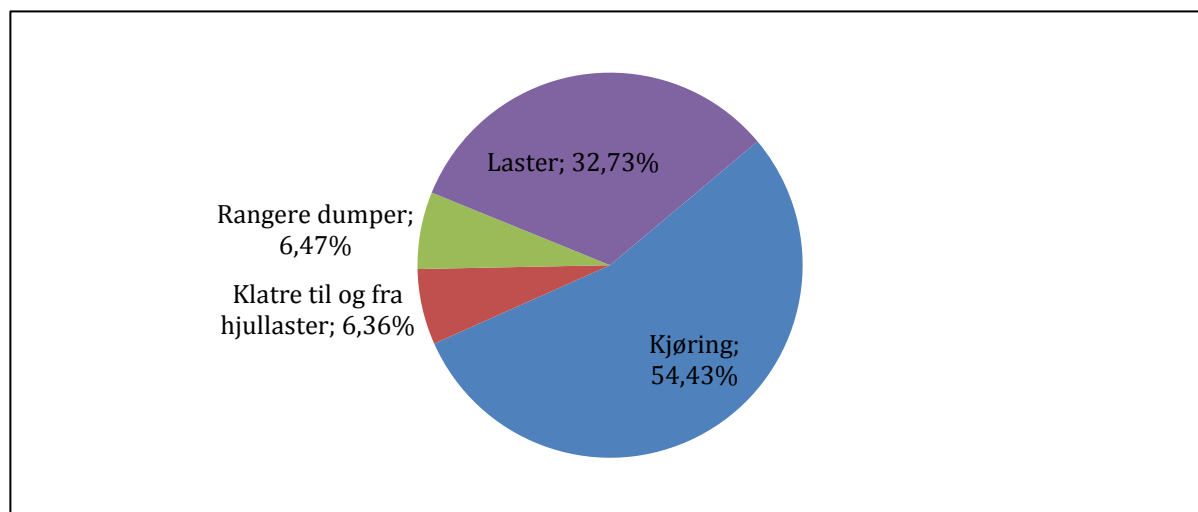
Den ubemannede tiden på L180H når oppredningsverket var i gang utgjorde 6 % av den totale skifttiden, det tilsvarer 4 timer og 20 minutt, og er fordelt som vist i figur 5.4-9. Det ble skiftet dekk på hjullaster L180E, noe som utgjorde 2,75 % av den totale skifttiden.



Figur 5.4-9 Hjullaster L180H: Fordeling av ubemannet skifttid, 2.-6. mars  
i % av total skifttid

Data fra gjennomføring av DILO for lastning og transport gir fordeling av verdiskapende tid på hjullasteren som vist i figur 5.4-10. Figuren er basert på kun tre lass kjørt til knuser. Registrert data fra DILO-studiet ligger i vedlegg O. I kjøretiden står hjullasteren på tomgang. Det vil si at hjullasteren kun er i bruk 33 % av aktivitetstiden, og venter 77 % av tiden. Antatt at fordelingen av den verdiskapende tiden er lik på begge skift hele uka, vil lastning 32,73 % av tiden hjullasteren er tilgjengelig på stuff gi en effektiv utnyttelsesgrad på 14,78 %. Det vil si at det ble lastet kun 10 timer og 34 minutt denne uka.

Til sammenligning ble det kun lastet 25 % av tiden når det var egen laster i toppstollen, (figur 5.4-4), men da var lastetiden per lass 2 minutt og 6 sekund (se tabell 5.1-3) mot 4 minutter og 46 sekunder når dumperfører laster selv (se tabell 5.1-4.).



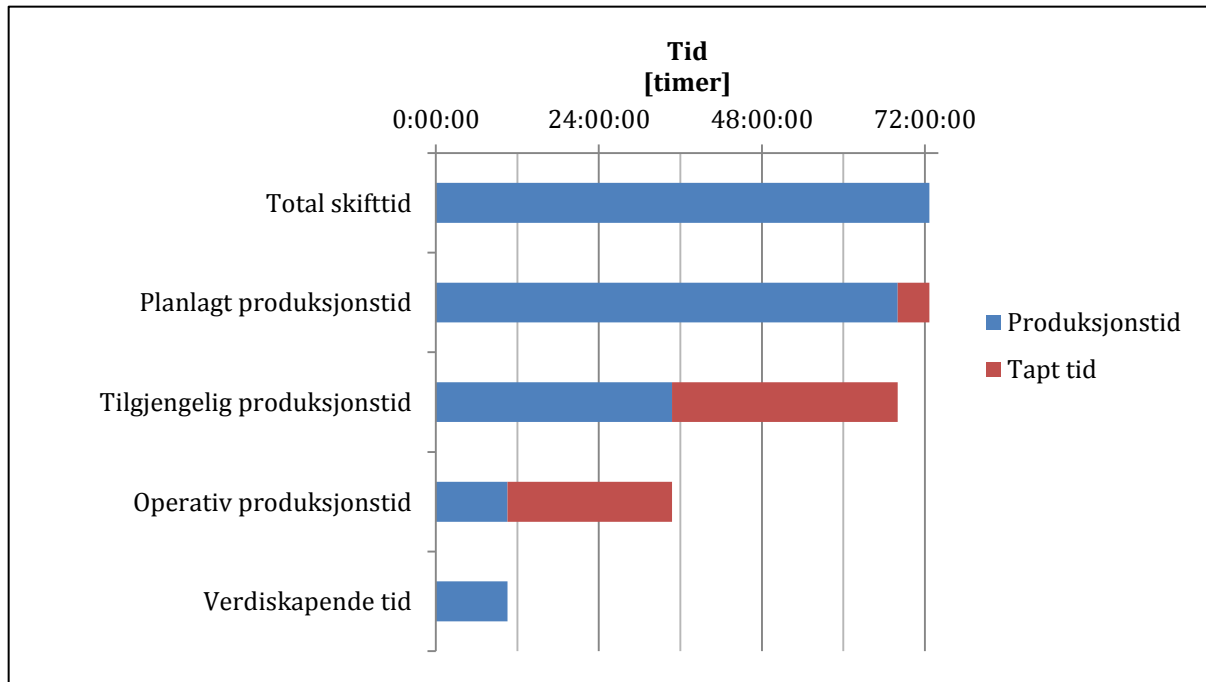
Figur 5.4-10 Hjullaster L180H: Fordeling av verdiskapende tid når dumperfører laster

OEE for hjullasteren når dumperfører laster selv er basert på rapporteringer fra begge skift 2. - 6. mars og DILO-studie utført 6. mars, (vedlegg O). Tapstidene som er trukket fra er vist i tabell 5.4-6.

Tabell 5.4-6 Hjullaster L180H: Fratrullet tid, OEE

Planlagt ståtid	Nedetid	Kapasitetstap
Vedlikehold L180E	Vedlikehold	Stopp i knuseren
Matpause	Oppredningsverket står	Klatre til og fra hjullaster
Skiftslutt		Transporttid dumper
Oppstart		Rangere dumper
Møte		

Figur 5.4-11 viser en grafisk fremstilling av OEE for hjullasteren. Denne er beregnet for total skifttid, 72 timer og 40 minutt. Den store andelen nedetid skyldes stopp i oppredningsverket, til sammen 46 % av total skifttid. Nedetiden er altså ikke grunnet tilstanden til hjullasteren. Tap av operativ tid skyldes at det kun blir lastet 33 % av tiden hjullaster står tilgjengelig på stoff (figur 5.4-10) og de 4 % av skifttiden der det var småstopp i knuseren eller oppredningsverket (figur 5.4-8). Beregning av OEE finnes i vedlegg P.



Figur 5.4-11 Hjullaster L180H: OEE når dumperfører laster selv

Tilgjengeligheten er 51,1 %, anleggsutnyttelsen er 30,41 % og kvaliteten er 100%. Dette gir en beregnet OEE på 15,5 %.

Det er ikke tatt hensyn til hvor mange skuffer som er lastet på. Dette skyldes at det ikke er data for vekt per lass, forutenom gjennomsnittsberegninger som vist i figur 5.1-21, og det derfor ikke er sikkert hva som er optimalt antall skuffer.

## 5.4.2 Dumper

19.-23. januar ble denne dumper 1 brukt på begge skift. Det gir en total skifttid på 74 timer i uken. På kveldsskiftet ble lasting og massetransport utført av samme operatør.

Venting fordi det var kiling i knuseren eller stopp i oppredningsanlegget er registrert, men ikke venting som følge av at matebordet i knuseren var fullt. Grunnlaget for beregninger for dumper 1 19.-23. januar ligger i vedlegg P.

Tilgjengeligheten og utnyttelsesgrad på dagskiftet for dumper 1 er presentert i tabell 5.4-7. Mandag morgen blir det gjennomført tilsyn og vedlikehold på dumper og hjullaster, samtidig med tilsyn og vedlikehold på knuser. I tillegg gikk motoren varm under transport én gang.



Utnyttelsesgraden er høyere på kveldsskift enn på dagskift, dette skyldes både vedlikehold som ble gjennomført på dagskift og at dumperføreren på dagskiftet utførte veivedlikehold med hjullaster L180E. Utnyttelsesgraden er lavere for dumper 1 enn for hjullaster L180H i samme periode (se tabell 5.4-1), dette skyldes at venting på grunn av kiling ikke ble registrert for hjullasteren.

Tabell 5.4-7 Dumper 1: Tilgjengelighet og utnyttelsesgrad, 19. - 23. januar

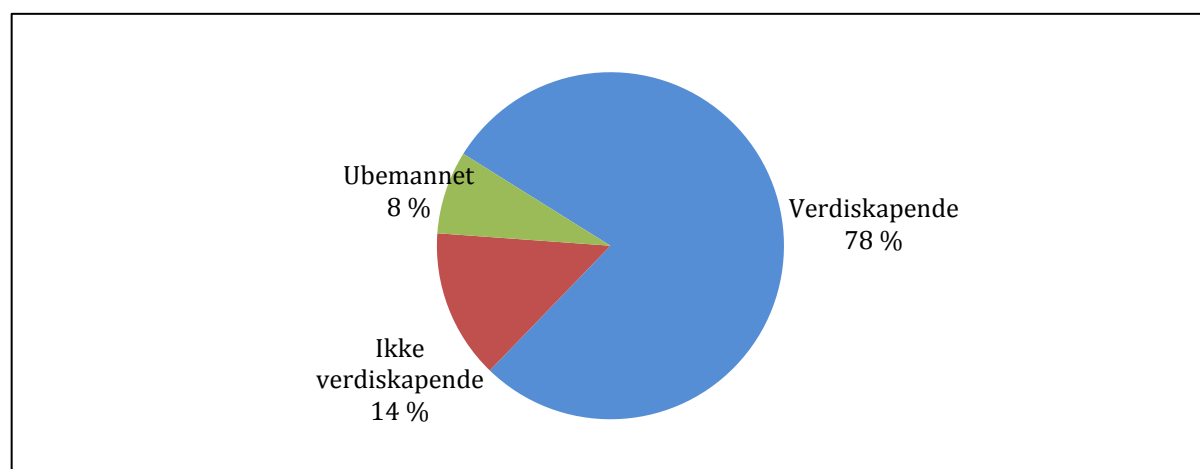
Tilgjengelighet <sup>skift</sup>		Utnyttelsesgrad <sup>skift</sup>	
<i>Dagskift</i>			
Total skifttid	50:00	Total skifttid	50:00
Oppetid	48:55:00	Driftstid	37:50:00
<b>Tilgjengelighet</b>	<b>97,83 %</b>	<b>Utnyttelsesgrad</b>	<b>75,67 %</b>
<i>Kveldsskift</i>			
Total skifttid	24:00	Total skifttid	24:00
Oppetid	24:00	Driftstid	19:45
<b>Tilgjengelighet</b>	<b>100,00 %</b>	<b>Utnyttelsesgrad</b>	<b>82,29 %</b>

Tilgjengelighet og utnyttelsesgrad for total skifttid på dumper 1 er presentert i tabell 5.4-8.

Tabell 5.4-8 Dumper 1: Tilgjengelighet, 19.-23. januar

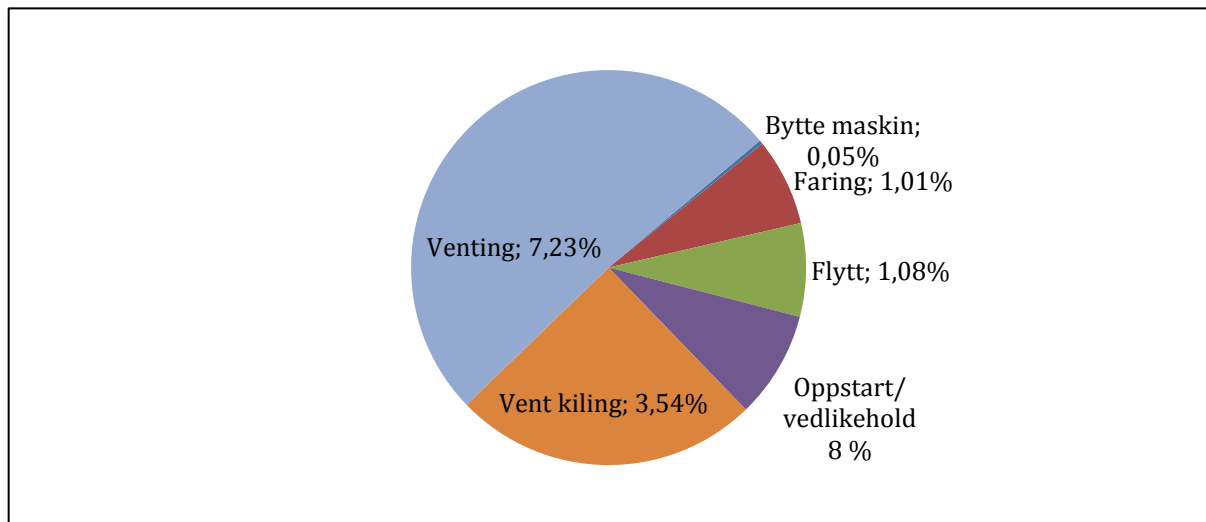
Tilgjengelighet <sup>skift</sup>		Utnyttelsesgrad <sup>skift</sup>	
Total skifttid	74:00	Total skifttid	74:00
Oppetid	72:55:00	Driftstid	57:50:00
<b>Tilgjengelighet</b>	<b>98,54 %</b>	<b>Utnyttelsesgrad</b>	<b>78,15 %</b>

Fordelingen av skifttiden på dumper 1, 19.-23. januar er vist i figur 5.4-12. Den verdiskapende tiden er 78 %, tilsvarende som for hjullasteren. Dette er tid der dumperen kjører masse ut av gruva og til knuseren.



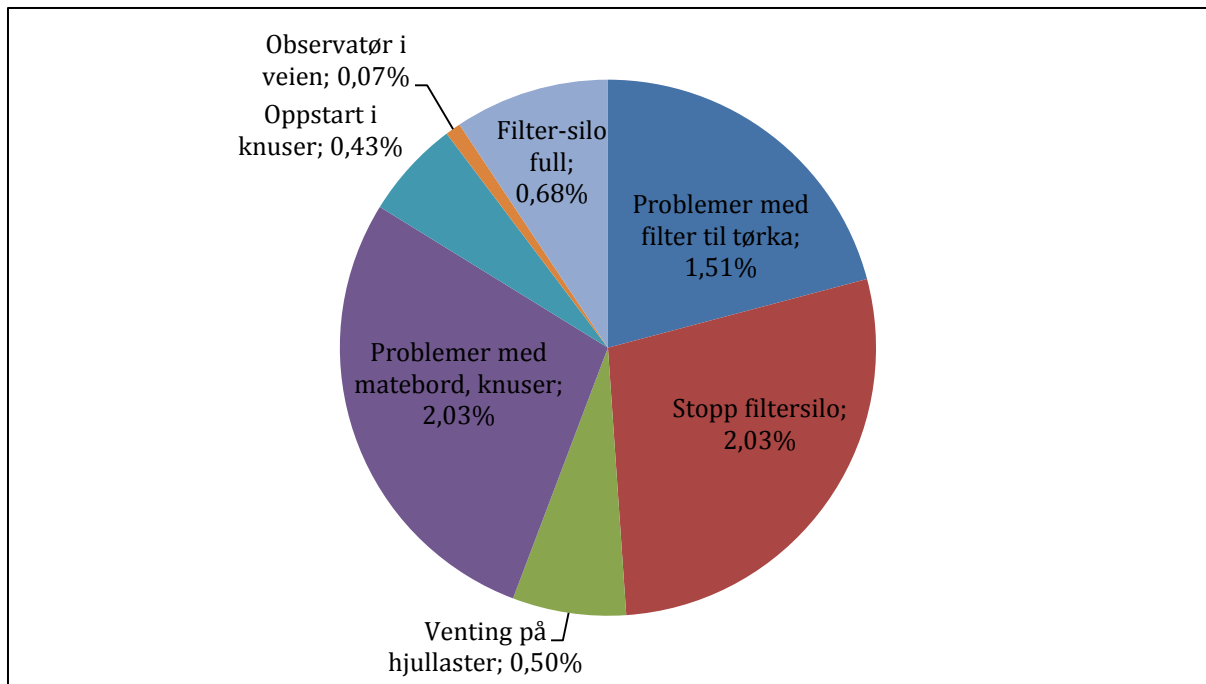
Figur 5.4-12 Dumper 1: Fordeling av skifttid, 19. - 23. januar

Fordelingen av den ikke verdiskapende tiden er presentert i figur 5.4-13 . Der ser man at 7,23 % av den totale skifttiden er venting. Venting på grunn av kiling er presentert som et eget kakestykke fordi dette var en årsak til venting som forekom flere ganger. Kiling forårsaker en ventetid for dumperen på 2 timer og 37 minutt.



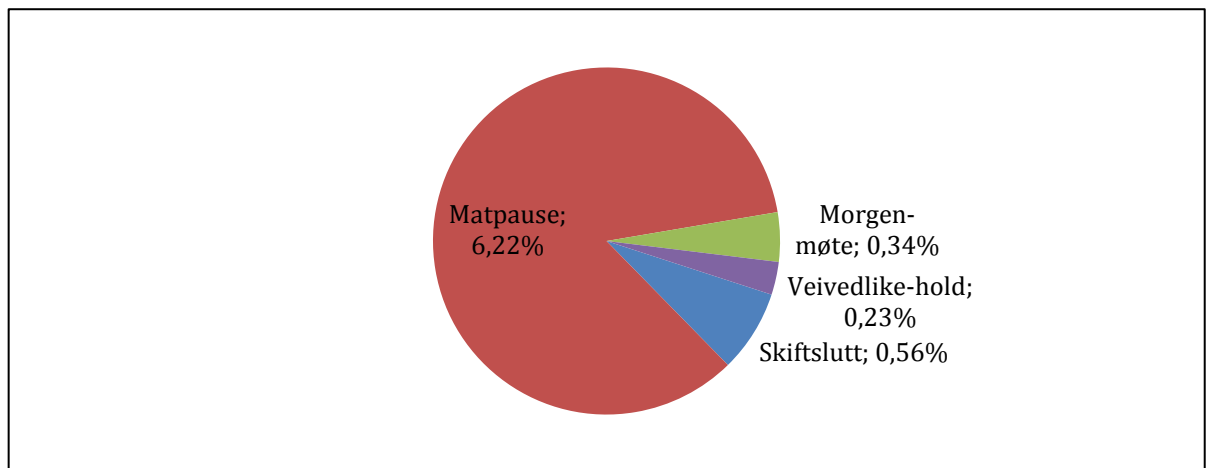
Figur 5.4-13 Dumper 1:Fordeling av ikke verdiskapende tid i % av total skifttid.

Samlekategorien «Venting» er nærmere presentert i figur 5.4-14. Stopp i oppredningsverket, ikke inkludert oppstart, utgjør 6,25 % av total skifttid for dumper 1. Det tilsvarer 4 timer og 37 minutt. Totalt venter dumperen 7 timer og 14 minutt på grunn av kiling og stopp i oppredningsverket 19.-23. januar. Venting på hjullaster skyldtes at hjullasteren ble kjørt for å fylle drivstoff. Tanketiden var i realiteten større (se figur 5.4-6), men siden dumperen kjører inn og ut av gruva måtte den ikke vente hele tanketiden.



Figur 5.4-14 Dumper 1: Fordeling av ventetid i % av total skifttid

Fordelingen av den tiden dumper 1 ikke er bemannet er presentert i figur 5.4-15. De 0,23 % av tiden som går til veivedlikehold er utført av dumperføreren med hjullaster L180E.



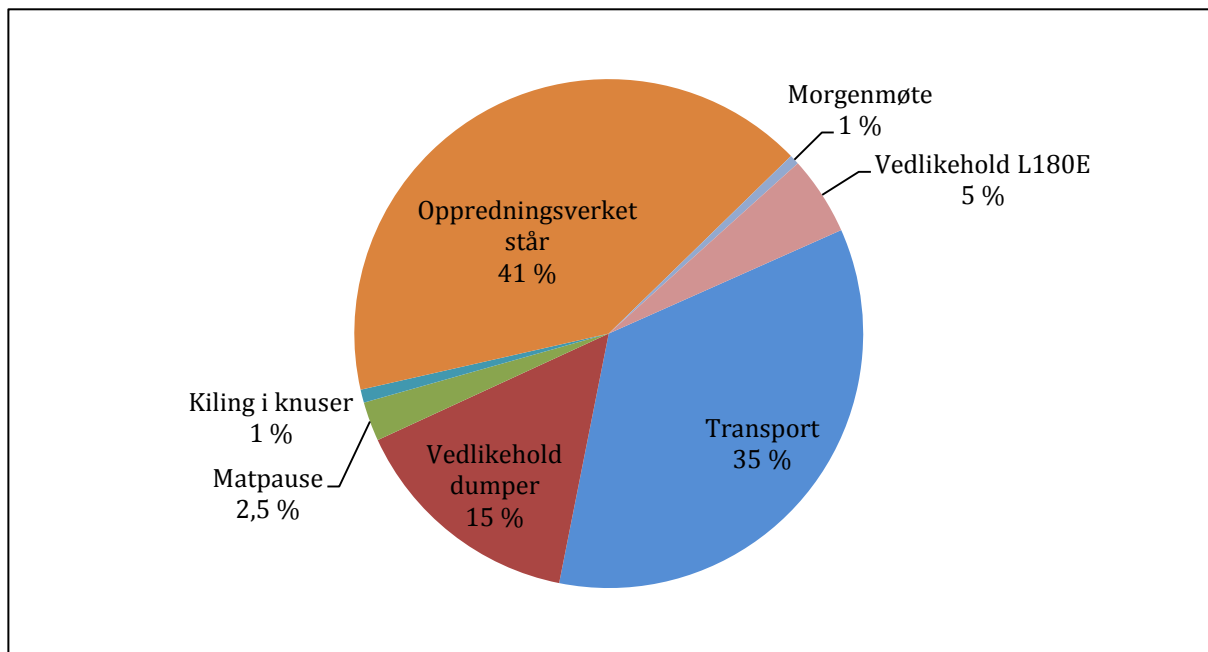
Figur 5.4-15 Dumper 1: Fordeling av ubemannet tid i % av total skifttid

2. -6. mars ble dumper 1 kun brukt på dagskiftet, det gir en total skifttid på 40 timer denne uken. Det ble utført 6 timer vedlikehold på dumperen da oppredningsverket stod. Dette kommer frem i beregningen av dumperens tilgjengelighet, vist i tabell 5.4-9.

Tabell 5.4-9 Dumper 1: Tilgjengelighet 2.-6. mars

Tilgjengelighet <sup>skift</sup>		Utnyttelsesgrad <sup>skift</sup>	
Total skifttid	40:00:00	Total skifttid	40:00:00
Oppetid	34:00:00	Verdiskapende tid	13:57:00
<b>Tilgjengelighet</b>	<b>85,00 %</b>	<b>Utnyttelsesgrad</b>	<b>34,88 %</b>

Fordelingen av skifttid på dumper 1 er presentert i figur 5.4-16. Vedlikehold av dumper er presentert som eget kakeestykke, men ble som nevnt utført i tiden oppredningsverket stod. Det var lite kiling i knuser



Figur 5.4-16Dumper 1: Fordeling av dagskifttid, 2.-6. mars

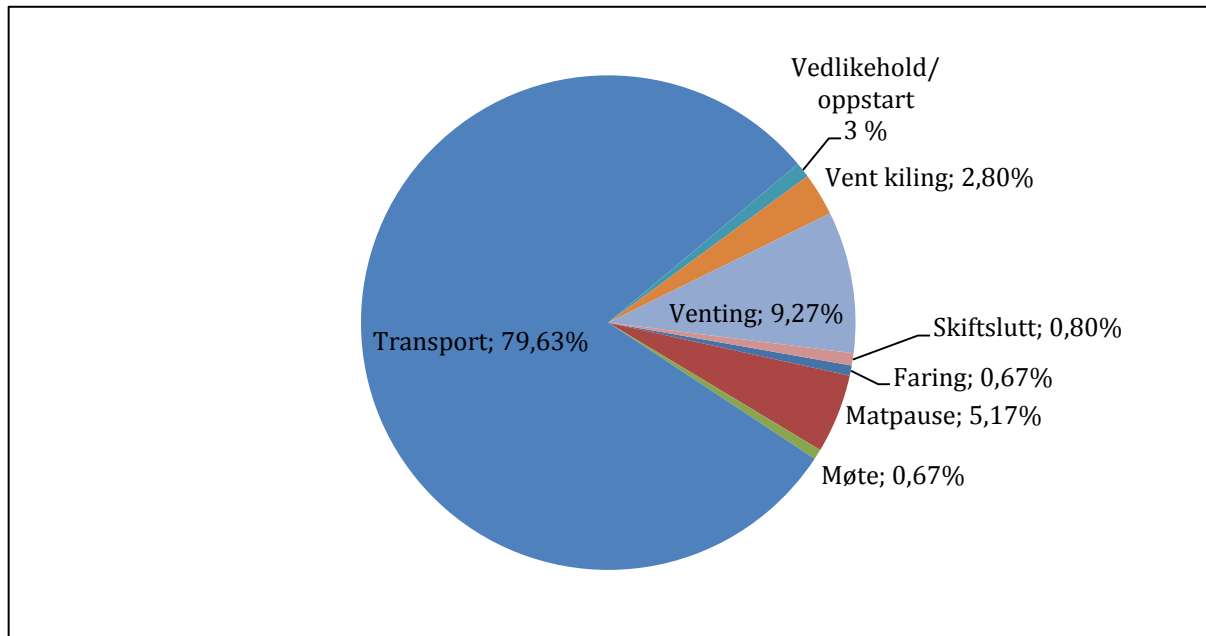
19.-23. mars ble dumper 2 kun benyttet på dagskiftet, det gir en total skifttid på 50 timer.

Tilgjengelighet og utnyttelsesgrad er beregnet i tabell 5.4-10. Det eneste vedlikehold som ble utført på denne maskinen 19.-23. januar var mandagstilsyn.

Tabell 5.4-10 Dumper 2: Tilgjengelighet, 19.-23. januar

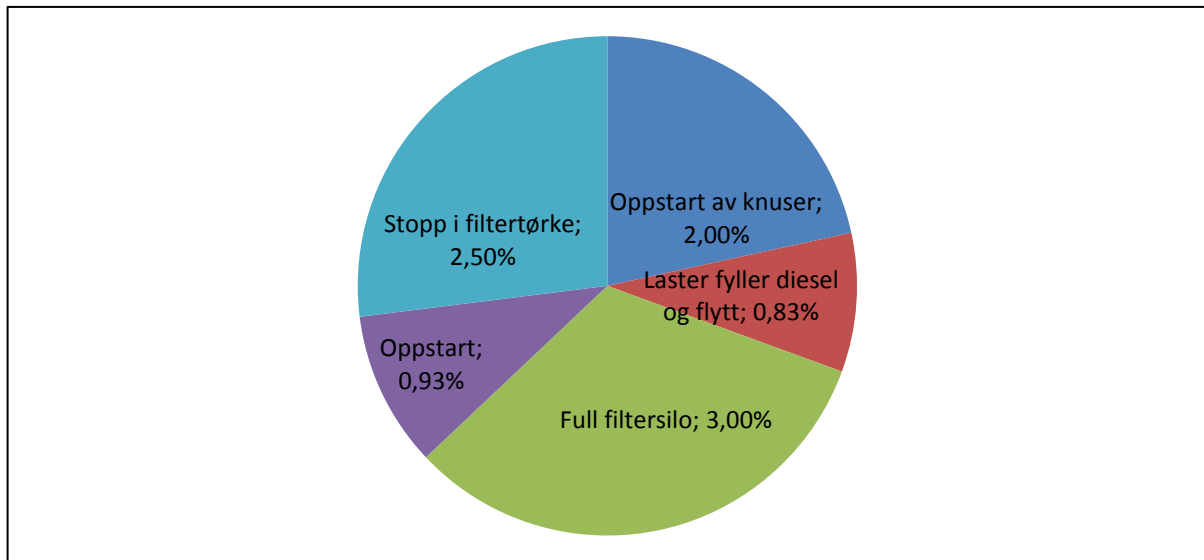
Tilgjengelighet <sup>skift</sup>		Utnyttelsesgrad <sup>skift</sup>	
Total skifttid	50:00:00	Total skifttid	50:00:00
Oppetid	49:30:00	Driftstid	39:49:00
<b>Tilgjengelighet</b>	<b>99,00 %</b>	<b>Utnyttelsesgrad</b>	<b>79,63 %</b>

Fordelingen av skifftid er presentert i figur 5.4-17. Transport utgjør 79,63 % av den totaleskifttiden. Dette tilsvarer utnyttelsesgraden. «Venting» og «Vent kiling» er to ulike kategorier av samme grunn som ved beregning for dumper 1 (se kap. 5.4.2). Fordeling av ventetiden vises i figur 5.4-18.



Figur 5.4-17 Dumper 2: Fordeling av skifftid, 19.-23. januar  
i % av total skifftid

Dumper 2 venter til sammen 2 timer og 45 minutt på grunn av stopp på oppredningsverket, ikke inkludert oppstart. Ventetiden på grunn av kiling var 1 time og 24 minutt. Altså ventet dumperen til sammen 4 timer og 9 minutter i løpet av uka på grunn av knuser og oppredningsverk.



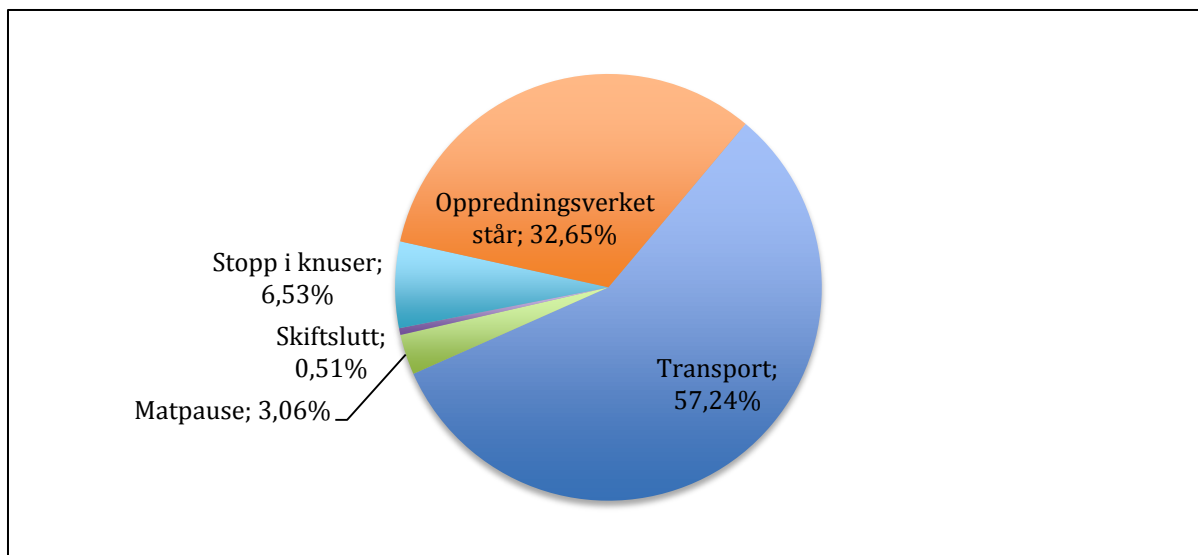
Figur 5.4-18 Dumper 2: Fordeling av ventetid, 19.-23. januar i % av total skifttid

2.-6. mars ble dumper 2 kun benyttet på kveldsskiftet, det gir en total skifttid på 32 timer og 40 minutt, da det på kveldsskiftet torsdag ble produsert lenger enn til kl. 22:00. Dumperfører lastet selv med hjullasteren. Det ble ikke utført vedlikeholdsarbeid på dumperen i denne perioden. Innsamlet data ligger i vedlegg T Tilgjengeligheten og utnyttelsesgraden for dumper 2 er presentert i tabell 5.4-11. Det ble ikke rapportert noe vedlikehold eller maskinfeil på dumperen i denne perioden. Utnyttelsesgraden er lav, det skyldes stopp i oppredningsverket, som for dumper 1 og hjullaster. Utnyttelsesgraden er høyere enn utnyttelsesgraden for dumper 1 i den samme perioden (tabell 5.4-9) det skyldes at oppetiden på oppredningsverket var høyere på kveldsskiftet enn på dagskiftet.

Tabell 5.4-11 Dumper 2: Tilgjengelighet og utnyttelsesgrad 2.-6. mars

Tilgjengelighet <sup>skift</sup>		Utnyttelsesgrad <sup>skift</sup>	
Total skifttid	32:40:00	Total skifttid	32:40:00
Oppetid	32:40:00	Verdiskapende tid	18:42:00
<b>Tilgjengelighet</b>	<b>100,00 %</b>	Utnyttelsesgrad	<b>57,24 %</b>

Hvordan skifttiden til dumper 2 er fordelt 2.-6.mars vises i figur 5.4-19. Det ble ikke registrert noe kiling på kveldsskiftet 2.-6. mars, men problemer med transportskruer i oppredningsverket førte til en ventetid på 3 timer og 58 minutt, dette er de 6,53 % registrert som stopp i knuser. Problemene med transportskruene til at verket stod i over et døgn, registrert som oppredningsverk står.



Figur 5.4-19 Dumper 2: Fordeling av skifttid, 2.-6.mars.

### 5.4.3 Pigger

Piggen ble brukt på både dag- og kveldsskift 19.-23. januar. Total skifttid er 74 timer. Den hadde ikke egen operatør, da den bare blir brukt ved behov. Informasjon om maskinen finnes i vedlegg B. Beregninger for 19.-23. januar er basert på data som ligger i vedlegg X. n i røysa og pigging i knuser.

Tabell 5.4-12 viser tilgjengelighet og utnyttelsesgrad for piggen på dag og kveldsskift. På dagskiftet var det to tilfeller av slangebrudd på piggen og det ble utført service. Utnyttelsesgraden er høyere på dagskiftet enn på kveldsskiftet. Dette skyldes at pigging av stuff og storstein i røys ble utført på dagskiftet, mens piggen kun ble brukt dersom det var kiling i knuseren på kveldsskiftet. Den verdiskapende tiden inkluderer pigging av stuff, pigging av storstein i røysa og pigging i knuser.

Tabell 5.4-12 :Piggen:Tilgjengelighet og utnyttelsesgrad, dagskift 19.-23. januar

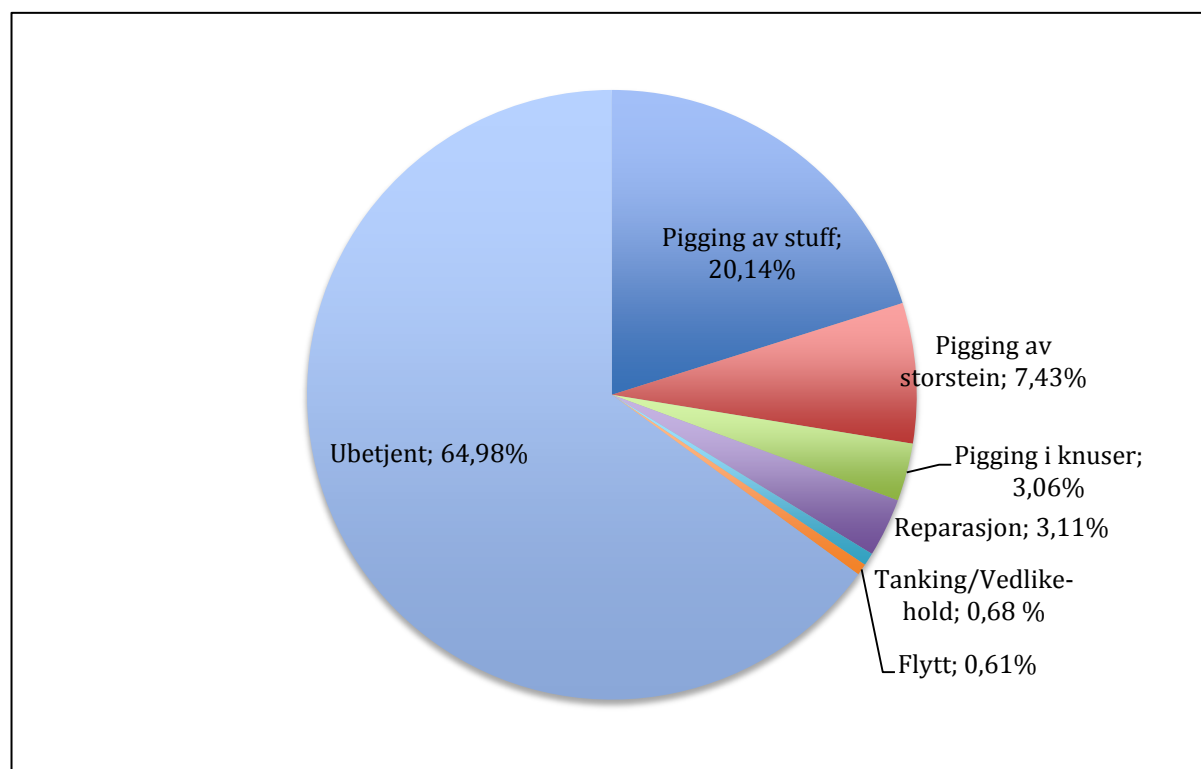
Tilgjengelighet <sup>skift</sup>		Utnyttelsesgrad <sup>skift</sup>	
<i>Dagskift</i>			
Skifttid	50:00	Skifttid	50:00
Oppetid	47:42:00	Driftstid	21:10:00
<b>Tilgjengelighet</b>	<b>95,40 %</b>	<b>Utnyttelsesgrad</b>	<b>42,33 %</b>
<i>Kveldsskift</i>			
Skifttid	24:00	<b>Skifttid</b>	24:00
Verdiskapende tid	24:00:00	Verdiskapende tid	1:30:00
<b>Tilgjengelighet</b>	<b>100,00 %</b>	<b>Utnyttelsesgrad</b>	<b>6,25 %</b>

Tilgjengeligheten og utnyttelsesgraden til piggeren for samlet skifttid er presentert i tabell 5.4-13. Utnyttelsesgraden på 31,98 % av skifttiden er lavere enn de andre maskinene som brukes i gruva.

Tabell 5.4-13 Pigger: Tilgjengelighet begge skift, 19.-23. januar

Tilgjengelighet <sup>skift</sup>		Utnyttelsesgrad <sup>skift</sup>	
Total skifttid	74:00	Total skifttid	74:00
Tilgjengelig tid	72:12	Verdiskapende tid	23:40
<b>Tilgjengelighet</b>	<b>97,57 %</b>	<b>Utnyttelsesgrad</b>	<b>31,98 %</b>

Fordelingen av skifttiden til piggeren 19.-23. januar vises i figur 5.4-20. Tid som ble blitt brukt til å flytte piggeren er underrapportert, særlig tiden som gikk til å flytte piggeren fra knuseren til gruva. Denne ligger i stor grad inne i kategorien «Pigging i knuser». 3,06 % av den totale skifttiden på 74 timer ble brukt til pigging ved kiling i knuser, dette tilsvarer 2 timer og 40 minutter.



Figur 5.4-20 Pigger: Fordeling av skifttid, 19.-23. januar

For datainnsamlingsperioden 2.-6. mars er det bare beregnet tilgjengelighet og utnyttelsesgrad for den totale skifttiden. Dette fordi piggeren var lite i bruk på grunn av at viftereima røk

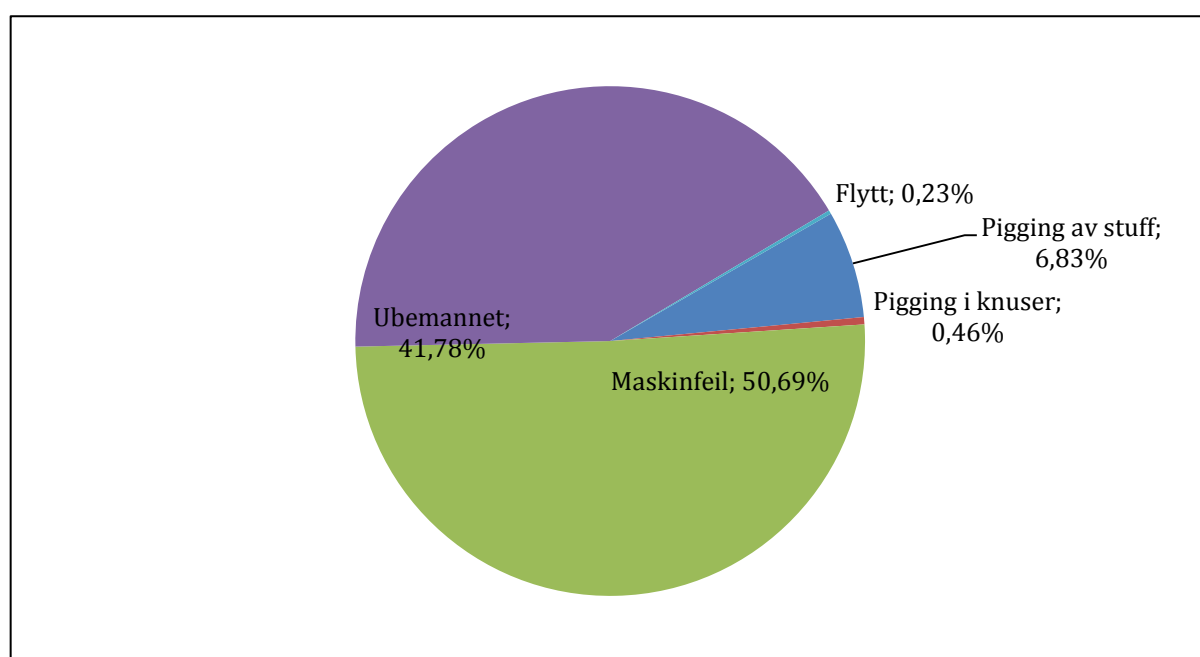


morgenen 4. mars. Dette kommer frem av tilgjengeligheten til piggeren (tabell 5.4-14). På grunn av viftereima ble også utnyttelsesgraden av piggeren svært lav

Tabell 5.4-14 Pigger: Tilgjengelighet og utnyttelsesgrad 2.-6. mars

Tilgjengelighet <sup>skift</sup>		Utnyttelsesgrad <sup>skift</sup>	
Total skifttid	72:00:00	Total skifttid	72:00:00
Oppetid	35:30:00	Verdiskapende tid	5:15:00
<b>Tilgjengelighet</b>	<b>49,31 %</b>	<b>Utnyttelsesgrad</b>	<b>7,29 %</b>

Fordelingen av skifttiden var som vist i figur 5.4-21. Det var bare et tilfelle av pigging i knuser i denne perioden, da ble det pigget der i 20 minutt.



Figur 5.4-21 Pigger: Fordeling av skifttid, 2.-6. mars

I løpet av valideringsmøtet i gruva ble det stilt spørsmål om det kunne vært unngått at viftereima røk. Det ble ment at det kunne det med mer tilsyn. Grunnen til at dette ikke hadde vært godt nok gjennomført mente de kunne komme av uavklart ansvarsforhold når det gjelder for piggeren, da LNS leier maskinen av FMK. Dersom det hadde blitt kiling i knuseren når piggeren var i ustand ville det blitt nødvendig med ekstern hjelp. For å unngå at det ble kiling måtte de være svært selektive med hva som ble lastet på dumperen og tippet i knuseren (Validering av produksjonsanalyse, 2015).

#### 5.4.4 Borerigg

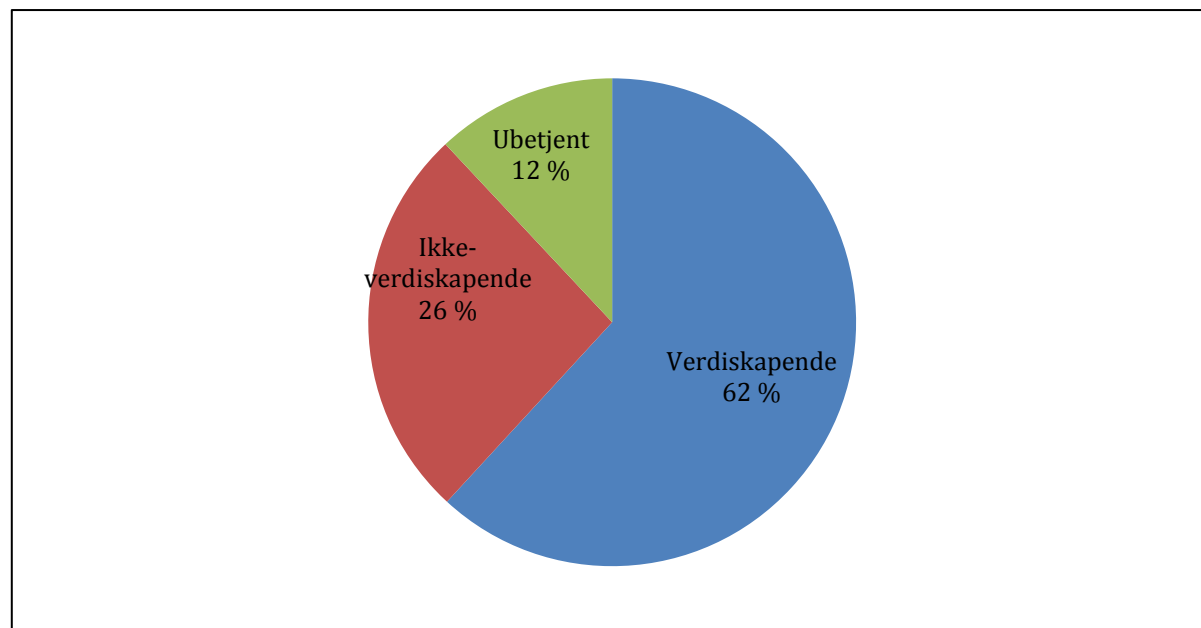
19.-23. januar var borerigger betjent mandag-torsdag 06:00-16:00 og fredag 06:00-14:00. Det vil si at den totale skifttiden for boreriggen var 48 timer. Den innsamlede dataen for boreriggen 19.-23. januar ligger i vedlegg T.

Tilgjengeligheten og utnyttelsesgraden til boreriggen er presentert i tabell 5.4-15. Nedetiden skyldes feil på elektrisk bryter og slangebrudd. Den verdiskapende tiden inkluderer boring av salve og stross, lading og oppsett av tennere, og aktivitetene som inngår i disse, forklart i kap. 5.1.1 og 5.1.2.

Tabell 5.4-15 Borerigg: Tilgjengelighet, 19.-23. januar

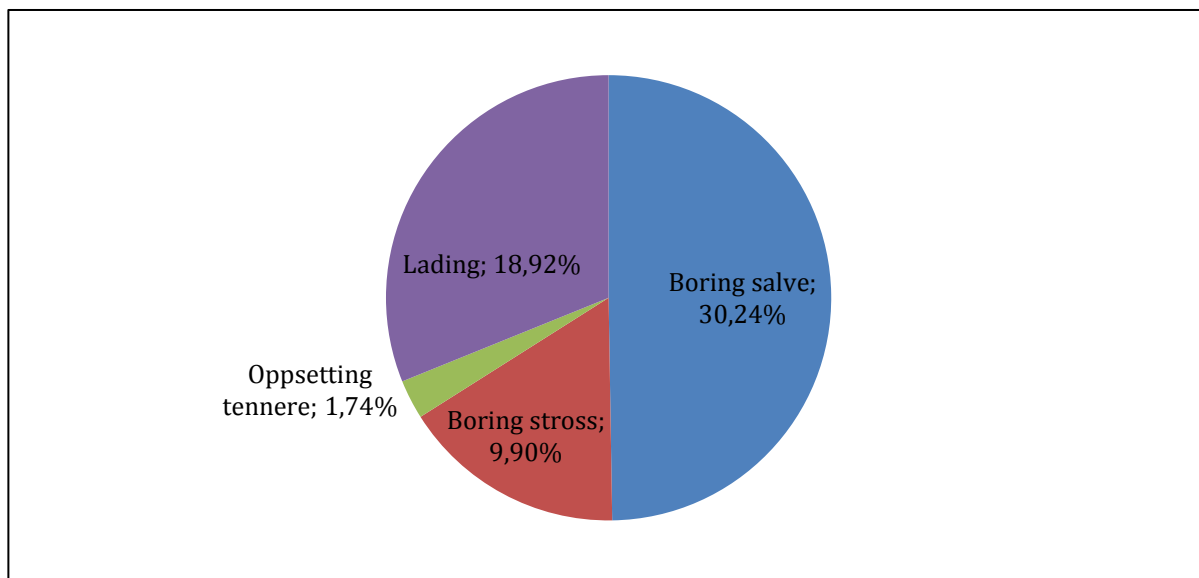
Tilgjengelighet <sup>skift</sup>		Utnyttelsesgrad <sup>skift</sup>	
Total skifttid	48:00:00	Total skifttid	48:00:00
Oppetid	43:40:00	Verdiskapende tid	29:41:00
<b>Tilgjengelighet</b>	<b>90,97 %</b>	<b>Utnyttelsesgrad</b>	<b>61,84 %</b>

Fordelingen av skifttiden for boreriggen er vist i figur 5.4-22.



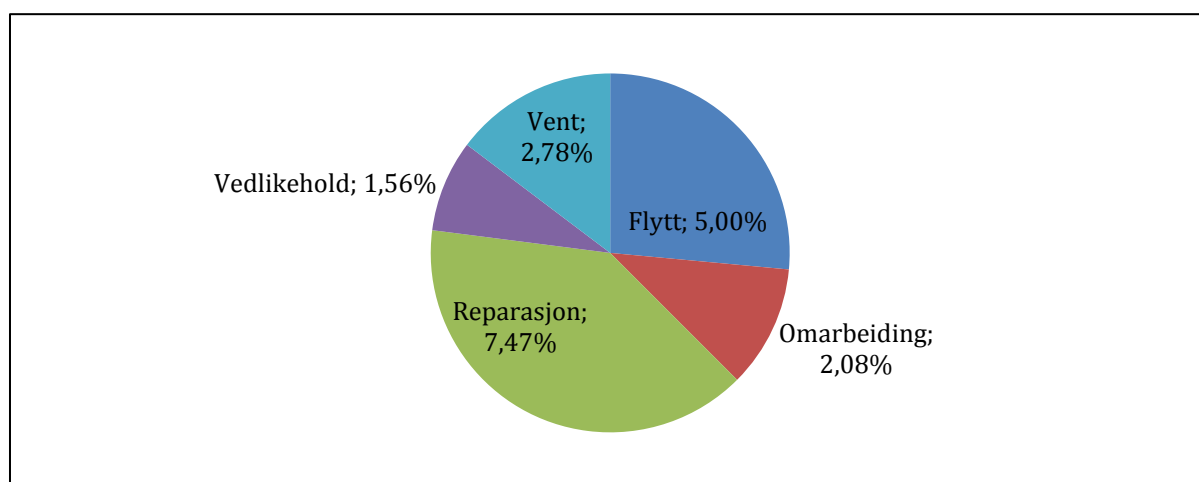
Figur 5.4-22 Borerigg: Fordeling av skifttid, 19.-23. januar

Fordelingen av den verdiskapende tiden er vist i figur 5.4-23, som nevnt i kap. 5.1.1 er oppsetting av tennere underrapportert og inngår ofte i bore- eller ladetiden.



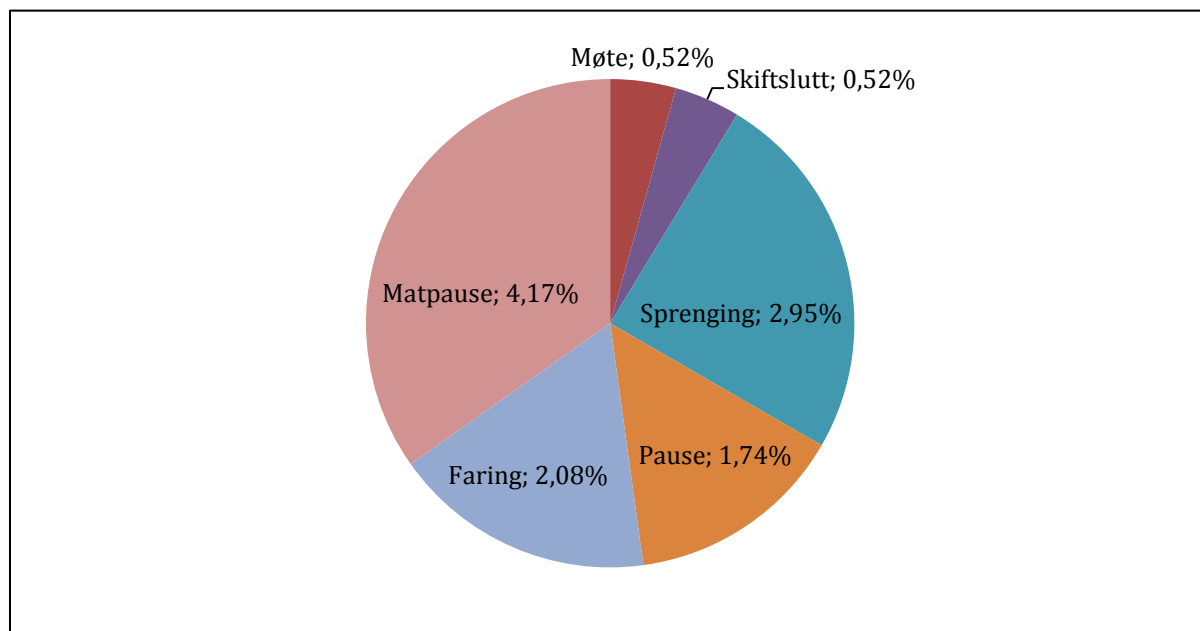
Figur 5.4-23 Borerigg: Fordeling av verdiskapende tid, 19.-23. januar i % av total skifttid

Den ikke verdiskapende tiden på boreriggen er fordelt som vist i figur 5.4-24. Her vises det at 7,47 % av tiden gikk til reparasjoner, dette skyldes det allerede nevnte slangebruddet og feil på en elektrisk bryter på boreriggen. Reparasjonene tok 3 timer og 35 minutter. Kategorien «Vent» i figur 5.4-24 skyldtes at ingen stuffer var ledig for å bore, de var enten ikke ferdig lastet fra eller ikke ferdig rensket. Omarbeiding skjedde 20.01.2015 der henghullene måtte lades på nytt og omskytes i toppstollen. «Pumping av vann» skyldtes at en stein traff en vannkrane ved sprenging i H3 Synk og tappet vannmagasinet slik at det måtte pumpes vann dit fra et annet magasin for å få vanntilførsel på boreriggen. Det ble til sammen brukt 2 timer og 24 minutt på å flytte boreriggen 19.-23. januar.



Figur 5.4-24 Borerigg: Fordeling av ikke verdiskapende tid, 19.-23. januar i % av total skifttid

Den ubemannede tiden er presentert i figur 5.4-25. Klargjøring av tennere blir normalt gjort av stuffarbeider, at dette er presentert i denne figuren skyldes at stuffarbeider ikke var på jobb slik at borer selv måtte utføre dette.



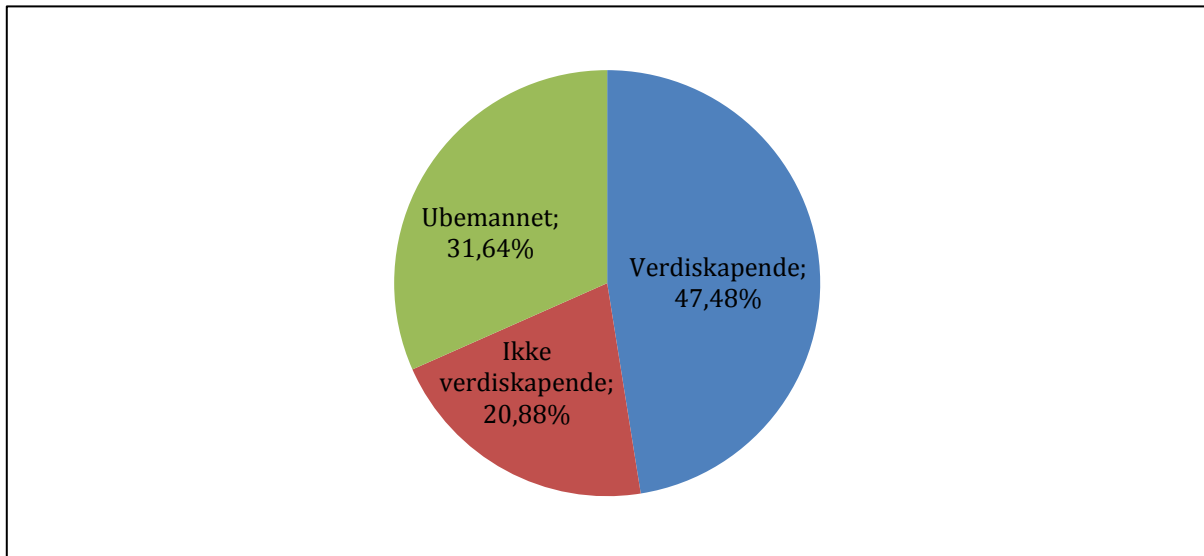
Figur 5.4-25 Borerigg: Fordeling av ubemannet tid, 19.-23. januar i % av total skifttid

2.-6. mars var den totale skifttiden på boreriggen 32 timer og 5 minutt. De fem ekstra minuttene skyldtes punktering av en gruvebil som gjorde sprengingen fem minutt forsinket. Grunnlaget for beregningene ligger i U. Tilgjengelighet og utnyttelsesgrad er presentert i tabell 5.4-16. Utnyttelsesgraden 2.-6. mars er lavere enn utnyttelsesgraden 19.-23. januar. Det skyldes at det ikke skulle produseres like mye i denne perioden. Det tok lenger tid å laste fra stuff slik at boreriggen fikk tilgang, da det kun var en dumper på hvert skift som lastet. I tillegg røk viftreima på piggeren, slik at stuffer som var ferdig fralastet heller ikke kunne gjøres klar til boring.

Tabell 5.4-16 Borerigg: Tilgjengelighet og utnyttelsesgrad, 2.-6. mars

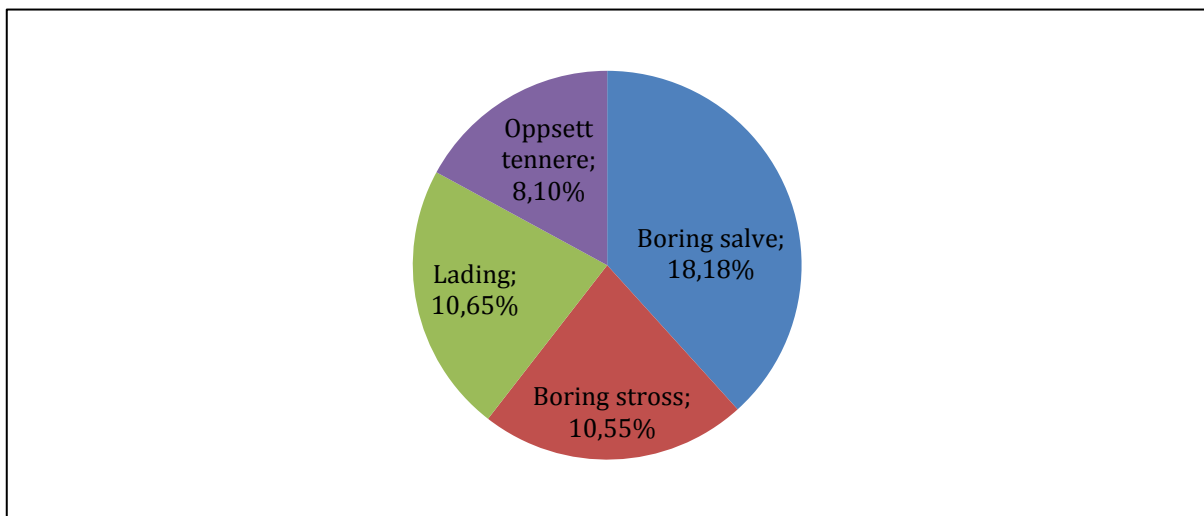
Tilgjengelighet <sup>skift</sup>		Utnyttelsesgrad <sup>skift</sup>	
Total skifttid	32:05:00	Total skifttid	32:05:00
Oppetid	31:40:00	Verdiskapende tid	15:14:00
<b>Tilgjengelighet</b>	<b>98,70 %</b>	<b>Utnyttelsesgrad</b>	<b>47,48 %</b>

Fordelingen av skifttiden er presentert i figur 5.4-26.



Figur 5.4-26 Borerigg: Fordeling av skifttid, 2.-6. mars

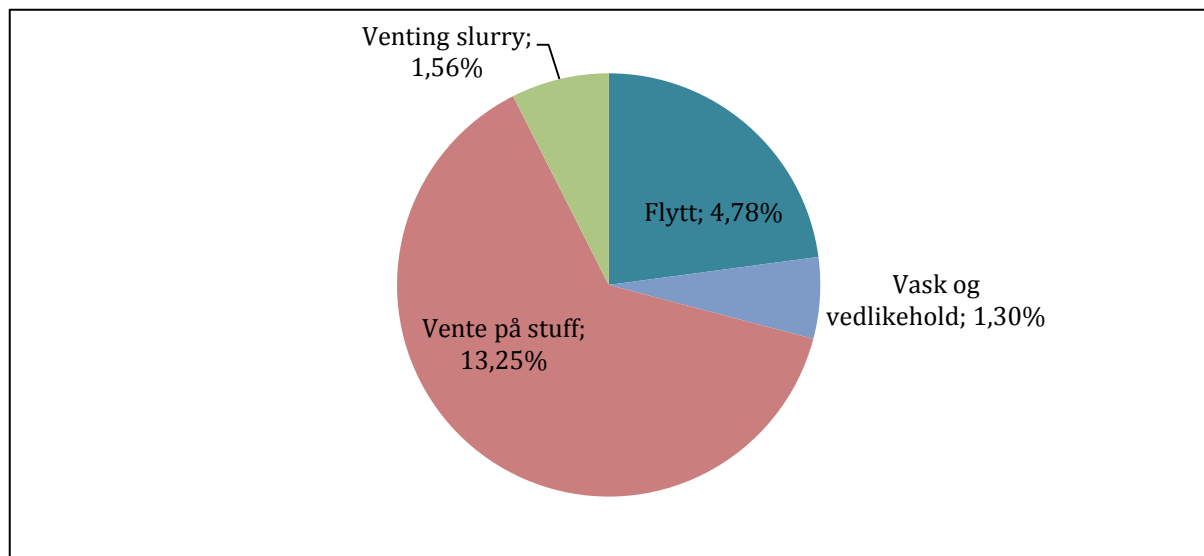
Den verdiskapende tiden er fordelt som vist i figur 5.4-27. I denne perioden ble oppsett av tennere oftere rapportert som egen aktivitet i forhold til 19.-23. januar. Det vises at det prosentualt ble boret mer på stross i den andre datainnsamlingsperioden i forhold til den første (se figur 5.4-23)



Figur 5.4-27 Borerigg: Fordeling av verdiskapende tid, 2.-6, mars  
i % av total skifttid

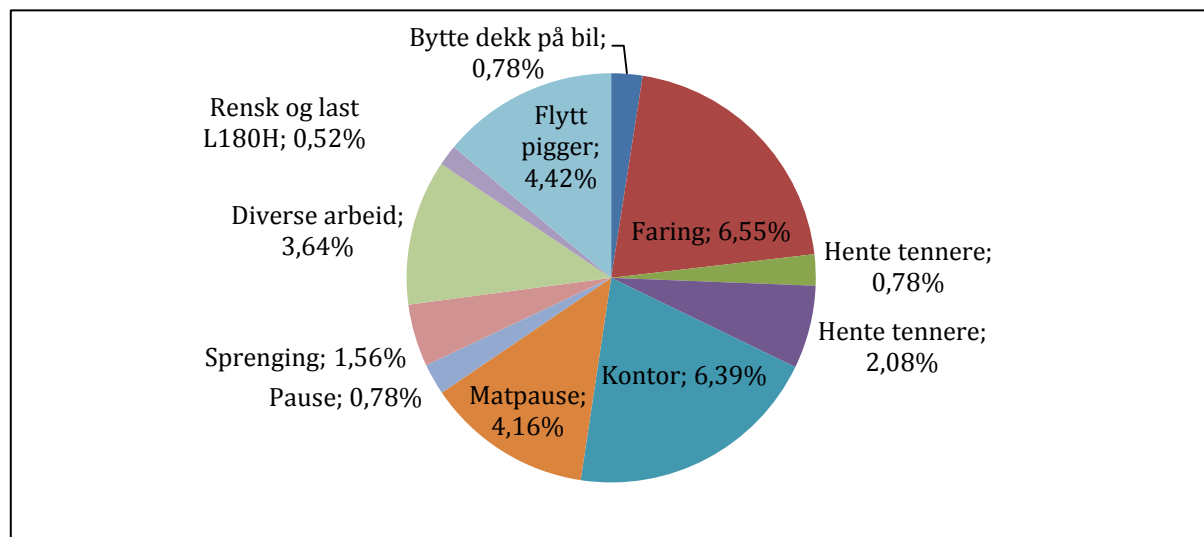
Den ikke verdiskapende tiden, figur 5.4-28, viser at det var mye ventetid for boreriggen denne datainnsamlingsperioden. En halvtime ble brukt til å vente på slurrybil mens det ble ventet på ledig stuff til sammen 4 timer og 15 minutter. Flytt av boreriggen er også tidkrevende. Til sammen 1,5 time ble til sammen brukt til å flytte den. Mer tid ble brukt 19.-

23. januar, det har sammenheng med at det ble utført mer arbeid med boreriggen den uka (figur 5.4-24).



Figur 5.4-28 Borerigg: Fordeling av ikke verdiskapende tid, 2.-6. mars i % av total skifttid

Den ubemannede tiden (figur 5.4-29) viser at boreoperatøren utførte annet arbeid når det ikke var arbeid med boreriggen. Blant annet ble det rensket og lastet fra stoff, dette varte 1 time og 35 minutt. Sprenging tok 30 minutt denne uka.



Figur 5.4-29 Borerigg: Fordeling av ubemannet tid, 2.-6. mars i % av total skifttid

Basert på boreoperatørens og stuffarbeiders rapportert i tillegg til DILO utført for boring av salve, stross og lading er det beregnet total anleggsutnyttelse, OEE, for boreriggen for perioden 2.-6. mars. Registrert data fra DILO-studiene ligger i vedlegg V, W, og X. Tap

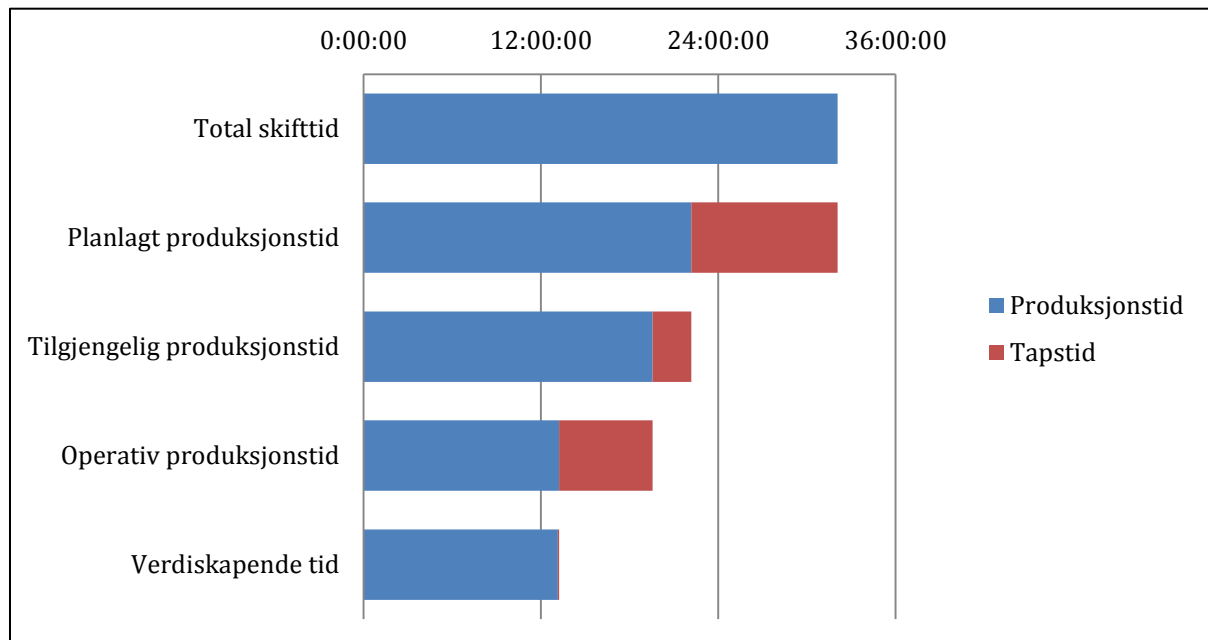
registrert i DILO-studier er kvantifisert til å gjelde alle like aktiviteter. For eksempel er det antatt at tiden som gikk til rydding registrert under DILO-studiet for lading, gjelder hver gang en salve lades.

Tapene som er trukket fra er presentert i tabell 5.4-17.

Tabell 5.4-17 Borerigg: Tapskategorier

Planlagt ståtid	Nedetid	Kapasitetstap	Kvalitetstap
Faring	Flytt	Rydding på stuff	Bormaskin glipper
Pause	Veldikehold og vask	Bytte til grovhullskrone	
Arbeid ikke utført med borerigg	Rangering	Laste tennerne opp i korga	
Skiftslutt		Laste boltene opp i korga	
Sprengning		Ta kaksprøve	
		Avhopp slange	
Kontortid		Vente på stuff	
		Vente på slurry	
		Hente tennere	

Grafisk fremstilling av OEE vises i figur 5.4-30. Tilgjengeligheten er 88,13%, anleggsutnyttelsen er 90,94 % og kvaliteten er 99,36 %, det gir en beregnet OEE på 59,27 %



Figur 5.4-30 Borerigg: OEE, 2.-6. mars

Under presentasjonen av resultatet fra datainnsamlingen 20. mai ble det fortalt at det ikke er et poeng for boreriggen å jobbe mest mulig, da den har høyere kapasitet enn lasting og transport. Det er derfor normalt at det kun arbeides rundt 3 timer med boreriggen hver dag. Dette inkluderer oppsetting av tennere, boring og lading. Det opplevdes at det som førte til ventetid var at det ikke var ferdig pigget og rensket på stuff, men på grunn av kapasiteten til boreriggen ble det ikke ansett som et problem da det kunne utføres annet forefallende arbeid i ventetiden (Validering av produksjonsanalyse, 2015).

### 5.4.5 Knuser

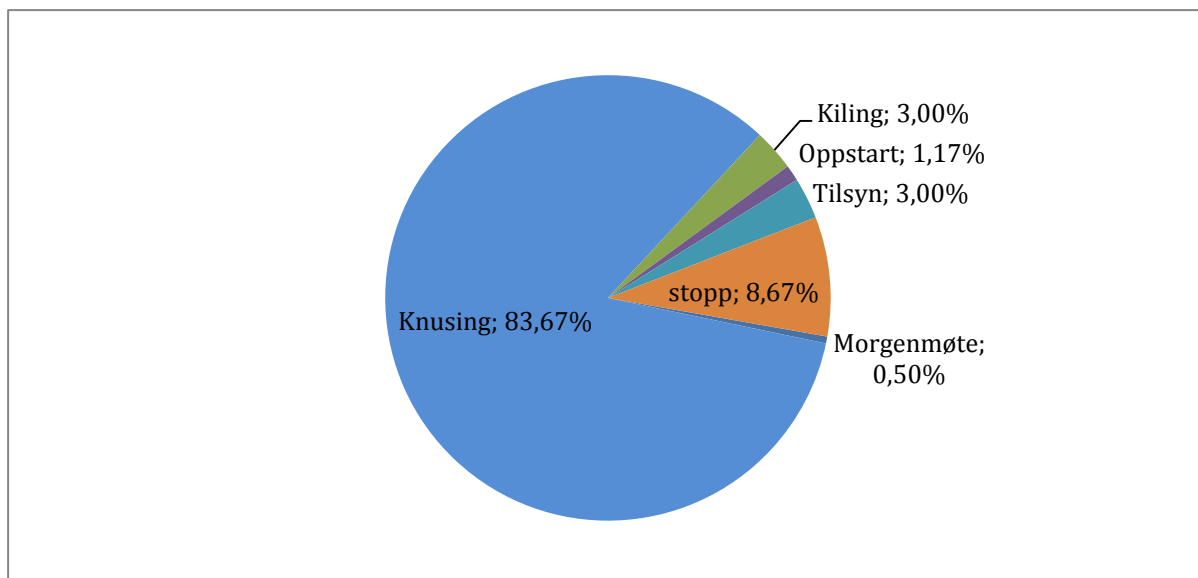
Beregnet på total skifttid er utnyttelsesgraden til knuseren tilsvarende tilgjengeligheten, utnyttelsesgraden er presentert i tabell 5.4-18.

Tabell 5.4-18 Knuser: Utnyttelsesgrad, 19.-23. januar

<b>Utnyttelsesgrad</b>	
Dagskift	
Dagskifttid	50:00:00
Verdiskapendetid	41:50:00
<b>Utnyttelsesgrad<sup>dag</sup></b>	<b>83,67 %</b>
Kveldsskift	
Kveldsskifttid	24:00:00
Verdiskapendetid	21:22:00
<b>Utnyttelsesgrad<sup>kveld</sup></b>	<b>89,03 %</b>
Total skifttid	
Total skifttid	74:00:00
Verdiskapendetid	63:12:00
<b>Utnyttelsesgrad<sup>totalt</sup></b>	<b>85,41 %</b>

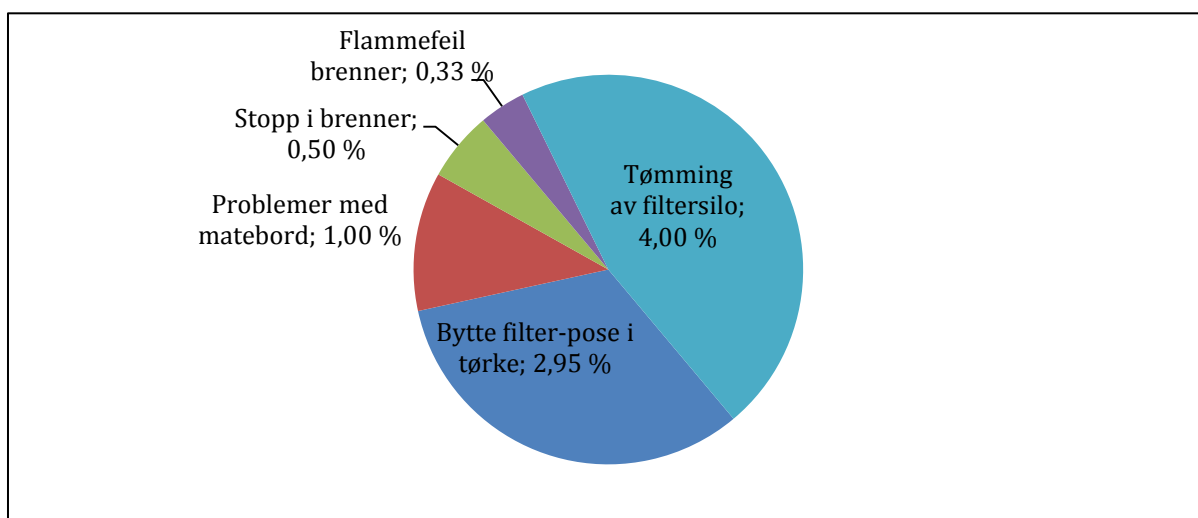
19.-23. januar var det knusing 87,15 % av dagskifttiden på 50 timer, se figur 5.4-31, dette Stopp i produksjonen som følge av kiling forårsaket en nedetid på 1 time 30 minutt. Andre stopp i produksjonen førte til en nedetid på 4 timer og 20 minutt. Disse stoppene er nærmere presentert i figur 5.4-32. Registrert data for knuseren ligger i vedlegg H.





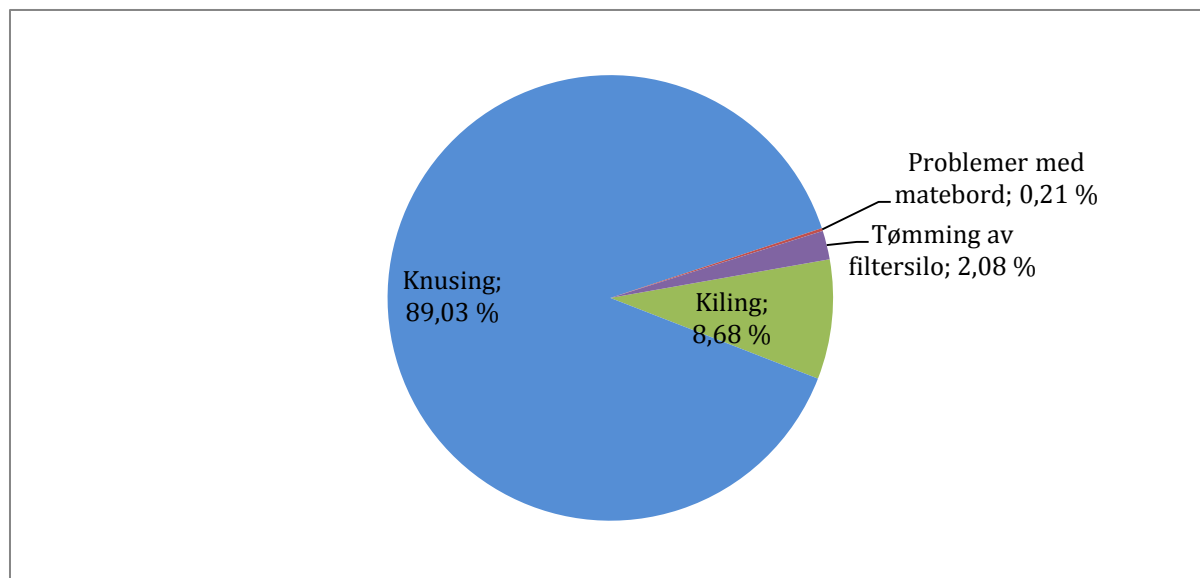
Figur 5.4-31 Fordeling av dagskifttid, 2.-6. mars

Samlet fører kiling og andre ikke planlagte stopp i produksjonen til at knuseren ikke kan ta i mot stein 4 timer og 50 minutt av dagskiftiden.



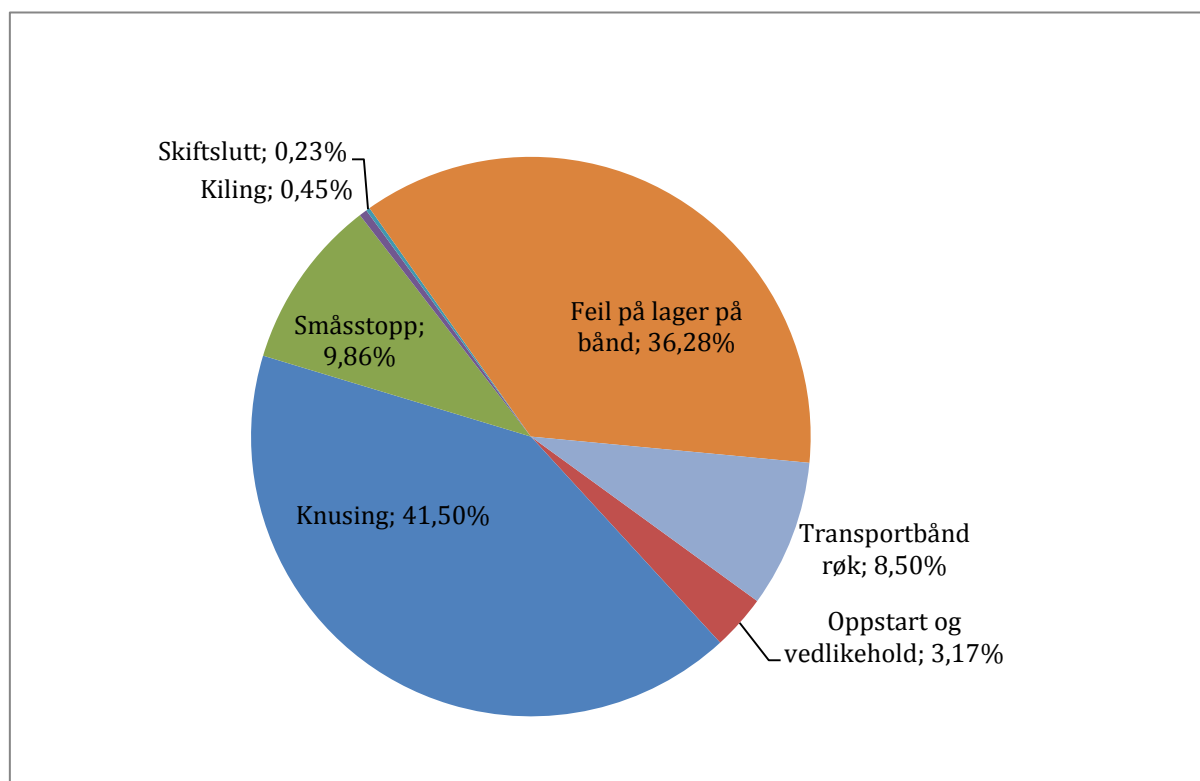
Figur 5.4-32 Knuser: Stopptid, 19.-23. januar  
i % av dagskifttid

Utnyttelsen av knuseren på kveldsskiftet 19.-23. januar er presentert i figur 5.4-33. Kveldsskifttiden var 24 timer. Knusetiden var 21 timer og 22 minutt Det var kiling 8,68% av tiden, det tilsvarer 2 timer og 5 minutt.

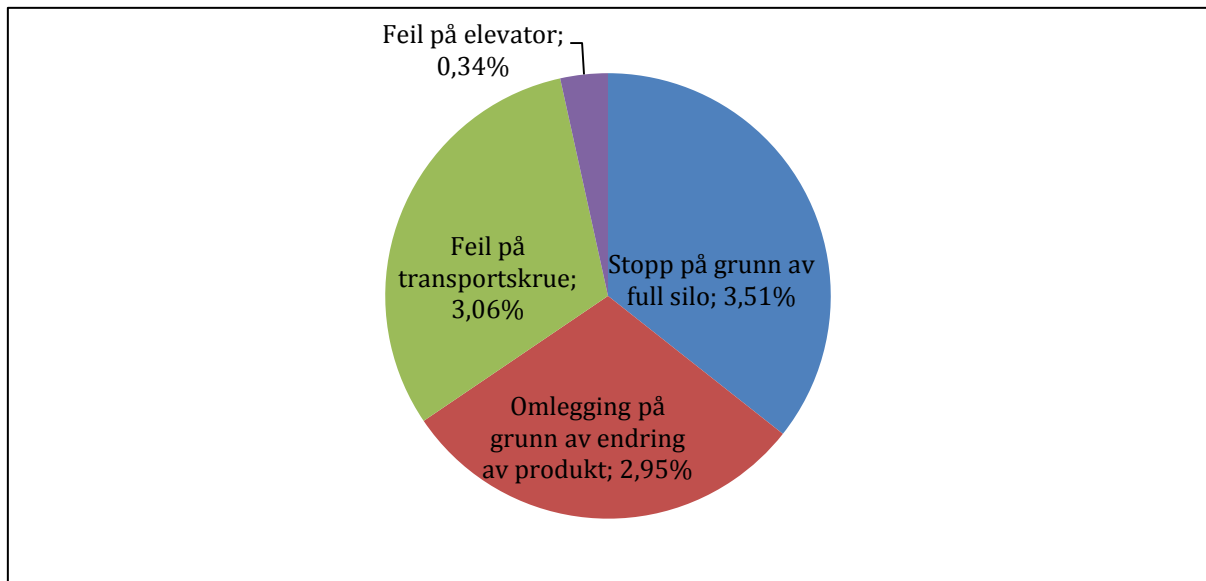


Figur 5.4-33 Knuser: Fordeling av kveldsskifttid, 19.-23. januar

2.-6. mars førte problemer med lager på et bånd i oppredningsverket til at det ble lite produksjon i knuseren. Fordelingen av skifttid er presentert i figur 5.4-34. Lageret ble reparert på ettermiddagen 5. mars. På morgenen 6. mars røk et transportbånd og det ble stopp til etter helga. Alle stoppene førte til at det kun var knusing 41,5 % av skifttiden på 73 timer og 40 minutt. Det tilsvarer 30,5 timer. Småstoppene er presentert i figur 5.4-35.



Figur 5.4-34 Knuser: Fordeling av skifttid, 2.-6. mars



Figur 5.4-35 Knuser: Småstopp, 2.-6. mars

Den lave tilgjengeligheten 2.-6. mars mente anleggsleder fra FMK, Gullik Sletteng, skyldtes etterslep på vedlikehold og forebyggende arbeid fra storproduksjonen i januar. På grunn av stort produksjonspress ble ikke vedlikehold og tilsyn prioritert i denne perioden. Hverken tilgjengeligheten i 19.-23. januar eller 2.-6. mars er normaltstand for knuseren da tilgjengeligheten til knuser og oppredningsverk pleier å ligge mellom 70 og 80 % total skifttid (Validering av produksjonsanalyse, 2015).

## 5.5 Produksjon og produktivitet

Produktiviteten per timeverk i hele gruva er beregnet tabell 5.5-1. Hvordan produktivitet blir beregnet er forklart i kap. 2.4.7. Det er ikke tatt hensyn til at enkelte operatører av ulike årsaker ikke har vært på jobb hele skiftet, da dette er operatører som ikke har direkte innflytelse på hvor mye masse som blir kjørt til knuseren på kort sikt. Det er heller ikke tatt hensyn til eventuelle stopp i knuser, det gjøres i tabell 5.5-2. Tiden det er regnet med på piggeren er den verdiskapende tiden på dagskiftet 19.-23. januar. Dette er tiden den ble brukt av anleggsleder fra LNS eller operatør som ikke bemannet andre maskiner. 2.-6. mars hadde ikke piggeren egen operatør, og timeverk på pigger inngår derfor i timeverkene på de andre maskinene.

Produktiviteten til gruva er på 40,4 tonn/timeverk 19.-23. januar. Medberegnet operatør i knuser er produktiviteten 32,4 tonn/timeverk. 2.-6. mars er produktiviteten 11,5 tonn/timeverk

inkludert knuseoperatør. Den langt lavere produktiviteten 2.-6. mars skyldes i stor grad stopp i oppredningsverket (figur 5.4-34).

Tabell 5.5-1 Produktivitet

	<b>19.-23. januar</b>	<b>2.-6. mars</b>
Tonn produsert	12086 tonn	2402 tonn
Timeverk dumper	132 timer	72 timer
Timeverk hjullaster	50 timer	0 timer
Timeverk pigger	21,17 timer	0 timer
Timeverk borer	48 timer	32 timer
Timeverk stufferarbeider	48 timer	32 timer
Totalt antall timeverk i gruva	299,17	136
Produktivitet gruve	40,4 tonn/timeverk	17,7 tonn/timeverk

Etter ønske fra FMK skulle de to skiftformene sammenlignes. Ved produksjon av 20-70 mm fraksjonen 19.-23. januar var intervallet på matebordet<sup>4</sup> til knuseren 4 sekund. Ved produksjon av fraksjon 0-20 mm 2.-6. mars var intervallet på matebordet 11 sekund. Det vil si at knuseren kunne ta i mot mer masse per tidsenhet 19.-23. januar enn 2.-6.mars.

Å sammenligne skiftformene 19.-23. januar og 2.-6. mars vil derfor være vanskelig, da de ikke har like forutsetninger for produksjon. Derimot sammenlignes dagskift og kveldsskift 19.-23. januar da kveldsskiftet da hadde samme bemanning som hvert av skiftene 2.-6. mars når det gjelder lasting og transport.

<sup>4</sup> Intervallet på matebordet vil si hvor lenge det er mellom hver gang det gjør et rykk slik at masse faller ned i knuseren fra tippkassa.

Tabell 5.5-2 viser en oversikt over hva som er blitt produsert i knuseren. Da det ikke er mellomlagring før knuseren tilsvarer produksjon i knuser hvor mye som blir lastet og transportert ut av gruva. På dagskiftet 19.-23. januar ble det produsert 224,8 tonn per tilgjengelig time på knuseren. Dette er 80,8 tonn mer enn det ble produsert per tilgjengelig time på kveldsskiftet. Justert for at det er to dumpere på dagskiftet er produktiviteten omtrent lik på dagskiftet og kveldsskiftet, når også lasteoperatøren regnes med er produktiviteten langt lavere for dagskiftet enn for kveldsskiftet, med 74,9 mot 114 tonn.

Beregnet på den verdiskapende tiden er også produktiviteten 19.-23. januar høyere på kveldsskiftet enn på dagskiftet. På dagskiftet ble det lastet fra stuffer lenger unna knuser enn det ble på kveldsskiftet (se vedlegg Å), noe av forskjellen i produktivitet kan tilskrives dette. I tillegg ble det kjørt med lavere lassvekt på dagskiftet enn på kveldsskiftet (se figur 5.1-21).

Operatørene og anleggsleder fra LNS mente at mindre kiling var en grunn til at det var viktig med egen hjullasterfører ved høy produksjon, da det ga mer tid og mulighet til å sortere ut storstein og knuse denne før det ble lastet på dumper. (Validering av produksjonsanalyse, 2015) Forekomsten av kiling 19.-23. januar kan tyde på at dette stemmer, da det var langt mer produsert per kiling når det var egen hjullasterfører enn når dumperfører lastet selv

Tabell 5.5-2 Produktivitet dumpere

	19.-23. januar		2.-6. mars
	Dagskift	Kveldsskift	Begge skift
Fraksjon	20-70 mm	20-70 mm	0-20 mm
Intervall på matebord	4 s	4 s	11 s
Produserte tonn	9206	2880	2402
Tilgjengelig tid på knuser	40:57:00	20:00:00	30:30:00
Tonn produsert per tilgjengelig time på knuser	224,8	144	78,75
Tonn per tilgjengelig time på knuser, per operatør (ikke inkl. lasteoperatør)	112,4	114	78,75
Tonn per tilgjengelig time på knuser per operatør (inkl. lasteoperatør)	74,9	114	78,75
Verdiskapende skifttid på dumper(begge dumpere)	77:39:00	19:45:00	32:39:00
Tonn per verdiskapende timeverk dumper	118,6	145,8	60,58
Verdiskapende tid lasteoperatør	38:30:00	-	-
Tonn per verdiskapende timeverk (dumpere og hjullastere)	79,3	-	-
Tilfeller av kiling	4	4	1
Tonn produsert per kiling <sup>5</sup>	2301,5	720	2402

## 5.6 Gruvekostnader

De fullstendige beregningene ligger i vedlegg A og B.

De beregnede driftskostnadene for gruva i Ballangen er presentert i tabell 5.6-1. Fordelingen av av beregnede kostnader ved normal produksjon er presentert i figur 5.6-1. Dette er

<sup>5</sup>Beregnet som total produksjon på skiftet i løpet av uka delt på antall tilfeller av kiling på hvert skift.

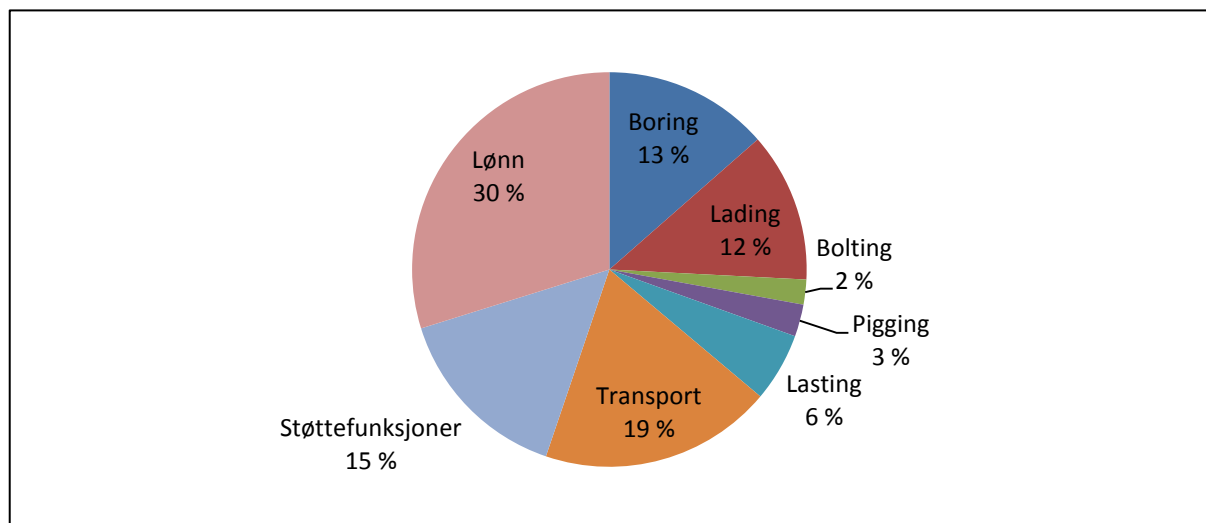
kostnader for LNS og inkluderer drivstoff, sprengstoff, vann og elektrisitet. FMK betaler LNS 60 NOK/tonn levert på knuser.

Tabell 5.6-1 Driftskostnader

Kostnadsposter	NOK/tonn
Boring	6,68
Lading	6,05
Bolting	1,01
Pigging	1,30
Lasting	2,78
Transport	9,41
Vei	1,48
Ventilasjon	4,82
Elektrisitet	0,52
Vann	0,56
Lønn	14,70
<b>Totale kostnader</b>	<b>49,29</b>

I gruva i Ballangen er maskinkombinasjonen ved lasting og transport Volvo L180H og Volvo A40D, lastekapasiteten utnyttet ikke fullt.

Ved høy bemanning, slik som i januar, var hjullaster bemannet med egen operatør. Det ble sprengt 6 salver 19.-23. januar. Lønnskostnaden, inkludert lastemaskinoperatør, blir da 12 NOK/tonn, og de totale kostnadene 47,48 NOK/tonn. Antall timer er da beregnet som 48 timer for borer og stoffarbeider, og 50 timer for hjullasteroperatør.



Figur 5.6-1 Fordeling av driftskostnader





## 6 Diskusjon

### 6.1 Datainnsamlingsmetode

Metoden var arbeidskrevende for undertegnede, da data måtte samles inn ved skiftslutt, eventuelt neste morgen, og så føres manuelt inn i Microsoft Excel. Det viste seg vanskelig å følge opp uklarheter i rapporteringene, særlig det som gjaldt antall lass eller tidspunkt. Det var stor forskjell i nøyaktigheten på rapportene. Det er visse forskjeller mellom operatørene, enkelte har rapportert svært nøyaktig, mens andre har rundet av varigheten av aktivitetene til nærmeste kvarter.

Datainnsamlingsarbeidet hadde vært lettere og resultatet ville sannsynligvis vært mer nøyaktig dersom det hadde vært radiosamband i gruva og det kunne blitt radiatorapportering i stedet for skriftlig rapportering.

Salvene har ikke vært nummererte noe som fører til en viss usikkerhet med tanke på salvesyklusetid og antall stuffer det har vært arbeidet på i samme område i gruva.

### 6.2 Resultat

Stuffutnyttelsen er lav, men som nevnt i kap.4.4.3 er dette et valg de har gjort i gruva for å oppnå god utlufting av sprengasser. I tillegg er redundans på salver som er klare til lasting bufferlager for oppredningsverket i tilfelle stopp i produksjonen.

Maskinene har jevnt høy tilgjengelighet, men stopp i knuseren gir store ringvirkninger for driften. Kiling i knuser fører til ventetid for dumper, som igjen fører til ventetid for hjullaster. Ved lengre stopp vil også borerigg bli hindret i videre arbeid. Mindre nedetid på knuser vil derfor gi en mer stabil driftsituasjon for LNS, også økonomisk, da de får betalt per tonn levert på knuser.

Det var få tilfeller av avbrudd og heft i produksjonen på grunn av maskinfeil. Årsaken til flest stopp og dermed mye ventetid var kiling i grovknuseren.

I Ballangen diskuteres investering i stasjonær hydraulisk hammer til knuseren, som skal brukes i tilfelle kiling. I et Lean perspektiv er dette feil tilnæringsmåte, da det er årsaken til kiling som bør finnes og elimineres. Kilingen forekommer når det er for stor stein som tippes i knuseren. Jamført Lean bør det derfor fokuseres på at fragmenteringen ved sprenging må bli bedre, og/eller å hindre at det lastes for store steiner på dumperen i utgangspunktet.

Gruva Norcem Dalen har gode erfaringer med bruk av kilkutt. Salver med kilkutt gir godt kast, noe som kan føre til at større blokker fragmenteres. Denne gruva har heller ikke noe uttalt problem med for mye finstoff i produksjonen. Det skal nevnes at boring av kilkutt tar lenger tid enn boring av ei salve med parallellhullskutt, Norcem Dalen har en gjennomsnittlig boretid på 2,5 timer, tverrsnittet er på 112 m<sup>2</sup>. I Ballangen ble det brukt omtrent 1,5 time for å bore ei salve, ikke inkludert manuell rensk og bolting. Ettersom utnyttelsesgraden av boreriggen er lav sammenlignet med de andre maskinene i gruva burde ikke dette være et problem, da det finnes tilgjengelig tid for lenger boreoperasjoner i dagens skifttid. Med tanke på at det 19.-23 januar var kiling i knuseren til sammen 3 timer og 45 minutt, noe som forplanter seg til lasting og transport, ville en ekstra boretid på omtrent 2, 5 timer i uken (beregnet med gjennomsnittlig antall salver på 2,5 per uke) vært en bedre løsning, dersom kilkutt hadde ført til mindre kiling i knuser. Også med tanke på reduksjon av finstoffandel inn på oppredningsverket kunne det vært interessant å se hvordan en kilkutt hadde fungert, da Norcem Dalen ikke har noe uttalt problem med finstoff.

I gruva i Ballangen ble det uttalt at kilkutt ikke var aktuelt så lenge de har tre-boms borerigg. Tre-boms borerigg er ikke noe hinder for å gjøre et forsøk med kilkutt, og dersom det viser seg å fungere godt kan det vurderes to-boms ved investering i ny borerigg.

Datainnsamlingen 19.-23. januar viste færre tilfeller av kiling når hjullaster hadde egen operatør, noe som kan tilsi at tid til å knuse storstein og sortere er utslagsgivende for at det ikke blir kiling. Ettersom det ikke ble lastet fra samme stuff på dag- og kveldsskift er ikke disse funnene entydige, da det også kan være grad av fragmentering ved sprenging som var utslagsgivende. Operatørene og anleggsleder fra Franzefoss var derimot klare på at egen hjullasteroperatør var bedre i perioder med høy produksjon da det ga mer tid til nettopp trimming av røys, noe som gjorde at det lå igjen mindre stein når lastingen var ferdig.

Å unngå kiling når dumperfører laster selv burde også være mulig med mer fokus på sortering og trimming av røys. Ulempen er at syklustiden til dumperne blir lengre og det vil bli produsert mindre per tidsenhet. Dersom resultatet er mindre kiling kan det antas at det likevel ville vært kostnadsbesparende.

Når det først er kiling i knuseren må det pigges. Å kjøre med dumper for å gi beskjed til operatøren som jobber på piggeren inne i gruva koster tid og penger. For å pigge i knuseren trengs dessuten to operatører, en som betjener piggeren og operatøren på knuseren som veileder piggeroperatør for å treffe kilingen. Det er ikke mulig for operatør på pigger å se ned i knuseren. Dersom anleggsleder eller annen operatør ikke er tilgjengelig (for eksempel på kveldsskift) er det dumperfører som betjener piggeren. Det skal installeres radioforbindelse i gruva til sommeren, noe som vil forkorte tiden det tar for piggeren å komme til knuseren og dermed eventuell ventetid. Dette vil ikke gjøre noe for å hindre kilingen, men det vil gi kortere tid fra kiling oppstår til det blir pigget i knuser. Så lenge kiling forekommer hyppig vil det også være tidsbesparende at piggeren er parkert fast ved knuseren, så lenge den ikke er i bruk inne i gruva.

I følge Haugen (2014b) er typisk tilgjengelighet på gruvemaskiner 75-8 %, tilgjengeligheten til maskinene i gruva i Ballangen er til sammenligning gjennomsnittlig 92,37 %, se figur 5.4-1. Dette tilsier at vedlikehold og tilsyn på maskiner er godt, i tillegg til at maskinparken ikke er så gammel. Like fullt røk viftereima på piggeren under datainnsamlingen i mars. Selv om piggeren ikke er så hardt utnyttet, er den nødvendig for driften, og da viftereima røk kunne det ikke pigges på stoff slik at det kunne bores. FMK hadde ikke ekstra viftereim på lager, og den måtte bestilles med en leveringstid lenger enn tre dager. Å unngå slike maskinhavari vil derfor være viktig, særlig i perioder med stor produksjon. Hadde dette skjedd i januar, da gruva skulle levere en stor leveranse, ville det ha vært et langt større problem enn det var da det skjedde i mars. Kiling i knuseren når piggeren er ute av drift vil også føre til stopp i hele produksjonen og det hadde vært nødvendig med ekstern hjelp for å få bort kilingen.

Det uklare ansvarsforholdet når det gjelder vedlikehold på piggeren ble trukket fram som årsak for at viftereima under valideringsmøtet 20. mai. En avklaring om hvem som har ansvar kan gjøre at et slikt maskinhavari unngås i fremtiden, dette hadde ikke blitt gjort da

valideringsmøtet fant sted. Med tanke på utskiftingsintervallet for viftereima skulle den nå vare 2-3 år før det er på tide med ny.

Utnyttelsesgraden til maskinene i gruva, unntatt piggeren, 19.-23. januar ligger innenfor intervallet på 15-40 % av kalendertid, som Haugen (2014b) beskriver som normalt. At piggeren er utnyttet lavere enn dette speiler de gode bergforholdene i gruva. 2.-6. mars ligger alle maskinene under dette, dette skyldes stopp på oppredningsverket.

Det er tydelig hvordan utnyttelsesgraden til gruvemaskineriet går ned ved lav utnyttelse og tilgjengelighet på knuseren, se figur 5.4-2. Da oppredningsverket ikke var i drift 2.-6. mars kunne det heller ikke lastes og transporteres fra gruva. Tilgjengeligheten til oppredningsverket ligger normalt mellom 70 og 80 %, en forbedring av dette ville gitt jevnere drift for hele gruva. Det fordrer midler til vedlikehold. Økt oppetid ville gitt mer tilgjengelig tid på oppredningsverket, noe som igjen kunne økt produksjonen på dagskift og dermed redusert behovet for kveldsskift.

For jevnere drift i gruva ville også et mellomlager før grovknuser vært et alternativ. Da kunne det blitt tippet der når oppredningsverket stod. Det hadde også gitt mulighet for LNS til å drive i perioder, dersom FMK kjørte det fra mellomlager til grovknuser når det ikke var drift i gruva, men dette ville ført til høyere kostnader på grunn av den ekstra masseforflytningen (Erlandsen, 2015).

Det er ikke mulig å ha mellomlager ute, da massen må være tørr når den kommer inn på oppredningsverket (Validering av produksjonsanalyse, 2015). Det er ikke uttrykt noe ønske om mellomlagring fra FMK sin side.

Den beregnede OEE for hjullaster er langt lavere enn det som blir betraktet som nødvendig av (Elevli & Elevli, 2010). Den effektive lastetiden er lav både når hjullaster var bemannet og det var to dumpere, og når dumperfører lastet selv. Dette er jamført flaskehalsteorien ikke et problem da full utnyttelse av maskiner i alle ledd er bortkastet dersom det ikke fører til høyere produksjon totalt. Å forsøke å utnytte hjullasteren mer ville derfor vært meningsløst, da det ikke er den som begrenser produksjonen, men heller etterspørselen i markedet og oppredningsverket. Den lave utnyttelsesgraden på hjullasteren reiser i stedet spørsmål om det er et poeng å ha en egen lasteoperatør, slik det var i januar. Dersom dumperførerne hadde

lastet selv 19.-23. januar ville produktiviteten vært høyere, men syklustiden blitt lengre og det ville blitt produsert mindre i knuseren per tidsenhet. Det hadde heller ikke vært noen reell kostnadsbesparelse for LNS å ikke ha egen hjullasteroperatør i perioden med høy produksjon da denne var innhentet internt og derfor ikke førte til ekstra lønnskostnader for LNS totalt sett. FMK betaler uansett fast tonnpris, og blir ikke påvirket av hvordan LNS legger opp driften så lenge de produserer det de skal.

Produksjonssjef Thomas B. Addison (2015a) sier at målet for fremtiden er å ha så stor produksjon at det kan kjøres med to dumperne ettersom avstanden fra stuff til knuser øker, og på denne måten sikre jevn tilførsel til knuseren.

Under storleveransen i januar ble storservice på hjullaster L180H utført. Dette varte bare noen timer, men ved avdekking av større feil eller behov for større reparasjoner hadde dette kunnet ført til at L180E måtte blitt benyttet lenger. Dataen samlet inn ved DILO 22. januar for lastingen viste liten forskjell i lastetiden for de to dumperne, men lastingen ble utført i toppstollen der det er god plass å områ seg, og det var ikke for trangt til å laste med fronttippskuffe. Ved å legge storservice før perioder med stor produksjon hadde de sluppet bytte av maskin da det var tidspress, og de hadde vært sikrere på at maskinene holdt gjennom slike perioder med høyt produksjonsnivå.

Forskjellen i tonn per lass på dagskift og kveldsskift i 19.-23. januar synes å skyldes antall skuffer brukt for å laste hvert lass. DILO utført for lasting og transport 6.mars viste at lastetiden var dobbel for denne operatøren i forhold til lasting utført på dagskiftet i første datainnsamlingsperiode. Det kan antas at operatør utførte lasting på samme vis på kveldsskiftet 19.-23. mars, da operatøren har over over 20 års erfaring. 6. mars ble det brukt 7 skuffer per lass, mens det 22. januar ble brukt 5 skuffer per lass i gjennomsnitt. Det kommer også frem av figur 5.1-21 at det blir kjørt med overlaster på en del av lassene på kveldsskiftet 19.-23. januar. Dette fører til økt slitasje på dumperen, i tillegg til økt dekk- og veislitasje. Lasting over maksimal nyttelast på 36 tonn bør derfor unngås. På dagskiftet er derimot lassene lavere enn maks nyttelast på dumperen. Etersom gruva blir større og transporttiden øker vil det bli stadig viktigere at lassene blir så store som mulig for å tilføre nok masse i knuseren. Det synes derfor bedre å bruke lenger tid på å laste for å fylle kassen mer, enn å korte lastetiden og dermed syklustiden.

DILO-studiet gjennomført for laster 22. januar viste at rangering av dumper ble utført på to forskjellige måter, noe som førte til ulik rangeringstid (se side 60). Tidsmessig hadde dette lite betydning, da det kan synes at det er ventetiden ved knuseren som i hovedsak avgjør syklustiden, men over et lenger løp vil rangeringsmåten til dumper 2 føre til mer slitasje på dekk og større forbruk av diesel enn måten dumper 1 rangeres på.

På grunn av stor grad av nedetid på oppredningsverket 2.-6. mars ble det lite datagrunnlag for denne perioden. Da også oppredningsverket hadde annen kapasitet i mars enn i januar, da fraksjonen som ble produsert var mindre blir sammenligning av de to skiftformene vanskelig. Sammenligning av dag- og kveldsskift 19.-23. januar er derimot mulig. Produktiviteten er tydelig bedre på kveldsskiftet, regnet kun på timeverkene til dumperførerne. Dette antas å kunne tilskrives disse faktorene:

- Høyere lassvekt på kveldsskiftet
- Kortere avstand fra stuff til knuser på kveldsskiftet
- Mer ventetid på knuser på dagskiftet

Den høyere lassvekten er allerede diskutert. Ulikhet i kjøreavstand tilsvarer opptil 500 meter per syklus, noe som gir lenger syklustid på kveldsskiftet. Den økte ventetiden ved knuser skyldes ikke kiling eller stopp på oppredningsverket, da det som nevnt var mer kiling på kveldsskiftet, men at transport på dagtid var begrenset av kapasiteten til oppredningsverket, slik at dumperene måtte vente før de fikk klarsignal for å tippe. Jo oftere det tippes, jo større er sannsynligheten for slik ventetid.

Dette underbygges av at antall tonn produsert per tilgjengelig time på knuseren per operatør er tilnærmet lik for de to skiftene. Kapasiteten til oppredningsverket virker derfor å ha blitt nådd når det ble produsert ca 225 tonn/tilgjengelig time på knuseren.

Ettersom det er knuseren/oppredningsverket som er begrensende faktor kan disse betraktes som flaskehals, selv om de ikke kjøres 24/7. Dette gjelder perioder med høy produksjon. Tapt tid på knuseren/oppredningsverket på grunn av nedetid er ifølge flaskehalsteorien å regne som nedetid for hele gruva, og det bør ifølge samme teori derfor være fullt fokus på å holde disse i gang og tilførsel til knuseren bør sikres med et mellomlager. Ettersom denne gruva har flere stuffer klare til lasting til enhver tid er sannsynligheten for at det ikke er stuff å

laste fra liten og det dessuten er to dumpere og to hjullastere tilgjengelig til bruk for lasting og transport er sannsynligheten for stopp i transport fra gruva til knuseren svært liten.

LNS får betalt 60 kr/tonn levert på knuser fra FMK. I følge kostnadsberegningene gjort med bakgrunn i rapport 2C-05 ligger kostnadene for driving av gruva på 49,29 kr/tonn ved normal drift. Dette er kostnader for tunneldrift, noe som kan sammenlignes med driving av stoller i gruva i Ballangen. Kostnadene for lasting i beregningene tar utgangspunkt i at lastekapasitetene er fullt utnyttet, mens i Ballangen er utnyttelsesgraden 20-30 %. Lastekostnaden per tonn i Ballangen vil derfor ligge noe høyere enn de 2,78 kr/tonn det er beregnet med, ettersom maskinen like fullt må stå der også i tiden den ikke utnyttes. Lønn til anleggsleder er ikke tatt med i beregningen.

Til sammenligning er driftskostnadene til gruva Norcem Dalen 90 kr/tonn, 50 % mer enn hva FMK betaler LNS.

Med utgangspunkt i kostnadsberegningene og hva FMK betaler per tonn ser det ut til at gruva i Ballangen ligger på et normalt nivå når det gjelder driftskostnader. LNS har et prosjekt på gang for å redusere drivstofforbruket i konsernet, de har som mål å redusere det med 10 % i hele konsernet. Det skal oppnås ved fokus på lassvekt og kjøremønster og tomgangskjøring (Validering av produksjonsanalyse, 2015). I følge Lage Erlandsen kjører maskinene på tomgang 30-40 % av driftstiden.





## 7 Konklusjon

- For å sikre jevnere drift bør det være fokus på kiling i knuseren. En reduksjon av dette hadde gitt mindre kostnader på pigger og mindre ventetid for dumper og hjullaster. For å oppnå dette kan det gjøres forsøk med kilkutt, og det bør fokuseres på sortering og trimming av røys ved lastning.
- Oppredningsverket har lavere tilgjengelighet enn gruvemaskineriet, noe som fører til at det blir begrensende faktor, en økning av oppetiden på oppredningsverket kunne ført til mindre behov for kveldsskift.
- Det er ikke funnet noe som tilsier at driftskostnadene i gruva kan reduseres foruten prosjektet for å redusere drivstofforbruk og økt oppetid på knuser. Utnyttelse av tilgjengelig skifttid er høy, både for maskiner og personale og det er ikke funnet ikke-verdiskapende tid som kan unngås. Bemanningen er gruva er allerede lav, og det det kan ikke anses som en mulighet til å drive med lavere bemanning enn det allerede blir.
- Etersom gruva blir større og dermed syklustiden lengre bør det transporteres med to dumpere for å gi jevn drift på oppredningsverket. Dersom sortering og trimming av røys prioriteres, anses det ikke som nødvendig med egen hjullasteroperatør.

Av resultatet av datainnsamlingen fremkommer det ikke noe tydelig forbedringspotensial med tanke på gravedriften utenom punktene over. Tilgjengeligheten på maskinene er høy, og utnyttelsesgraden er tilstrekkelig til å produsere nok til å dekke behovet til oppredningsverket.



## 8 Litteraturliste

### Bøker

- BICHENO, J. 2007. *Ny verktøyslåda för Lean: filosofi, transformation, metoder och verlytg*, Göteborg, Revere AB.
- GHAURI, P. N. & GRØNHAUG, K. 2002. *Research methods in business studies: a practical guide*, Harlow, Financial Times Prentice Hall.
- GOLDRATT, E. M. 1992. *The Goal: A Process of Ongoing Improvement*, Grat Barrington, MA, The North River Press Publishing Corporation.
- SANDVIK, K. L., DIGRE, M. & MALVIK, T. 1999. *Oppredning av primære og sekundære råstoffer*, Trondheim, Tapir forlag.
- QUEST WORLDWIDE CONSULTING LTD. 2007. *The Lean toolbox: verktug för Lean produktion*, Surrey, Quest Worldwide Consulting Ltd.
- YIN, R. K. 2009. *Case study research: design and methods*, Thousand Oaks, Calif., Sage.
- YIN, R. K. 2011. *Kvalitativ forskning från start till mål*, New York, Guilford Press.

### Nettsider

2014. 5S [Online]. [www.wikipedia.no](http://www.wikipedia.no). Available: <http://no.wikipedia.org/wiki/5S>.
- NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE. 2015. *Bergrunnskart [Kart]*. [www.ngu.no](http://www.ngu.no).
- STATISTISK SENTRALBYRÅ. 2015a. *Konsumprisindeksen* [Online]. Available: [www.ssb.no/priser-og-prisindekser/statistikker/kpi](http://www.ssb.no/priser-og-prisindekser/statistikker/kpi) [Accessed 09.06.2015 2015].
- STATISTISK SENTRALBYRÅ. 2015b. *Lønnsprisindeks*. Available from: [www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/Define.asp?subjectcode=&ProductId=&MainTable=IndeksKvart&nvl=&PLanguage=0&nyTmpVar=true&CMSSubjectArea=arbeid-og-lonn&KortNavnWeb=lonnkvart&StatVariant=&checked=true](http://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/Define.asp?subjectcode=&ProductId=&MainTable=IndeksKvart&nvl=&PLanguage=0&nyTmpVar=true&CMSSubjectArea=arbeid-og-lonn&KortNavnWeb=lonnkvart&StatVariant=&checked=true) [Accessed 09.06.2015 2015].
- TESSEM, S. *Tilredning* [Online]. [www.steinkjer-kommune.net](http://www.steinkjer-kommune.net). Available: <http://www.steinkjer-kommune.net/eggevandring/egge/index.php?meny=92>.
- ØSTENSTAD, G. T. 2015. *Produktivit* [Online]. [www.snl.no](http://www.snl.no). Available: <https://snl.no/produktivit>.

### Rapporter med begrenset sirkulasjon

- BOLIDEN Extractable Data from an Activity Study. Boliden: Boliden.
- BOLIDEN 2002. *Ønskad informasjon från flödesstudien*. Boliden: Boliden.
- BOLIDEN 2004. *Activity Study NN Boliden*.
- BOLIDEN 2009. *DILO-studier "En dag på jobbet"*. Boliden.
- NN 2008. *Eksempel på fokusintervju*.

### Personlig kommunikasjon

- ADDISON, T. B. 2015a. *Fokusintervju*. In: DYRHAUG, I. (ed.).
- ADDISON, T. B. 2015b. *Innledende intervju*. In: DYRHAUG, I. (ed.).
- DYRHAUG, I. 2014. *Teknisk beskrivelse av gruva Norcem Dalen*. Prosjektoppgave, Norges tekniske og naturvitenskaplige universitet.
- ERLANDSEN, L. 2015. *Fokusintervju*. In: DYRHAUG, I. (ed.).
- HAUGEN, S. 2015a. *RE: Diskusjon angående produksjonsanalyser*.
- NORSK BERGFORENING 2015. *Resultat av workshop*. Gällivare.
- SLETTENG, G. 2015. *Fokusinternju*. In: DYRHAUG, I. (ed.).
- VALIDERING AV PRODUKSJONSANALYSE. 2015. *RE: Validering av produksjonsanalyse*.

**Konferanseinnlegg**

- ADDISON, T. B. 2009. Optimalisert gruvemodell basert på spenningsmåling. *Bergmekanikkdagen*. Oslo.
- BOGEN, S.-T. 2015. Erfaring med bruk av elementer fra Lean Mining. *Vårmøtet, Norsk Bergforening*. Gällivare.
- FAGERLÖNN, E. 2015. Lean i tilredningsavdelingen i Aitik, Boliden. *Vårmøtet, Norsk Bergforening*. Gällivare.
- HAUGEN, S. 2015b. Lean Mining. *Vårmøtet, Norsk Bergforening*. Gällivare.
- HAUGEN, S. 07.05.2015 2015c. *RE: Produksjon i ei Lean gruve. Flaskehals-utjevning-takt*.
- HAUGEN, S. 2015d. Produksjonsstyring i ei Lean Gruve. *Vårmøtet, Norsk Bergforening*. Gällivare.
- OLOFSSON, J. 2015a. Lean i LKAB Malmberget.
- OLOFSSON, U. 2015b. New Boliden Way. *Vårmøtet, Norsk Bergforening*. Gällivare.
- PALO, M. 2015. Tilförlitlighet mobila maskiner. *Vårmøtet, Norsk Bergforening*. Gällivare.

**Rapporter fra Franzefoss Miljøkalk AS**

- ADDISON, T. B. 2013. *Gruvekart, Ballangen*.
- JACOBSEN, P. D. & LARSEN, T. 2009. Bergspenningsmålinger og numersik analyse, Franzefoss Miljøkalk AS, Ballangen.

**Informasjon hentet via Oria og Google Scholar**

- ELEVLI, S. & ELEVLI, B. 2010. Performance measurement of mining equipments by utilizing OEE. *Acta Montanistica Slovaca*, 15, 95-101.
- NAVE, D. 2002. How to compare six sigma, lean and the theory of constraints. *Quality Progress*, 35, 73-80.

**Doktoravhandlinger**

- HAUGEN, S. 1999. *Operational planning and control og industrial minerals extraction: A Process Analysis Approach to Improvement*. Doktor ingeniør, Norges tekniske og naturvitenskaplige universitet.

**Forelesninger**

- HAUGEN, S. 2014a. *RE: Forelesning produksjonsanalyse*.
- HAUGEN, S. 2014b. Produksjonsanalyse. Institutt for geologi og bergteknikk, NTNU.

**Litteratur fra NTNU**

- NTNU INSITITUTT FOR BYGG- OG ANLEGGSTEKNIKK 2006. Report 2C-05 DRILL AND BLAST TUNNELING Costs Trondheim: Institutt for bygg- og anleggsteknikk.

# Vedlegg

## Gruvekostnader, normal produksjon

Normal produksjon		
Inndrift per salve	5	meter
Pris per tonn	60	NOK
Tetthet	2,75	tonn/m <sup>3</sup>
Antall drillede meter per salve	530,4	98 borhull + 4 grovhull
Antall bolter per salve	3	
Antall kubikkmeter per salve	460	
Antall tonn per salve	1265	
Betalt per salve	75900	
Antall salver per uke	2,5	
Antall timer per uke	72	
Antall meter per uke	12,5	
Antall timer per meter	5,76	
Konsumprisindeks	1,2	
Lønnsprisindeks	1,55	

	Kostnad jun.05	Kostnadjul.05	Etter korreksjon for produktivitets-økning		NOK/salve	NOK/tonn
Drillstål	2,5	3	2,833333333	NOK/bm	1502,8	1,187984
Borerigg	1225	1470	1388,333333	NOK/m	6941,667	5,487484
Sprengstoff	1350	1620	1530	NOK/m	7650	6,047431
Bolting	375	450	425	NOK/m	1275	1,007905
Scaling	290	348	328,6666667	NOK/m	1643,333	1,299078
Lasting	620	744	702,6666667	NOK/m	3513,333	2,777339
Transport	2100	2520	2380	NOK/m	11900	9,407115
Vei	313	406,9	375,6	NOK/m	1878	1,484585
Ventilasjon	1075	1290	1218,333333	NOK/m	6091,667	4,815547
Elektrisitet	115	138	130,3333333	NOK/m	651,6667	0,515152
Vann	125	150	141,6666667	NOK/m	708,3333	0,559947
Lønn	472,5	732,375	645,75	NOK/m	13608	14,70166
Total kostnad					57363,8	49,29123

B

## Gruvekostnader, høy produksjon

<b>Høy produksjon</b>		
Borlengde	5,2	
Inndrift per salve	5	
Pris per tonn	60	
Tetthet	2,75	
Antall drillede meter per salve	530,4	98 borhull + 4 grovhull
Antall bolter per salve	3	
Antall kubikkmeter per salve	460	
Antall tonn per salve	1265	
Betalt per salve	75900	
Antall salver per uke	6	
Antall timer per uke	146	50+2*48
Antall meter per uke	30	
Antall timer per meter	4,866667	
Konsumprisindeks	1,2	
Lønnsprisindeks	1,55	

	Kostnad jun.05	Kostnad jul.05	Etter korreksjon for produktivitets- økning		NOK/salve	NOK/tonn
Drillstål	2,5	3	2,833333333	NOK/bm	1502,8	1,187984
Borerigg	1225	1470	1388,333333	NOK/m	6941,667	5,487484
Sprengstoff	1350	1620	1530	NOK/m	7650	6,047431
Bolting	375	450	425	NOK/m	2125	1,679842
Scaling	290	348	328,6666667	NOK/m	1643,333	1,299078
				NOK/m		
Lasting	620	744	702,6666667	NOK/m	3513,333	2,777339
Transport	2100	2520	2380	NOK/m	11900	9,407115
Vei	313	406,9	375,6	NOK/m	1878	1,484585
Ventilasjon	1075	1290	1218,333333	NOK/m	6091,667	4,815547
Elektrisitet	115	138	130,3333333	NOK/m	651,6667	0,515152
Vann	125	150	141,6666667	NOK/m	708,3333	0,559947
Lønn	472,5	732,375	645,75	NOK/m	15713,25	12,42154
					60319,05	47,68304

B

## Maskinpark

<b>Maskin</b>	<b>Modell</b>	<b>Årsmodell</b>	<b>Spesifikasjoner</b>
Dumper	Volvo A40	2007	Egenvekt: 30,1 tonn Nyttelast: 36 tonn
Dumper	Volvo A40	2007	Egenvekt: 30,1 tonn Nyttelast: 36 tonn
Hjullaster	Volvo L180H	2014	Sidetippskuffe: 4,5 m <sup>3</sup>
Hjullaster	Volvo L180E	2004	Fronttippskuffe
Borerigg	Atlas Copco XL3C	2000	3 bommer + korg Borhammer; ME 1838
Gravemaskin (pigger)	Komatsu	2006	Hammer: Atlas MB 750

Franzefoss miljøkalk eier piggeren, LNS leier denne fra Franzefoss.

## Aktivitetstider

	Dato	Aktivitetstider	Stuff	Kommentar
<b>Boring av stross</b>	5. mar.	01:29	H3S3	40 hull
	5. mar.	01:00	H1S2	Liten stross
	19.jan	00:50	H3S2	40 hull
	19.jan	01:50	H3 Synk	49 hull og H3 S2
	20.jan	01:05	H3 S2	inkl. oppsett tennere
	23.jan	01:00	H1 S2	30 hull
<b>Boring av salve</b>	3. mar.	02:38	H1S3	
	19.jan	02:30	H4	inkl.tennere
	20.-21. jan	02:31	Toppstoll	inkl. tennrer
	21.jan	02:45	Toppstoll	Vannmangel inkl tennere
	22.jan	01:55	H4	
	22.jan	01:45	H3 S3	
	23.jan	03:05	H1S3	inkl. oppsett tennere
	03.03.20 15	02:38	H1S3	
3.-4. mars	03:12	H1S3	Boret over to dager	
<b>Oppsett tennere stross</b>	05.mar	01:00	H3S3	Ingen stufferarbeider på jobb
	19.jan	00:25	H3 S2	
	20.jan	00:30	H3 Synk	
<b>Oppsett tennere salve</b>	02.mar	01:00	H4	Og bolting, 5 stk. Antar at det også ble utført manuell rensk
	03.mar	00:18	H1S3	
	04.mar	00:18	H1 S3	
	23.jan	00:30	H1S3	
<b>Lading stross</b>	22.jan	00:25	H4	
	19.jan	01:30	H3S2	og H4
	20.jan	01:05	H3 Synk	inkl. tennere
	20.jan	01:00	H3 S2	to strosser
<b>Lading salve</b>	23.jan	01:15	H1s2	og H1S3
	04.mar	02:20	H1S3	to salver
	02.mar	01:05	H4	
	21.jan	02:00	Toppstoll	2 salver
	22.jan	00:45	H3S3	
	22.jan	01:00	H4	
23.jan	01:15	H1S3	og H1S2	



<b>Lasting av stross</b>	03.mar	05:55	H3S3	1 dumper
	19.jan	01:45	H3 S2	2 dumpere. Kan ha begynt lasting før helga
	19.jan	03:40	H3 S2	1 dumper
	20.jan	03:00	H3 S2	2 dumpere
	20.jan	04:15	H3 S2	1 dumper
	20.jan	01:30	H1 S2	2 dumpere
	21.jan	02:00	H1 S2	2 dumpere.
	21.-22. januar	10:30	H3 synk	1 dumper
<b>Lasting av salve</b>	2.-3. mar	15:25	Toppstoll	
	3.-6. mar	10:10	H4	Ikke ferdig. Veldig usikre tall da det ikke ble rapportert fra dumperfører 5. mars
	19.jan	01:20	H3 S3	1 dumper, rest av salve
	19.jan	05:40	Toppstoll	2 dumpere. Begynt før helgen
	20.jan	03:46	H4	2 dumpere, ferdig
	20.-21.mar	04:17	H1 S3	2 dumpere, ferdig
	22.-23. jan	08:13	Toppstoll	2 dumpere, 2 salver ferdig
	23.jan	04:20	H4	2 dumpere, 1 salve
<b>Pigging av stross</b>	23.jan	02:18	H3S3	1 dumper, helg
	19.jan	03:30	H3 S2	2 strosser
	20.jan	03:30	H3 synk	
	20.jan	01:15	H3 S2	
	21.jan	01:25	H3 S2	
	21.-22. jan	02:10	H1 S2	
<b>Pigging av salve</b>	23.jan	00:29	H3 Synk	
	02.mar	01:25	H1S3	2 salver, kan allerede ha vært begynt
	04.mar	03:30	Toppstoll	Ikke ferdig, viftereim røk.
	21.jan	01:50	H4	
<b>Rensk av stross</b>	20.jan	01:05	Toppstoll	
	21.jan	00:35	H3 S2	
<b>Rensk av salve</b>	19.jan	01:25	H3 Synk	
	02.mar	01:10	Toppstoll	
	20.jan	00:35	Toppstoll	

## Stuffutnyttelse 19.-23. januar, skifttid

	<b>H3 Stross</b>	<b>H3 Synk</b>	<b>Toppstoll</b>	<b>H4</b>	<b>H3 S3</b>	<b>H1 S2</b>	<b>H1 S3</b>
Boring	2,70 %	2,48 %	6,98 %	4,84 %	1,01 %	1,35 %	4,17 %
Oppsett tennere	0,56 %	0,00 %	0,00 %	0,56 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Lading	3,38 %	1,46 %	2,70 %	3,04 %	0,68 %	1,69 %	0,68 %
Lasting	17,34 %	16,22 %	18,81 %	12,52 %	6,17 %	4,73 %	7,14 %
Pigging	7,66 %	5,72 %	1,46 %	2,48 %	0,00 %	0,68 %	2,25 %
Rensk	1,13 %	0,00 %	0,56 %	1,80 %	0,00 %	0,68 %	0,79 %
Pigging av stein	0,34 %	5,07 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	2,03 %	1,01 %
Sprenging	0,68 %	0,34 %	0,34 %	1,01 %	3,13 %	0,34 %	0,34 %
Forstyrrelse	0,00 %	0,00 %	5,29 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Uutnyttet	66,22 %	68,04 %	63,85 %	73,74 %	88,33 %	88,51 %	83,63 %

## Stuffutnyttelse 2.-6. Mars

<b>Aktivitet</b>	<b>H1 S3</b>	<b>H1 S2</b>	<b>H3 S3</b>	<b>H4</b>	<b>Topp- stoll</b>	<b>H3 Synk</b>	<b>H3 S2</b>
Boring stross	0,00 %	1,39 %	4,70 %	0,00 %	0,00 %	0 %	0 %
Boring salve	8,52 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0 %	0 %
Oppsett tennere	0,42 %	0,00 %	3,24 %	1,50 %	0,00 %	0 %	0 %
Lading	3,24 %	0,00 %	0,00 %	1,50 %	0,00 %	0 %	0 %
Lasting og transport	0,00 %	0,00 %	8,84 %	11,57 %	26,27 %	0 %	0 %
Pigging	1,97 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	11,00 %	0 %	0 %
Rensk	1,62 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0 %	0 %
Vente på slurry	0,12 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0 %	0 %
Reparasjon	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0 %	0 %
Sprenging	0,12 %	0,00 %	0,00 %	0,23 %	0,00 %	0 %	0 %
Ubenyttet	84,00 %	98,61 %	83,22 %	85,19 %	62,73 %	100 %	100 %

## Stuffutnyttelse, kalendertid

	H1 S3	H1 S2	H3 S3	H4	Toppstøll	H3 Synk	H3 S2	Snitt
<b>Skifttid</b>								
2.-6. mars	15,88 %	1,39 %	13,47 %	16,09 %	26,27 %	0,00 %	0,00 %	14,62 %
19.-23. januar	16,37 %	11,49 %	10,99 %	26,26 %	30,86 %	31,28 %	33,78 %	23,01 %
2.-6. mars	6,81 %	0,60 %	5,77 %	6,89 %	11,26 %	0,00 %	0,00 %	7,68 %
19.-23. jan	7,21 %	5,06 %	4,84 %	11,57 %	13,59 %	13,78 %	14,88 %	10,13 %
<b>Kalendertid</b>								

## Knuser 19.-23. januar

<b>Aktivitet</b>	<b>Varighet</b>
Bytte filterpose i tørke	1:25:00
Flammefeil brenner	0:10:00
Kiling	3:35:00
Knusing	63:12:00
Morgenmøte	0:15:00
Oppstart	0:35:00
Problemer med matebord	0:33:00
Stopp i brenner	0:15:00
Tilsyn	1:30:00
Tømming av filtersilo	2:30:00
Sum	74:00:00

## Knuser 2.-6. mars

<b>Aktivitet</b>	<b>Varighet</b>
Oppstart og vedlikehold	2:20:00
Knusing	30:30:00
Stopp på grunn av full silo	2:35:00
Omlegging på grunn av endring av produkt	2:10:00
Feil på lager på bånd	26:40:00
Feil på transportskrue	2:15:00
Feil på elevator	0:15:00
Kiling	0:20:00
Skiftslutt	0:10:00
Transportbånd røk	6:15:00
Total skifttid	73:30:00

## Fordeling av skifftid hjullaster L180H, 19.-23. januar

Dagskift Dagskift	50:00:00
L180H	50:00:00
Bytte maskin	0:02:00
Faring	1:19:00
Flytt	0:33:00
Last og rensk	2:35:00
Lasting	35:05:00
Matpause	2:20:00
Rensk	0:50:00
Service	3:39:00
Skiftslutt	1:24:00
Tanking	0:58:00
Tanking/Vedlikehold	0:25:00
Veireparasjon	0:35:00
Møte	0:15:00
L180H	22:30:00
Hente maskin	0:15:00
Lasting/transport	19:45:00
Matpause	2:00:00
Stopp	0:30:00
Pigger	1:30:00
Pigging av stein	0:15:00
Pigging knuser	1:15:00
<b>Grand Total</b>	<b>74:00:00</b>

## Fordeling av skifttid hjullaster L180H, 2.-6. mars

Dagskift	<b>40:00:00</b>	
Lasting	12:25:00	31,04 %
Rensk og last	01:10:00	2,92 %
Flytt	00:05:00	0,21 %
Vedlikehold	4:30:00	11,25 %
Kontor	0:15:00	0,63 %
Oppstart	0:15:00	0,63 %
Matpause	1:00:00	2,50 %
Skiftslutt	0	0,00 %
Stopp i knuseren	0:20:00	0,83 %
oppredningsverket står	18:00:00	45,00 %
Vedlikehold L180E	2:00:00	5,00 %
	40:00:00	100,00 %
Kveldsskift		
	32:40:00	
Lasting	18:42:00	57,24 %
Rensk og last	0	0,00 %
Flytt	0	0,00 %
Vedlikehold	0	0,00 %
Kontor	0	0,00 %
Oppstart	0	0,00 %
Matpause	1:00:00	3,06 %
Skiftslutt	0:10:00	0,51 %
Stopp i knuseren	2:08:00	6,53 %
oppredningsverket står	10:40:00	32,65 %
Vedlikehold L180E	0	0,00 %
	32:40:00	100,00 %
Begge skift	72:40:00	
Lasting	31:07:00	42,82 %
Rensk og last	1:10:00	1,61 %
Flytt	0:05:00	0,11 %
Vedlikehold	4:30:00	6,19 %
Kontor	0:15:00	0,34 %
Oppstart	0:15:00	0,34 %
Matpause	2:00:00	2,75 %
Skiftslutt	0:10:00	0,23 %
Stopp i knuseren	2:28:00	3,39 %

Oppredningsverket står	28:40:00	39,45 %
Vedlikehold L180E	2:00:00	2,75 %
	72:40:00	

## DILO Hjullaster 22.01.2015

Innsamlet data fra DILO-studie utført på lasteren 22. 01.2015. Lasting foregikk i toppstollen, der det ble lastet fra to oppfaringssalver.

Aktivitet	Starttid	Sluttid	Varighet	Antall skuffer	Dumper
Lasting	06:19	06:20	00:01:00		
Omdirigering	06:20	06:23	00:03:00		
Heft	06:23	6:26:00	00:03:00		
Rangering	06:30	06:32	00:02:00		Dumper 1
Lasting	06:32	06:34	00:02:00	6	Dumper 1
Vente på truck	06:34	06:37	00:03:00		Dumper 2
Rangering	06:37	06:38	00:01:00		Dumper 2
Lasting	06:38	06:40	00:02:20	5	Dumper 2
Vente på truck	06:40	06:43	00:03:00		Dumper 1
Rangering	06:43	06:44	00:01:00		Dumper 1
Lasting	06:44	06:46	00:02:10	6	Dumper 1
Vente på truck	06:46	06:54	00:08:00		Dumper 2
Rangering	06:54	06:55	00:00:40		Dumper 2
Lasting	06:55	06:58	00:02:04	5	Dumper 2
Vente på truck	06:58	07:02	00:04:00		Dumper 1
Rangering	07:02	07:04	00:01:07		Dumper 1
Lasting	07:04	07:06	00:02:25	5	Dumper 1
Vente på truck	07:06	07:11	00:05:00		Dumper 2
Rangering	07:11	07:12	00:00:40		Dumper 2
Lasting	07:12	07:14	00:02:20	5	Dumper 2
Vente på truck	07:14	07:20	00:06:00		Dumper 1
Rangering	07:20	07:22	00:01:00		Dumper 1
Lasting	07:22	07:24	00:01:50	5	Dumper 1
Vente på truck	07:24	07:26	00:02:00		Dumper 2
Rangering	07:26	07:27	00:00:42		Dumper 2
Lasting	07:27	07:29	00:02:20	6	Dumper 2
Vente på truck	07:29	07:36	00:07:00		Dumper 1
Rangering	07:36	07:37	00:01:06		Dumper 1
Lasting	07:37	07:39	00:02:00	4	Dumper 1
Vente på truck	07:39	07:45	00:06:00		Dumper 2



<b>Rangering</b>	07:45	07:46	00:00:42		Dumper 2
<b>Lasting</b>	07:46	00:48	00:02:00	4	Dumper 2
<b>Vente på truck</b>	07:48	07:52	00:04:00		Dumper 1
<b>Rangering</b>	07:52	07:54	00:00:55		Dumper 1
<b>Lasting</b>	07:54	07:55	00:01:50	5	Dumper 1
<b>Vente på truck</b>	07:55	08:02	00:07:00		Dumper 2
<b>Rangering</b>	08:02	08:03	00:00:40		Dumper 2
<b>Lasting</b>	08:03	08:06	00:02:20	5	Dumper 2
<b>Vente på truck</b>	08:06	08:13	00:07:00		Dumper 1
<b>Rangering</b>	08:13	08:14	00:01:08		Dumper 1
<b>Lasting</b>	08:14	08:16	00:01:48	4	Dumper 1
<b>Vente på truck</b>	08:16	08:20	00:04:00		Dumper 2
<b>Rangering</b>	08:20	08:21	00:00:41		Dumper 2
<b>Lasting</b>	08:21	08:23	00:02:00	4	Dumper 2
<b>Vente på truck</b>	08:23	08:35	00:12:00		Dumper 1
<b>Rangering</b>	08:35	08:36	00:01:08		Dumper 1
<b>Lasting</b>	08:36	08:38	00:01:50	5	Dumper 1
<b>Vente på truck</b>	08:38	08:43	00:05:00		Dumper 2
<b>Rangering</b>	08:43	08:44	00:01:00		Dumper 2
<b>Lasting</b>	08:44	08:46	00:02:26	5	Dumper 2
<b>Vente på truck</b>	08:46	08:52	00:06:00		Dumper 1
<b>Rangering</b>	08:52	08:54	00:01:04		Dumper 1
<b>Lasting</b>	08:54	00:00	00:02:00	5	Dumper 1

N

## Beregning av OEE. Hjullaster har egen lasteoperatør

Produksjonstid			Tapt tid		
	Varighet	OEE faktor		Varighet	OEE faktor
Total skifttid	50:00:00	100,00 %			
Planlagt produksjonstid	41:18:00	82,60 %	Planlagt nedetid	8:42:00	17,40 %
Tilgjengelig produksjonstid	37:57:00	91,89 %	Nedetid	3:21:00	8,11 %
Operativ produksjonstid	9:47:28	25,80 %	Kapasitetstap	28:09:32	74,20 %
Verdiskapende tid	9:47:28	100,00 %	Kvalitetstap	0:00:00	0,00 %
<b>OEE</b>	<b>23,71 %</b>				

N

## DILO 6 mars. Dumperfører laster selv

Aktivitet	Starttid	Sluttid	Varighet 2
Kjører inn	06:30:00	06:34:00	
Rygger	06:34:00	06:35:00	00:01
Ser seg rundt og klatrer inn	06:35:00	06:35:44	00:01:44
Setter seg inni laster	06:35:44	06:36:17	00:02:17
Skuffe	06:36:17	06:36:48	00:02:48
Skuffe	06:36:48	06:37:24	00:03:24
Skuffe	06:37:24	06:38:45	00:04:45
Skuffe	06:38:45	06:39:33	00:05:33
Skuffe	06:39:33	06:40:16	00:06:16
Skuffe	06:40:16	06:41:00	00:07:00
Skuffe	06:41:00	06:41:36	00:07:36
Klatrer tilbake	06:41:36	06:42:05	00:08:05
Kjører ut	06:42:05	06:46:00	00:03:55
Venter på tipping	06:46:00	06:55:00	00:09:00
Kjører inn	06:55:00	06:59:00	00:04:00
Rygger	06:59:00	06:59:53	00:00:53
Klatrer til hjullaster	06:59:53	07:00:22	00:01:22
Skuffe	07:00:22	07:00:54	00:01:54
Skuffe	07:00:54	07:01:26	00:02:26
Skuffe	07:01:26	07:02:00	00:03:00
Skuffe	07:02:00	07:02:31	00:03:31
Skuffe	07:02:31	07:03:05	00:04:05
Skuffe	07:03:05	07:03:48	00:04:48
Skuffe	07:03:48	07:04:28	00:05:28
Klatrer tilbake	07:04:28	07:05:00	
Klatrer til hjullaster	00:00	00:00:21	00:00:21
Skuffe	00:00:21	00:00:50	00:00:29
Skuffe	00:00:50	00:01:32	00:00:42
Skuffe	00:01:32	00:02:10	00:00:38
Skuffe	00:02:10	00:02:50	00:00:40
Skuffe	00:02:50	00:03:29	00:00:39
Skuffe	00:03:29	00:04:16	00:00:47
Skuffe	00:04:16	00:05:13	00:00:57

## Beregning av OEE, dumperfører laster selv

Overall Equipment Efficiency					
Produksjonstid			Tapt tid		
	Varighet	% av		Varighet	%
Total skifttid	72:40:00	100,00 %			
Planlagt produksjonstid	63:30:00	87,39 %	Skifttap	9:10:00	12,61 %
Tilgjengelig produksjonstid	34:45:00	54,72 %	Nedetid	28:45:00	45,28 %
Operativ produksjonstid	11:21:10	32,67 %	Kapastitetstap	20:55:50	60,23 %
Verdiskapende tid	11:21:10	32,67 %	Kvalitetstap	0:00:00	0,00 %

## Fordeling av skifttid, dumper 1, 19.-23. januar

<b>Total skifttid</b>	<b>74:00:00</b>
Dagskift	50:00:00
<b>Dumper 1</b>	50:00:00
Bytte maskin	0:02:00
Faring	0:45:00
Flytt	0:38:00
Maskinfeil	0:10:00
Matpause	2:36:00
Morgenmøte	0:15:00
Oppstart/vedlikehold	0:45:00
Skiftslutt	0:25:00
Tanking, vedlikehold, vask	0:10:00
Transport	38:00:00
Veivedlikehold	0:16:00
Vent kiling	1:07:00
Venting	4:51:00
Kveldsskift	
Dumper 1	24:00:00
Lasting/transport	20:00:00
Matpause	2:00:00
Vent kiling	1:30:00
Venting	0:30:00

### Fordeling av ventetid, dumper 1, 19.-23. januar

Problemer med filter til tørka	01:07:00
Stopp filtersilo	01:30:00
Venting på hjullaster	00:22:00
Problemer med matebord, knuser	01:30:00
Oppstart i knuser	00:19:00
Observatør i veien	00:03:00
Filtersilo full	00:30:00
<b>Totalt</b>	<b>05:21:00</b>

### Fordeling av skifttid dumper 1 Dumper 1 2.-6. mars

Dumper 1	Varighet
Transport	13:55:00
Vedlikhold	6:00:00
Matpause	1:00:00
Skiftslutt	0:00:00
Stopp i knuser	0:20:00
Oppredningsverket står	16:30:00
Morgenmøte	0:15:00
Vedlikehold L180E	2:00:00
Dagskifttid	40:00:00

### Dumper 2, 19.-23. januar

Aktivitet	Sum av varighet
Dumper 2	
Faring	0:20:00
Matpause	2:35:00
Møte	0:20:00
Transport	39:49:00
Vedlikehold/oppstart	0:30:00
Vent kiling	1:24:00
Venting	4:38:00
Skiftslutt	0:24:00
Total skifttid	<b>50:00:00</b>

## Fordeling av ventetid, dumper 2. 19.-23. januar

<b>Venting</b>	<b>04:38:00</b>
Problemer med matebord, knuser	01:00:00
Venting på laster	00:25:00
Filtersilo full, ORV	01:30:00
Oppstart av knuser	00:28:00
Problemer med filtørtørke, ORV	01:15:00
<b>Grand Total</b>	<b>04:38:00</b>

T

## Dumper 2 2.-6. mars

<b>A40 2</b>	<b>Varighet</b>
Transport	18:42:00
Matpause	1:00:00
Skiftslutt	0:10:00
Stopp i knuser	2:08:00
Oppredningsverket står	10:40:00
Kveldsskifttid	32:40:00

## Fordeling av skifttid borerigg. 19.-23. januar

<b>Aktivitet</b>	<b>Varighet</b>
<b>Boring salve</b>	14:31:00
<b>Boring stross</b>	4:45:00
<b>Oppsetting tennere</b>	1:50:00
<b>Lading</b>	8:35:00
<b>Flytt</b>	2:24:00
<b>Omarbeiding</b>	1:00:00
<b>Reparasjon</b>	3:35:00
<b>Vedlikehold</b>	0:45:00
<b>Vent</b>	1:20:00
<b>Møte</b>	0:15:00
<b>Pumping</b>	3:30:00
<b>Skiftslutt</b>	0:15:00
<b>Sprenging</b>	1:25:00
<b>Pause</b>	0:50:00
<b>Faring</b>	1:00:00
<b>Matpause</b>	2:00:00
<b>Sum</b>	48:00:00

T



## Fordeling av skifttid borerigg, 2.-6, mars

<b>Aktivitet</b>	<b>32:05:00</b>
Boring salve	5:50:00
Boring stross	3:23:00
Bytte dekk på bil	0:15:00
Faring	2:06:00
Flytt	1:32:00
Hente tennere	0:15:00
Kontor	0:40:00
Lading	3:25:00
Matpause	2:03:00
Oppsett tennere	2:36:00
Pause	1:20:00
Sprenging	0:15:00
Vask og vedlikehold	0:25:00
Vente på stuff	4:15:00
Venting slurry	0:30:00
Diverse arbeid	0:30:00
Rensk og last L180H	1:10:00
Flytt pigger	0:10:00
Pigging av stuff	1:25:00

## DILO Borerigg boring i H1 S3

<b>DILO 03.03.15</b>	<b>H1 S3</b>			
<b>Fra kl</b>	<b>Til kl</b>	<b>Varighet</b>	<b>Aktivitet</b>	<b>Kommentar</b>
06:20	06:27	00:07	Faring	
06:27	06:30	00:03	Flytt	Fra strømkobling til stuff H1 S3
06:30	06:37	00:07	Oppstart	
06:37	07:56	01:19	Boring salve	
07:56	08:00	00:04	Faring	
08:00	08:20	00:20	Pause	
08:20	08:24	00:04	Faring	
08:24	08:29	00:05	Boring salve	
08:29	08:31	00:02	Rydding på stuff	
08:31	08:35	00:04	Bytte krone	Bytter til grovhulldkrone
08:35	08:46	00:11	Boltehull	4 stk
08:46	08:56	00:10	Grovhull	
08:56	09:02	00:06	Spyler ut grovhull	
09:02	09:05	00:03	Boltehull	1 stk.
09:05	09:11	00:06	Kaksprøve og bolter i korg	
09:11	09:36	00:25	Sikring	1 Bolt = 1 min
09:36	09:38	00:02	tennere i korg	
09:38	09:54	00:16	Oppsett tennere	
09:54	09:58	00:04	Flytt til neste stuff	Også i H1 S3.
09:58	10:03	00:05	Faring	

<b>Venstre bom</b>	<b>Start</b>	<b>Slutt</b>	<b>Varighet</b>
Boring	07:03:15	07:05:17	00:02:02
Flytt	07:05:17	07:05:45	00:00:28
Boring	07:05:45	07:07:50	00:02:05
Flytt	07:07:50	07:08:07	00:00:17
Boring	07:08:07	07:10:18	00:02:11
Flytt	07:10:18	07:10:37	00:00:19
<b>Høyre bom</b>			
Boring	06:41:45	06:43:56	00:02:11
Flytt	06:43:56	06:44:14	00:00:18
Boring	06:44:14	06:46:24	00:02:10
Flytt	06:46:24	06:46:34	00:00:10
Boring	06:46:34	06:48:49	00:02:15

Det ble ikke registrert data for midtbommen.

## DILO borerigg, boring av stross

<b>DILO 05.03.2015</b>	<b>H3 S3 Stross</b>	<b>Bruker bare to bommer</b>	
<b>Starttid</b>	<b>Sluttid</b>	<b>Varighet</b>	<b>Akivitet</b>
<b>06:20</b>	06:25:00	00:05	Faring
<b>06:25</b>	06:30:00	00:05:00	Flytter maskin til stuff
<b>06:30</b>	06:32:29	00:02	Rangerer
<b>06:32:29</b>	06:33:45	00:01:16	Boring
<b>06:33:45</b>	06:35:00	00:01	Armod, glipper
<b>06:35</b>	06:36:27	00:01:27	Borer
<b>06:36:27</b>			
<b>Venstre bom</b>			
<b>06:37:48</b>	06:40:10	00:02:22	Boring
<b>06:40:10</b>	06:40:45	00:00:35	Flytt
<b>06:40:45</b>	06:42:32	00:01:47	Boring
<b>06:42:32</b>	06:45:22	00:02:50	Boring og flytt
<b>06:45:22</b>	06:45:46	00:00:24	Flytt
<b>06:45:46</b>	06:47:48	00:02:02	Boring
<b>06:47:48</b>	06:48:15	00:00:27	Flytt
<b>06:48:15</b>	06:50:25	00:02:10	Boring
<b>06:50:25</b>	06:50:49	00:00:24	Flytt
<b>06:50:49</b>	06:52:52	00:02:03	Boring
<b>06:52:52</b>	06:53:09	00:00:17	Flytt
<b>06:53:09</b>	06:55:44	00:02:35	Boring og flytt
<b>06:55:44</b>	06:57:49	00:02:05	Boring
<b>06:57:49</b>	07:32:28	00:34:39	Boring og flytt
<b>07:32:28</b>	07:35:00	00:02:32	Avhopp slange på bom
<b>07:35:00</b>	07:38:00	00:03:00	Rydder vekk stein på stuff slik at han når tak i stuffen
<b>07:38:00</b>	07:54:10	00:16:10	9 hull i liggen, bruker kun en bom.

## DILO borerigg, lading av salve

<b>DILO 02.03.15</b>	<b>H4</b>	<b>Lading</b>	
12:05	12:11	00:06	Faring
12:11	12:16	00:05	Flytt
12:16	12:17	00:01	Koble til strøm
12:17	12:18	00:01	Flytt
12:18	12:19	00:01	Koble til vann
12:19	12:20	00:01	Flytt
12:20	12:25	00:05	Komme til rette på stuff
12:25	13:04	00:39	Lading
13:04	13:15	00:11	Samling av tennere
13:15	13:25	00:10	Rydde
13:25	13:40	00:15	Flytt til H1 S3

## Fordeling av skifttid, pigger, 19.-23. januar

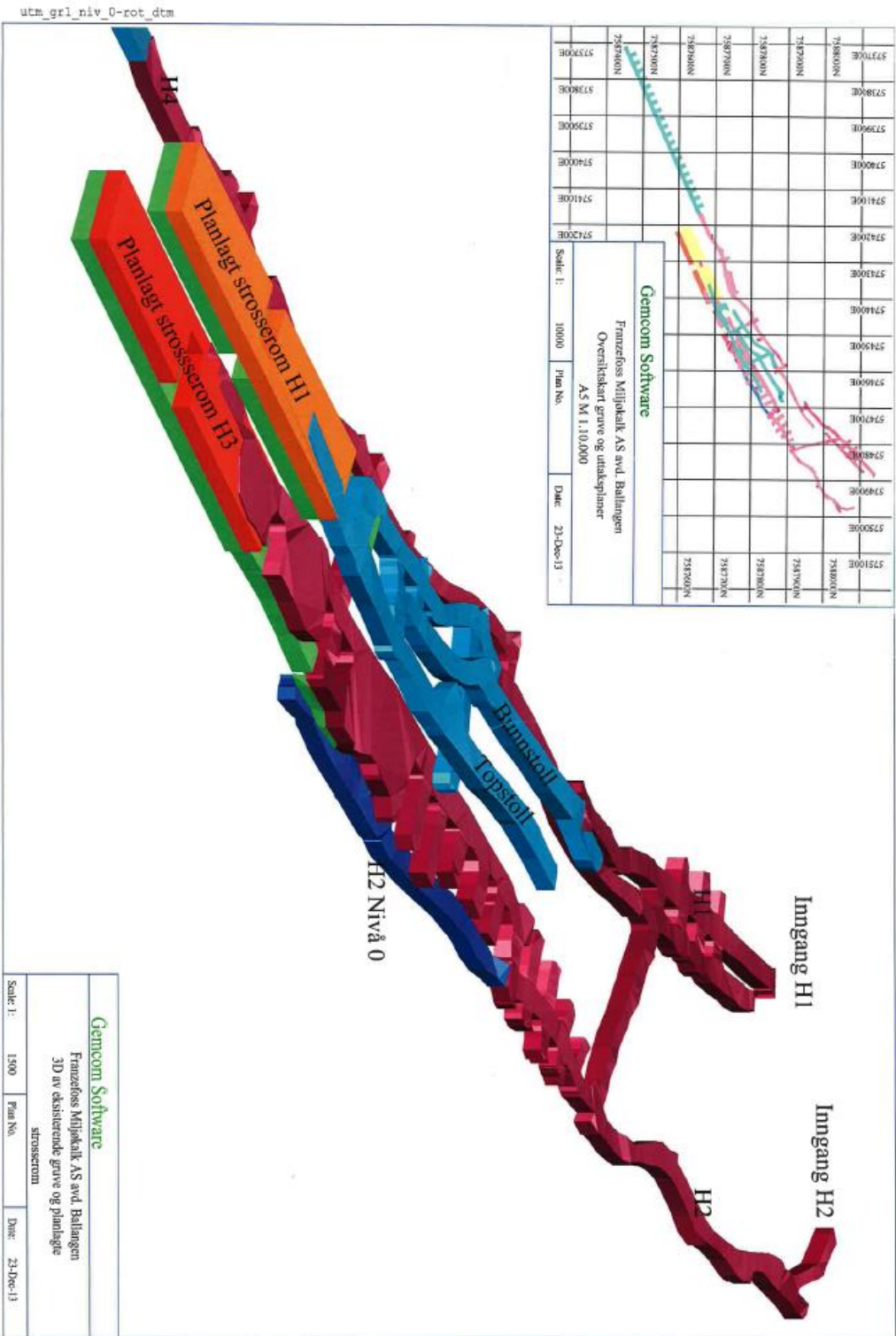
<b>Aktivitet, dagskift</b>	<b>40:00:00</b>
Flytt	0:27:00
Matpause	1:30:00
Pigging knuser	0:46:00
Reparasjon oljelekkasje	0:18:00
Tanking/Vedlikehold	0:30:00
Pigging av stuff	14:24:00
Ubemannet	22:05:00

<b>Aktivitet, kveldsskift</b>	<b>32:00</b>
Pigging av stein	05:30
Pigging i knuser/Slangebrudd	01:00
Service	01:00
Pigging av stuff	00:30
Ubemannet	24:00

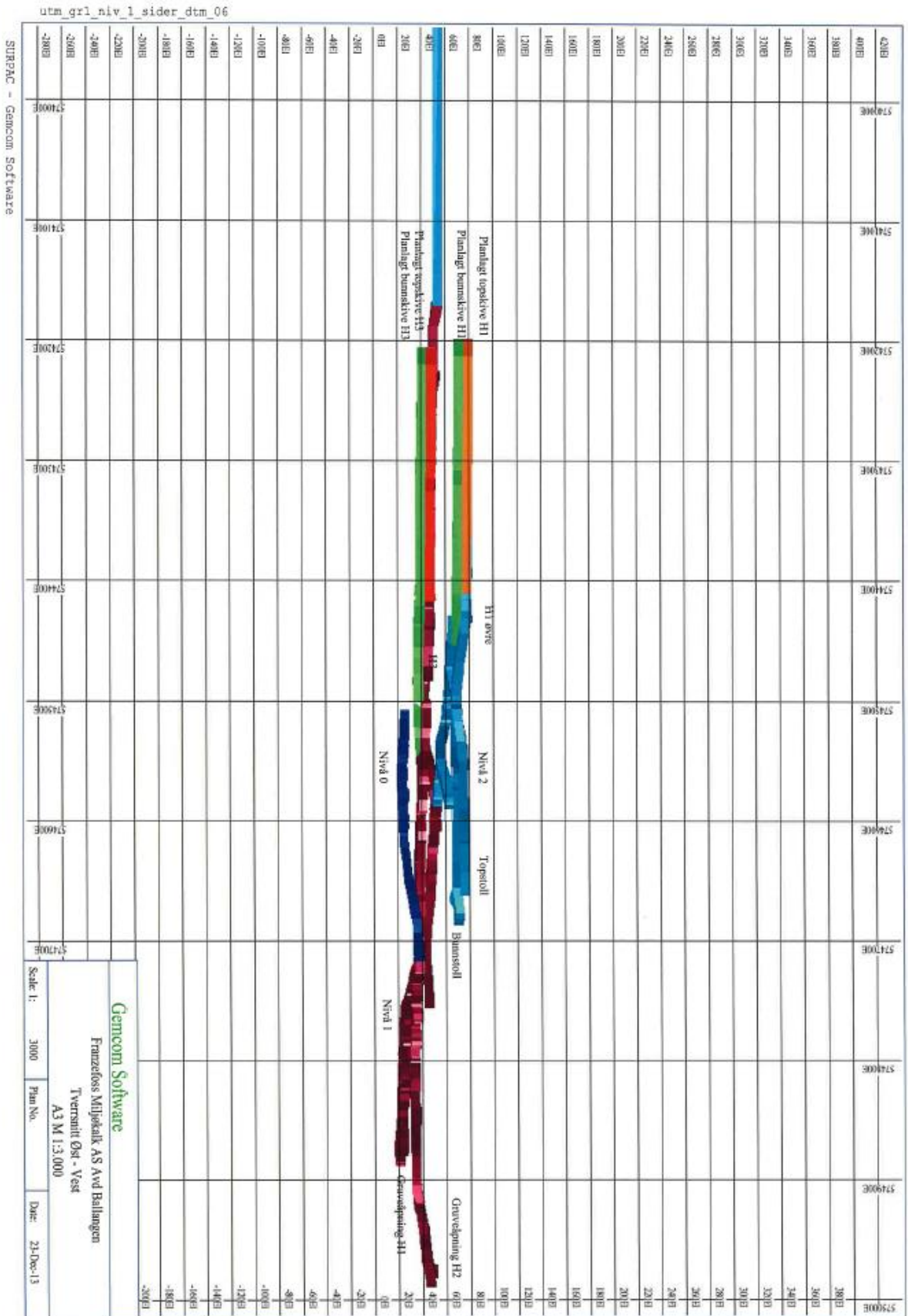
## Fordeling av skifttid pigger, 2.-6. mars

<b>Pigger</b>	<b>72:00:00</b>
<b>Pigging av stuff</b>	4:55:00
<b>Pigging i knuser</b>	0:20:00
<b>Maskinfeil</b>	36:30:00
<b>Ubemannet</b>	30:05:00
<b>Flytt</b>	0:10:00

Overbliktsmodell



Oversiktstmodell, sett fra vest



Ø

## Tonn produsert i knuser per skift og tonn per lass

<b>Dagskift</b>				
<b>Kveldsskift</b>	Varighet	Sum lass	Antall tonn	Tonn per lass
19.01.2015	10:00	48	1636	34,08
19.01.2015	06:00	19	723	38,05
20.01.2015	10:00	63	2244	35,62
20.01.2015	06:00	19	765	40,26
21.01.2015	10:00	48	1600	33,33
21.01.2015	06:00	18	665	36,94
22.01.2015	10:00	48	1763	36,73
22.01.2015	06:00	21	727	34,62
23.01.2015	10:00	55	1963	35,69

Ø



## Stuffer det ble lastet fra 19.-23. januar

	Dagskift	Lastetid [timer]	Lass per time /tonn per time	Kveldskift	Lastetid [timer]	Lass per time/tonn per time
<b>19.01.2015</b>			<b>6,86/233,7</b>			<b>3,80/144</b>
	H3 Synk	01:25		H3 S2	01:30	
	H3 S2	01:30		H3 S3	04:40	
	Toppstoll	04:40				
<b>20.01.2014</b>			<b>6,63/236,21</b>			<b>4,22/170</b>
	H3 S2	01:20		H3 S2	04:15	
	Toppstoll	00:35				
	H4	03:22				
	H1 S3	00:18				
<b>21.01.2015</b>			<b>6,14/204,69</b>			<b>3,60/133</b>
	H3 S2	00:35		H3 Synk	05:00	
	H1 S3	02:49				
	H1 S2	02:00				
<b>22.02.2015</b>			<b>5,95/218,6</b>			<b>3,82/132,2</b>
	Toppstoll	07:02		H3 Synk	05:30	
<b>23.01.2015</b>			<b>6,42/229.1</b>			
	Toppstoll	00:34				
	H4	05:30				
	H3 S3	02:18				