



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Optimalisering av trykkluftanlegget til Hydro Aluminium, Karmøy



Bacheloroppgave utført ved

Høgskolen Stord/Haugesund – studie for ingeniørfag

Maskin, Energi- og Prosessteknikk

Av: Bent André Eilerås Aasen
Øyvind Langeland Sætrevik

Haugesund

våren 2009

BACHELOROPPGAVE

Studenten(e)s navn: Bent Eilerås Aasen
Øyvind Langeland Sætrevik

Linje & studieretning: Maskin, Prosess- og energiteknikk

Oppgavens tittel: Optimalisering av trykkluftanlegget til Hydro Aluminium, Karmøy

Oppgavetekst:

Etter utfasing av Søderberganlegget og Massefabrikken skal trykkluftanlegget energioptimaliseres med tanke på trykkluftforsyning, kundespesifisert leveranse og drift.

Det optimaliserte anlegget med nye løsninger skal tegnes på P&ID. Oppgava skal gi grunnlag for å analysere og beregne mulige straks tiltak, samt langsiktige tiltak som kan gi Hydro Aluminium, Karmøy en økonomisk gevinst.

Endelig oppgave gitt: 06.03

Innleveringsfrist: Fredag 8.mai 2009 kl. 12.00

Intern veileder Jorunn S. Nysted, hsh

Ekstern veileder Arild Storesund, Hydro Aluminium, Karmøy

**Godkjent av
studieansvarlig**

Dato:

Monika Metallinon
6. mai 2009



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Høgskolen Stord/Haugesund

Studie for ingeniørfag

Bjørnsonsgt. 45

5528 HAUGESUND

Tlf. nr. 52 70 26 00

Faks nr. 52 70 26 01

Oppgavens tittel		Rapportnummer
Optimalisering av trykkluftanlegget til Hydro Aluminium, Karmøy		
Utført av		
Bent André Eilerås Aasen Øyvind Sætrevik		
Linje		Studieretning
Maskin, Energi- og Prosessteknikk		
Gradering	Innlevert dato	Veiledere
Åpen		Jorunn S. Nysted Arild Storesund



Forord

En bacheloroppgave er obligatorisk for alle studenter som fullfører ingeniørutdanningen ved Høgskolen Stord/Haugesund. Bacheloroppgaven vektet med 15 studiepoeng. Målet med oppgaven er at studenten skal vise at han kan anvende kunnskapen han har ervervet seg igjennom to og et halvt år på skolen.

Oppgaven ble utført for Hydro Aluminium, Karmøy som var svært behjelpelige med å legge til rette for bruk av kontor og innsamling av data. Oppgaven har omhandlet kompressortechnologi og energioptimalisering av trykkluft produksjon. Det har vært en svært lærerik prosess og som vil være nyttig senere med hensyn på rapportskrivning, oppgaveløsning og arbeid.

Kandidatene vil tilslutt takke gjeldene personer:

- Jarle Søyvik på Hydro Aluminium, Karmøy for informasjon, gode ideer og råd.
- Tor Irgens, distriktsjef for Atlas Copco for informasjon og tips.
- Jorunn Nysted, intern veileder for oppfølging av oppgaven, ideer og informasjon.
- Arild Storesund, som ekstern veileder.
- Steinar Kristoffer Alne for omvisning i kompressorstasjonene, info, ideer og æren.
- Svein Erik for informasjon
- John Olaf Sagstad for autocad- tegninger og oppfølging av dem.
- Frank Jonny for innhenting av arbeidstillatelse
- Finn Gunnar Brekke for informasjon

Haugesund 08/05-2009

Haugesund 08/05-2009

Bent André Eilerås Aasen

Øyvind Langeland Sætrevik



Sammendrag

I forbindelse med nedleggelsen av Søderberg prosessen og massefabrikken ved Hydro Aluminium, Karmøy blir ca. 40 % av trykkluftanlegget på Hydro Aluminium, Karmøy fjernet. Hydro Aluminium, Karmøy ville i denne forbindelsen energioptimalisere det resterende trykkluftnettet.

Formålet med oppgaven ble derfor å kartlegge det viktigste utstyret for trykkluft produksjon på Hydro Aluminium, Karmøy, og å utarbeide et forslag til hvordan utstyret kan forbedres og/eller fornyes med hensyn på å redusere utgiftene ved trykkluft produksjon. Det ble også sett på andre løsninger for energioptimalisering av anlegget.

Ved å bearbeide de innsamlede dataene om driften kom det fram at en sannsynligvis bare trenger to kompressorstasjoner, samt at det ikke er nødvendig å kjøpe inn nye kompressorer eller vikle om dei skrukompressorene som Hydro Aluminium, Karmøy har lagret. Dataen om driften ble sammen med dataen om utstyret brukt til å gi en konklusjon på hva slags kompressorer og tørker som vil være det beste valget med tanke på energioptimalisering. Ved hjelp av AutoCad Mechanical 2009 er det nye anlegget illustrert sammen med plasseringen av mengdemålere på en P&ID.

Det beste oppsettet for Hydro Aluminium, Karmøy med tanke på energi optimalisering vil være å legge ned kompressorstasjon 1, og bare bruke kompressorstasjon 2 og 3. Dette på grunn av at kompressorstasjon 2 og 3 har en bedre plassering og et bedre utgangspunkt for å få en lavere temperatur på luften som kompressorene suger inn.

Det er også kommet fram til at skrukompressorene utnytter energi langt bedre enn stempelmaskinene. Dette i lag med at muligheten for samkjøring ved hjelp av ES 130 gjør at Hydro Aluminium, Karmøy kun bør bruke skrukompressorer.

Videre er det anbefalt å utbedre størrelse og plassering av innsug i kompressorstasjon 3 slik at en slipper undertrykk og høye temperaturer i stasjonen. Det anbefales også å montere opp filtrene slik at de ikke glir ned.

I kompressorstasjon 2 er det ingen problem med undertrykk. Men ved å plassere innsuget på en mindre solutsatt plass og ved å beskytte innsuget med et materiale som ikke leder varme, kan en unngå unødvendig høye temperaturer inne i stasjonen.

En oppgradering av softwaren i ES 130 vil bidra til at kompressorene kan samkjøres slik at kun de mest optimale maskinene kjører. Dette gir et mer stabilt driftstrykk som igjen kan gjøre det mulig å redusere driftstrykket.

Selv om å sette ned driftstrykket vil redusere mengden luft som forsvinner i forbindelse med lekkasjer, vil det anbefales å starte med en årlig kontroll av trykkluft nettet. En reduksjon av lekkasjer vil føre til at mer av den produserte luften blir brukt til sitt formål. En kan også veg hjelp av videre utreknings se om det er mulig å legge ned enda en kompressor.

En installasjon av mengdemålere på trykkluftsrør som går inn til kunder av Karmøy Metallverk vil kunne bidra til at kundene betaler for den eksakte lufte de bruker.



Innholdsfortegnelse

Forord.....	1
Sammendrag.....	2
1. Innledning.....	8
1.1 Hydro Aluminium, Karmøy	8
1.2 Bakgrunn	9
1.3 Formål	10
1.4 Avgrensninger	10
1.5 Metode.....	10
2. Systemets komponenter.....	11
2.1 Kompressorteori.....	11
2.1.1 Skrukompressor	11
2.1.2 Stempelkompressor	12
2.2 Vannutskillings teori	14
2.2.1 Tørke prinsippet.....	14
2.2.2 MD-tørker	14
2.2.3 Kjøletørkene	15
3. Hydro Aluminium, Karmøy før utfasing av Søderberg.....	16
3.1 Kompressorstasjon 1 (B).....	16
3.1.1 innhold i kompressorstasjon 1	18
3.2 Kompressorstasjon 2 (D).....	19
3.2.1 innhold i kompressorstasjon 2	20
3.3 Kompressorstasjon3 (A).....	21
3.3.1 innhold i kompressorstasjon 3	21
3.4 Sammenligning av kompresstasjonene	22
4. Energi optimalisering	24



4.1 Trykkluftforsyning	24
4.1.1 Kompressorer	24
4.1.2 Tørker/ vannutskillerne.....	25
4.1.3 Kompressorstasjon optimalisering.	27
4.1.4 Utgangspunkt for Oppsett av stasjoner og kompressorer	30
4.1.5 Oppsett av stasjoner og kompressorer.	31
4.2 Kundespesifisert leveranse.....	33
4.2.1 Mengdemåling.....	33
4.3 Drift.....	34
4.3.1 Software og driftstrykk.....	34
4.3.2 Lekkasjer.	34
5. Tiltak og økonomi	35
5.1 Strakstiltak.....	35
5.2 Økonomi.....	36
6. P&ID	40
6.1 Rørnett.....	40
6.2 Mengdemålere.....	41
6.3 Kompressorstasjon	41
7. Diskusjon.....	42
7.1 Trykkluftforsyning.....	42
7.1.1 Kompressorene	42
7.1.2 Vannutskilling	43
7.1.3 Kompressorstasjon	43
7.1.4 Kompressoroppsett.....	44
7.2 Kundespesifisert leveranse.....	45
7.2.1 Mengdemåling.....	45
7.3 Drift.....	45



7.3.1 Lekkasje	45
7.3.2 Software og driftstrykk	45
8. Konklusjon	46
9. Referanser	47
10. Vedleggsliste	48



Figurliste

Figur 1-1 viser en Søderberg celle. Tegning laget på bakgrunn av en skisse fra International Aluminium Institute[4].....	8
Figur 1-2 viser en Prebake celle. Tegningen er laget på bakgrunn av en skisse fra International Aluminium Institute[4].....	9
Figur 1-3 viser AutoCad Mecanical 2009 logoen. (AutoCad Mecanical 2009) [3].....	10
Figur 2-1 viser skruene i en skruekompressor (Atlas Copco) [6]	11
Figur 2-2 viser en illustrasjon av en ZR kompressor som er i bruk på Hydro Aluminium, Karmøy. (Atlas Copco) [6].....	12
Figur 2-3 viser en skisse av en type L Stempelkompressor. Skissen er laget på bakgrunn av en tegning i Atlas Copcos – Trycklufthandboken [1].	13
Figur 2-4 viser en Ingersoll XLE stempelkompressor som blir brukt på Hydro Aluminium, Karmøy (Ingersoll Rand)[8].....	13
Figur 2-5 Fasediagram for vann.(Wikipedia) [5]	14
Figur 2-6 viser prinsippet til MD-kjølerne. For mer informasjon se Vedlegg I.....	15
Figur 2-7 viser prinsippet til en kjøletørke. (opphav bilde: Sabroe, redigert av Aasen B.E)	16
Figur3-1 viser hvor støvet en flate som ikke blir brukt er. Dette er andre etasje, som er en plata som fører videre opp til den utfasede trykktanken på 4,5m ³ . (Bilde: Sætrevik Ø.L).....	17
Figur 3-2 viser kompressorstasjon 1 med luftinntakene. (Bilde og redigert: Aasen B.E).....	18
Figur 3-3 - Farten målt over filterne.....	18
Figur 3-4 viser et enlinjeskjema over installasjon i kompressorstasjon 1. (Hydro) [3].....	19
Figur 3-5 viser Kompressorstasjon 2. Bilde tatt fra sørøst. (Bilde: Aasen, B.A.E.).....	20
Figur 3-6 - Farten målt over filterne.....	20
Figur 3-7 viser et enlinjeskjema over installasjon i kompressorstasjon 3. (Hydro) [3].....	21
Figur 3-8 viser kompressorstasjon 3. Bilde tatt fra sørøst. (Bilde: Aasen, B.A.E.)	21
Figur 3-9 viser et enlinjeskjema over installasjonen i kompressorstasjon 3. (Hydro) [3].....	22
Figur 3-10 Gjennomsnitt luftstrøm per minutt i de forskjellige kompressorstasjonene.....	23
Figur 3-11 Gjennomsnitt strømforbruk i kvartalet i de forskjellige kompressorstasjonene.....	23
Figur 3-12 Spesifikke energiforbruket. Gjennomsnitt energi brukt for å komprimere luftmengden i tredje kvartal.....	23
Figur 4-1 viser hvor mye som skillet ut ved et gitt duggpunkt. (atlas Copco - Trycklufthanboken) [1]	26
Figur 4-2 Luft forbruket ved Hydro Aluminium, Karmøy 3.kvartal 2008 der y-aksen viser luftmengde[m ³ /min] og x-aksen viser antall målinger.	30
Figur 4-3 kompressor oppsett og luft mengde til de forskjellige kompressorene som er i bruk ved oppsett 1.	31
Figur 4-4 kompressor oppsett og luft mengde til de forskjellige kompressorene som er i bruk ved oppsett 1. 2 kompressorer står her i reserve.	32
Figur 4-5 viser kompressor oppsett og luft mengde til de forskjellige kompressorene som er i bruk ved oppsett 1/ 2 og 3.	32
Figur 4-6 viser kompressor oppsett og luft mengde til de forskjellige kompressorene som er i bruk ved oppsett 1/ 2 og 3. 2 kompressorer står hær i reserve	33
Figur 4-7 viser en ES130 fra Atlas Copco	34
Figur 5-1 viser nedgangen i energiforbruk og energikostnader fra 2008 til 2009.....	36



Figur 5-2 viser hvor mye energiforbruket og energikostnadene vil gå ned ved å oppdatere softwaren i ES130 samt bruke ett optimalisert kompressor oppsett.	37
Figur 5-3 viser hvor mye energiforbruket og energikostnadene vil gå ned ved å få ned temperaturen med 15 °C samt bruke ett optimalisert kompressor oppsett.	38
Figur 5-4 viser hvor mye energiforbruket og energikostnadene vil gå ned ved å få stort nok innsug i kompressorstasjonene, samt bruke ett optimalisert kompressor oppsett.	38
Figur 5-5 viser nedgangen i energiforbruket og kostnadene fra 2008 til etter hvert som de forskjellige optimaliseringene trer i kraft.	39
Figur 6-1 viser alternativer for å legge røret som skal gi luft til utslagstasjon celler (8027). Fra venstre til høyre: alt1, alt2 og alt3.	40

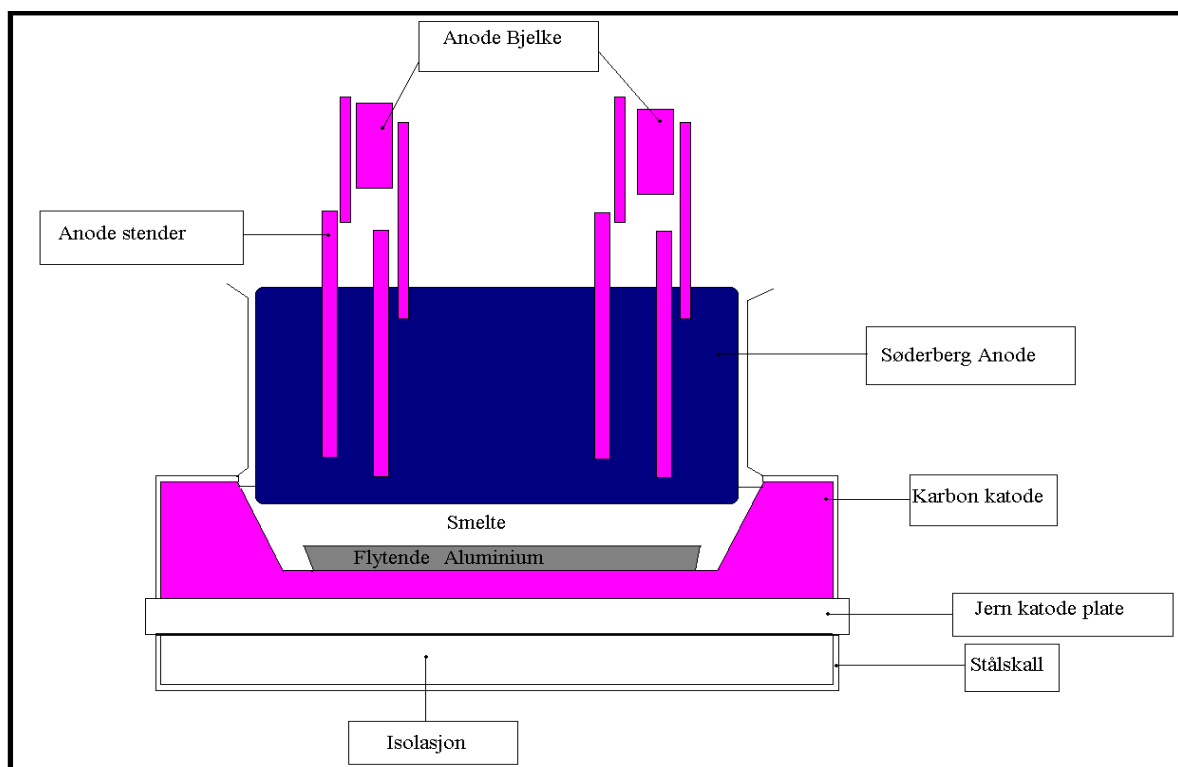
1. Innledning

1.1 Hydro Aluminium, Karmøy

Norske Hydro ble grunnlagt 2. Desember 1905 under navnet Norsk Hydro-Elektrisk Kvælstofaktieselskab. Selskapet har mer enn 23 000 medarbeidere i over 40 land. Den Norske Stat eier 43,8 prosent av selskapet. (Hydro)[3]

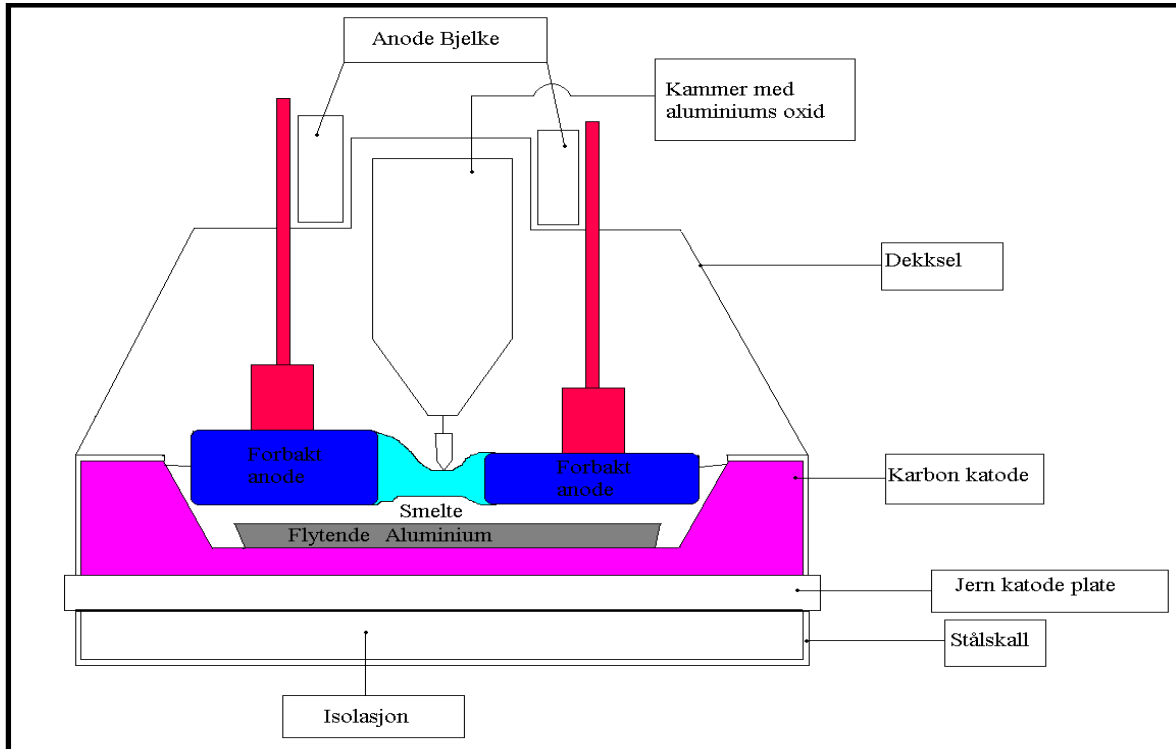
Hydro har sju fabrikker i Norge, derav en på Karmøy. Det var Alnor Aluminium Norway A/S som i 1963 etablerte aluminiumsverket på Karmøy. I begynnelsen var det et samarbeid mellom Hydro og Harvey Aluminium fra USA der Hydro eide 51 % mens Harvey eide de resterendes 49 %. (Hydro) [3]

Aluminiumsverket ble basert på Søderberg teknologien (Hydro)[3]. Den gikk ut på å bake anodene i selve elektrolyse ovnen. Figur 1-1 beskriver en Søderberg celle.



Figur 1-1 viser en Søderberg celle. Tegning laget på bakgrunn av en skisse fra International Aluminium Institute[4]

På 80 tallet ble anlegget bygget ut ytterligere med den nyere Prebake teknologien. Denne teknologien går ut på å forbake anodene før de blir senket ned i elektrolyse ovnen (Hydro) [3]. Figur 1-2 viser en Prebake celle.



Figur 1-2 viser en Prebake celle. Tegningen er laget på bakgrunn av en skisse fra International Aluminium Institute[4]

Prebake teknologien er mer miljøvennlig enn den eldre Søderberg teknologien. Dette er fordi en prebake celle er lukket og avgassene kan samles og sendes direkte til rens, mens i Søderberg cellene blir avgassene sluppet direkte ut i atmosfæren. Prebake teknologien er også mindre energikrevende. (Hydro) [3]

På topp produserte Søderberg 120 000 tonn aluminium pr. år mens prebake produserer 170 000 tonn pr. år. (Hydro) [3]

På det meste jobber det 1400 ansatte på anlegget, i tillegg er det rundt 300 entreprenører innfor porten hver dag. (Hydro) [3]

1.2 Bakgrunn

Ved Hydro Aluminium, Karmøy utfører trykkluft mange oppgaver, helt fra selve aluminiumsproduksjonen til drift av håndverktøy. Trykkluftanleggets omfang dekker hele industriområdet.

I Årdal og Høyanger ble Søderberg anleggene lagt ned for noen år siden på grunn av for høye utslipp av støv og PAH (polyaromatiske hydrokarboner), men på Karmøy ble det brukt våtrenging ved hjelp av saltvannsspray, noe som gjorde utslippene mindre. Men på grunn av nye utslippsgrenseverdier satt i OsPar – avtalen som skal tre i kraft 2010 velger Hydro Aluminium å legge ned Søderberg anlegget også på Karmøy. Men da finanskrisen på høsten 2008 endret markedsforholdene slik at etterspørselen etter aluminium gikk ned ble nedleggelsen framskyndet til 13. Februar 2009. Detter

fører også til at massefabrikken som produserte masekull for Sørderberg cellene blir lagt ned. (Hydro) [3]

I denne forbindelse har Hydro Aluminium, Karmøy planer om å energioptimalisere trykkluftanlegget sitt. Det er svært mange elementer som spiller inn på energiforbruket til trykkluftanlegg på Hydro Aluminium, Karmøy og det er store rom for forbedringer.

1.3 Formål

Formålet med oppgaven er å kartlegge det viktigste utstyret for trykkluftproduksjon på Hydro Aluminium, Karmøy, og å utarbeide et forslag til hvordan utstyret kan forbedres og/eller fornyes med hensyn på å redusere utgiftene ved trykkluftproduksjon.

1.4 Avgrensninger

I oppgaven blir det ikke tatt hensyn til trykktap i rørledningen. Det blir heller ikke sett på selve rør trasen, bare røret ut fra kompressorstasjonene. I økonomidelen blir det ikke tatt hensyn til selvkost. Oppgaven tar heller ikke for seg kompressorer som er knyttet til særegne operasjoner som kraner og lignende.

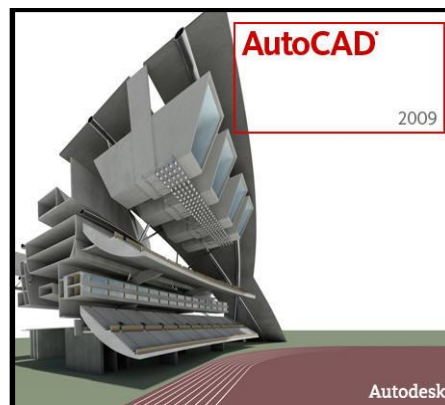
1.5 Metode

Måten oppgaven vil bli løst på er å samle data om utstyret som blir brukt, og driften av trykkluftanlegget.

Dataen om driften av trykkluftanlegget vil bli brukt til å beregne et estimert trykkluftsbehov som kan dekke det nødvendige forbruket etter at Sørderberg og massefabrikken legges ned. Dataen om utstyret vil bli brukt til å finne den mest optimale sammensetningen av utstyret samt se om det finnes nyere utstyr som kan fungere bedre.

Det vil også bli sett på nye løsninger som kan hjelpe til å få ned energiforbruke. Disse vil bli presentert og tilslutt diskutert for å finne en konklusjon.

Det vil bli brukt AutoCad Mecanical til å utforme den oppdaterte P&ID`en. AutoCad Mecanical 2009 logo blir vist på Figur 1-3 (AutoCad Mecanical 2009) [3]



Figur 1-3 viser AutoCad Mecanical 2009 logoen. (AutoCad Mecanical 2009) [3]

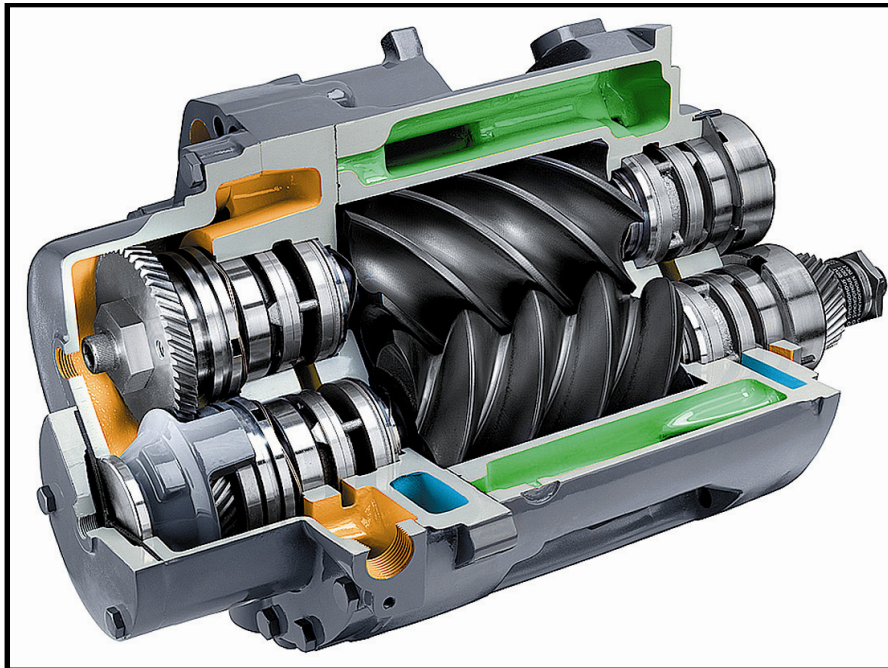
2. Systemets komponenter

2.1 Kompressorteori

Alle kompressorene hos Hydro Aluminium, Karmøy er to trinns baserte. Trykket komprimeres over to steg med mellomkjøling og etterkjøling. Ett trinn for lavkomprimering som komprimerer luften fra atmosfærisk trykk til et trykk på 2,5 barg og et for høytrykkskomprimering som gir et sluttrykk på nærmere 8 barg.

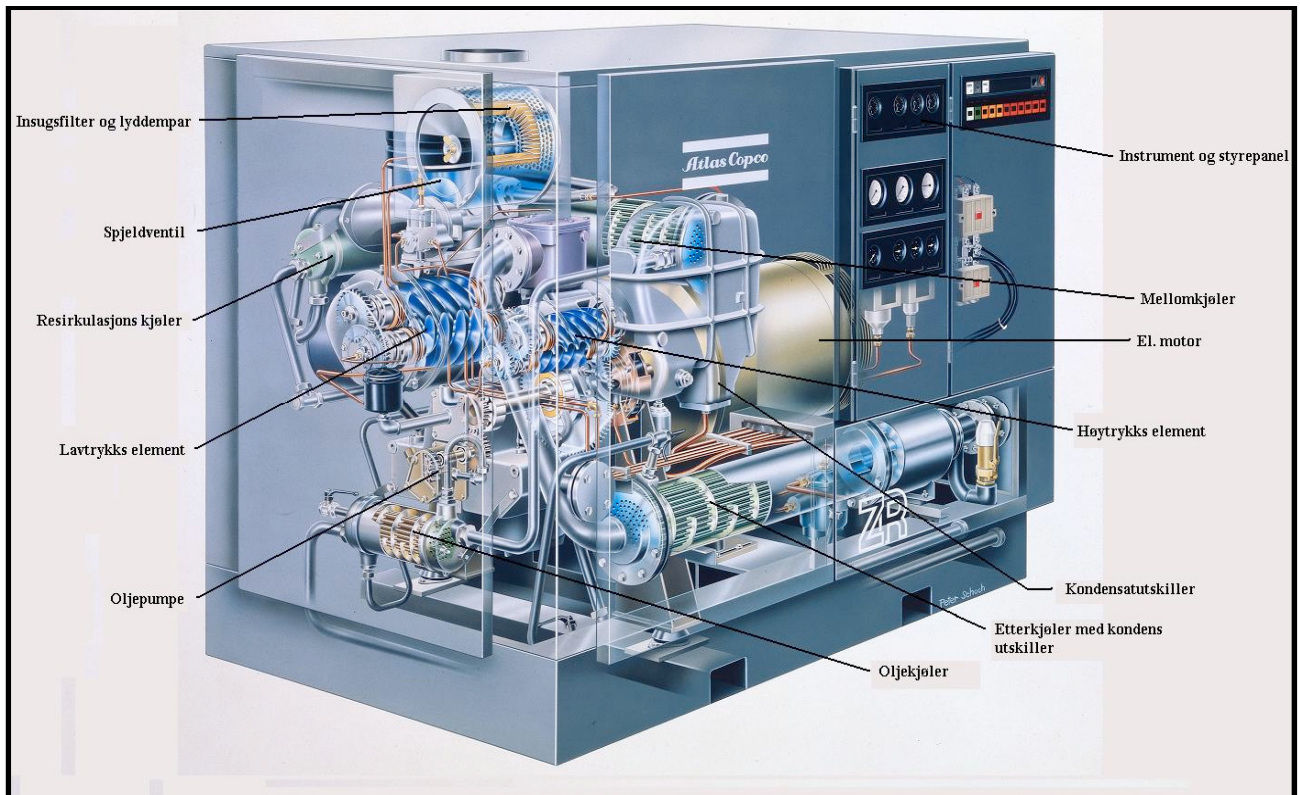
2.1.1 Skrukompresor

Den første ideen for skrukompresor ble utviklet på 1930-tallet. Ideen gikk ut på at to roterende skruer, kalt skovl og slide, skulle skape et fortrenningsvolum når volumet mellom skruene og huset minsket. Hvordan skruene er montert er vist på Figur 2-1 Senere på 60-tallet ble den oljefrie, også kalt den tørre, skrukompresoren introdusert. Denne hadde noe bedre virkningsgrad pga den asymmetriske skruprofilen. (Atlas Copco, Tryckluftshandboken) [1]



Figur 2-1 viser skruene i en skrukompresor (Atlas Copco) [6]

Hydro Aluminium, Karmøy har 6 skrukompresorer fra Atlas Copco som er i kontinuerlig drift og 4 transportable skrukompresorer fra AMA som står i reserve og starter når trykket kommer under 5 barg. Figur 2-2 illustrerer en ZR kompresor som er i bruk på Hydro Aluminium, Karmøy. For mer info om AMA sine Dieselpresorer: se Vedlegg H

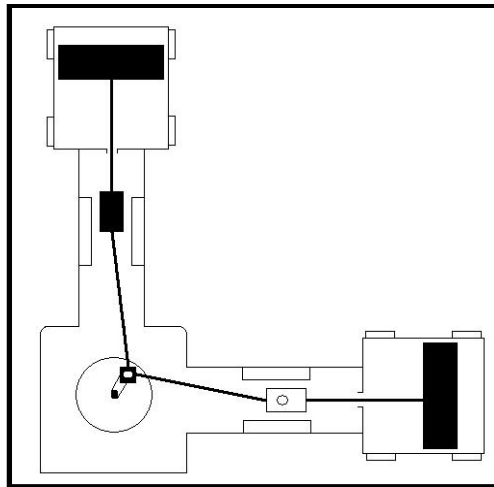


Figur 2-2 viser en illustrasjon av en ZR kompressor som er i bruk på Hydro Aluminium, Karmøy. (Atlas Copco) [6]

Kompressoren virker ved at luft suges inn i toppen av boksen. Her er det filtre som er lette å skifte ved service. Lufta går gjennom det største fortrenningskammeret som går rundt ved hjelp av en elektromotor. Når en komprimerer lufta til 2,5barg øker temperaturen betraktelig og må derfor kjøles. Lufta er lettere å komprimere når den er kald og gir en bedre virkningsgrad, dermed blir lufta sendt gjennom en vannavkjølt mellomkjøler. Etter dette går lufta gjennom trinn to. Dette trinnet har mindre fortrenningskammer og høyere fart enn trinn en. Den høye farten kommer av at utvekslingen på elektromotoren er større. Ut fra trinn to går mesteparten av lufta gjennom etterkjøleren, men noe blir sent direkte til tørken. For mer info om dette: se 2.2.2 MD-tørker.

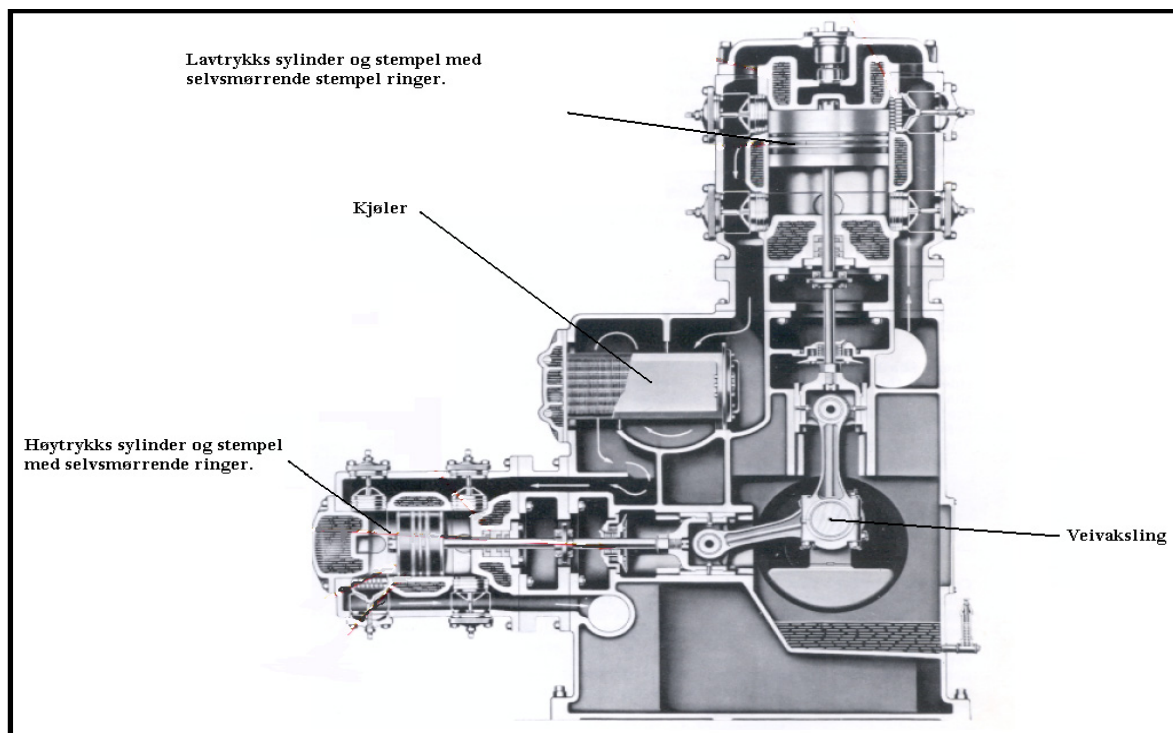
2.1.2 Stempelkompressor

Stempelkompressorene er den eldste og vanligste kompressoren. Det finnes flere typer stempelkompressorer. Stempelkompressorene som er blitt brukt ved Hydro Aluminium, Karmøy er en dobbeltvirkende L-type med vertikal lavtrykksylinder og horisontal høytrykksylinder (Atlas Copco, Tryckluftshandboken) [1]. Se Figur 2-3 for en skisse av en L-type stempelkompressor.



Figur 2-3 viser en skisse av en type L Stempelkompressor. Skissen er laget på bakgrunn av en tegning i Atlas Copcos – Trykklufthandboken [1].

Kompresjonen oppstår her ved at en konstant mengde gass tvinges til et lavere volum ved et stempel i en sylinder. For å tette veggene er stempelet utstyrt med 2 selvsmørende ringer som gjør at en unngår å skrape metallstempelet mot metallsylinderen. Komprimeringsprosessen blir dermed enklere siden det skaper mindre friksjon. Dette fører også med seg mindre slitasje og dermed mindre partikler som føres gjennom maskinen og ut på trykklufnettet. Figur 2-4 viser en Ingersoll Rand XLE stempelkompressor som blir brukt på Hydro Aluminium, Karmøy.



Figur 2-4 viser en Ingersoll XLE stempelkompressor som blir brukt på Hydro Aluminium, Karmøy (Ingersoll Rand)[8]

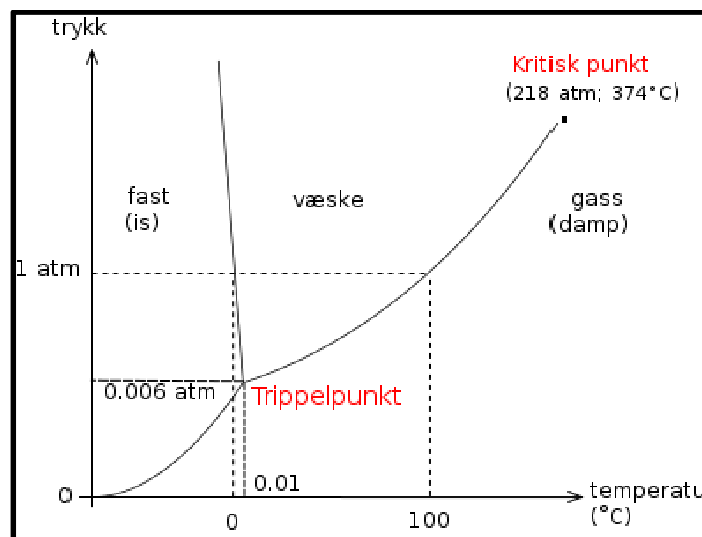
Stempelet blir drevet av en elektromotor som er koblet til en veivaksling. Veivakslingen driver to råder av forskjellig størrelse. Den største råden er festet til den største stempelstangen som igjen er

festet til det største stampelet. Dette stampelet komprimerer lufta opp til ca 2,5 barg. Lufta går videre til en mellomkjøler som kjøler ned lufta. Deretter blir lufta komprimert videre fra ca 2,5 barg og opp til ca 7,5 barg i høytrykkssylinderen og tilslutt sendt ut på nettet.

2.2 Vannutskillings teori

2.2.1 Tørke prinsippet

Luft inneholder vann. Når en komprimerer luft vil partikkelkonsentrasjonen øke og andelen av fuktighet vil kondensere og danne vann. Tørkes ikke luften før den sendes ut på trykkluftnettet vil luften ta med seg denne væsken. Dette kan skape uønskede problemer som korrosjon og ødelagte luftverktøy. Det kan også føre til mindre pålitelige eller ødelagte prosesser. Det finnes flere måter å tørke luft på, men de to viktigste metodene går ut på å øke trykket eller senke temperaturen. Dette kan en se på Figur 2-5 som viser et fasediagram for vann.



Figur 2-5 Fasediagram for vann.(Wikipedia) [5]

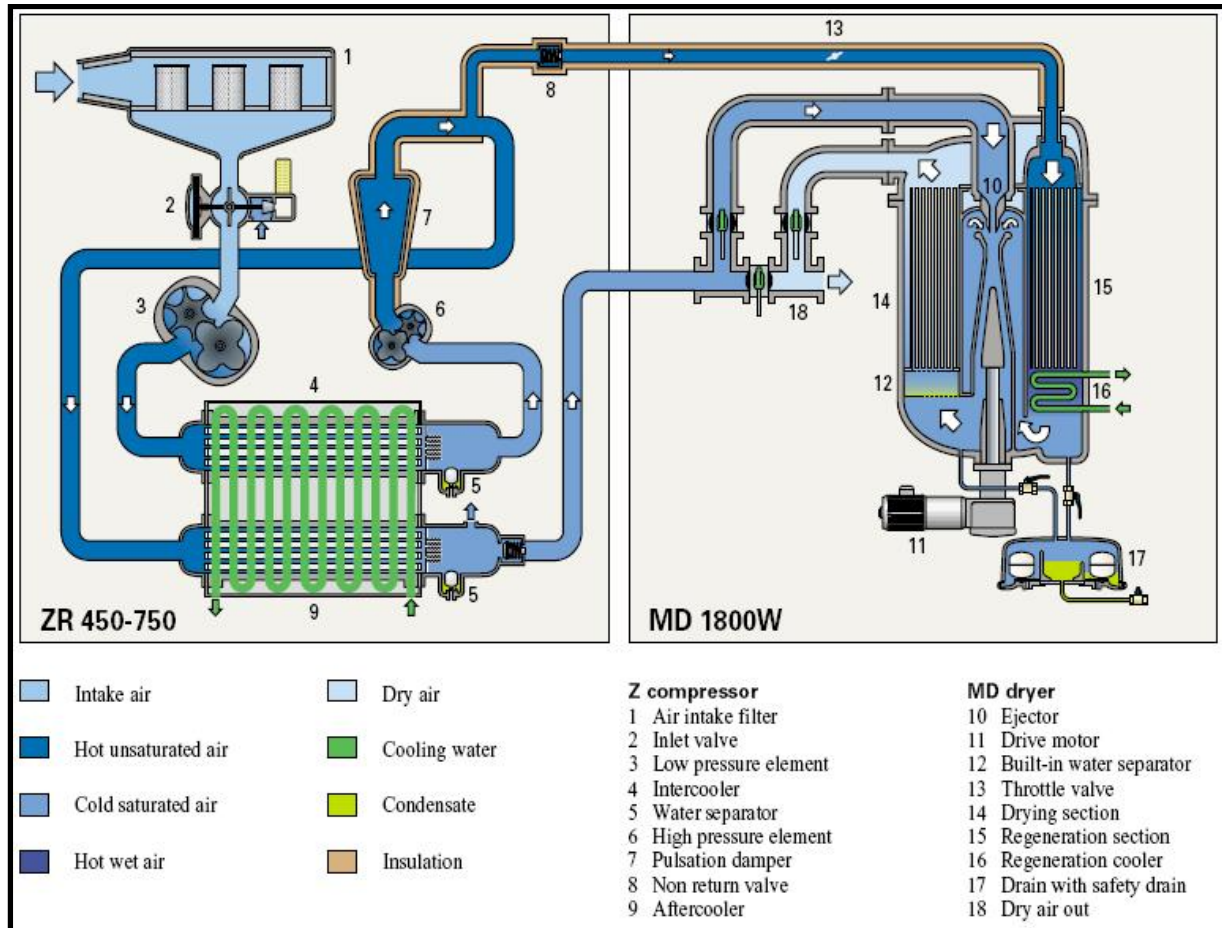
Ved begge tilfellene vil gassemolekylene presses sammen og fuktigheten vil samle seg til større partikler. Den sammensatte partikkelen, som etter hvert blir tyngre enn selve gassen, vil falle ned, og samle seg og danne vanndråper. Med andre ord, gassen kondenserer.

Ofte ønsker en å beholde samme temperaturen, eller som hos Hydro Aluminium, Karmøy samme trykk. Absorpsjons og adsorpsjons tørker er mest utbredt, med hensyn på dette. Forskjellen på disse er at adsorpsjonstørkene kan benyttes om igjen etter at den er mettet med vann, mens absorpsjons tørker kun kan benyttes en gang. Dette gjør absorpsjonstørkene dyrere i drift da tørkemassen må skiftes når den er mettet.

2.2.2 MD-tørker

Hydro Aluminium, Karmøy har installert 4 nye tørker i den nyeste kompressorstasjonen. De nyeste tørkene er levert av Atlas Copco og har navnet MD-6 og MD-2500. Navnet er bare en definisjon på konseptet der D står for tørker (dryer på engelsk). Prinsippet på disse er det samme, den eneste vesentlige forskjellen er at MD-2500 er vertikalstilt (trommelen innvendig står på høykant), MD6-ene

er horisontaltstilt (trommelen innvendig ligger flatt). Prinsippet til en MD-tørke vises på Figur 2-6 under.



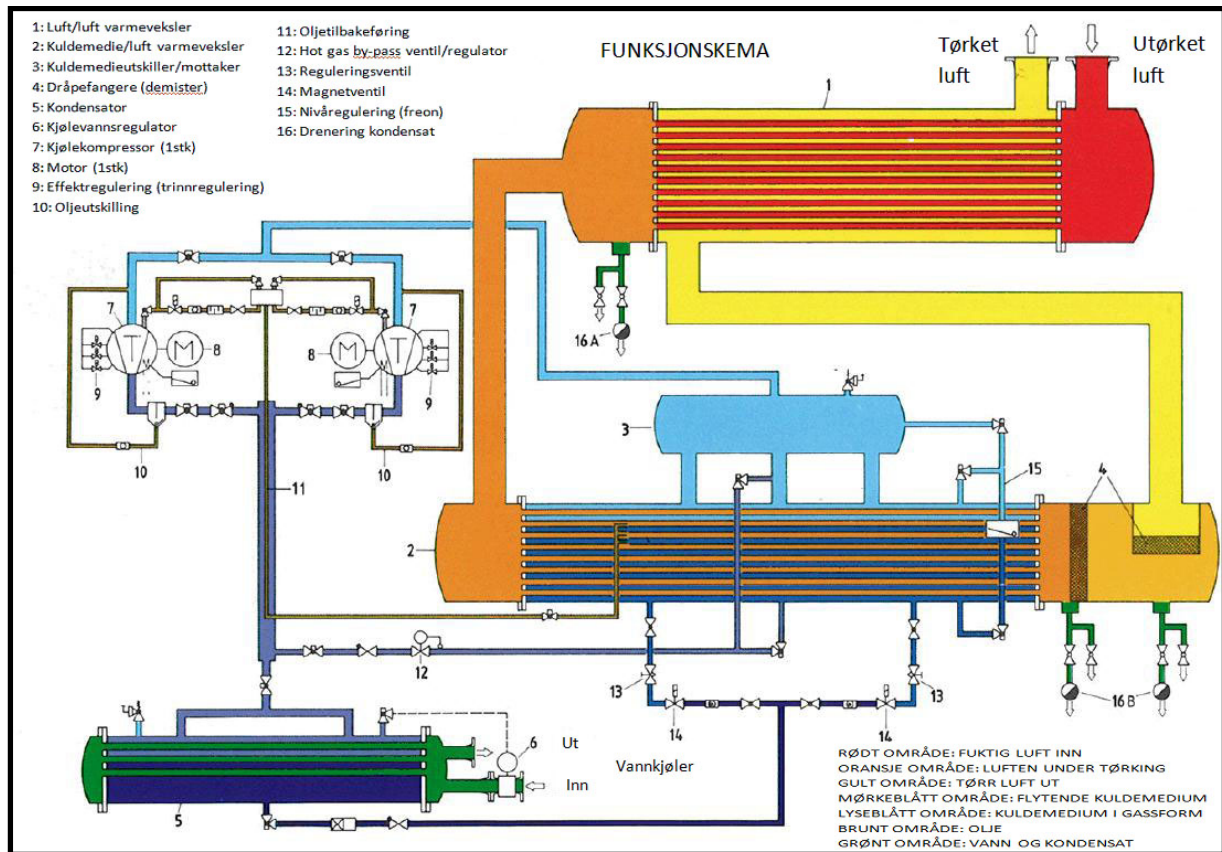
Figur 2-6 viser prinsippet til MD-kjølerne. For mer informasjon se Vedlegg I.

MD-tørkene er bygget opp etter adsorpsjonsprinsippet. Det betyr at det er en masse i tørken tar opp fuktighet. Inni MD-tørkene benyttes silicagel til å ta opp fuktighet. Komprimert kald og våt luft som passerer etterkjøleren kommer inn på $\frac{3}{4}$ av tørken. Når luften har passert tørken har silicagelen absorbert mesteparten av fuktigheten og dette med minimalt trykktap. I den siste delen av adsorpsjonsprosessen blir kjøleren tørket med varmluft fra kompressoren. Dette er varm luft som er isolert fra luften har passert etterkjøleren, og har som oppgave å regenerere (blåse tør) silicagelen.

2.2.3 Kjøletørkene

De gamle tørkene står i kompressorstasjon 1 og 2. Dette er en Sabroe sh21600 og en Hiross 45W som begge kan tørke 300 m³/min, og en Hiross sm35W som kan tørke 200 m³ /min. Kjøletørkene er bygget opp etter prinsippet med å redusere temperaturen. Når temperaturen avtar, kondenserer vannet og det kan skiller ut. Etter vannutskillingen blir luften varmet opp til romtemperatur igjen slik at det ikke dannes kondens på utsiden av rørnett. Duggpunktet ligger på en temperatur mellom 2

°C og 10 °C og begrenses av vannets frysepunkt. Figur 2-7 på neste side viser hvordan prinsippet til en kjøletørke fungerer.



Figur 2-7 viser prinsippet til en kjøletørke. (opphav bilde: Sabroe, redigert av Aasen B.E)

Det første som skjer i kjøletørken er at luften inn overfører energi (varme) til luften ut. Luften inn, som er den utørkede våte luften (rødt område), blir avkjølt, og luftstrømmen ut, som er den tørkede luften (gult område), blir varmet opp. Deretter passerer luften en vannkjøler som avkjøler den enda mer. Under hele prosessen blir vann tappet av. Når luften tar opp varme igjen er den tørrere enn når den kom inn.

3. Hydro Aluminium, Karmøy før utfasing av Søderberg.

På Hydro Aluminium, Karmøy er det 4 forskjellige A/S. Tre av dem kjøper trykkluft av den fjerde som er Karmøy metallverk. Slik som systemet er per 04.05.09 har Hydro Aluminium, Karmøy kun mulighet til å lese av luftmengden ut av hver kompressorstasjon.

Nedenfor er kompressorstasjonene beskrevet. Se Vedlegg D for tegning over området og plassering.

3.1 Kompressorstasjon 1 (B)

Kompressorstasjon 1 er den eldste stasjonen. Denne er plassert midt mellom valseverket (8015), trådstøperiet (8016) og støperiet (8018). I Vedlegg D kan en bruke tallene i parentesene for å finne de forskjellige byggene. Siden stasjonene er plassert midt mellom disse bygningene har stasjonen

enkelt for å ta opp avfallspartikler som produseres fra disse bygningene, noe den bærer preg av. Selve kompressorgulvet er rent, men det er mye støv på flater som ikke blir brukt. På Figur3-1 kan en se hvordan noen av flaten i kompressorstasjon ser ut.



Figur3-1 viser hvor støvet en flate som ikke blir brukt er. Dette er andre etasje, som er en platå som fører videre opp til den utfasede trykktanken på 4,5m³. (Bilde: Sætrevik Ø.L)

Kompressorstasjon1 har fire små og et stort luftinntak. Det største er i andre etasje og har et omfang på 1000x2000mm. De 4 små luftinntakene har en størrelse på 560x560mm og er plassert på dobbeltdørene. Som en kan se Figur 3-2 er det kun filter på to av inntakene.



Figur 3-2 viser kompressorstasjon 1 med luftinntakene. (Bilde og redigert: Aasen B.E)

Kledningen til stasjonen består av helt enkle bølgeblikklater som ikke er isolert. Blikklplatene tar lett opp varme fra solen (strålingsenergi). Stasjonen ligger dessuten vegg i vegg med et arbeidsrom med temperaturer over vanlig romtemperatur, noe som gjør dette at denne stasjonen får en høyere arbeidstemperatur enn nødvendig.

Det ble gjort noen fartsmålinger med en vindmåler. Under målingene sto det tre maskiner i pålast. En stempelmaskin, en ZR5 og en ZR4. Farten som ble målt over filtrene kan en se på Figur 3-3 som er vist under.

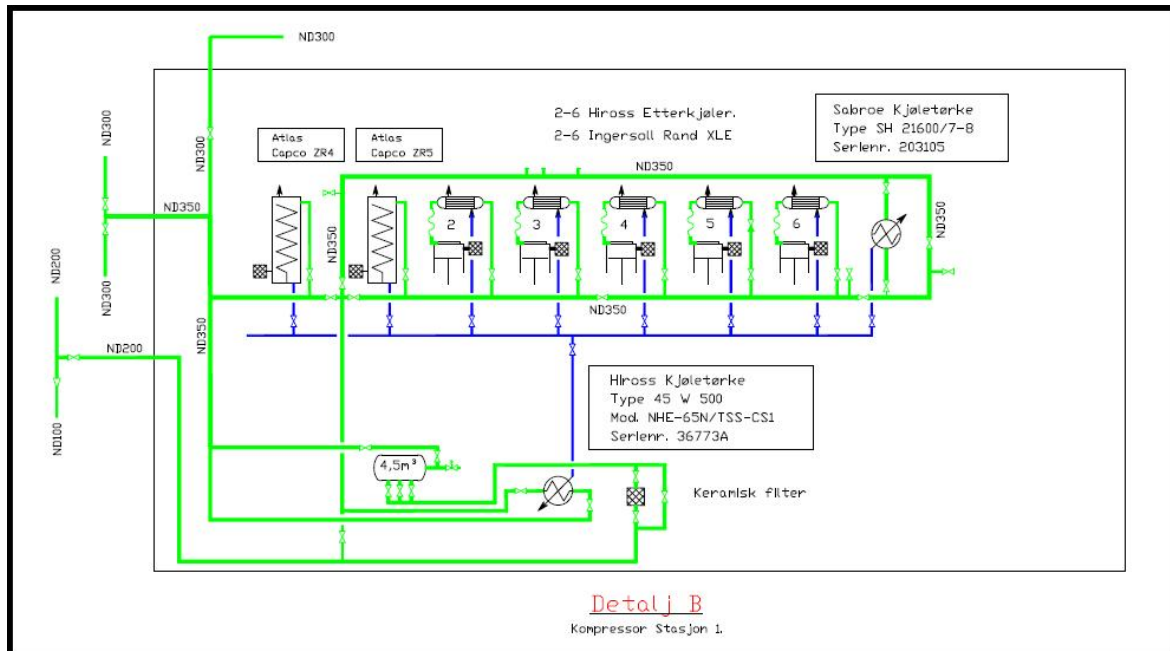
Hvor	Antall	Størrelse	Gjennomsnitt fart	Maks fart
Lengst vekke på bilde	2	560x560mm	1,6m/s	2,1m/s
Ved inngangsdør	2	560x560mm	1,5m/s	2,6m/s
Oppe på sideveggen	1	1000x2000mm	2,6m/s	3,1max

Figur 3-3 - Farten målt over filtrene

3.1.1 innhold i kompressorstasjon 1

I kompressorstasjon 1 er det installert 6 kompressorer. To skrukompressorer av typen ZR4 og ZR5 fra Atlas Copco, samt 4 stykker stempelkompressorer fra Ingersoll Rand. ZR4 og ZR5 ble laget i 1986 og leverer henholdsvis 36 m³/min og 56 m³/min. Ingersoll Rand kompressorene leverer 65 m³/min og er litt eldre. Det er installert to kjøletørker, en Sabroe sh21600 og en Hiross 45W som begge kan rense 300 m³ luft/min hver. Etter at trykkluften har passert kjøletørkene har trykkluften et duggpunkt på 7 °C. Det er også installert et overvåkningssystem for skrukompressorene, kalt ES130, levert av Atlas Copco. Kjølevannet som brukes til nedkjøling av kompressorene og luften etter kompresjonstrinnene er industrivann. Ut fra denne stasjonen er den maksimale teoretiske mengden komprimert luft 352

m³/min, men den virkelige mengden er rett under 300 m³/min. Rørdimensjonen ut er 250 mm og kompressorstasjon1 har et årlig strømforbruk på 13,4 GWh/år. På Figur 3-4 under vises et enlinjeskjema av kompressorstasjon 1



Figur 3-4 viser et enlinjeskjema over installasjon i kompressorstasjon 1. (Hydro) [3]

3.2 Kompressorstasjon 2 (D)

Kompressorstasjon 2 ligger litt sørøst utenfor selve produksjons område. Se Vedlegg D, der kompressorstasjon 2 har nummeret 8108. Selve stasjonen er bygget i betong, men deler av den er bygget i bølgeblekk. Figur 3-5 viser kompressorstasjon 2. Bygget består av 5 rom. 2 rom på hver side til dieselkompressorene som er Hydro Aluminium, Karmøy sin reserveløsning, noe som vil bli beskrevet senere. I hver kompressorstasjon finnes det et kontrollrom. De to siste rommene ligger i midten og her er stempelkompressorene og tørkeren plassert i hvert sitt..



Figur 3-5 viser Kompressorstasjon 2. Bilde tatt fra sørøst. (Bilde: Aasen, B.A.E.)

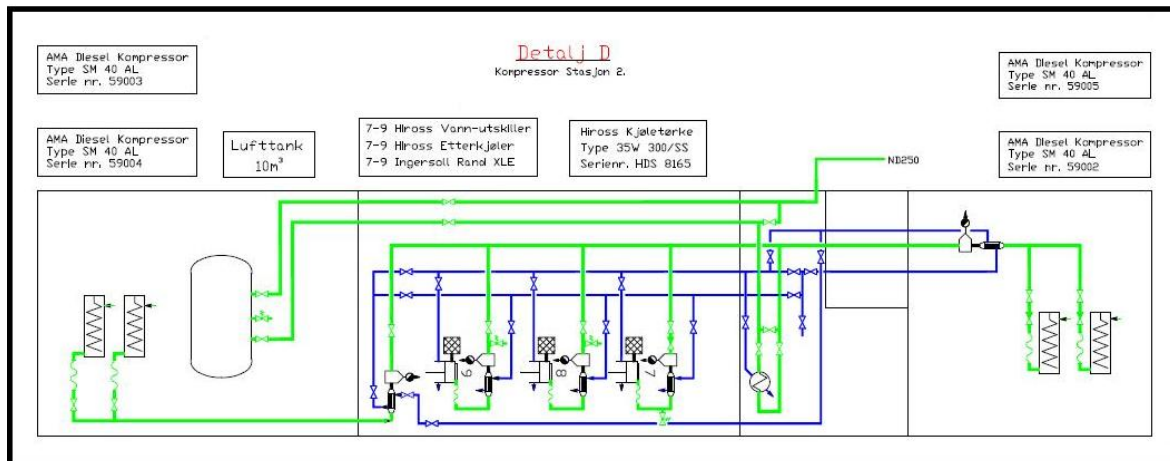
Stasjonen har 5 luftinntak med bølgeblikk overbygg over på baksida. 4 av dem er til AMA dieselkompressorene og er noe mindre enn det største inntaket som er til stempelrommet. Dette inntaket har en vifte montert på innsiden som gjør at rommet hvor stempelmaskinene står får et kraftig overtrykk. Denne luften går videre ut gjennom et hull på 1000x1000mm til rommet ved siden av der kjøletørken står. Hastigheten til luften som ble målt over hullet kan leses av i Figur 3-6 som er vist under. Det ble ikke målt hastighet inn da utstyret var for svakt til det.

Hvor	Antall	Størrelse	Gjennomsnitt fart	Maks fart
Fra stempelrom til kjøletørkerom	1	1000x1000mm	7,4m/s	8,3 maks

Figur 3-6 - Farten målt over filtrene

3.2.1 innhold i kompressorstasjon 2

Kompressorstasjon 2 har det minst moderne utstyret og består av tre stempelkompressorer av typen Ingersoll Rand XLE. Disse er like stempelkompressorene ved kompressorstasjon 1, som er på 56 m³/min. Her står også 4 skrukompressorer fra AMA som slår inn hvis trykket synker til under 5 barg. Kompressorene i denne stasjonen blir avkjølt av et lukket kjølevannsystem som igjen blir avkjølt direkte av sjøvann via en varmeveksler. Stasjonen har også installert en kjøletørke av typen Hiross sm35W som kan tåle en luftmengde på 200 m³/min og som gir et gjennomsnitt duggpunkt ut på 7 °C. Den teoretiske luftmengden ut av denne stasjonen uten diesel kompressorene er 195m³ luft/min, men etter samtale med personell på Hydro Aluminium, Karmøy har det kommet frem at det er ett taket på 180 m³/min. Røret ut fra kompressorstasjon 2 har en indre diameter på 300mm og det årlige strømforbruket her er 7,1 GWh/år. På Figur 3-7 under vises et enlinjeskjema av kompressorstasjon 2



Figur 3-7 viser et enlinjeskjema over installasjon i kompressorstasjon 3. (Hydro) [3]

3.3 Kompressorstasjon3 (A)

Kompressorstasjon 3 er den nyeste og største stasjonen. Stasjonen vises i Figur 3-8. Bygget, som er laget i betong, ligger nordvest for hovedområdet og kan sees i Vedlegg D som nr 8140. Det er kun to inntak på 2000x2000 på baksiden, og inntakene kan du se i Vedlegg J. Inntakene har ikke overbygg og er plassert lengst vekk fra kompressorene. Små og for få inntak gjør at denne stasjonen har problemer med undertrykk. Det ble ikke gjort noen fartsmålinger av inntaksluften i dette kompressorrommet på grunn av vanskelig tilkomst.

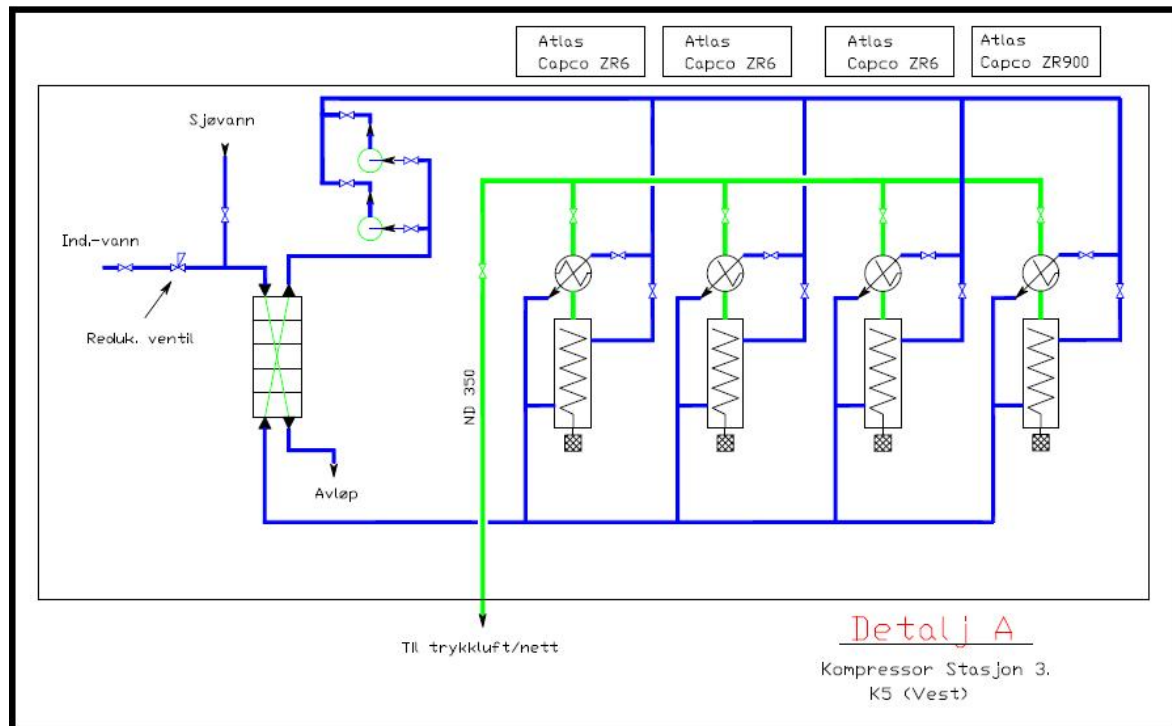


Figur 3-8 viser kompressorstasjon 3. Bilde tatt fra sørøst. (Bilde: Aasen, B.A.E.)

3.3.1 innhold i kompressorstasjon 3

Kompressorstasjon 3 er den nyeste stasjonen og har mest optimal drift. Alt overvåkes av styresystemet ES130. Her står det tre ZR6 og en ZR900VSD (Variable Speed Drive), alle levert av Atlas Copco. ZR6 leverer 112,5 m³/min og ZR900VSD kan levere hele 147 m³/min ved full pålast. ZR900VSD er også den eneste frekvensstyrte kompressoren Hydro Aluminium, Karmøy har. Denne har et leveranseområde fra 102,9 m³/min til 147 m³/min, alt etter hva frekvensen er. Med installerte MD tørker på alle kompressorene blir sluttproduktet tørket grundig og får et duggpunkt på -20, før det

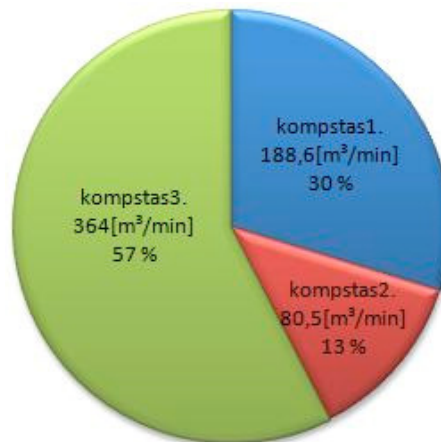
sendes ut rørleningen som har en indrediameter på 350mm. Systemet blir kjølt med resirkulerende industrivann som avkjøles av indirekte sjøvann. Ut fra erfaring hos Hydro Aluminium, Karmøy har det vist at den maksimale virkelige volumstrømmen under normale forhold er på 432 m³/min, mens maks teoretisk luftmengde er 484,5 m³/min. På Figur 3-4 under vises et enlinjeskjema av kompressorstasjon 3



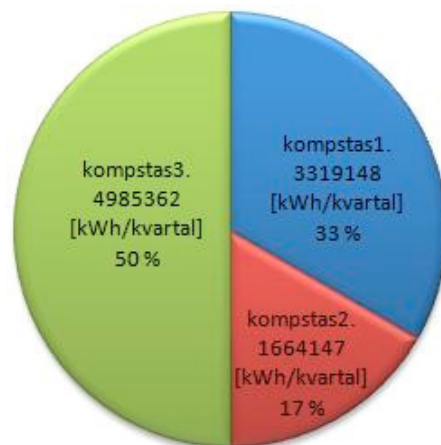
Figur 3-9 viser et enlinjeskjema over installasjonen i kompressorstasjon 3. (Hydro) [3]

3.4 Sammenligning av kompresstasjonene

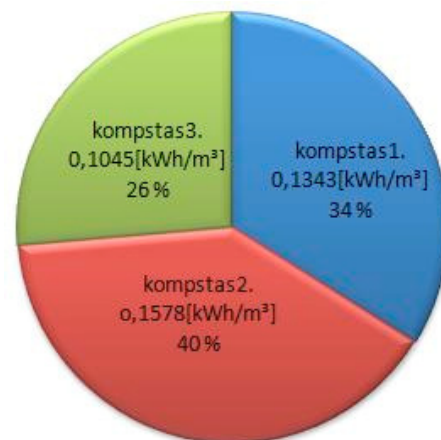
Ved å sette opp sektordiagrammer får en et overblikk over hvordan systemet er i dag. Diagrammene tar for seg den gjennomsnittlige produserte luftmengden som blir, det gjennomsnittlige strømforbruket og det spesifikke energiforbruket i vert kompressorstasjon. Figur 3-10 viser Gjennomsnitt luftstrøm per minutt i de forskjellige kompressorstasjonene, mens Figur 3-11 viser Gjennomsnitt strøm i kvartalet for de forskjellige kompressorstasjonene og Figur 3-12 viser Spesifikke energiforbruk i kvartalet for de forskjellige kompressorstasjonene. Spesifikke energi er den brukte energien som trengs for å komprimere brukt luftmengden i tredje kvartal. Grunnlaget er hentet ut fra Hydro Aluminium, Karmøy sin database og er fra tredje kvartal i 2008. For mer info om dataene som ble brukt til grunnlaget: se Vedlegg B og Vedlegg CD.



Figur 3-10 Gjennomsnitt luftstrøm per minutt i de forskjellige kompressorstasjonene



Figur 3-11 Gjennomsnitt strømforbruk i kvartalet i de forskjellige kompressorstasjonene.



Figur 3-12 Spesifikke energiforbruket. Gjennomsnitt energi brukt for å komprimere luftmengden i tredje kvartal.



Kompressorstasjon 3 står for over halvparten (57 %) av luften som produseres, men den bruker 50 % av den fordelte energien. Selv om den bruker mest energi er dette den mest effektive stasjonen, dette er fordi den spesifikke energibruken er på 26 %.

Kompressorstasjon 1 bruker 33 % av det totale energiforbruket og 34 % av det totale spesifikke energiforbruket. Selv om kompressorstasjon 1 bare produserer litt mer enn halvparten (30 %) av det som kompressorstasjon 3 produserer, står den for et energiforbruk som er 28,5 % høyere. Se utregning nedenfor.

$$\frac{komp1}{komp3} = \frac{0,1343 \text{ kWh/m}^3}{0,1045 \text{ kWh/m}^3} = 1,285$$

Kompressorstasjon 2 produserer rett over 22 % av den luftmengden som kompressorstasjon 3 produserer og bruker 17 % av det totale energiforbruket. Det spesifikke energiforbruket er 40 %. Sammenligner en kompressorstasjon 2 med kompressorstasjon 3 ser en at den førstnevnte bruker hele 51 % mer en kompressorstasjon 3. Se utregningen nedenfor.

$$\frac{komp2}{komp3} = \frac{0,1578 \text{ kWh/m}^3}{0,1045 \text{ kWh/m}^3} = 1,510$$

4. Energi optimalisering

4.1 Trykkluftforsyning

4.1.1 Kompressorer

Ved å bytte ut Ingersoll Rand XLE Stempelmaskinene med nyere skrumaskiner kan Hydro Aluminium, Karmøy redusere energikostnadene. Dette fordi skrukompressorene har en langt høyere energiutnyttelsesgrad enn de eldre stempelmaskinene. Selv om stempelmaskinene har en høyere virkningsgrad, trenger den mer energi for å bevege de tunge stemplene i horisontal og vertikal retning. I Vedlegg K kan en se utregningene for virkningsgradene til Ingersoll Rand XLE stempelkompressor og Atlas Copco ZR5 sin skrukompresor.

Stempelkompressorene avgir også store mengder med vann- og olje damp. Mengdene er så store at de overstiger langt kravene i ISO 8573-1(Nessco) [9].(Se Vedlegg G for utregninger av mengde). Dette har ført til at det er blitt innmontert filter som skal beskytte de mer ømfintlige prosessene. Disse filtrene skaper et trykktap på 0,1-0,2 bar (se Vedlegg J).

Ved å bruke skrumaskinene som har oljefri trykkluft slipper en å få olje- og vann damp ut på trykkluftnettet, noe som igjen gjør at en slipper å bruke filterer som fjerner olje og vann.

Hydro Aluminium, Karmøy har også tre ubrukte ZR5 stående. Strømnettet til Hydro Aluminium, Karmøy er 400V, men maskinene har uttak for 500V, så disse må vikles om for å kunne tas i bruk.



4.1.2 Tørker/ vannutskillerne

Hydro Aluminium, Karmøy har tre ubrukte MD5-tørker som er klassifisert for ZR5. MD5-tørkene kan rense en teoretisk oljefri luftstrøm på 56 m³/min. Det ble opplyst fra Jarle Søvik ved Hydro Aluminium, Karmøy at Atlas Copco har godkjent at MD5 tørken monteres på ZR4 kompressoren. Ved å installere MD5-tørkere på ZR4 og ZR5 i kompressorstasjon 1 ville vann som kommer ut i trykkluftsystemet avta da MD-tørkene klarer et mye lavere duggpunkt enn de gamle vannutskillerne. Dette har Hydro Aluminium, Karmøy bevist siden kompressorstasjon 1 og 2 har et duggpunkt på ca 7 °C mens kompressorstasjon 3 har et gjennomsnitt duggpunkt på -20 °C.

Det er ikke mulig å bruke MD-tørker på stempelmaskinene siden disse avgir olje, men ved installasjon av MD tørkene på ZR maskinene vil de gamle tørkene (Sabroe sh21600 og en Hiross 45W) kunne yte bedre siden det er mindre påkjenning på dem.

Tar en for utgangspunkt i kompressorstasjon 1 som avgir en teoretisk luftstrøm på 287 m³/min nå stasjonen går på fullt med en stempelkompressor i reserve. Ved 7 °C vil komprimeringen med de installerte tørkene (Sabroe sh21600 og en Hiross 45W) kunne avgi 2.2 liter/min. se Figur 4-1. Viss en installerer MD-tørker på skrumaskinene, som til sammen leverer 92 m³ luft/min kan en anta at ZR kompressorene kan produsere trykkluft med et duggpunkt på under -30 °C. Dette er en reell antagelse siden Atlas Copco går god for at MD-tørkene kan levere et duggpunkt helt ned til -40 °C, samt at MD5-tørkene kan prosessere mer luft enn en ZR4 kan produsere. Kan også anta at Sabroe- og Hiross tørkene får bedre ytelse siden luftstrømmen gjennom tørkene er mindre. Når stempelmaskinens luftmengde er 195 m³/min og en antar at duggpunkt er 5 °C, kan en finne et estimert sluttduggpunkt med denne løsningen:

$$T_{\text{estimert}} = \frac{\text{temperatur} \cdot \text{luftmengden til skrukompessor} + \text{temperatur} \cdot \text{luftmengden til stempel}}{\text{total luftstrøm}}$$

$$T_{\text{estimert}} = \frac{(92\text{m}^3/\text{min} \cdot -30^\circ\text{C}) + (195\text{m}^3/\text{min} \cdot 5^\circ\text{C})}{287\text{m}^3/\text{min}}$$

$$T_{\text{estimert}} = -6,22^\circ\text{C}$$

Ved å interpolere svaret får vi ut den eksakte avgitte mengden vann som er 2,98 g/min. jmf Figur 4-1. Med den avgitte luftstrømmen tilsvarer dette 0,84 liter vann per min, noe som betyr at det blir 62 % mindre vann på nettet.



Daggpunkt °C	g/m ³	Daggpunkt °C	g/m ³	Daggpunkt °C	g/m ³	Daggpunkt °C	g/m ³
+100	588,208	+58	118,199	+16	13,531	-25	0,55
99	569,071	57	113,130	15	12,739	26	0,51
98	550,375	56	108,200	14	11,987	27	0,46
97	532,125	55	103,453	13	11,276	28	0,41
96	514,401	54	98,883	12	10,600	29	0,37
95	497,209	53	94,483	11	9,961	30	0,33
94	480,394	52	90,247	10	9,356	31	0,301
93	464,119	51	86,173	9	8,784	32	0,271
92	448,308	50	82,257	8	8,243	33	0,244
91	432,885	49	78,491	7	7,732	34	0,220
90	417,935	48	74,871	6	7,246	35	0,198
89	403,380	47	71,395	5	6,790	36	0,178
88	389,225	46	68,056	4	6,359	37	0,160
87	375,471	45	64,848	3	5,953	38	0,144
86	362,124	44	61,772	2	5,570	39	0,130
85	340,186	43	58,820	1	5,209	40	0,117
84	336,660	42	55,989	0	4,868	41	0,104
83	324,469	41	53,274			42	0,093
82	311,616	40	50,672	-1	4,487	43	0,083
81	301,186	39	48,181	2	4,135	44	0,075
80	290,017	38	45,593	3	3,889	45	0,067
79	279,278	37	43,508	4	3,513	46	0,060
78	268,806	36	41,322	5	3,238	47	0,054
77	258,827	35	39,286	6	2,984	48	0,048
76	248,840	34	37,229	7	2,751	49	0,043
75	239,351	33	35,317	8	2,537	50	0,038
74	230,142	32	33,490	9	2,339	51	0,034
73	221,212	31	31,744	10	2,156	52	0,030
72	212,648	30	30,078	11	1,96	53	0,027
71	204,286	29	28,488	12	1,80	54	0,024
70	196,213	28	26,970	13	1,65	55	0,021
69	188,429	27	25,524	14	1,51	56	0,019
68	180,855	26	24,143	15	1,38	57	0,017
67	173,575	25	22,830	16	1,27	58	0,015
66	166,507	24	21,578	17	1,15	59	0,013
65	159,654	23	20,386	18	1,05	60	0,011
64	153,103	22	19,252	19	0,96	65	0,0064
63	146,771	21	18,191	20	0,88	70	0,0033
62	140,659	20	17,148	21	0,80	75	0,0013
61	134,684	19	16,172	22	0,73	80	0,0006
60	129,020	18	15,246	23	0,66	85	0,00025
59	123,495	17	14,367	24	0,60	90	0,0001

Luftens vatteninnehåll vid olika daggpunkter.

Figur 4-1 viser hvor mye som skillet ut ved et gitt daggpunkt. (atlas Copco - Tryklufthanboken) [1]



4.1.3 Kompressorstasjon optimalisering.

Optimalisering kompressorstasjon 1

Utstyret er avhengig av å stå i et tørt og rent miljø for å ha optimal drift.

Dette er den stasjonen som er mest utsatt for avfallspartikler og det syns (se Figur3-1). Det er vanskelig å unngå avfallspartikler i tung industrien, men det er mulig å fokusere på å redusere og forhindre spredningen av disse.

Siden denne stasjonen er så nedstøvet bør den først og fremst vaskes ordentlig ned. For videre vedlikehold av stasjonen bør det regelmessig settes inn nye og rene filtre i inntakene. På Figur 3-2 ser en at det kun er filter på to av inntakene. Dette er ikke optimalt, da det skal være montert filter på alle inntakene. På synfaring av kompressorstasjon 1 ble det observert et åpent vindu. Dette er en enkel vei for at arbeidsluft fra støperiet skal bli sugd rett inn i kompressorstasjonen. Dette bør en derfor prøve å unngå.

Kompressorstasjonen har også en høy arbeidstemperatur på grunn av bølgeblikket. Det å senke temperaturen gjør at maskinene yter bedre. I følge ETA energi rapport [10] vil hver 3 °C øke energiutnyttningen med 1 %. Det å isolere veggene eller byttet ut bølgeblikket kan være et alternativ, men det er usikkert hvor stor temperaturendring dette vil gi. En vil trolig ha mer igjen av å installere en vifte. En vifte vil skape et overtrykk som gjør at luften oftere skiftes ut, og bygget vil dermed få lavere temperatur. En vifte vil bruke strøm, men dette kan Hydro Aluminium, Karmøy muligens tjene inn igjen ved at temperaturen blir lavere.

To av inntakene er bygget inn under en fasade og et er ikke. Fartsmålingene som er gjort over inntakene er under 4m/s, men under testen manglet det 3 stempelmaskiner. Ut i fra ideell gasslov og strømningsloven kan en regne ut hvor stort luftinntaket til kompressorstasjonen skal være. Antar det at kompressorstasjonene går på fullt, og med en stempelkompressor i reserve, vil teoretisk luftstrøm være på 287m³/min. Antas det også at temperaturen inne i kompressorstasjonen er 20 °C, at luften ut i rørledningen er 25 °C og gjennomstrømningshastigheten er på 4m/s, blir størrelsen på luftinntaket dette.



$$\frac{PQ}{T} = \text{konstant} \Rightarrow \frac{P_1 Q_1}{T_1} = \frac{P_2 Q_2}{T_2}$$

$$Q_1 = \frac{P_2 Q_2 T_1}{T_2 P_1}$$

$$Q_1 = \frac{287 \text{ m}^3/\text{min} \cdot (7,5 \text{ barg} + 1 \text{ bar}) \cdot (273 + 20) \text{ K}}{(273 + 25) \text{ K} \cdot 1 \text{ bar}} = 2398,57 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$Q_1 = 40,00 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_1 = A \cdot V \Rightarrow A = \frac{Q_1}{V}$$

$$A = \frac{40,00 \text{ m}^3/\text{min}}{4 \text{ m/s}} = 10 \text{ m}^2$$

Inntakene som er i stasjon 1 har et samlet areal på 3,25 m², men burde vært på 10 m². Siden dette er tilfellet, vil ville en installert vifte vært et godt alternativ dersom det ikke er mulighet til å øke luftinntaket.

Optimalisering kompressorstasjon 2

Stasjon 2 har god lufting i stempel- og utskillerrommet på grunn av den viften som er montert for å skape overtrykk. Viften gjør at stasjonen har gode arbeidstemperaturer, men kan bli ytterligere bedre. Om sommer er gjennomsnittstemperaturen inne i bygget på ca 29 °C og om vinteren på ca 10 °C. Ved lavere lufttemperatur yter maskinene bedre. Overbyggene til inntakene er i blankt stål og kan gi en økt temperatur på grunn av solvarmen som blir tatt opp. Hvis Hydro Aluminium, Karmøy hadde byttet ut overbyggene i stål med et materiale med lavere varmeledningsevne (f.eks plast eller betong?), kunne temperaturen inne i stasjonen blitt redusert og virkningsgraden til kompressorene forbedret

Ingen av inntakene i kompressorstasjon 2 har filte. Som nevnt tidligere bør kompressorstasjonene ha montert filter på inntakene selv om de står litt i fra selve hovedanlegget.

Optimalisering kompressorstasjon 3

Stasjon 3 er den eneste stasjonen som har filter på inntakene, men det ene filteret er blitt påvirket av tyngdekraften og dermed seget litt ned. Se bilde i Vedlegg J. Inntakene er også på den sida som er mest værutsatt. Filtrene er også montert utpå bygget, uten noe som helst overbygg. Her burde det vært installert et overbygg som er beskytter mot vind og vær.

Selv om dette er den nyeste stasjonen har Hydro Aluminium, Karmøy problemer med undertrykk. Bilde i Vedlegg F viser at luft har blitt dratt inn under portene. Når dette skjer drar lufta med seg sand og støv. Dette tyder på at stasjonen ikke har nok luftinntak til stasjonen. Her er det to muligheter. Den ene er å montere en vifte som skaper overtrykk, og den andre er å lage et ekstra eller eventuelt større luftinntak i stasjonen.



Ut i fra ideell gasslov og strømningsloven kan en regne ut hvor stort luftinntaket til kompressorstasjonen skal være. Den maksimale teoretiske volumstrømmen Hydro Aluminium, Karmøy har hatt ut av stasjonen er 432 m³/min ved ca 7,5barg. Antas det at temperaturen inne i kompressoren er på 15 °C, at temperaturen ut på trykkluftnettet er på 20 °C, og setter at gjennomstrømningshastigheten på 4m/s, blir størrelsen på luftinntaket dette.

$$\frac{PQ}{T} = \text{konstant} \Rightarrow \frac{P_1 Q_1}{T_1} = \frac{P_2 Q_2}{T_2}$$

$$Q_1 = \frac{Q_2 P_2 T_1}{T_2 P_1}$$

$$Q_1 = \frac{432 \text{ m}^3/\text{min} \cdot (7,5 \text{ barg} + 1 \text{ bar}) \cdot (273 + 15) \text{ K}}{(273 + 20) \text{ K} \cdot 1 \text{ bara}} = 3609,34 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$Q_1 = 60,00 \text{ m}^3/\text{s}$$

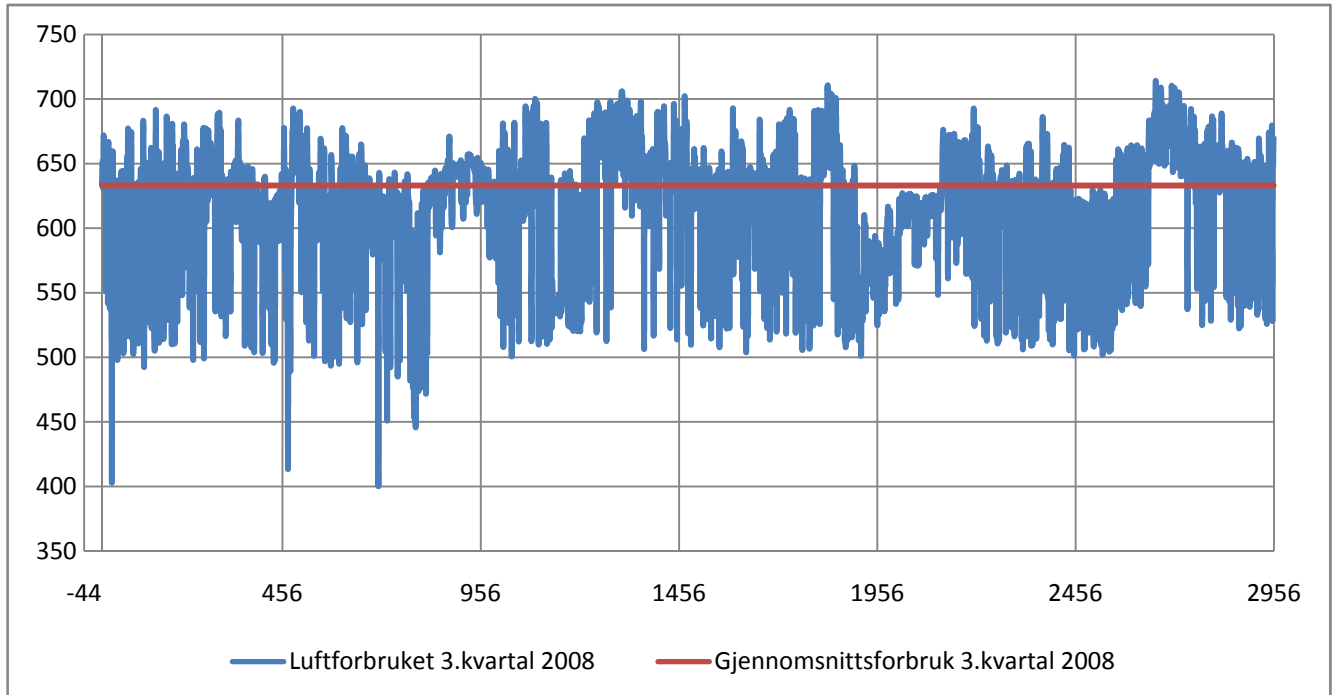
$$Q_1 = A \cdot V \Rightarrow A = \frac{Q_1}{V}$$

$$A = \frac{60,00 \text{ m}^3/\text{min}}{4 \text{ m/s}} = 15 \text{ m}^2$$

Hydro Aluminium, Karmøy har to filter som på som utgjør 8m², men Hydro Aluminium, Karmøy trenger burde etter utregningene hatt nesten dobbelt så stort inntak.

4.1.4 Utgangspunkt for Oppsett av stasjoner og kompressorer

Hydro Aluminium, Karmøy måler trykkluftten hvert 5.min. Det er disse målingene som er grunnlaget for grafen som er vist på Figur 4-2. Dataene som er brukt er fra 3.kvartal 2008. Gjennomsnittets forbruk denne perioden var på 633.1 m³/min mens det høyeste forbruket var på 714 m³/min.



Figur 4-2 Luft forbruket ved Hydro Aluminium, Karmøy 3.kvartal 2008 der y-aksen viser luftmengde[m³/min] og x-aksen viser antall målinger.

Med utgangspunkt i grafen i Figur 4-2 er gjennomsnitt- og maks forbruk etter at Söderberg og Massefabrikken lagt ned regnet ut. Her har en gått ut frå at Söderberg og massefabrikken brukte 40 % av trykkluftten. Dette er tall som Hydro Aluminium, Karmøy har beregnet seg fram til.

Maks forbruk etter nedleggelse av Söderberg og Massefabrikken:

$$(0,6 \cdot 714) = 428.4 \text{ m}^3 / \text{min}$$

Gjennomsnittets forbruk etter nedleggelse av Söderberg og Massefabrikken:

$$(0,6 \cdot 633.1) = 379.9 \text{ m}^3 / \text{min}$$

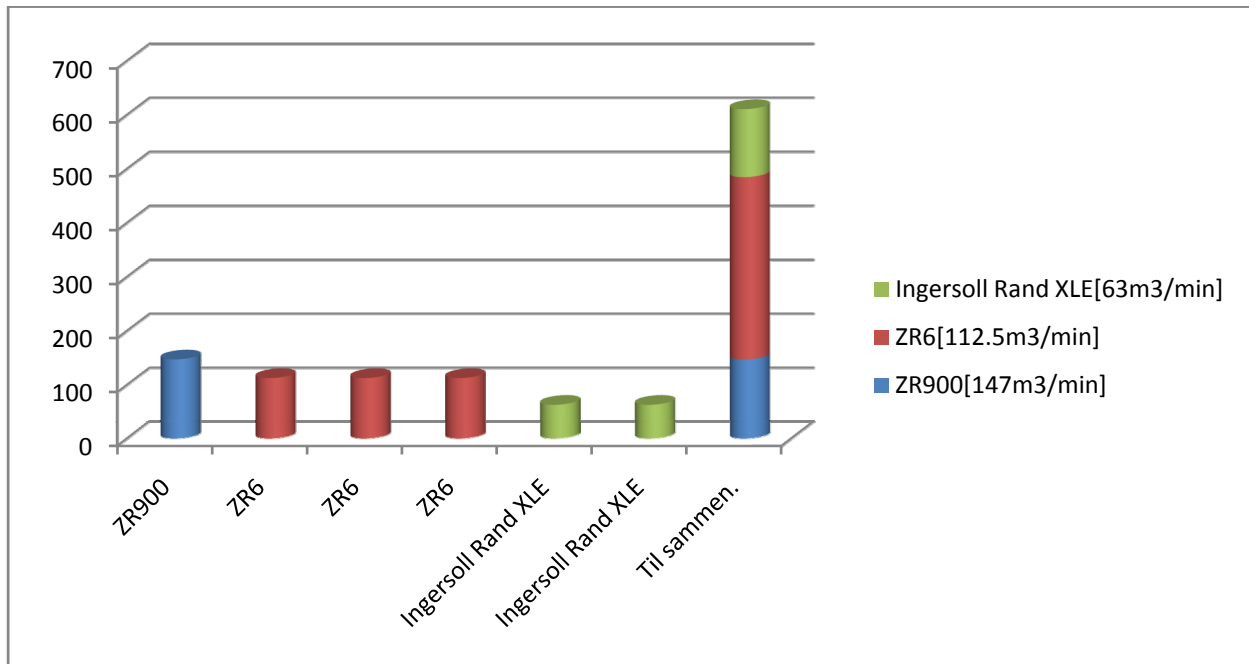
430 m³/min er videre brukt som minimum kapasiteten til det optimaliserte trykklufstsanlegget, mens 380 m³/min er brukt som gjennomsnittets forbruk.

Det er ikke lagt inn noe spesiell sikkerhetsmargin da kompressorstasjonene er dimensjonert til å minimum produsere 60 % av maksimumsförbruket i 3.kvartal 2008. I tillegg til dette er det også mulig å ta i bruk de 4 AMA diesel kompressorene som står i kompressorstasjon 2.

4.1.5 Oppsett av stasjoner og kompressorer.

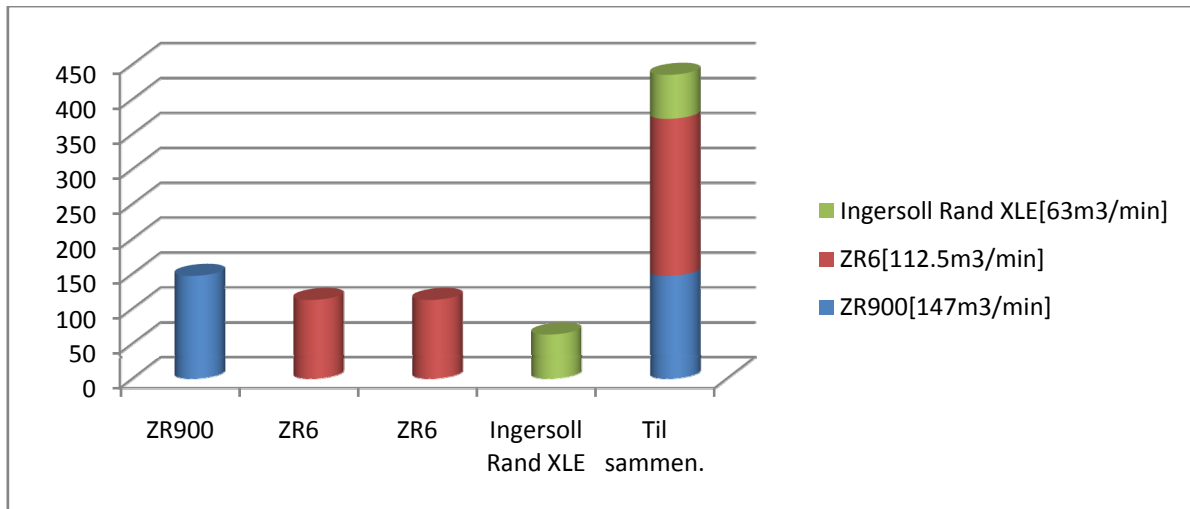
4.1.5.1 Oppsett 1

Dersom en bruker 2 stempelkompressorer i stasjon 2 og skruekompressorene i stasjon 3 vil en klare å dekke luftforbruket. Denne løsningen vil klare å produsere 610.5 m³/min når alle maskinene går på full pålast. Figur 4-3 viser hvor mye luft som blir produsert i dette tilfellet.



Figur 4-3 kompressor oppsett og luft mengde til de forskjellige kompressorene som er i bruk ved oppsett 1.

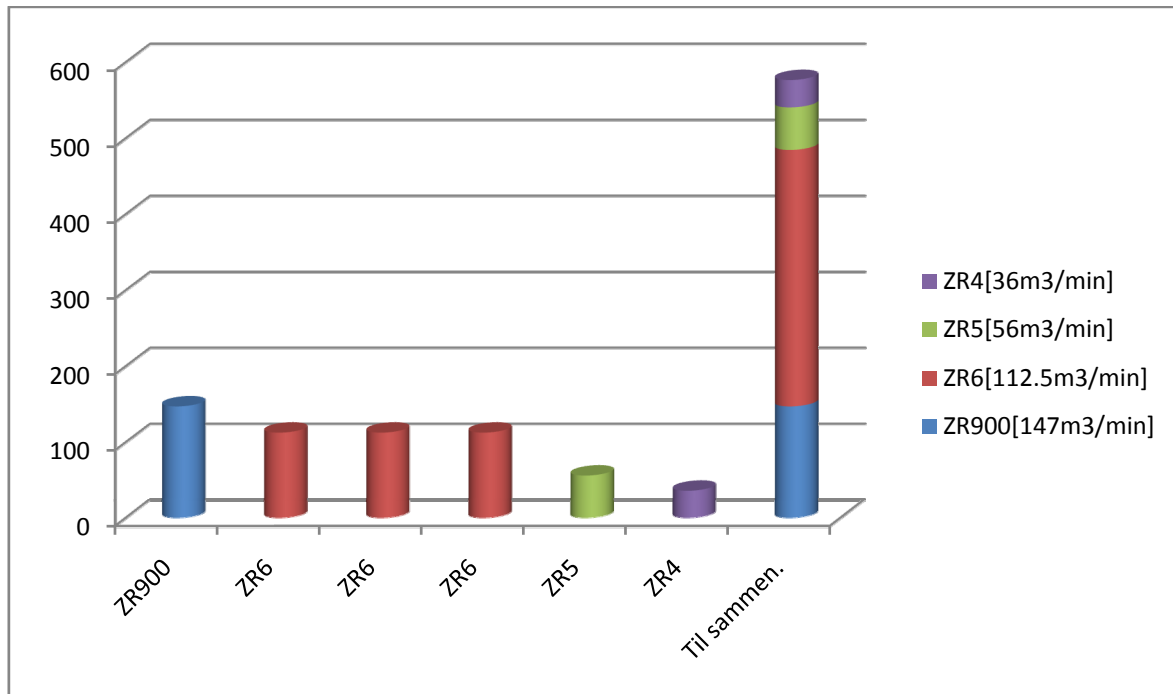
Det er nok til at 2 maskiner kan stå i reserve og likevel klarer de resterende kompressorene å produsere nok til å dekke estimert gjennomsnitt forbruk. Det vil da stå en stempelkompressor i stasjon 2 og en ZR6 skruekompressor i stasjon 3 i reserve. Anlegget kan da produsere 435m³/min som er vist i Figur 4-4.



Figur 4-4 kompressor oppsett og luft mengde til de forskjellige kompressorene som er i bruk ved oppsett 1. 2 kompressorer står her i reserve.

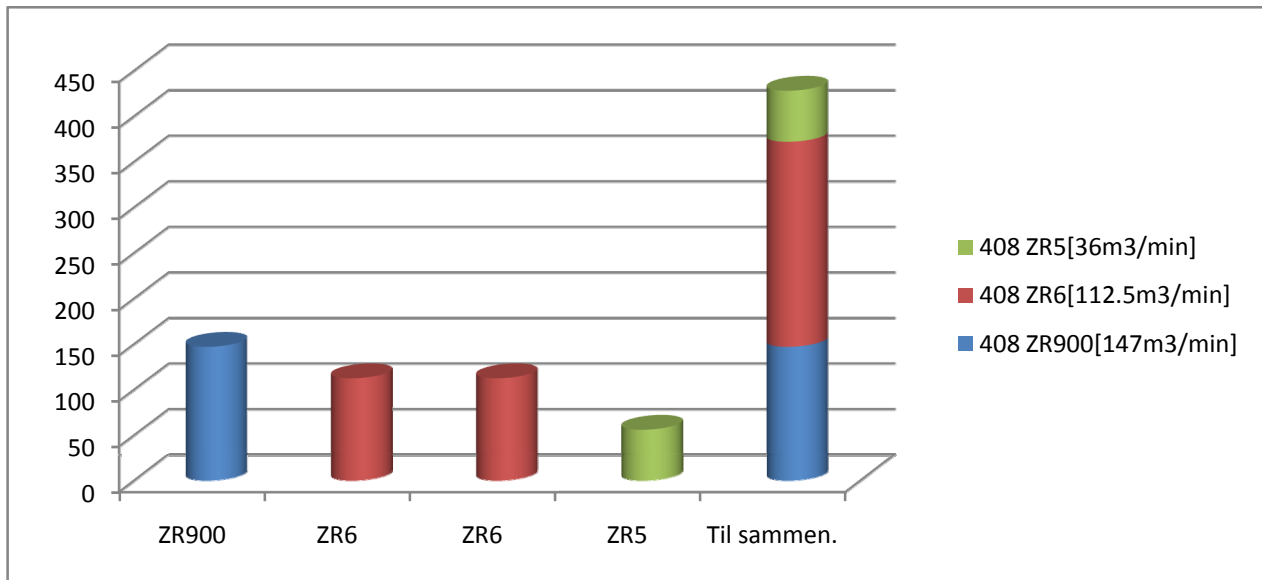
4.1.5.2 Oppsett 2

En mulighet er å bruke kompressorstasjon 3 og kompressorstasjon 1. I dette tilfellet er de ikke nødvendig å kjøre Ingersoll Rand kompressorene i kompressorstasjon 1 for å produsere tilstrekkelig med luft, så disse kan legges ned. Dette oppsettet vil kunne produsere 576.5 m³/min når alle kompressorene går med full pålast. Dette blir vist på Figur 4-5.



Figur 4-5 viser kompressor oppsett og luft mengde til de forskjellige kompressorene som er i bruk ved oppsett 1/ 2 og 3.

Står det en ZR4 i stasjon 1 og en ZR6 i stasjon 3 som reserve, kan en ZR5, tre ZR6 og en ZR900VSD produsere 383,9m³/min, som er over gjennomsnitts luftforbruk, og dette er når ZR900VSD går på det lågeste giret. På det høgste giret kan luftmengden økes til 428m³/min, som er det luftforbruket Hydro aluminium, Karmøy trenger for å dekke sine "topper". Jmf Figur 4-6.



Figur 4-6 viser kompressor oppsett og luft mengde til de forskjellige kompressorene som er i bruk ved oppsett 1/ 2 og 3. 2 kompressorer står her i reserve

4.1.5.3 Oppsett 3

I oppsett 3 brukes de samme kompressorene som i oppsett 2 men i stede for å bruke kompressorstasjon 1 brukes kompressorstasjon 2. De to skrukompressorene (ZR5 og ZR4) som er montert i kompressorstasjon 1 flyttes over til kompressorstasjon 2 mens kompressorstasjon 3 blir stående som den er. Operasjonen for å flytte ZR- maskene kan gjøres med truck. For mer informasjon se Vedlegg CD under kapittelet flytting/ løfting i kapittel 3.

4.2 Kundespesifisert leveranse

4.2.1 Mengdemåling

I nevnt kapittel 0 er det 4 forskjellige A/S inne på Hydro Aluminium, Karmøy sitt område som bruker trykkluft. Dette er Karmøy Metallverk, Karmøy Rolling Mill (8015), Hydro Aluminium Profiler (8014) og Bilfinger Industrial Services Production Partner driver hovedsakelig i bygg 8123, men driver også litt i bygg 8122 og 8052. Jms Vedlegg D.

Det er Karmøy Metallverk som er leverandør av trykkluften mens de andre er kunder. Slik som situasjonen er i dag er det kun mengdemåler på trykklufrørene som går ut fra stasjonene. Dette fører til at Karmøy Metallverk ikke har noe real kontroll på hvor mye trykkluft som de forskjellige A/S bruker. Det hadde derfor vært en god investering å montere mengdemåler på rørene som går inn til kundene slik at Karmøy Metallverk som leverandør kan få en bedre kontroll på hvem som bruker trykkluften og hva A/S-ene skal betale for den.

Den termiske massemengdemåleren Proline t-mass er et bra alternativ siden den forårsaker et ubetydelig trykk tap og den kan monteres på rør som er i drift. For mer informasjon; se Vedlegg C

4.3 Drift

4.3.1 Software og driftstrykk.

Til overvåkingen av skrukkompressorene blir det brukt en ES 130 (energy saver) sentral fra Atlas Copco som er vist på Figur 4-7. Med denne kan en kontrollere hvor mye trykkluft kompressorene en leverer til en hver tid.



Figur 4-7 viser en ES130 fra Atlas Copco

ES 130 som Figur 4-7 er en enhet som brukes til overvåking av trykkluft produksjonen. Ved å oppgradere softwaren som ES 130 bruker, som heter Elektronicon, kan ES 130 fungerer som en styreenhet for kompressorene. Den sikrer at en til hver tid driver kompressorene på den mest optimale måten, slik at driftstrykket holdes stabilt. Med slik kontroll er det mulig å sette ned driftstrykket. Settes driftstrykket ned 1 bar, kan en i følge Atlas Copco (se Vedlegg L) spare 7 % på direkte energibesparelse og ytterligere 3 % ved at lekkasjer reduseres. (Atlas Copco)

4.3.2 Lekkasjer.

Alle trykkluftanlegg har lekkasjer. Dette er umulig å unngå, men det er likevel en stor del av disse lekkasjene som er mulig å gjøre noe med. For å finne lekkasjer brukes det ofte et apparat som hører ultralyden som utsivende trykkluft frembringer. I følge en e-mail fra Marianne Kolstad i Fluke Norge A/S [11] kan en også bruke termokamera til å finne lekkasjer i trykkluftanlegg. I følge Termek (se



Vedlegg M) som er et firma som har spesialisert seg innen tilstandskontroll av trykkluftanlegg kan norske bedrifter i gjennomsnitt redusere driftsutgifter til trykkluftanlegget med 20 % – 30 % ved å lokalisere og tette luftlekkasjer.(Termek) [12].

5. Tiltak og økonomi

5.1 Strakstiltak

Det viktigste strakstiltaket for å spare energi er å bruke dei mest optimale sammensetningen av kompressorer og kompressorstasjoner.

Den mest funksjonelle måten å sette opp kompressorene på med tanke på energibesparelser er trolig den som er beskrevet på Figur 4-5 og Figur 4-6. For å regne et estimat på hvor mye energi en sparer ved å bruke denne metoden i forhold til hva en bruker når Søderberg og massefabrikken er i bruk, er de blitt brukt noen antagelser. Det er blitt antatt at det er blitt brukt to ZR6 og en ZR900VSD i kompressorstasjon 3 og at skrukompressorene i kompressorstasjon 1 står for 50 % av energiforbruket i den stasjonen. Grunnen til disse antagelsene kommer på bakgrunn av at en ikke har direkte info over hvilke maskiner som har gått avlast/ pålast i hver stasjon. Kun hvor mye strøm. Med disse antagelsene har en kommet fram til at energiforbruket vil gå ned med 33 %, noe som vil si en nedgang fra 39.9GWh/år til 26.6GWh/år. Dei 26.6GWh/år blir brukt videre som estimert strømforbruk for 2009. Se Vedlegg A for utrekningene.

Videre kan en gjøre ytterligere energibesparelse ved:

- Å gi kompressorstasjonene større innsuget. Dette øker kompressorens effekt og hindrer at støv og regn blir trukket inn i stasjonene. Dette kan gi en gevinst på 1 % av estimert forbruk i 2009 som tilsvarer 0,27 GWh/år. (F. Styve, ETA energi, 2008)[10], Se Vedlegg CD for ETA sin rapport om trykkluftanlegget på Hydro Aluminium, Karmøy.
- Å prøve å få temperaturen ned i kompressorstasjonene. Greier en å få ned temperaturen fra 25 til 10 grader vil en kunne spare 5 % av estimert energiforbruk i 2009 som tilsvarer 1,33 GWh/år. (F. Styve, ETA energi, 2008) [10], Se Vedlegg CD for ETA sin rapport om trykkluftanlegget på Hydro Aluminium, Karmøy.
- Oppdatere software slik at styring og samkjøring av kompressorene blir mulig. Prisen på oppgraderingen er avhengig av anleggets størrelse. Dette er fordi Atlas Copco bare leier ut utstyret (software og hardware) og har alt ansvaret for oppdateringene av utstyret. Normal praksis er at Atlas Copco tar 20 % av de årlige innsparingene med minimum på 20 000 NOK og maksimum 100 000 NOK. Siden Hydro Aluminium, Karmøy er et stort anlegg kan summen bli høyere. Ved å oppdatert softwaren kan en trolig sette ned driftstrykket. Oppdateringen kan gi en estimert energibesparelse opp mot 10 % av estimert forbruk i 2009. Dette tilsvarer 2.65GWh/år (Atlas Copco) [6]. Se Vedlegg L for informasjon om Atlas Copco sin ES 130.

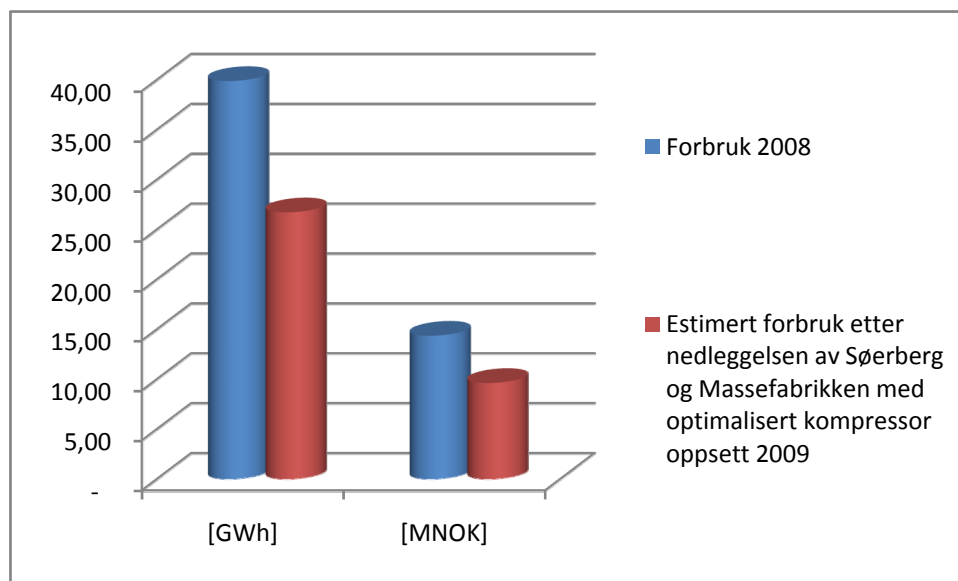
5.2 Langsiktige tiltak

Som nevnt tidligere kan norske bedrifter i følge Termek A/S (se Vedlegg M) gjennomsnittlig redusere driftsutgifter til trykkluftanlegget med 20 % – 30 % ved å lokalisere og tette luftlekkasjer (Termek) [12]. Hydro Aluminium, Karmøy kan redusere driftsutgiftene av trykkluftanlegget sitt med oppimot 20 %. Hvis utgangspunkt i det estimerte forbruket i 2009 kan ett redusert forbruk på 20 % svare til en besparelse på 5,32 kWh. En årlig lekkasjekontroll av lufttrykkanlegget er derfor anbefalt.

5.2 Økonomi

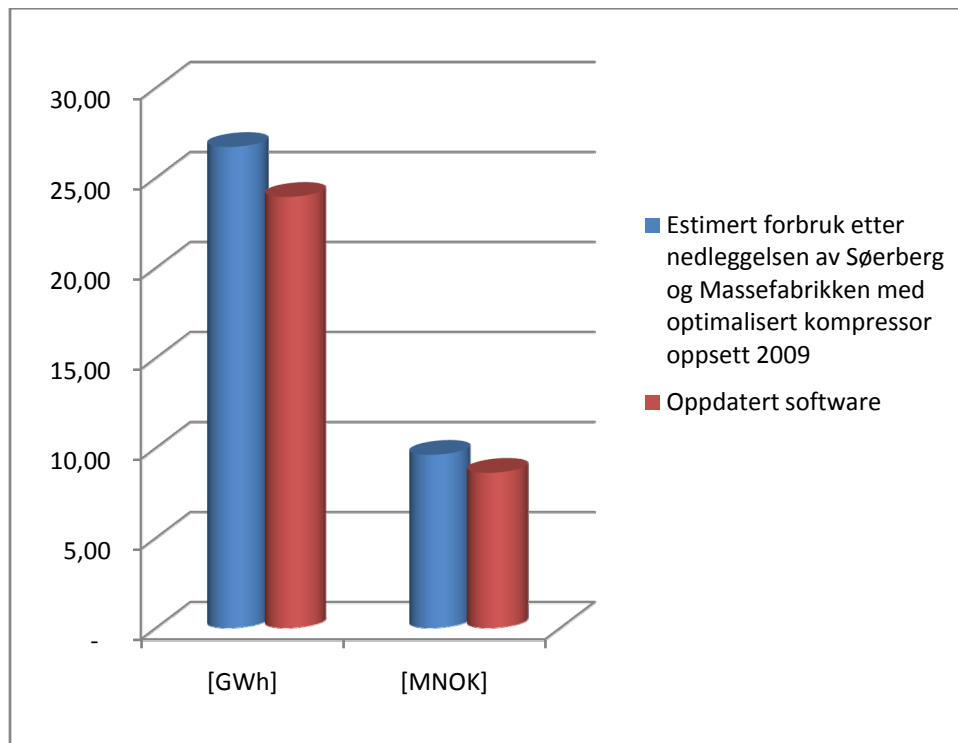
Etter ønske fra Hydro Aluminium, Karmøy er det blitt brukt en strømpris på 36 øre/kWh.

Ved å bruke rett oppsett av kompressorer og kompressorstasjoner kan en få forbruket ned med 13.27GWh/år i forhold til hva det var i 3.kvartal 2008 da Søderberg og Massefabrikken fortsatt var i drift. Dette tilsvarer 4 779 000 NOK ved en strømpris på 36øre/kWh. Figur 5-1 illustrerer dette. For utregninger: se Vedlegg A



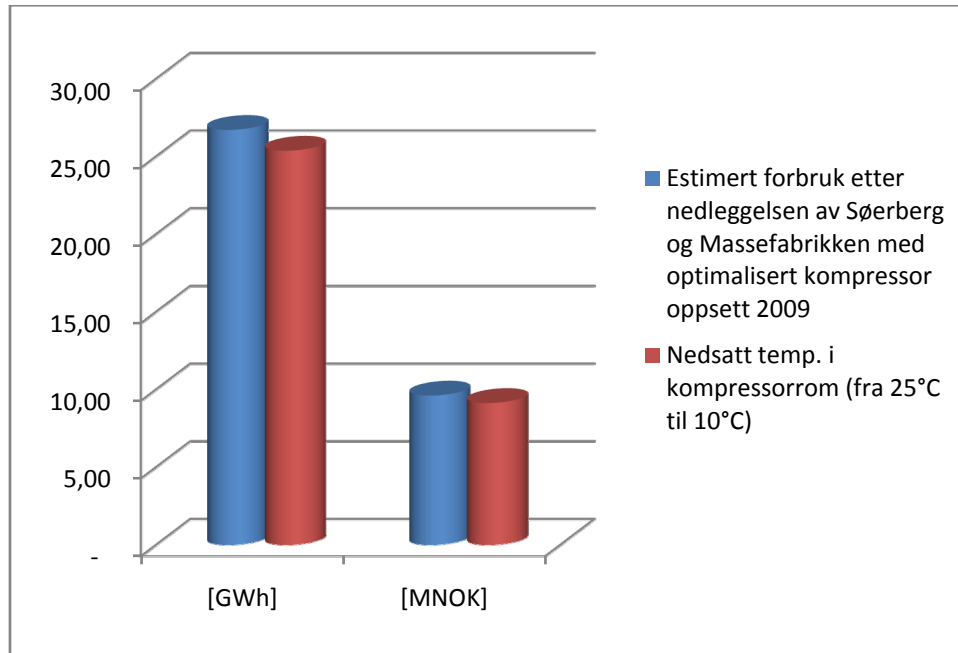
Figur 5-1 viser nedgangen i energiforbruk og energikostnader fra 2008 til 2009

Hvis en optimaliserer anlegget med å oppdatere softwaren vil energi forbruket gå ned med 2.65 GWh, som svarer til 1 000 000 NOK med en strømpris på 36øre/kWh. Dette er illustrert på Figur 5-2. For utrekninger: se Vedlegg A



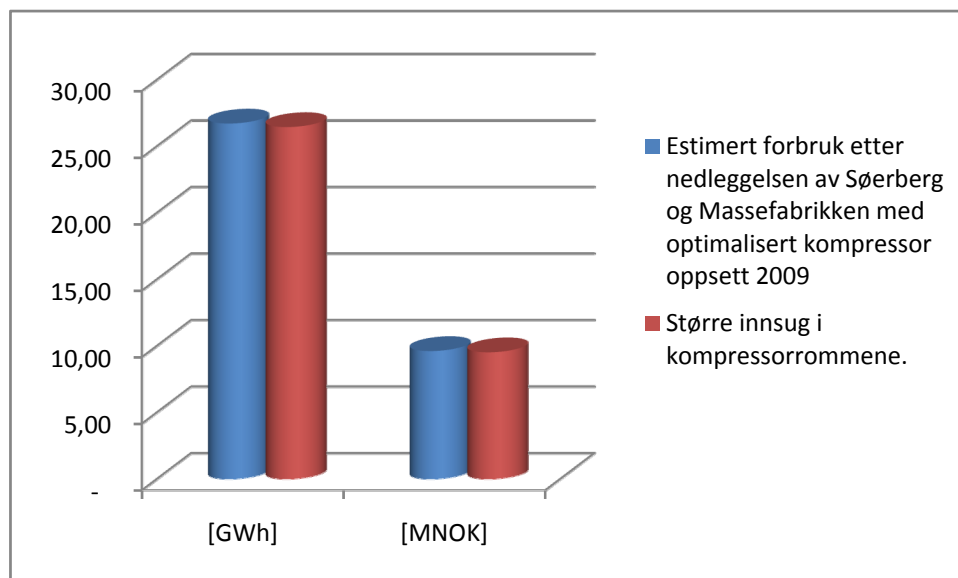
Figur 5-2 viser hvor mye energiforbruket og energikostnadene vil gå ned ved å oppdatere softwaren i ES130 samt bruke ett optimalisert kompressor oppsett.

Velger en å få ned temperaturen i kompressor stasjonene med 15 °C vil dette tilsvare en gevinst på 1.33 GWh/år. Det tilsvarer 480 000 NOK med en strømpris på 36 øre/kWh. Dette blir illustrert på Figur 5-3. For utrekninger: se Vedlegg A



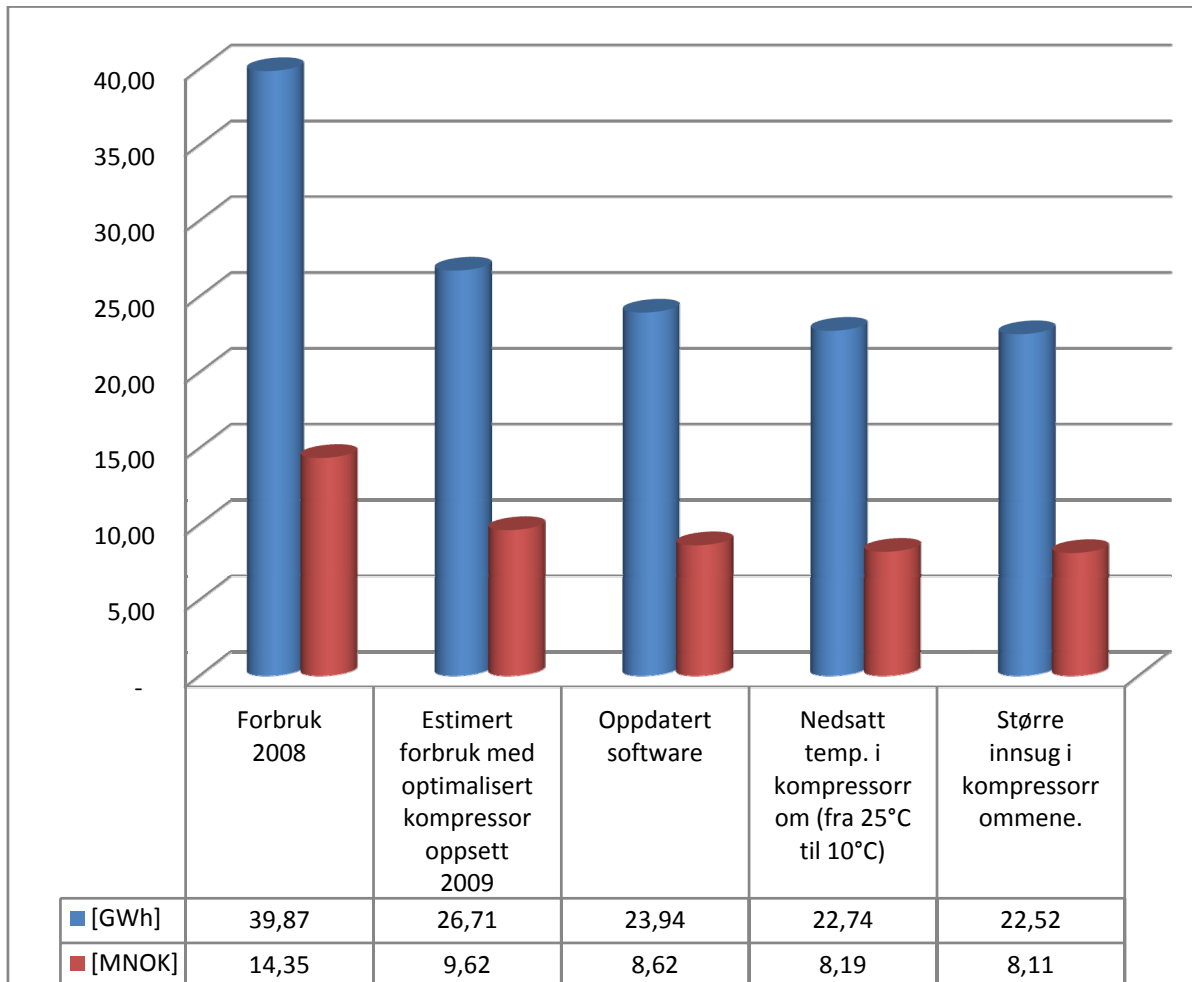
Figur 5-3 viser hvor mye energiforbruket og energikostnadene vil gå ned ved å få ned temperaturen med 15 °C samt bruke ett optimalisert kompressor oppsett.

Å få store nok innsug i kompressorstasjonene kan føre til at effekten på kompressorene øker. Dette kan gi en gevinst på 0.27GWh/år, noe som tilsvarer 100 000 NOK med en strømpris på 36 øre/kWh. Dette er illustrert på Figur 5-4. For utrekninger: se Vedlegg A



Figur 5-4 viser hvor mye energiforbruket og energikostnadene vil gå ned ved å få stort nok innsug i kompressorstasjonene, samt bruke ett optimalisert kompressor oppsett.

Med alle straks tiltakene kan en spare oppmot 17,35GWh/år i forhold til strømforbruket i 2008, noe som tilsvarer ca. 6 250 000 NOK med en strømpris på 36 øre/kWh. Dette tilsvarer en nedgang på 43,5 %. Figur 5-5 viser hvor mye energiforbruket og kostnader synker etter hvert som de forskjellige optimaliseringene settes i drift. For utregninger: se Vedlegg A



Figur 5-5 viser nedgangen i energiforbruket og kostnadene fra 2008 til etter hvert som de forskjellige optimaliseringene trer i kraft.

Det er vanskelig å si noe langtidstiltak når det gjelder besparelser pr. år. Dette er fordi det skjer over lang tid og slik som lekkasjetetting er et kontinuerlig arbeid.

En liten tankevekker: Hadde tilfelle vert at Søderberg og Massefabrikken ikke skulle legges ned hadde besparelsen vert på 4 162 500 NOK. Det vil si med antagelsene som er gjort så sparer Hydro Aluminium, Karmøy hele 2 083 333 NOK i trykkluftkostnader på nedleggelsen.

6. P&ID

6.1 Rørnett

Etter utfasingen av Søderberg og massefabrikken skal Søderbergbygget fjernes. Dermed fjernes også rørnettet som er montert. For å fjerne Søderbergbygget må Hydro Aluminium, Karmøy gjøre noen tiltak, disse tiltakene er forklart under og tegnet inn i filer som det blir henvist til senere.

For å kunne rive rørnettet må det installeres to nye ventiler. Dette er V5 og V9.

V5:

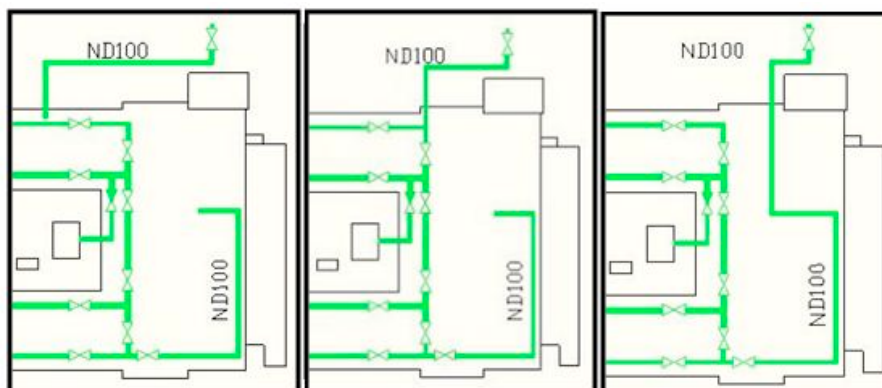
Det finest to røroverføringer fra "driftslaboratorium og reparasjonsverksteder (8037)" til "elektrolysehaller, Prebake K3 (8102, 8101)". Ventilen V5 skal monteres på begynnelsen (ved 8037) av venstre røroverføringen. Dette vil si mellom V6 og V7. For å installere V5 må venstre røroverføring stenge alle ventiler som går inn på denne. Denne utføringen anses ikke som kritisk for operasjonene på Hydro Aluminium, Karmøy.

V9:

Denne Ventilen må monteres i enden av rørnettet til kompressorstasjon 3, rett før røret kobles på Søderberghallen. Under installasjonen må ventilene inn til støperiet (8106), Prebake K4 (8102,8101A) og K5 (8102,8101B) stenges. Dette gjør at støperiet (8106) må klare seg uten trykkluft under utføringen. Produksjonen i kompressorstasjon 3 (8140) må stoppes og V1 og V3 (eventuelt ventilen før) må stenges. Denne utførelsen anses heller ikke som kritisk siden begge røroverføringene og kompressorstasjonene er intakte.

Neste steg i fjerningen av Søderberg er å stenge ventilene V1, V2, V3, V4, V5, V6, V7, V8 og V9. Se Vedlegg F (Trykkluft_rev1).

Etter dette er gjort er det trygt å fjerne hele Søderberg sitt rørnett. Når en fjerner rørnettet i Søderberg vil det stå igjen et med luftrør som skal gi luft til utslagstasjon celler (8027). Dette røret har tre alternativer for å koble seg på luftnettet. Hydro Aluminium, Karmøy må selv undersøke hva alternativ som er best. Videre i rapporten har det blitt brukt alternativ 3. Ny rørtrase må sveises og monteres, men røret kan enkelt monteres rett på et enderør. En ventil må stenges i forhold til to.



Figur 6-1 viser alternativer for å legge røret som skal gi luft til utslagstasjon celler (8027). Fra venstre til høyre: alt1, alt2 og alt3.



Vedlegg F (Trykkluft_rev2) gir en oversikt over trykkluftnettet etter at Sjøderbergbygget er utfaset.

6.2 Mengdemålere

I kapitlet 4.2.1 Mengdemåling var det snakk om å installere mengdemålere.

Mengdemåler M1 er installert for å kunne måle luftbruken til mobilverksted (8123), byggingsavdelings verksted (8122) og lager for byggings avdeling (8052).

Mengdemåler M2, M3 og M4 er installert for å kunne måle luftbruken til valseverket (8015). Summen til luftforbruket til valseverket blir slik: $M2+M3+M4$.

Mengdemåler M5, M6, M7 og M8 er montert for å kunne måle luftforbruket til pressverket (8014). Rørledning MD150 i pressverket har et utspring ned til kaien. Mengdemåler M8 må installeres slik at en kan måle differanse av luft forbruket kaien i forhold til inne i pressverket. Mengdemåler M6 må monteres siden Hydro Aluminium, Karmøy ikke skiller trykkluft fra instrumentluft. Når massefabrikken er lagt ned er det ikke nødvendig å installere en mengdemåler som kan trekke fra differansen. Luftforbruket til pressverket utregnes dermed slikt $M5+M6+(M7-M8)$.

Vedlegg F (Trykkluft_rev3) får en et overblikk over hvor en har installert mengdemålerne.

6.3 Kompressorstasjon

Rapporten har tatt for seg flere måter for å energioptimaliseres trykkluftanlegget. Det alternative som antas å optimalisere trykkluftanlegget i størst grad kan ses i Vedlegg F (Trykkluft_rev4).

ND300-røret som går over til ND350 i kompressorstasjon 1 er montert sammen med ND200-røret, slik at trykkluften skal få korteste veien til sluttbruker.



7. Diskusjon

7.1 Trykkluftforsyning

7.1.1 Kompressorene

Stempelkompressorene og skrukompressorene på Hydro Aluminium, Karmøy har en veldig forskjellig oppbygning. Den robuste oppbygningen til stempelkompressorene tilsier at den tåler større påkjenninger fra omgivelsene enn hva skrukompressorene kan, men siden slike påkjenninger ikke skal forekomme ser en bort i fra dette.

Et stort problem med stempelkompressorene er at de avgir store mengder olje og vann damp. Som nent tidligere er mengdene så store at stemplene ikke oppfyller kravene til ISO 8573-1(Nessco) [9] for instrumentluft. Dermed må det utplasseres filter som kan skille ut noe av olja. Når filtrene er mettet må dem byttes, dette er kostbart i lengden. Alt dette slipper en med Skrukompressorene siden dei er oljefrie.

Selv om stempelkompressorene gikk ut av produksjon på 70 tallet er det fortsatt lett å få tak i deler til en overkommelig pris. Det er naturligvis heller ikke noe problem for skrukompressorene.

En fordel med skrukompressorene er at dersom den stopper vil displayet på siden vise hvor feilen har oppstått. Noe slikt har ikke stempelkompressorene.

Skrumaskinene kan enkelt oppgradere softwaren i styreenheten slik at skrukompressorene blir synkroniserte og kan drives enda mer optimalt. Et slikt system er ikke blitt montert på stempelmaskinene.

Med utgangspunkt i at det bare står stempelkompressorer i kompressorstasjon 2 og bare skrukompressorer i kompressorstasjon 3 var det mulig å finne ut at skrukompressorene hadde en langt bedre energiutnyttelsesgrad, selv om stempelkompressorene har en bedre virkningsgrad. (Se kapitel 3.4 Sammenligning av kompresstasjonene for bevis av energiutnyttelsesgraden og Vedlegg K for bevis av virkningsgraden)

Det er heller ikke nødvendig å kjøpe noen nye kompressorer eller vikle om de ubrukte ZR5-ene siden skrukompressorene som Hydro Aluminium, Karmøy allerede har, kan produsere den luften som trengs.



7.1.2 Vannutskilling

Ved å bytte ut de gamle kjøle tørkene med MD-tørker vil en kunne få et lavere duggpunkt på trykkluften. Atlas Copco sine MD tørker har et duggpunkt på mellom $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ og $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Det vil si at luften blir så tørr at temperaturen må ned til minst $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ før luften avgir væske. Videre bidrar dette til å forebygge at rørene ikke ødelegges av korrosjon som kan oppstå når en har fuktig luft. En annen ting som er svært gunstig med et duggpunkt på under $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ er at de da tilfredstiller kvalitetsklasse 3 i ISO 8573-1 (Nessco) [9] som er minimums klasse for å kunne bruke luften til instrumentluft. Dette ville ikke vært mulig med de eldre kjøletørkene siden de har problem med å få et duggpunkt under $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ fordi da vil vannet fryse. En annen ting som er en stor fordel med MD tørkene er at de tar svært liten plass og det eneste de bruker strøm til er for å rotere trommelen med silicagelen. Hydro Aluminium, Karmøy har 3 MD5 tørker som per dags dato ikke er i bruk. En bra løsning hadde da vært å montere disse på skrukompressorene som nå er plassert i kompressorstasjon 1.

7.1.3 Kompressorstasjon

Etter at Søderberg og Massefabrikken legges ned vil trykkluft forbruket på Hydro Aluminium, Karmøy gå ned med omtrent 40 %. Derfor er det sannsynligvis ikke lengre nødvendig med tre kompressor stasjoner.

Det fins flere argumenter for å bruke to stasjoner i forhold til bare en. Ett av dem er at rør dimensjonene ut fra stasjonene ikke er beregnet for større luftstrøm enn de allerede er. Skulle en satt flere kompressorer inn i en av stasjonene ville dette gått kraftig ut over energiutnyttelsesgraden siden det trengs mer energi for å flytte en større luftmengde i samme rør. Hvis en ikke hadde økt rørdimensjonen ville dette gått ut over farten til luften. For stor fart fører til større slitasje.

Et annet argument for bruken av 2 stasjoner er å ivareta driftsikkerheten. Ved vedlikehold på trykkluftlinja eller ulykker som brann i en av stasjonene vil den andre kunne produsere på nok til å ta hand om de viktigste prosessene.

Et argument mot å bruke to stasjoner er at det blir en stasjon ekstra å vedlikeholde i forhold til bare en noe som igjen vil koste mer. Det er uansett en mindre stasjon enn hva Hydro Aluminium, Karmøy allerede vedlikeholder nå, dermed blir to stasjoner en forbedring.

Kompressorstasjon1 er den eldst, men har noe nyere utstyr en stasjon 2. Stasjon 1 har den ugunstigste plasseringen siden den ligger midt inni industriområdet.

Stasjon 2 og 3 er begge bygget i betong, som er har noe mindre varmeoverføringskoeffisient. Dette burde gjort at stasjon 1 hadde noe høyere temperatur siden denne er bygget i bølgeblekk. I følge Hydro Aluminium, Karmøy er dette ikke tilfelle. Stasjon 3 har noe høyere temperatur en stasjon 1.

Kompressorstasjon 3 har nyere teknologi på både kompressor og kjøletørke. Stasjonen har derimot et problem med at luftinntaket er for lite. Filteret i luft inntaket har også falt halvveis ned slik at det blokkerer store deler av inntaket. På grunn av lite luftinntak inn i kompressorstasjonen skapes det et undertrykk. Dette fører med seg noen ulemper. Ulemper som høy temperatur i stasjonen eller at



hastigheten over filtrene i inntaket blir så stor at den drar med seg støv og regn inn. Kraftig undertrykk fører med seg at luften finner andre veier inn i stasjonen. jmf Vedlegg J.

I stasjon 2 er det en vifte som blåser inn luft. Dette skaper overtrykk i stasjonen, noe som er svært gunstig. Det negativt med viften er at den bruker energi, men det gjør at kompressorene slipper å bruke energi på å dra luften utenfra og inn selv. Det kan være et problem at inntakene er på en vegg som er solutsatt, men dette kan løses. Det beste argumentet for å beholde stasjon 2 er at det er her nødkompressorene står.

7.1.4 Kompressoroppsett

4.1.5.1 Oppsett 1.

Denne løsningen kan være gunstig siden en kan bruke de gamle kompressorene og ikke trenger å justere på plasseringen. Den eneste endringen fra dagens oppsett er at hele kompressor stasjon 1 legges ned og at en av Ingersoll Rand XLE stempelkompressorene i kompressor stasjon 2 kjøres til den ikke går lenger og deretter legges ned slik at en ikke trenger bruke penger på vedlikehold.

Med tanke på energi sparing er ingen god løsning å bruke Ingersoll Rand XLE kompressorene. Disse maskinene har som nevnt før en bedre virkningsgrad enn de nyere skruekompressorene, men har en mye dårligere energiutnyttelsesgrad.

4.1.5.2 Oppsett 2.

Fordelene med dette oppsettet er at en kun bruker skrukompressorer som har en høyere energiutnyttelsesgrad. Siden skruekompressorene er oljefri slipper en å bruke oljerensfilter ute i anlegget som gjør at en får mindre trykktap i rørene. En annen stor fordel med å bruke de nyere skruekompressorene er at de har en mulighet til å synkroniseres ved hjelp av ES 130. Ulempen er som nevnt tidligere at store deler av kompressorstasjon 1 er bygget av bølgeblikk, noe som gjør at de kan bli høye temperaturer på sommeren som igjen setter ned virkningsgraden på kompressorene. Innsuget i denne stasjonen har også vært et problem, men dette kan en trolig se bort ifra siden det i dette tilfelle bare er skrukompressorene som er i drift.

7.1.4.3 Oppsett 3

Med dette oppsettet bruker en de samme kompressorene som i foregående oppsett, men en flytter kompressorene som står i kompressorstasjon 1 over til kompressorstasjon 2. En av fordelene med dette er at kompressorstasjon 2 er bygget i betong som er mer optimalt med tanke på inne temperatur. Den har og en vifte som skaper overtrykk inne i rommet. Og siden det er i denne stasjonen diesel kompressorene står bør denne stasjonen være i drift.. Ulempen med denne løsningen er at en må flytte de to skrukompressorene i kompressorstasjon 1 og koble de opp igjen i kompressorstasjon 2.



7.2 Kundespesifisertleveranse

7.2.1 Mengdemåling

Ved å sette inn mengdemålere på rørene som går inn til kundene vil Karmøy Metallverk ha en mye bedre kontroll på hvor mye luft som blir brukt av hvem. Det kan også bli lettere å finne ut hvor mye trykkluft som forsvinner i forbindelse med lekkasjer. Dette er ikke en energioptimalisering men heller en generell optimalisering av trykkluft anlegget. Se Vedlegg D for plasseringen av A/S, Vedlegg F og Kap. 6.2 Mengdemålere, for plasseringen av mengdemålere.

7.3 Drift

7.3.1 Lekkasjer.

Som ved de aller fleste trykkluftteanlegg har sannsynligvis Hydro Aluminium, Karmøy lekkasjer. Noen lekkasjer er nok umulig å unngå, men med rutinemessig kontroll er det mulig å unngå en stor andel. Slik som de er i dag er det ikke noe fast kontroll av lekkasjer på trykkluftanlegget på Hydro Aluminium, Karmøy. Ved å leie inn et firma som kan påta seg ansvaret for rutinemessig kontroll av lekkasjer eller ved å gå til innkjøpa av eget utstyr slik at for eksempel en vedlikeholds avdeling kan ha ansvaret for disse kontrollene, kan en redusere driftutgiftene med oppimot 20 %. Det vil nok koste en del å foreta disse kontrollene men i følge Termek A/S kan årlige kontroller gi en avkastning på 5 til 15 ganger avkastningen (Termek) [12]. Se Vedlegg M for mer informasjon.

7.3.2 Software og driftstrykk.

Å oppdatere Elektronikon softwaren i ES 130 enhetene er en billig og enkel måte å energioptimalisere trykkluft anlegget på. Dette er fordi leien av utstyret er en mindre prosent av den årlige besparelse av energikostnaden. Hydro Aluminium, Karmøy har heller ikke noe ansvar for videre oppdateringer av softwaren. Oppgraderingen vil hindre at kompressorene blir utsatt for unødvendige mange stopp og oppstarter. Dette skjer ved at softwaren hele tiden bruker de mest optimale kompressorene slik at skrukompressorene tar seg av grunnlasten og den frekvensstyrte skrukompressoren tar toppene. Man får da en mer stabil forsyning og som forklart tidligere fører dette til at driftstrykket kan settes ned. Det forlenger også levetiden på kompressorene og man unngår de energikrevende oppstartene. Det finnes ikke noe særs negativt med denne optimaliseringen.



8. Konklusjon

Ved å bearbeide de innsamlede dataene om driften kom det fram at en sannsynligvis bare trenger 2 kompressorstasjoner samt at det ikke er nødvendig å kjøpe inn nye kompressorer eller vikle om ZR5ene. Dataen om driften ble sammen med dataen om utstyret brukt til å gi en konklusjon på hva slags kompressorer og tørker som vil være det beste valget med tanke på energioptimalisering. Ved hjelp av AutoCad Mechanical 2009 er det nye anlegget illustrert sammen med plasseringen av mengdemålere på en P&ID.

Det beste oppsettet for Hydro Aluminium, Karmøy med tanke på energi optimalisering vil være å legge ned kompressorstasjon 1, og bare bruke kompressorstasjon 2 og 3. Dette er på grunn av at kompressorstasjon 2 og 3 har en bedre plassering og et bedre utgangspunkt for å få en laver temperatur på luften som kompressorene suger inn.

Det er også kommet fram til at skrukompressorene utnytter energi langt bedre enn stempelmaskinene. Dette i lag med at muligheten for samkjøring ved hjelp av ES 130 gjør at Hydro Aluminium, Karmøy kun bør bruke skrukompressorer.

Videre er det anbefalt å utbedre størrelse og plassering av innsug i kompressorstasjon 3 slik at en slipper undertrykk og høye temperaturer i stasjonen. Undertrykk og høye temperaturer skaper som sagt dårligere effekt på kompressorene. Det anbefales også å henge opp filtrene slik at de ikke reduserer arealet på innsuget.

I kompressorstasjon 2 er det ingen problem med undertrykk. Men ved å plassere innsuget på en mindre solutsatt plass eller ved å bruke en beskyttelse av innsuget laget av et material som ikke leder varme kan en unngå unødvendig høye temperaturer inne i stasjonen.

En oppgradering av softwaren i ES 130 vil bidra til at kompressorene kan samkjøres slik at kun de mest optimale maskinene kjører. Dette gir et mer stabilt driftstrykk som igjen kan gjør det mulig å sette ned driftstrykket.

Selv om å sette ned driftstrykket vil redusere antall mengde luft som forsvinner ved lekkasjer vil det anbefales å starte med en årlig kontroll for å finne lekkasjer på trykkluftnettet. En reduksjon av lekkasjer vil føre til at mer av den produserte luften blir brukt til sitt formål. En kan også veg hjelp av videre utregninger se om det er mulig å legge ned enda en kompressor.

En installasjon av mengdemålere på trykkluftsrør som går inn til kunder av Karmøy Metallverk vil kunne bidra til at kundene betaler for den eksakte luften de bruker.



9. Referanser

- [1] Atlas Copco compressor AB, Tryklufthanboken, 6 utgave, blueprint AB, Danmark. 1998
- [2] Øverli, J. M. Strømnings maskiner, bind 3. 2. utgave, Tapir, 1992.
- [3] <http://www.hydro.com/>
- [4] <http://www.world-aluminium.org/About+Aluminium/Production/Smelting/Technologies>
- [5] <http://no.wikipedia.org/wiki/Fasediagram>
- [6] <http://www.atlascopco.no/nosv>
- [7] AutoCad Mecanical 2009
- [8] Ingersoll Rand, XLE manual.
- [9] http://www.nessco.no/Produkter/Filterssystemer/Kvalitetsklassifisering_trykkluft%20%5b10%5d%20ETA%20energiraport.
- [10] F. Styve, ETA Energi, 2008.
- [11] M. Kolstad, Fluke Norge A/S, 2009.
- [12] [ww.Termak.no](http://www.Termak.no)



10. Vedleggsliste

Vedlegg A: Økonomi

Vedlegg B: Luftproduksjon

Vedlegg C: Teknisk data for T

Vedlegg D: Oversikt over området på Hydro Aluminium, Karmøy

Vedlegg E: Oppsett av kompressorstasjoner og kompressorer

Vedlegg F: P&ID

Vedlegg G: Beregning av kvalitetsklasse på Ingersoll Rand XLE

Vedlegg H: AMA dieselkompressor.

Vedlegg I: MD tørkene

Vedlegg J: Bilder i fra Hydro Aluminium, Karmøy

Vedlegg K: Virkningsgraden ZR5 og XLE

Vedlegg L: Atlas Copco sin ES 130: Termek A/S – Lekkasje kontroll

Vedlegg M: Termek A/S – Lekkasje kontroll

Vedlegg CD: ETA rapporten om trykkluftanlegget på Hydro Aluminium, Karmøy

Virkningsgraden til ZR5 og XLE

Forbruk av energi og produsert luftmengde

ZR5 - ZR6 med elektronisk regulator. 4x40 tekstvindu

Vedlegg A
Økonomi

Ved utregning av det estimerte forbruket i 2009 ble det tatt utgangspunkt i strømforbruket i 3. Kvartal 2008. Disse er vist under

3 kvartal	Kompressorstasjon 1	Kompressorstasjon 2	Kompressorstasjon 3	sum
gjennomsnitt luftmengde i min [m ³ /min]	188.6	80.5	364.0	633.1
strømmforbruk [kWh/kvartal]	3319147.750	1664146.770	4985361.930	9968656.450
ca energiforbruk i året [kWh/år]	13276591	6656587.08	19941447.72	39874625.8
energi brukt for å komprimere luftmengden[kw/m ³]	0.134301546	0.157758171	0.10451808	0.396577797
ca energiforbruk i året [GWh/år]	13.276591	6.65658708	19.94144772	39.8746258

Det er blitt antatt at det er blitt brukt to ZR6 og en ZR900VSD i kompressorstasjon 3 og at skrukompessorene i kompressorstasjon 1 står for 50 % av energiforbruket i den stasjonen. Ingen maskiner går i kompressorstasjon 2.

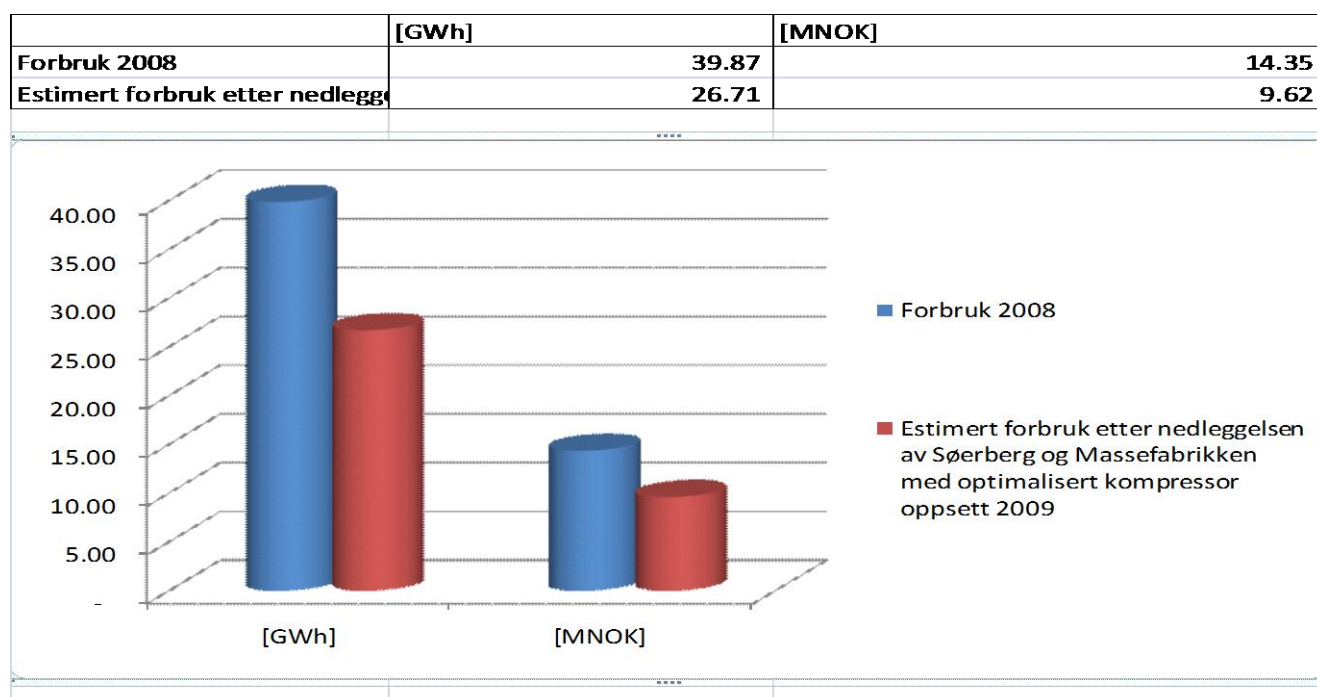
	2009	Kompressorstasjon 1	Kompressorstasjon 2	Kompressorstasjon 3	sum
Energiforbruket til kompressorene som er i bruk etter utfasingen [GWh/år]		6.6382955	0	19.94144772	26.57974

Finner ut hvor mange prosent strømforbruket går ned ved å dele estimert energiforbruket i 2009 med energiforbruket i 2008:

Det vil si at strømforbruket i 2009 vil være 67 % av fjorårets totalbeløp og at strømforbruket går ned med 33 %.

$$\frac{26.60}{39.87} = 0.67$$

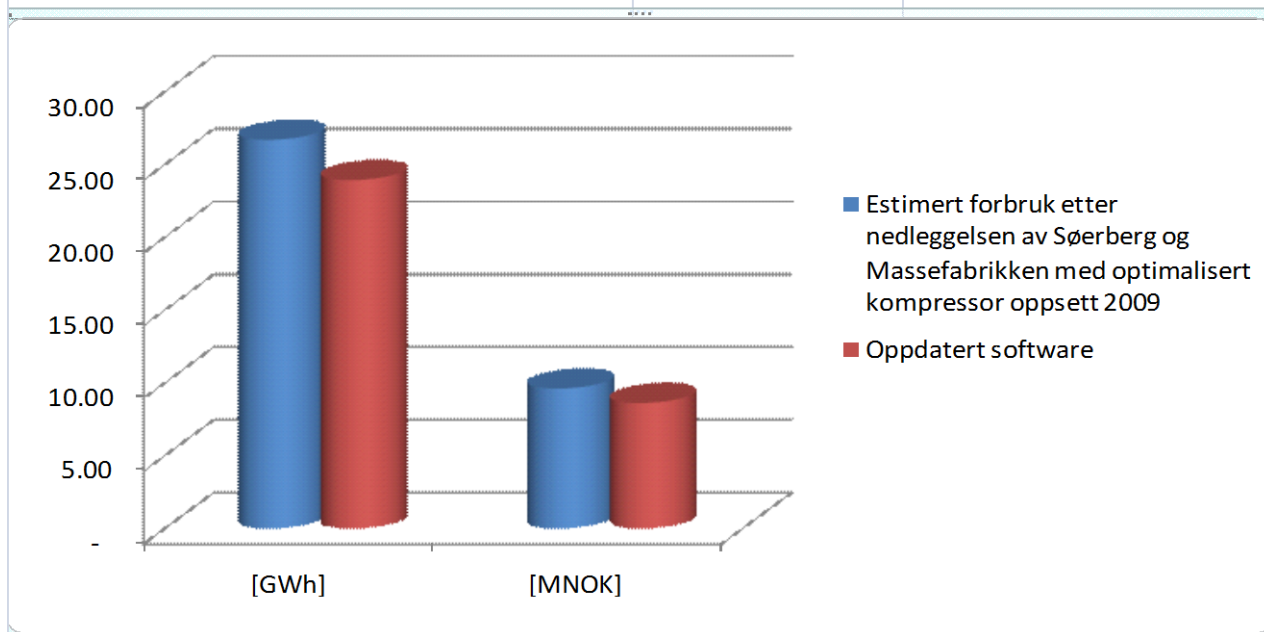
Dette vises under:



Etter at en optimal oppstilling av kompressorer og kompressor stasjoner er gjort vil forbruket gå ned fra 39,87GWh/år til 26,71GWh/år.

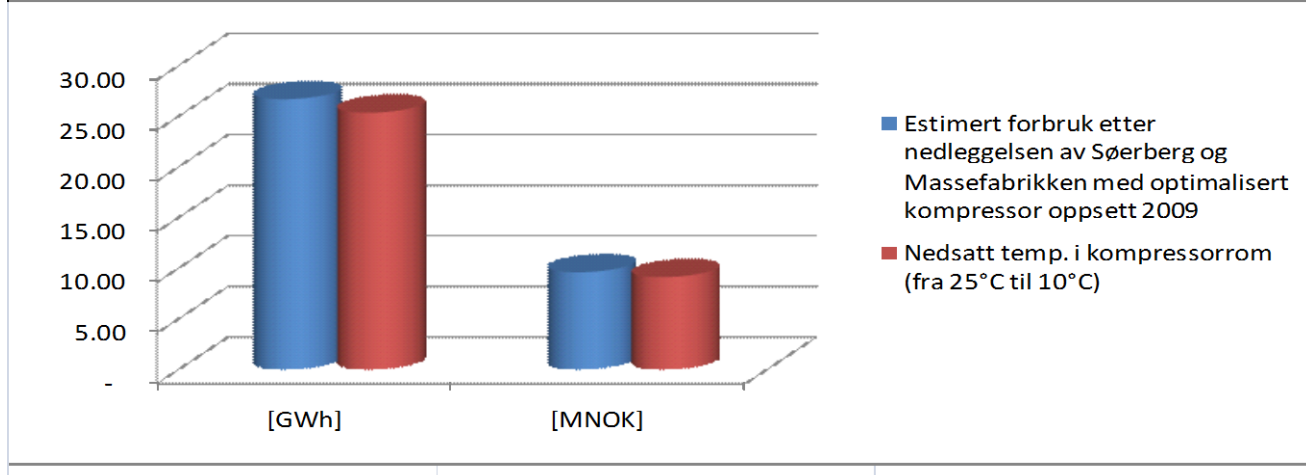
Vist en videre vil optimalisere anlegget ved å oppgradere softwaren til ES 130 vil forbruket gå ned ytterligere slik:

	[GWh]	[MNOK]
Estimert forbruk etter nedleggelsen av Sørberg og	26.71	9.62
Oppdatert software	23.94	8.62

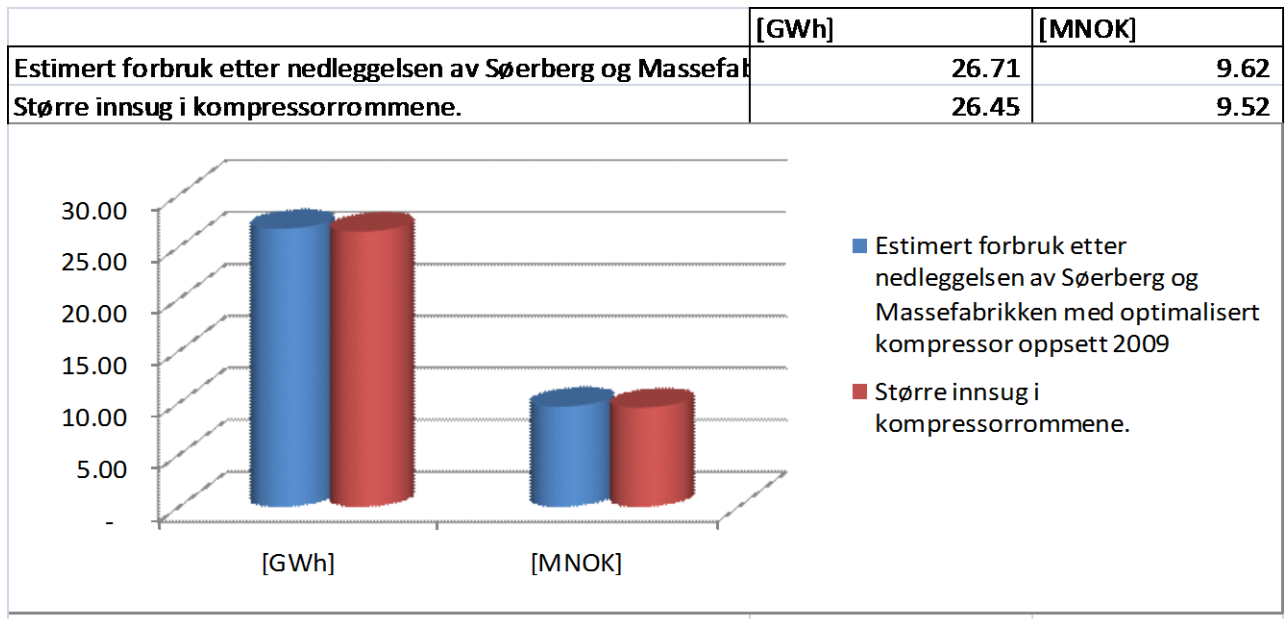


Hvis en ikke vil oppgradere softwaren men heller vil sette ned temperaturen i kompressorstasjonene med 15 °C vil forbruket gå ned slik:

	[GWh]	[MNOK]
Estimert forbruk etter nedleggelsen av Sørberg og Massefabrikken med optimalisert kompressor oppsett 2009	26.71	9.62
Nedsatt temp. i kompressorrom (fra 25°C til 10°C)	25.38	9.14

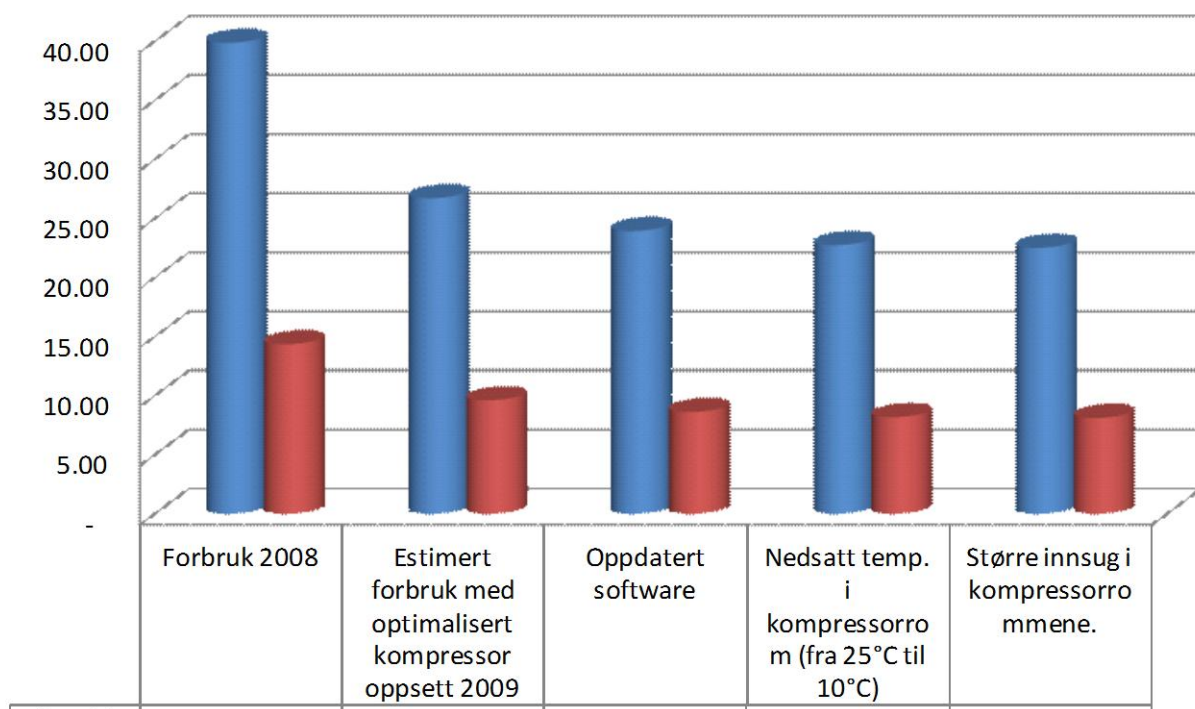


Hvis ikke vil oppgradere med noen av de forestående måtene men heller vil lage større innsug i kompressorstasjonene vil forbruket gå ned slik:



Hvis en heller vil oppgradere med alle metodene samtidig vil forbruket gå ned slik:

	[GWh]	[MNOK]
Forbruk 2008	39.87	14.35
Estimert forbruk med optimalisert kompressor oppsett 2009	26.71	9.62
Oppdatert software	23.94	8.62
Nedsatt temp. i kompressorrom (fra 25°C til 10°C)	22.74	8.19
Større innsug i kompressorrommene.	22.52	8.11



Vedlegg B

Luftproduksjon og energiforbruk 3. Kvartal 2008

	Kompressorstasjon 1	Kompressorstasjon 2	Kompressorstasjon 3	Totalt
Detalj på AutoCAD tegning	B	D	A	
antall kompressorer	6	3	3	
type kompressor	4 stempel og 2skru	3 stempel og 4 diesel	3 skru	
energibruk [GWh/år]	13,4	7,1	15,8	36,3
spesifikk energibruk [%]	123	136	100	359
effekt [MW]	2,3	1,2	3,1	6,6
tank [m3]	4,5	10	0	14,5
maksimal teoretisk luftmengde [m3/min]	352	355	484,5	1191,5
leveing av luft periode 3/9- 25/9 2007 [Mm3]	6,63	3,34	9,9	19,87
beregnet september [Mm3]	9,04	4,65	13,5	27,19
beregnet september [GWh]	1,11	0,67	1,27	3,05
energi per komprimert luft [Wh/m3]	122,8	144,1	94,1	
3 kvartal				
gjennomsnitt luftmengde i min [m3/min]	188,6	80,5	364,0	633,1
strømmforbruk [kWh/kvartal]	3319147,750	1664146,770	4985361,930	9968656,5
ca energiforbruk i året [kWh/år]	13276591	6656587,08	19941447,72	39874625,8
energi brukt for å komprimere luftmengden[kwh/m3]	0,134301546	0,157758171	0,10451808	

Vedlegg C

Teknisk data for T-Mass 65f.



Level



Pressure



Flow



Temperature

Liquid
Analysis

Registration

Systems
Components

Services



Solutions

Technical Information

Proline t-mass 65F, 65I

Thermal Mass Flow Measuring System Direct Mass Flow Measurement of Gases



Application

For measuring the mass flowrate of a wide range of gas types e.g.

- Compressed air
- Natural gas flow to boilers / dryers
- Carbon Dioxide flow in breweries
- Biogas and aeration air in waste water plants
- Gas production (e. g. Ar, N₂, CO₂, He, O₂)
- Leakage detection

Approvals for hazardous area:

- ATEX, FM, CSA

Connection to all common process control systems:

- HART, PROFIBUS DP, MODBUS RS485

Your benefits

Direct measurement of gas mass flow. Provides temperature as an output.

The **Proline transmitter concept** comprises:

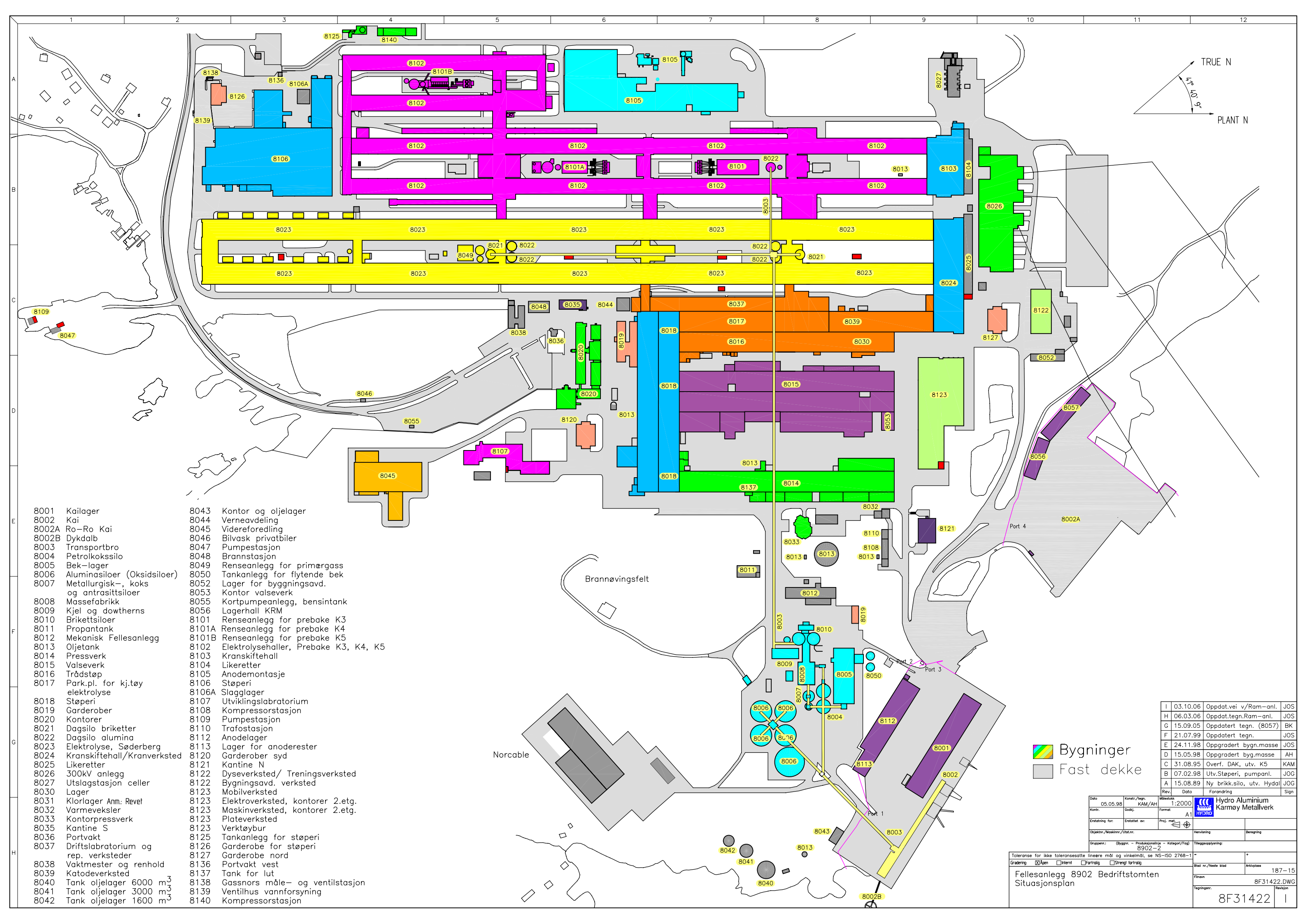
- Modular device and operating concept resulting in a higher degree of efficiency
- Quick setup operating menus for ease of commissioning
- On board software freely allows the selection of up to 20 pure gases and creation of mixed gases with a maximum of 8 components (e. g. Biogas)

The **t-mass sensors** offer:

- Negligible pressure drop or loss
- Wide turndown of up to 100:1
- Insertion version can be programmed for circular pipe or rectangular ducting installation
- Each device individually calibrated and delivered with a traceable certificate
- Can be calibrated with flow conditioner on request.
- Optional cold tap device for insertion allowing ease of removal/replacement for low pressure and non-toxic gas applications.

Vedlegg D

Oversikt over området på Hydro Aluminium, Karmøy



- 8001 Kailager
- 8002 Kai
- 8002A Ro-Ro Kai
- 8002B Dykdalb
- 8003 Transportbro
- 8004 Petrolkokssilo
- 8005 Bek-lager
- 8006 Aluminasiloe (Oksidasiloe)
- 8007 Metallurgisk-, koks og antrasittsiloe
- 8008 Massefabrikk
- 8009 Kjel og dowtherns
- 8010 Brikettsiloe
- 8011 Propantank
- 8012 Mekanisk Fellesanlegg
- 8013 Oljetank
- 8014 Pressverk
- 8015 Valseverk
- 8016 Trådstøp
- 8017 Park.pl. for kj.tøy elektrolyse
- 8018 Støperi
- 8019 Garderobes
- 8020 Kontorer
- 8021 Dagsilo briketter
- 8022 Dagsilo alumina
- 8023 Elektrolyse, Søderberg
- 8024 Kranskiftehall/Kransverksted
- 8025 Likeretter
- 8026 300kV anlegg
- 8027 Utslagstasjon celler
- 8030 Lager
- 8031 Klorlager Anm. Revet
- 8032 Varmeveksler
- 8033 Kontorpressverk
- 8035 Kantine S
- 8036 Portvakt
- 8037 Driftslaboratorium og rep. verksteder
- 8038 Vaktmester og renhold
- 8039 Katodeverksted
- 8040 Tank oljelager 6000 m³
- 8041 Tank oljelager 3000 m³
- 8042 Tank oljelager 1600 m³
- 8043 Kontor og oljelager
- 8044 Verneavdeling
- 8045 Videreforedling
- 8046 Bilvask privatbiler
- 8047 Pumpestasjon
- 8048 Brannstasjon
- 8049 Renseanlegg for primærgass
- 8050 Tankanlegg for flytende bek
- 8052 Lager for bygningsavd.
- 8053 Kontor valseverk
- 8055 Kortpumpelanlegg, bensintank
- 8056 Lagerhall KRM
- 8101 Renseanlegg for prebake K3
- 8101A Renseanlegg for prebake K4
- 8101B Renseanlegg for prebake K5
- 8102 Elektrolysehaller, Prebake K3, K4, K5
- 8103 Kranskiftehall
- 8104 Likeretter
- 8105 Anodemontasje
- 8106 Støperi
- 8106A Slaggilager
- 8107 Utviklingslaboratorium
- 8108 Kompressorstasjon
- 8109 Pumpestasjon
- 8110 Trafostasjon
- 8112 Anodelager
- 8113 Lager for anoderester
- 8120 Garderobes syd
- 8121 Kantine N
- 8122 Dyseverksted/ Treningsverksted
- 8122 Bygningsavd. verksted
- 8123 Mobilverksted
- 8123 Elektroverksted, kontorer 2.etg.
- 8123 Maskinverksted, kontorer 2.etg.
- 8123 Plateverksted
- 8123 Verktøybur
- 8125 Tankanlegg for støperi
- 8126 Garderobe for støperi
- 8127 Garderobe nord
- 8136 Portvakt vest
- 8137 Tank for lut
- 8138 Gassnors måle- og ventilstasjon
- 8139 Ventilhus vannforsyning
- 8140 Kompressorstasjon

Rev.	Dato	Forandring	Sign
I	03.10.06	Oppdat.vei v/Ram-anl.	JOS
H	06.03.06	Oppdat.tegn.Ram-anl.	JOS
G	15.09.05	Oppdatert tegn. (8057)	BK
F	21.07.99	Oppdatert tegn.	JOS
E	24.11.98	Oppgradert bygn.masse	JOS
D	15.05.98	Oppgradert byg.masse	AH
C	31.08.95	Overf. DAK, utv. K5	KAM
B	07.02.98	Utv.Støperi, pumpanl.	JOG
A	15.08.89	Ny brikke.silo, utv. Hydral	JOG

Dato	05.05.98	Kontr./sign	KAM/AH	Skala	1:2000	
Kontr.		Godkj.		Format	A1	
Erstatning for:		Erstatet av:		Prosj. nr.		
Objekt nr./Maskin nr./Utst.nr.						
Grupper:	(Byggr. - Produksjonslinje - Kategori/Fag)		8902-2		Tilleggsopplysning	

■ Bygninger
■ Fast dekke

Toleranse for ikke toleransesatte lineære mål og vinkel mål, se NS-ISO 2768-1
 Gradering: Åpen Intern Forvalg Strengt forvalg

Fellesanlegg 8902 Bedriftstomten
 Situasjonsplan

187-15
 8F31422.DWG
 8F31422
 1

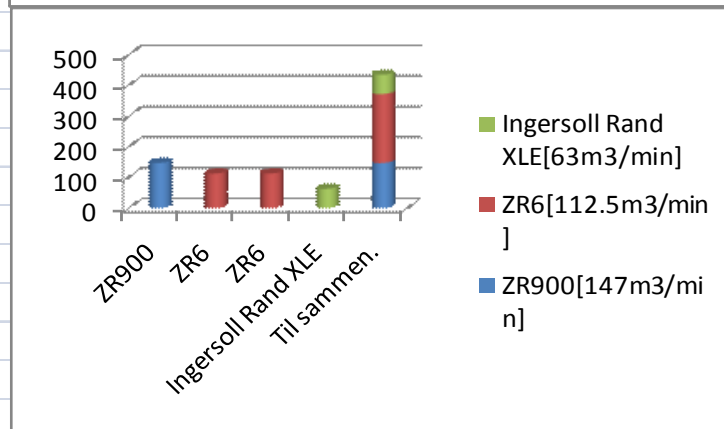
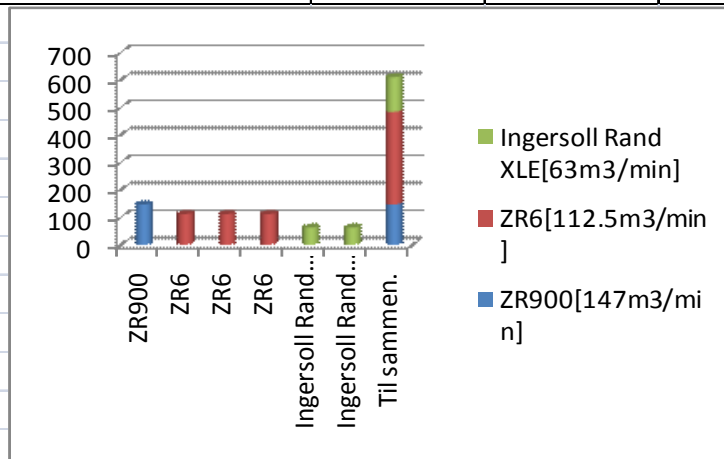
Vedlegg E

Oppsett av kompressorstasjoner og kompressorer.

Oppsett1			
Kompressorer	ZR900[147m3	ZR6[112.5m3]	Ingersoll Rand XLE[63m3/min]
ZR900	147		
ZR6		112.5	
ZR6		112.5	
ZR6		112.5	
Ingersoll Rand XLE			63
Ingersoll Rand XLE			63
Til sammen.	147	337.5	126

Oppsett 1, med reserve

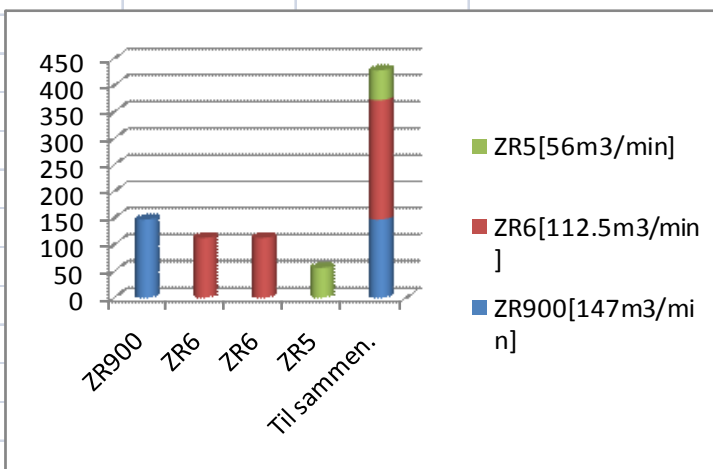
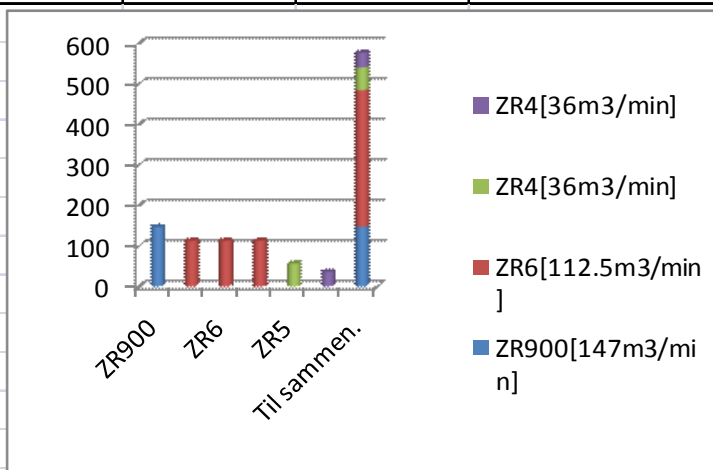
Oppsett 1, med reserve			
Kompressorer	ZR900[147m3	ZR6[112.5m3]	Ingersoll Rand XLE[63m3/min]
ZR900	147		
ZR6		112.5	
ZR6		112.5	
Ingersoll Rand XLE			63
Til sammen.	147	225	63



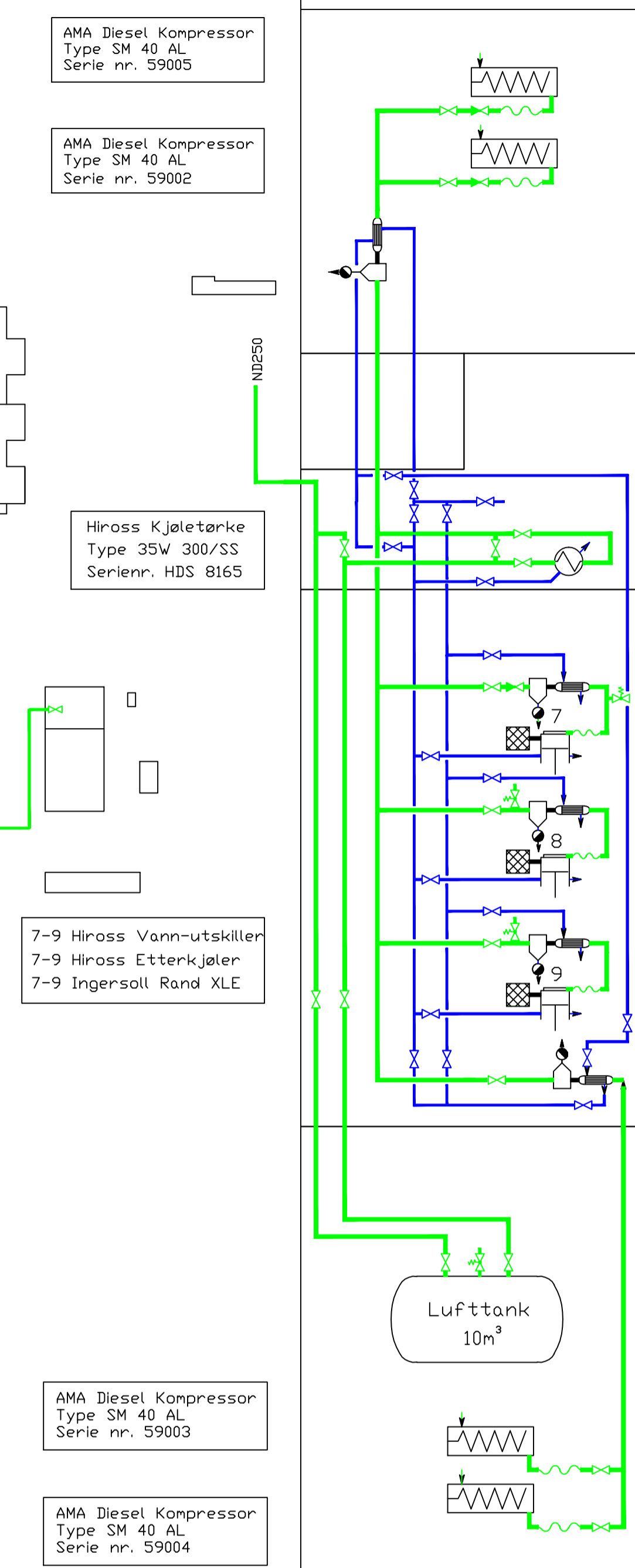
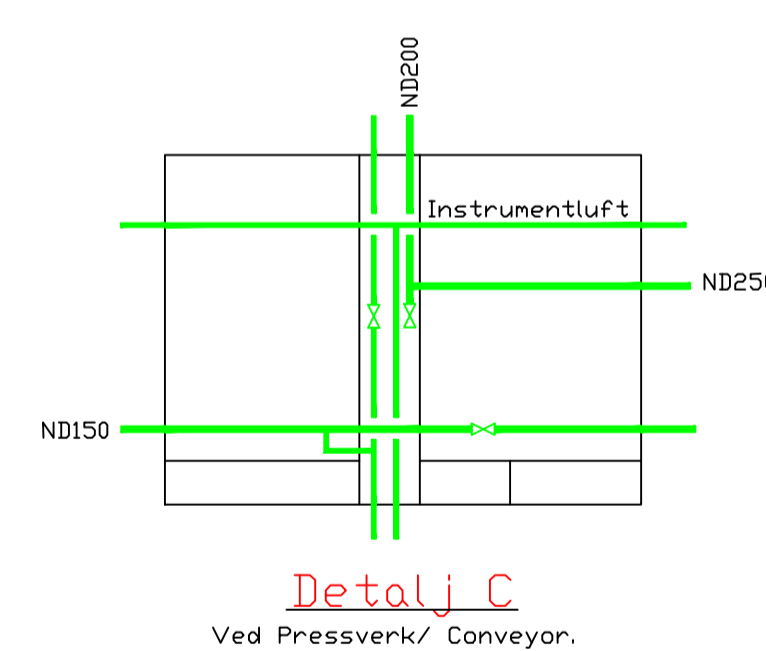
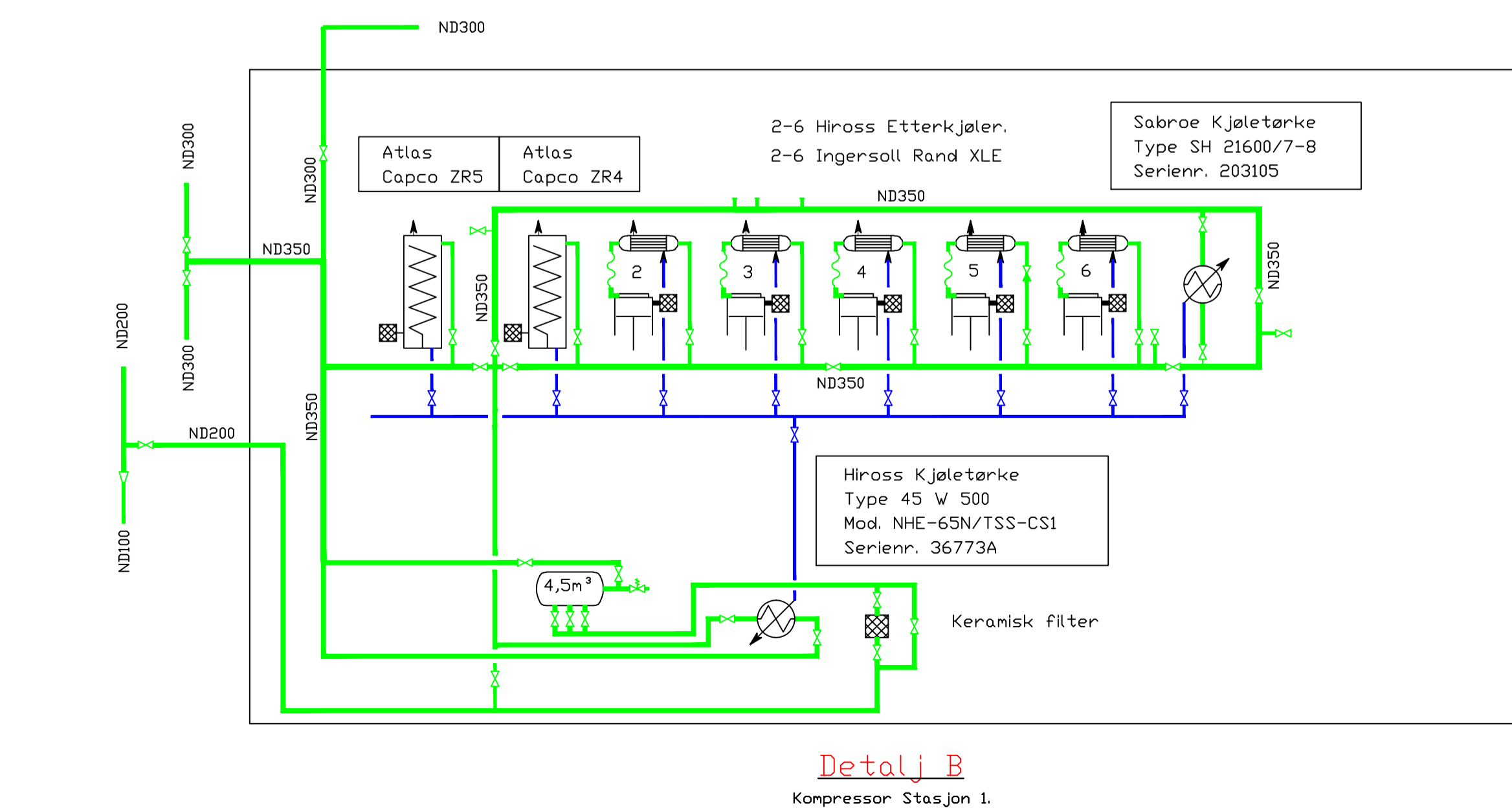
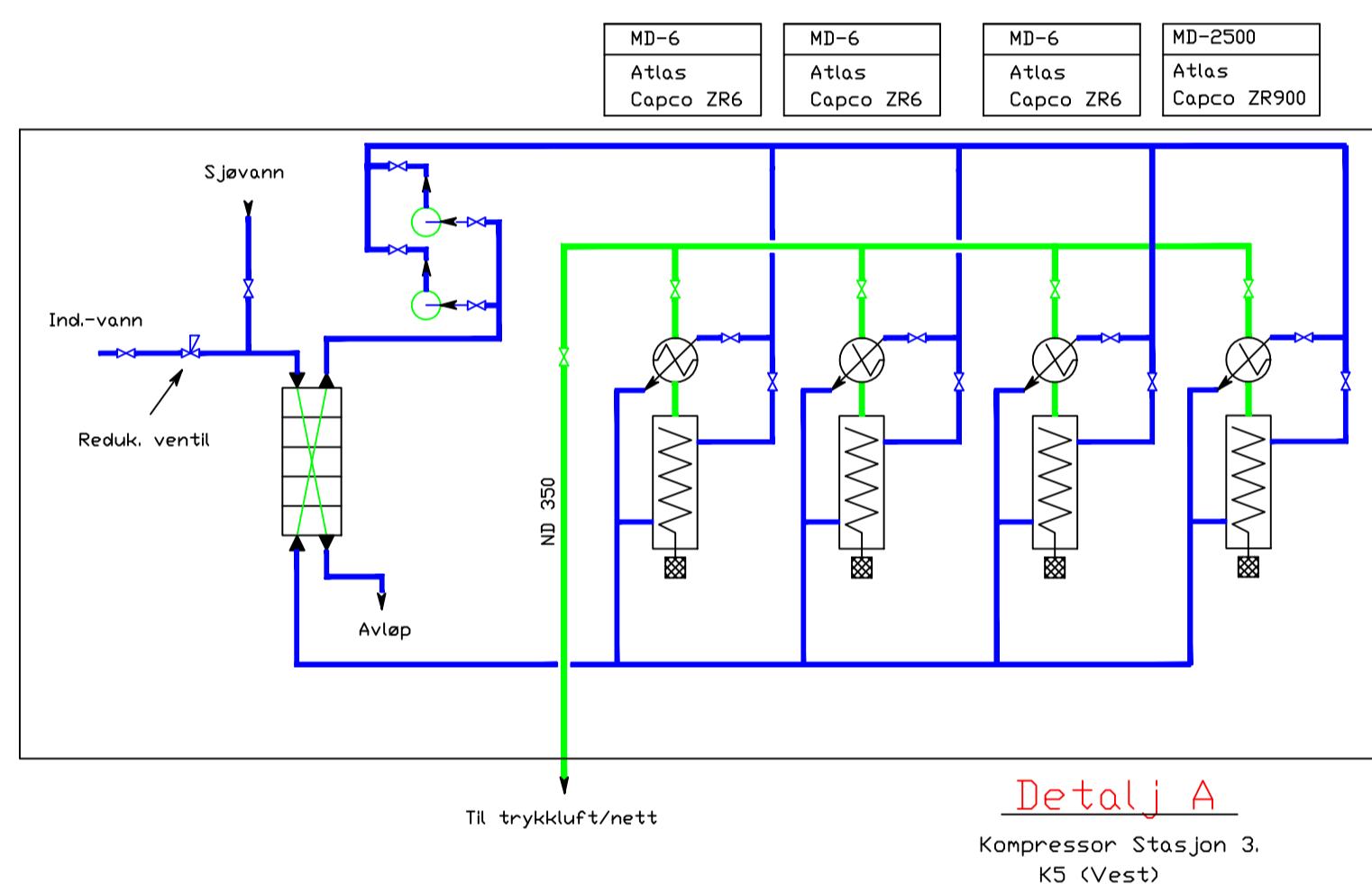
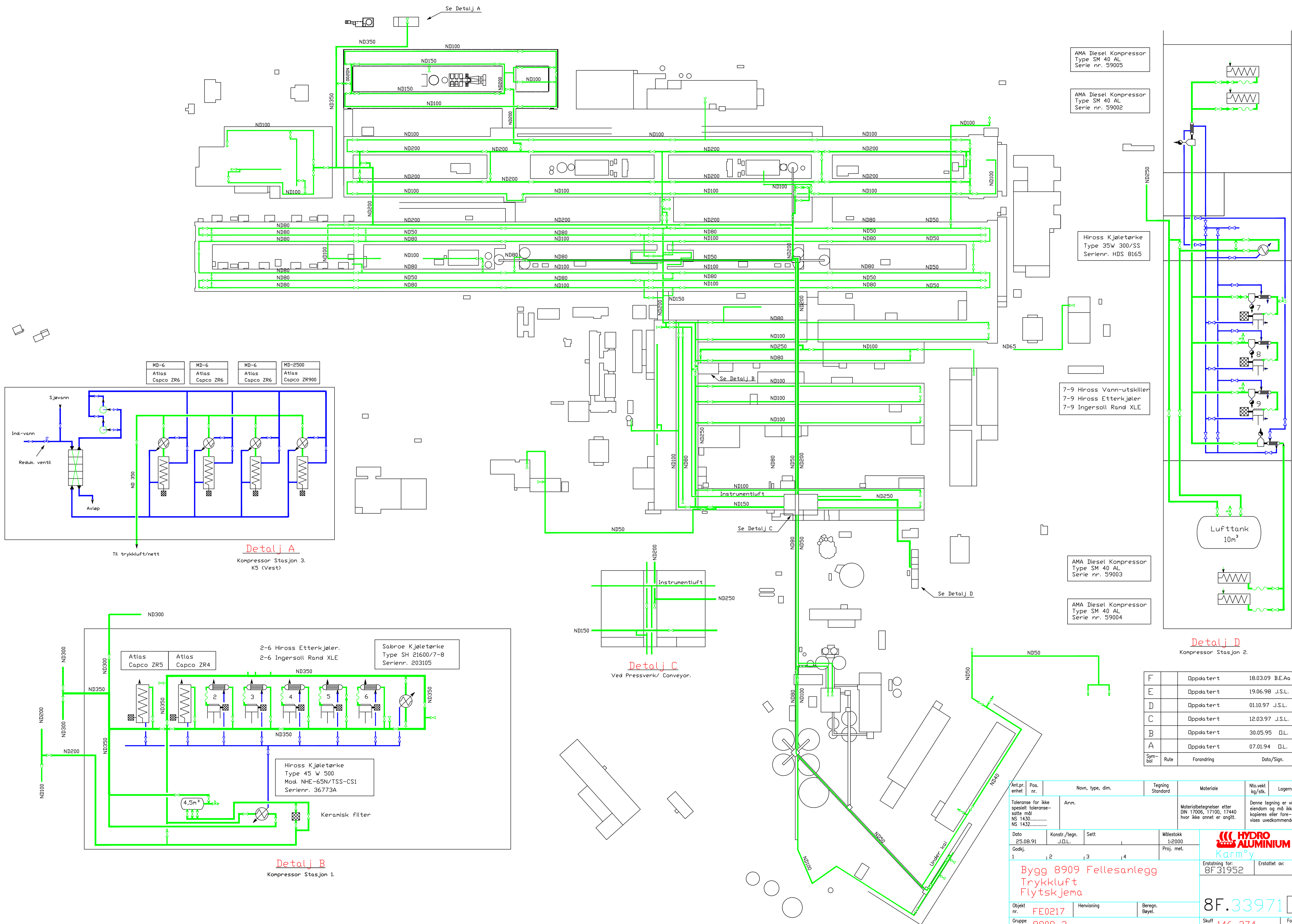
Oppsett 2 og 3				
Kompressorene	ZR900[147m3]	ZR6[112.5m3]	ZR4[36m3/min]	ZR4[36m3/min]
ZR900	147			
ZR6		112.5		
ZR6		112.5		
ZR6		112.5		
ZR5				56
ZR4				36
Til sammen.	147	337.5	56	36

Oppsett 2 og 3, med reserve

Kompressorene	ZR900[147m3]	ZR6[112.5m3]	ZR5[56m3/min]
ZR900	147		
ZR6		112.5	
ZR6		112.5	
ZR5			56
Til sammen.	147	225	56

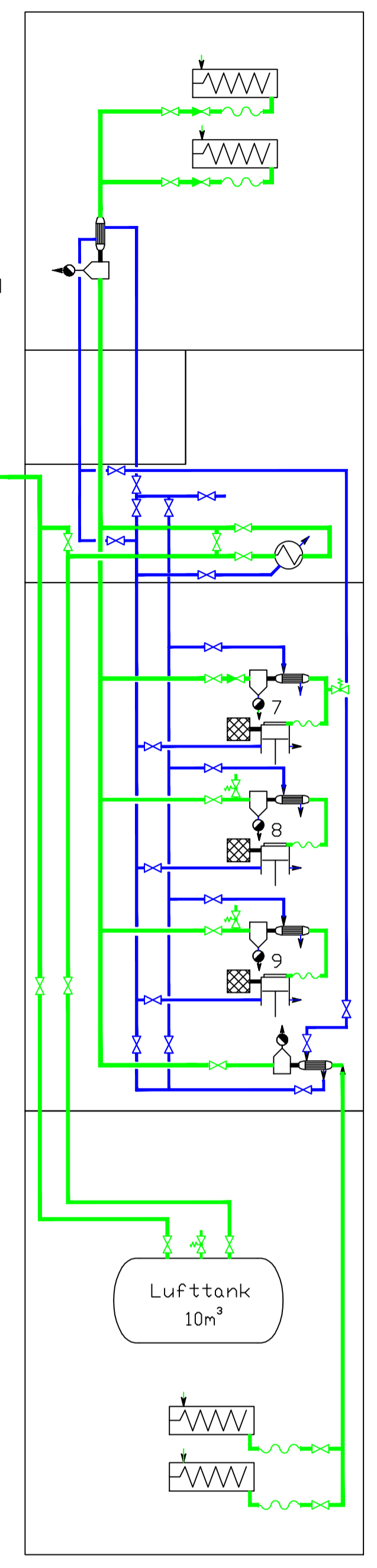
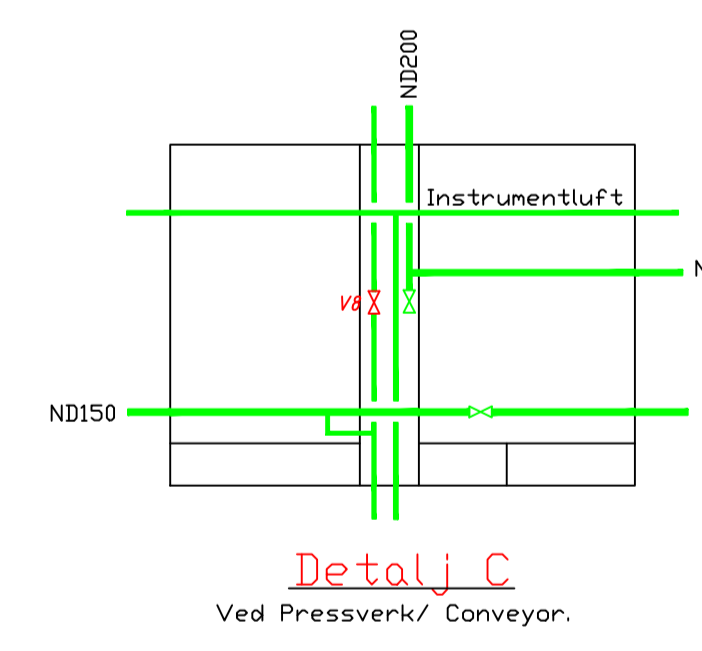
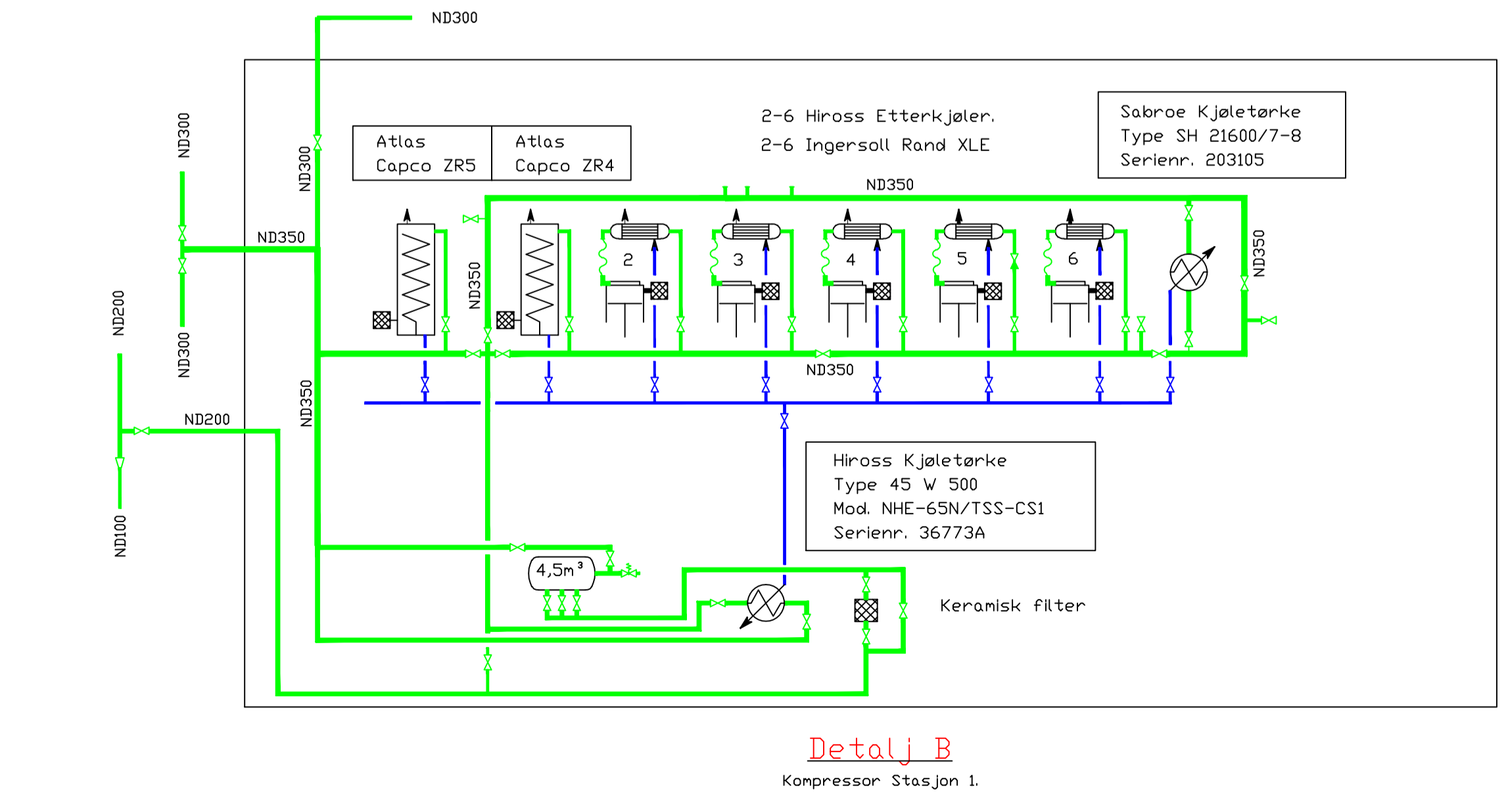
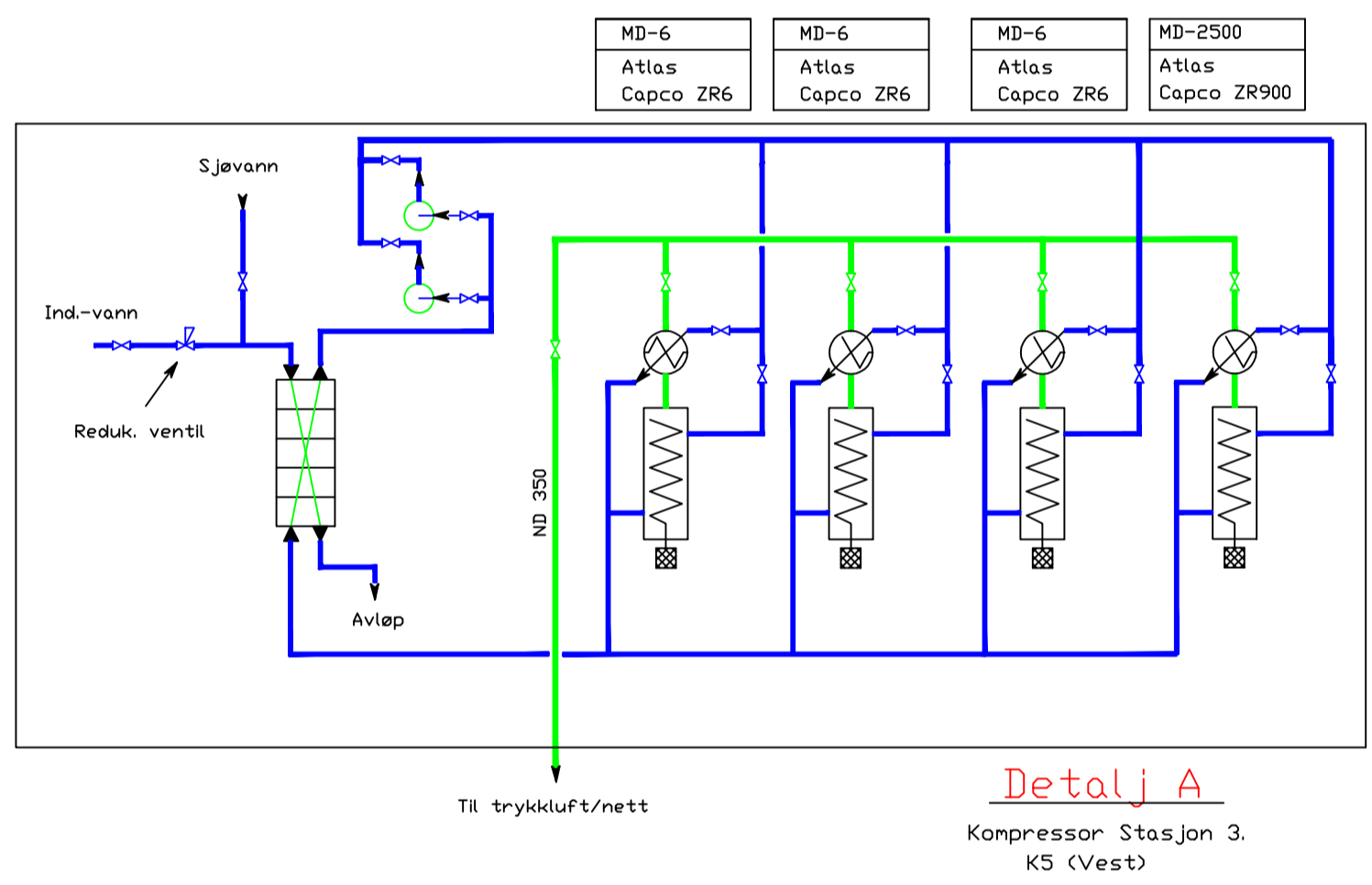
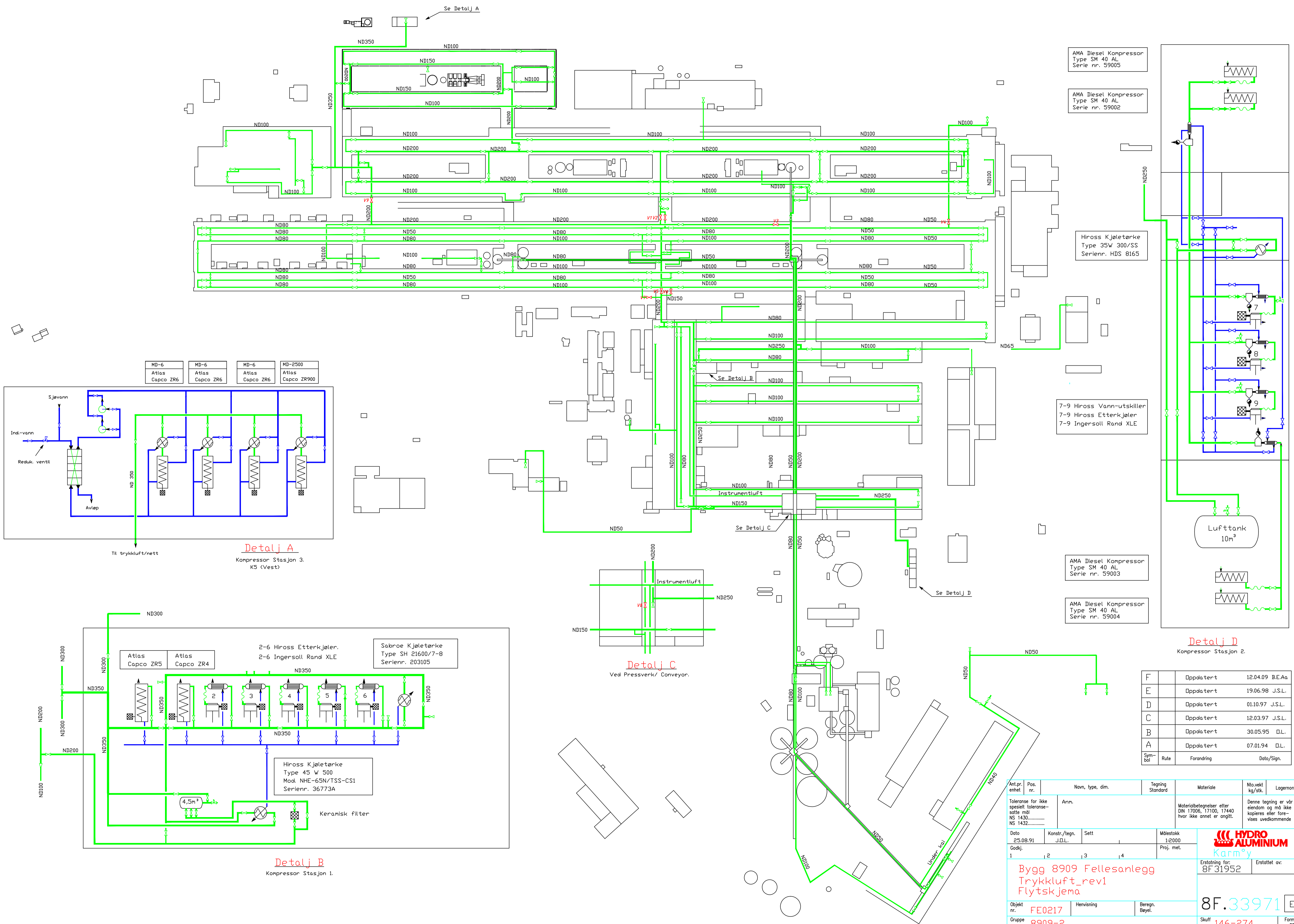


Vedlegg F
P&ID.



F	Oppdatert	18.03.09	B.E.Aa
E	Oppdatert	19.06.98	J.S.L.
D	Oppdatert	01.10.97	J.S.L.
C	Oppdatert	12.03.97	J.S.L.
B	Oppdatert	30.05.95	O.L.
A	Oppdatert	07.01.94	O.L.
Sym- kol	Rute	Forandring	Dato/Sign.

Ant.pr. enhet	Pos. nr.	Navn, type, dim.	Tegning Standard	Materiale	Nettvekt kg/stk.	Lagernorm
Toleranse for ikke spesielt toleranse- slette mdt NS 1430..... NS 1432.....		Anrn.		Materialebetegnelser etter DIN 17006, 17100, 17440 hvor ikke annet er angitt.		Denne tegning er vår eiendom og må ikke kopieres eller fore- vises uvedkommende
Dato 25.08.91	Konstr./tegn. J.D.L.	Sett	Målestokk 1:2000			
Godkj. 1			Proj. met.			
Bygg 8909 Fellesanlegg Trykkluft Flytskjema				Erstatning for: 8F31952	Erstattet av:	
Objekt nr. 8909-2	Henvisning	Beregning Beyel.	8F.33971 E		Skuff nr. 146-274	Format FORM

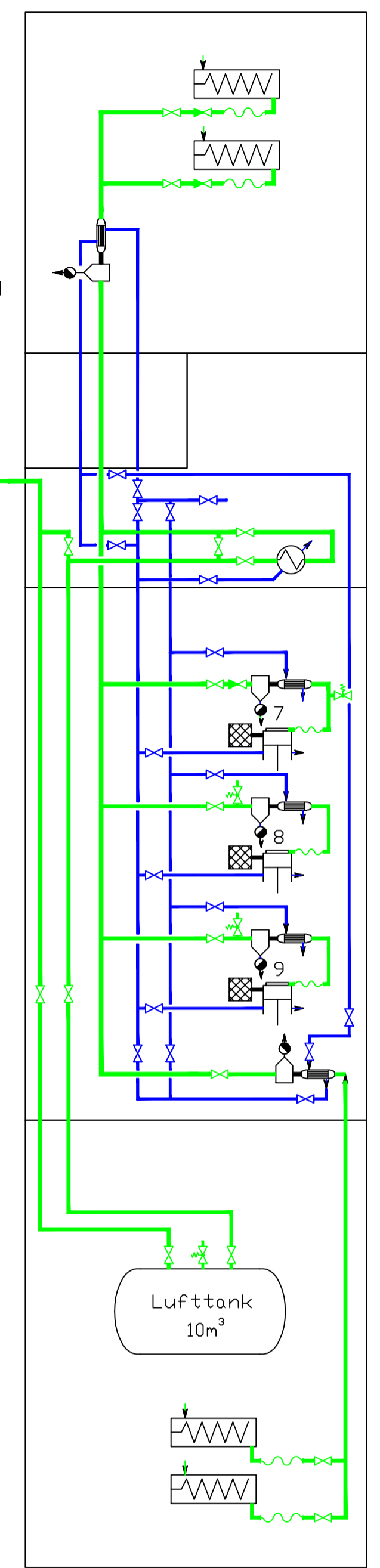
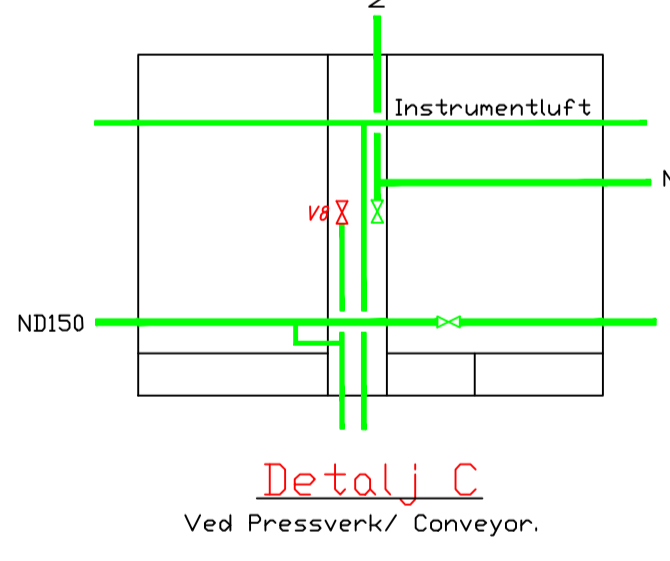
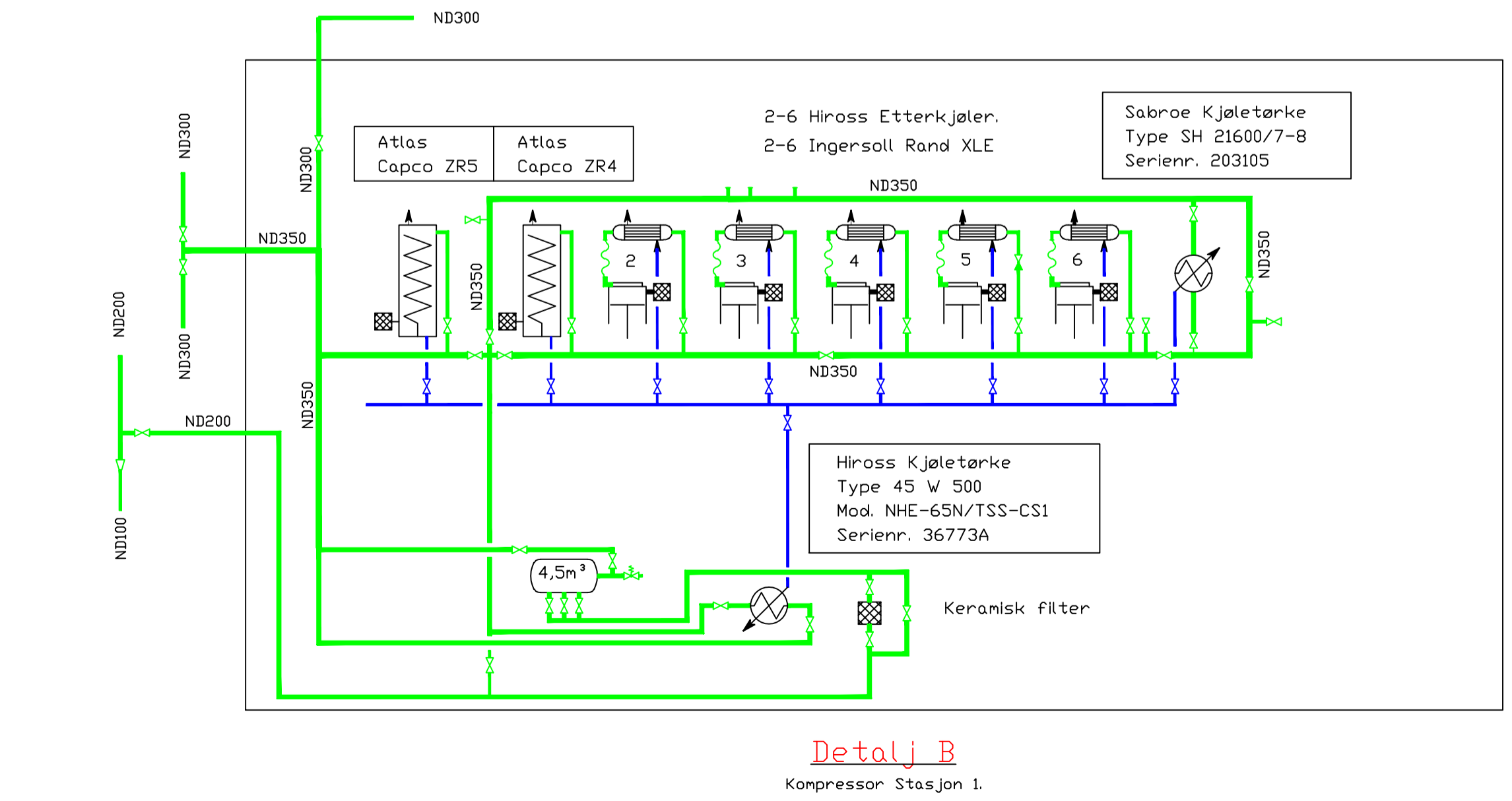
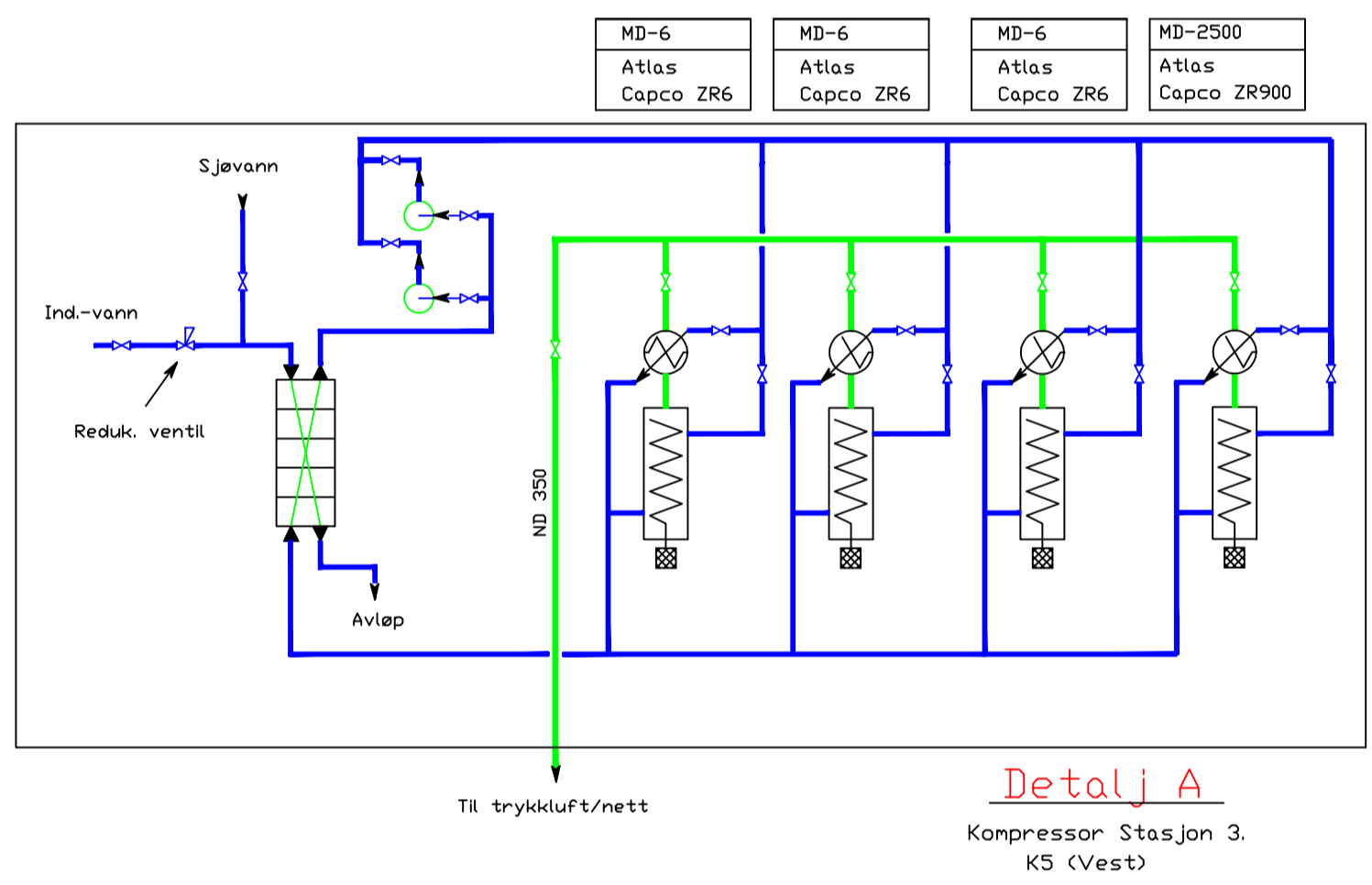
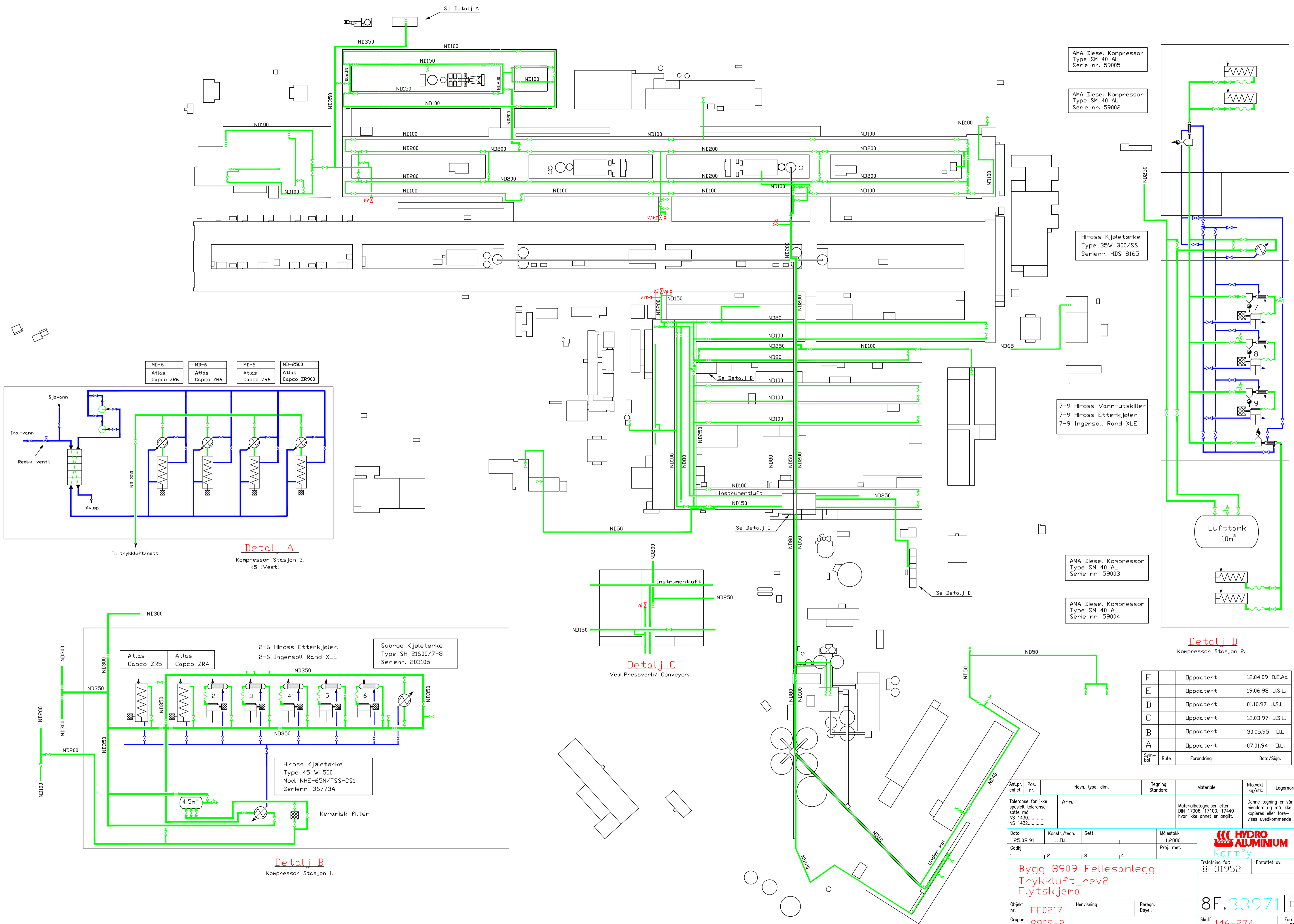


- AMA Diesel Kompressor
Type SM 40 AL
Serie nr. 59005
- AMA Diesel Kompressor
Type SM 40 AL
Serie nr. 59002
- Hiross Kjøletørke
Type 35W 300/SS
Serienr. HDS 8165
- 7-9 Hiross Vann-utskiller
7-9 Hiross Etterkjøler
7-9 Ingersoll Rand XLE
- AMA Diesel Kompressor
Type SM 40 AL
Serie nr. 59003
- AMA Diesel Kompressor
Type SM 40 AL
Serie nr. 59004

F	Oppdatert	12.04.09 B.E.Aa
E	Oppdatert	19.06.98 J.S.L.
D	Oppdatert	01.10.97 J.S.L.
C	Oppdatert	12.03.97 J.S.L.
B	Oppdatert	30.05.95 D.L.
A	Oppdatert	07.01.94 D.L.
Sym- bol	Rate	Forandring
		Date/Sign.

Anl.pr. enhet	Pos. nr.	Navn, type, dim.	Tegning Standard	Materiale	Nv.vekt kg/stk.	Logernavn
Toleranse for ikke spesielt toleransesatte mål NS 1430..... NS 1432.....						
Dato 25.08.91			Konstr./tegn. J.D.L.	Sett	Målestokk 1:2000	Proj. met.
Godkj.			1		2	
Objekt nr. FE0217			Henvi- sning		Bereg- Beyel.	
Gruppe nr. 8909-2			Bygg 8909 Fellesanlegg Trykkluft_rev1 Flytskjema		Erlatning for: 8F31952	
			Erstattet av:		Erstattet av:	
			8F.33971 E		Skuff nr. 146-274	
			Format FORM			



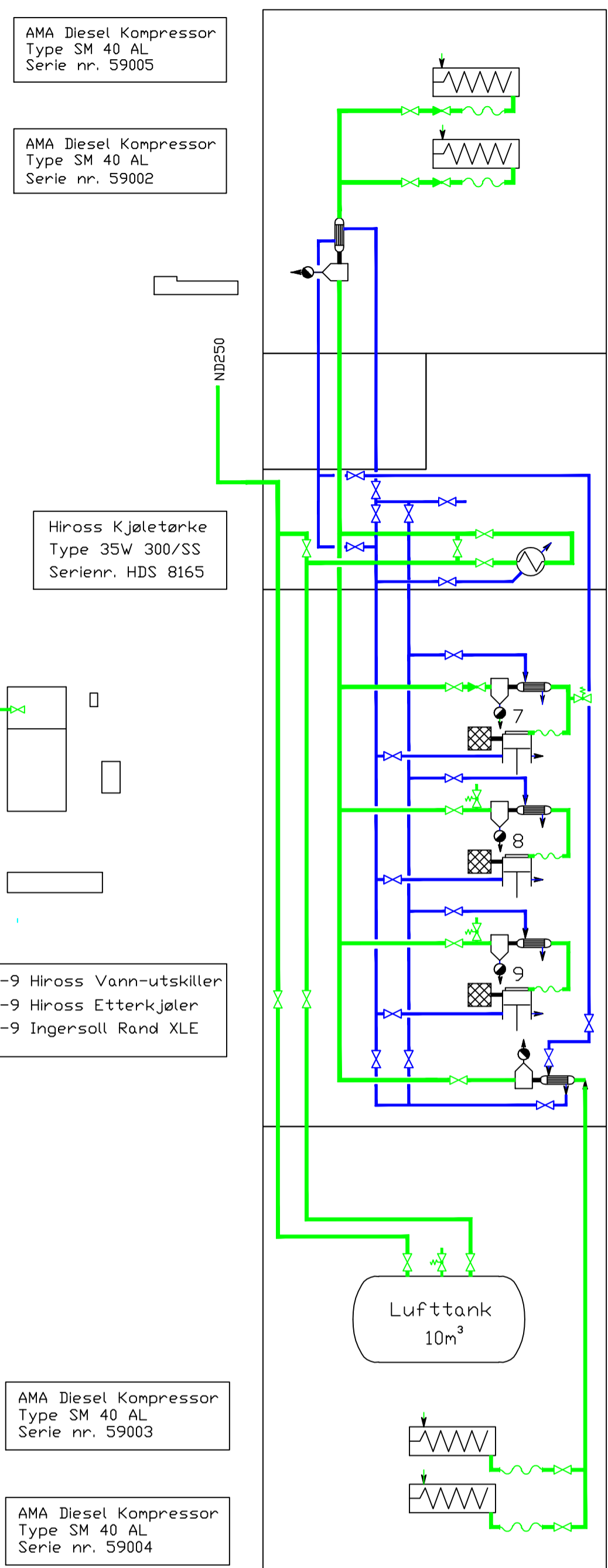
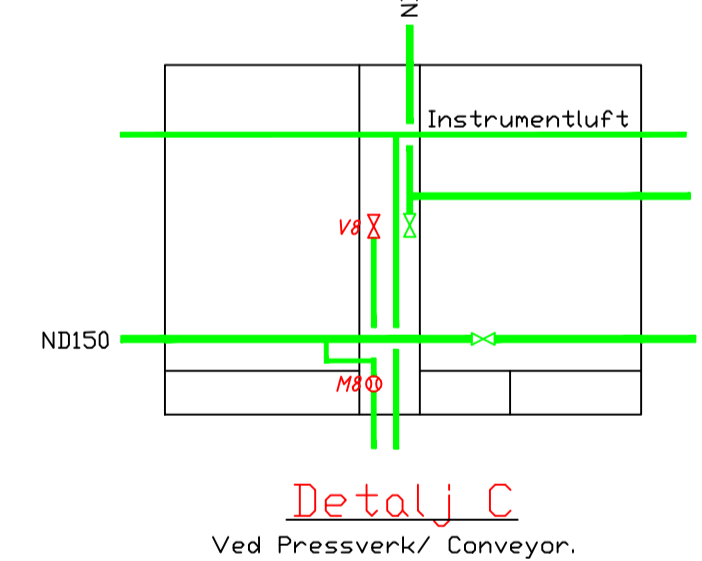
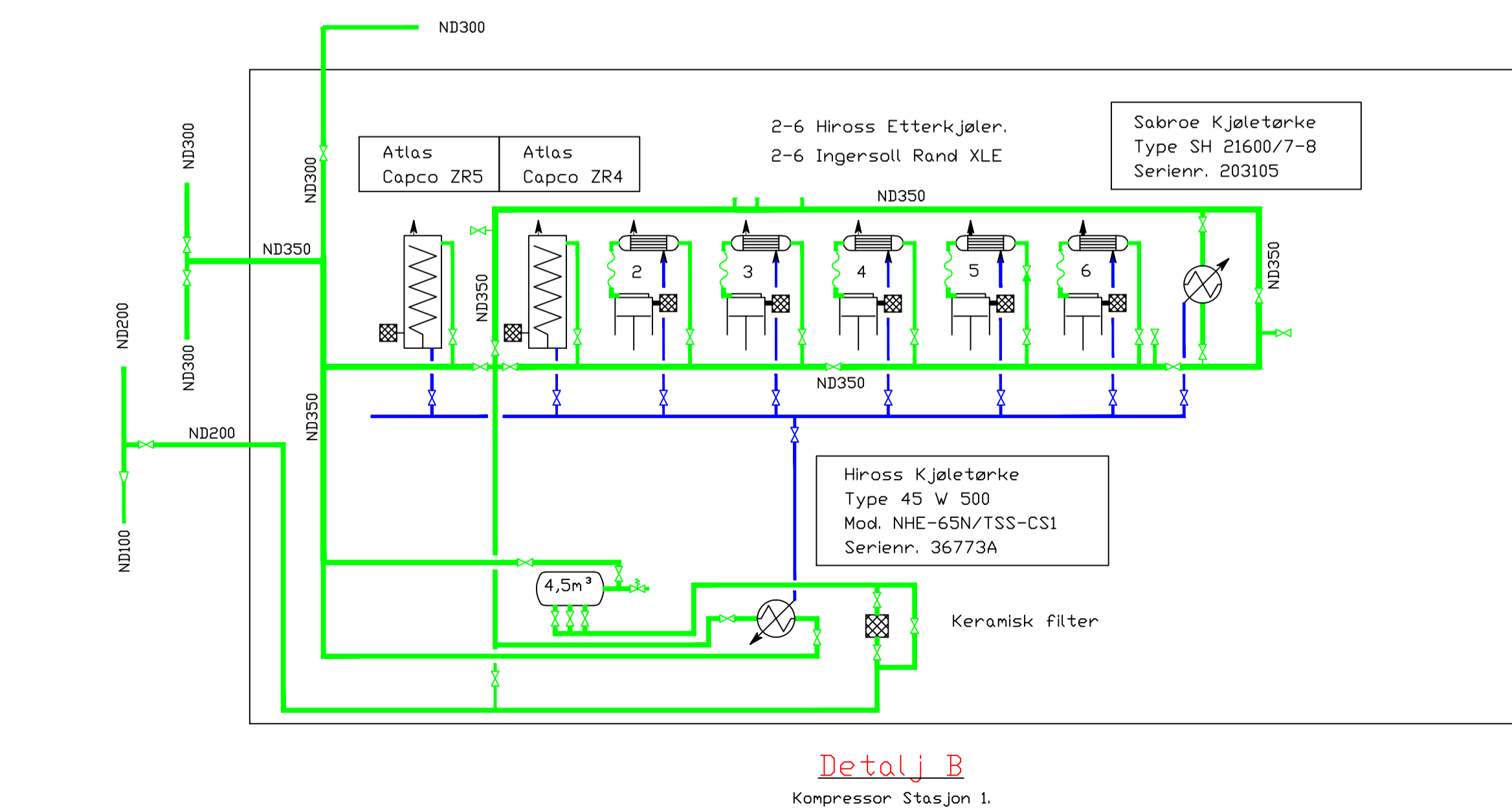
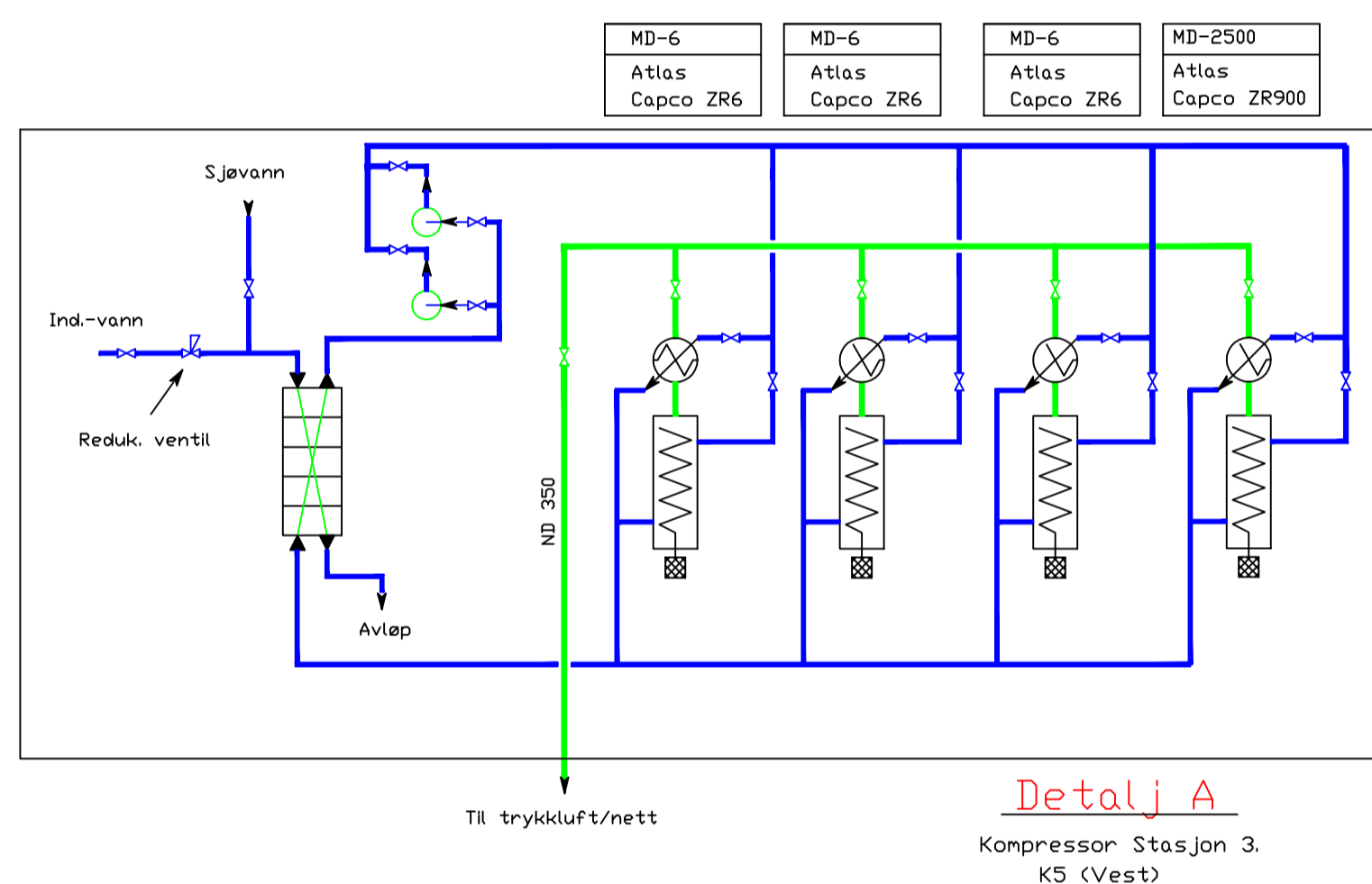
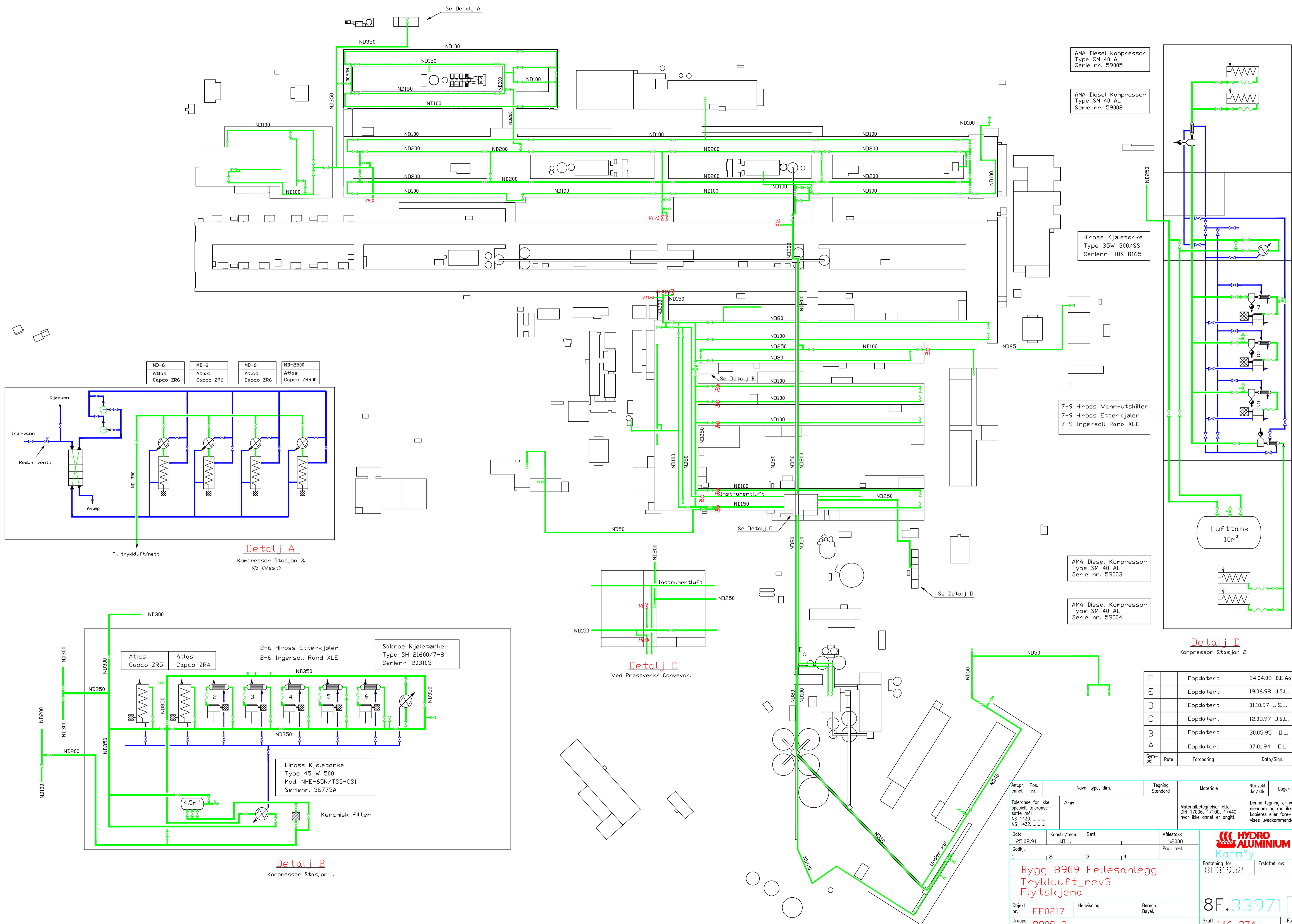


- AMA Diesel Kompressor Type SM 40 AL Serie nr. 59005
- AMA Diesel Kompressor Type SM 40 AL Serie nr. 59002
- Hiross Kjøletørke Type 35W 300/SS Serienr. HDS 8165
- 7-9 Hiross Vann-utskiller
7-9 Hiross Etterkjøler
7-9 Ingersoll Rand XLE
- AMA Diesel Kompressor Type SM 40 AL Serie nr. 59003
- AMA Diesel Kompressor Type SM 40 AL Serie nr. 59004

F	Oppdatert	12.04.09 B.E.Aa
E	Oppdatert	19.06.98 J.S.L.
D	Oppdatert	01.10.97 J.S.L.
C	Oppdatert	12.03.97 J.S.L.
B	Oppdatert	30.05.95 D.L.
A	Oppdatert	07.01.94 D.L.
Sym-bol	Rate	Forandring
		Date/Sign.

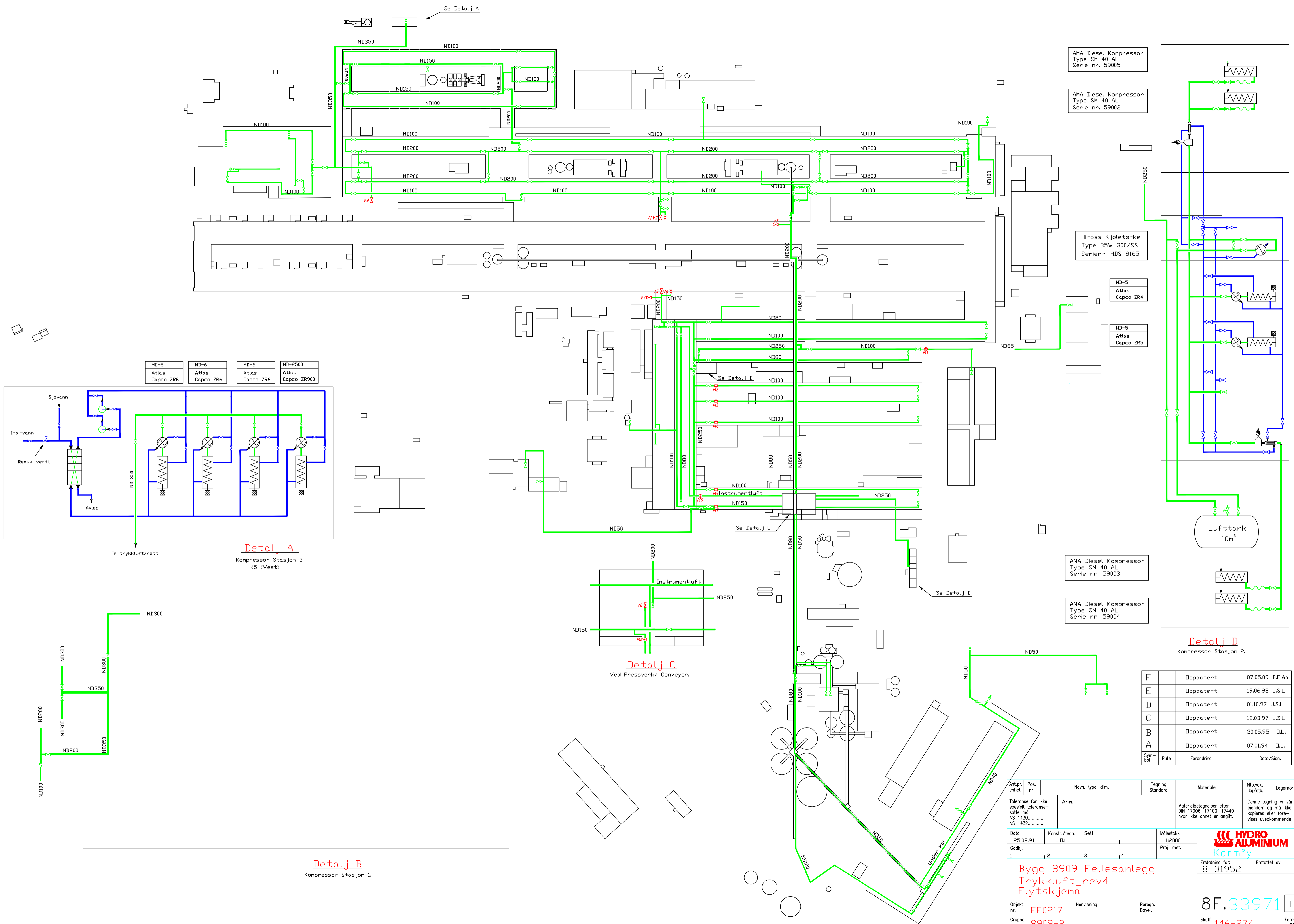
Anl.pr. enhet	Pos. nr.	Navn, type, dim.	Tegning Standard	Materiale	Nø.vekt kg/stk.	Logernavn
Toleranse for ikke spesielt toleransesatte mål NS 1430..... NS 1432.....						
Dato 25.08.91			Konstr./tegn. J.D.L.	Sett	Målestokk 1:2000	Proj. met.
Godkj. 1			2		3 4	
Bygg 8909 Fellesanlegg Trykkluft_rev2 Flytskjema				Erstatning for: 8F31952		Erstattet av:
Objekt nr. FE0217	Henvi-sning	Bereg. Bayel.	8F.33971 E			
Gruppe nr. 8909-2	Skuff nr. 146-274		Format FORM			





F	Oppdatert	24.04.09 B.E.Aa
E	Oppdatert	19.06.98 J.S.L.
D	Oppdatert	01.10.97 J.S.L.
C	Oppdatert	12.03.97 J.S.L.
B	Oppdatert	30.05.95 O.L.
A	Oppdatert	07.01.94 O.L.
Sym- bol	Rute	Forandring
		Dato/Sign.

Ant.pr. enhet	Pos. nr.	Navn, type, dim.	Tegning Standard	Materiale	Nta.vekt kg/stk.	Logernorm
Toleranse for ikke spesielt toleranse- satte mål NS 1430..... NS 1432.....	Anm.			Materialebetegnelser etter DIN 17006, 17100, 17440 hvor ikke annet er angitt.	Denne tegning er vår eiendom og må ikke kopieres eller fore- vises ureddekomme	
Dato 25.08.91	Konstr./tegn. J.D.L.	Sett	Målestokk 1:2000			
Godkj. 1			Proj. met.			
Bygg 8909 Fellesanlegg Trykkluft_rev3 Flytskjema				Erstatning for: 8F31952	Erstattet av:	
Objekt nr. FE0217	Henvi- sing	Bereg- n. Beyel.	8F.33971 E			
Gruppe nr. 8909-2	Skuff nr. 146-274		Form- FORM			



AMA Diesel Kompressor
Type SM 40 AL
Serie nr. 59005

AMA Diesel Kompressor
Type SM 40 AL
Serie nr. 59002

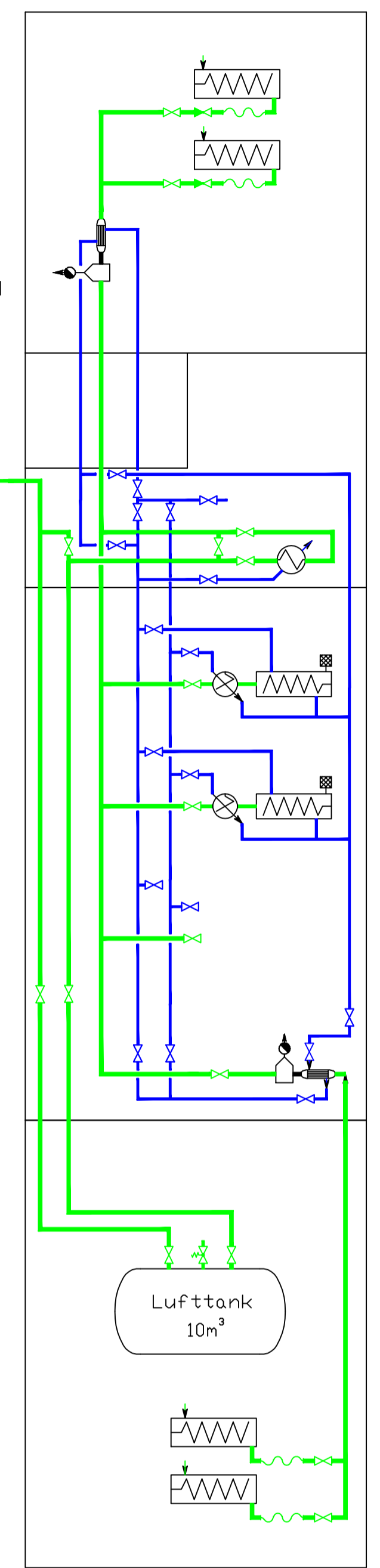
Hiross Kjøletørke
Type 35W 300/SS
Serienr. HDS 8165

MD-5
Atlas
Capco ZR4

MD-5
Atlas
Capco ZR5

AMA Diesel Kompressor
Type SM 40 AL
Serie nr. 59003

AMA Diesel Kompressor
Type SM 40 AL
Serie nr. 59004



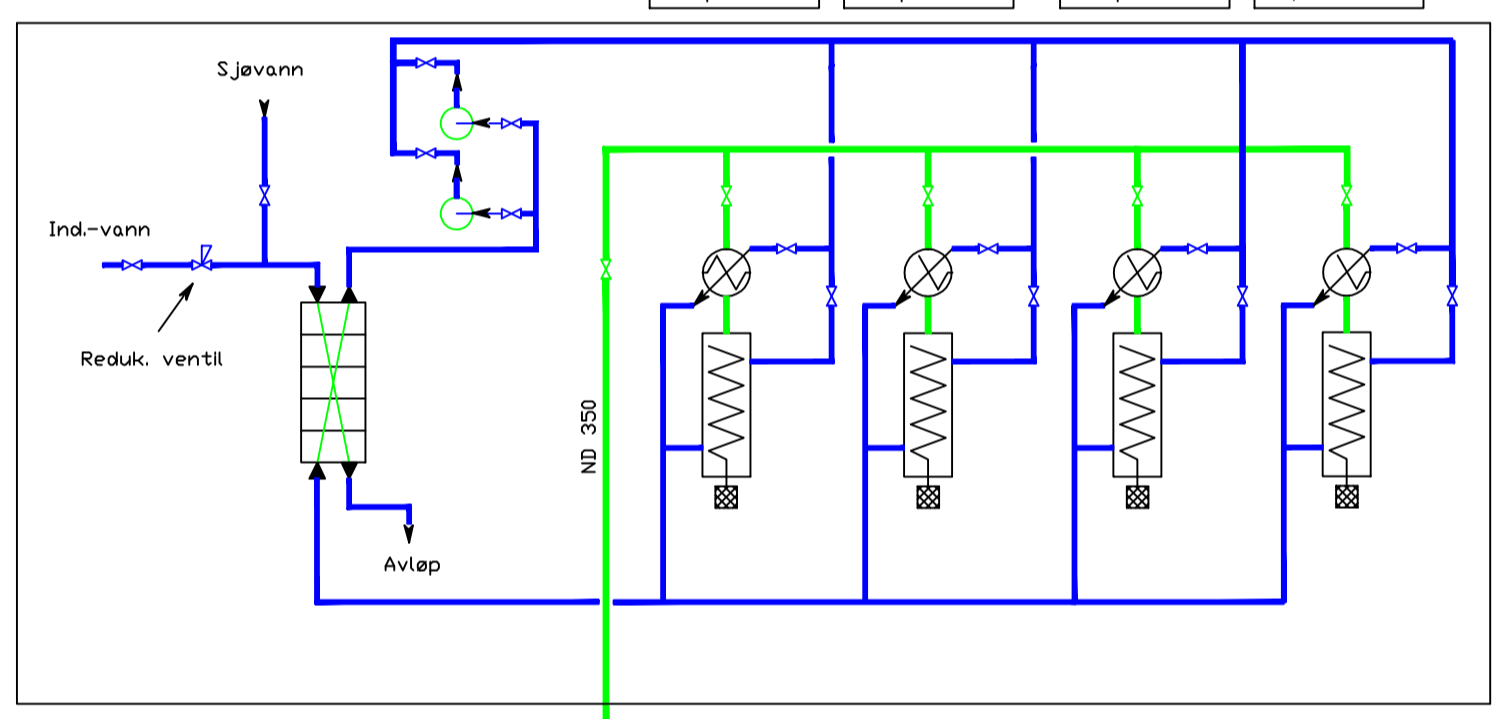
Detail D
Kompressor Stasjon 2.

MD-6
Atlas
Capco ZR6

MD-6
Atlas
Capco ZR6

MD-6
Atlas
Capco ZR6

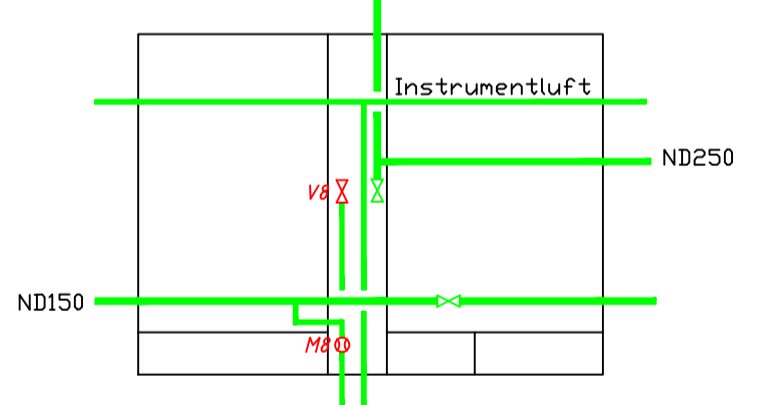
MD-2500
Atlas
Capco ZR900



Detail A
Kompressor Stasjon 3.
K5 (Vest)



Detail B
Kompressor Stasjon 1.



Detail C
Ved Pressverk/ Conveyor.

F	Oppdatert	07.05.09	B.E.Aa
E	Oppdatert	19.06.98	J.S.L.
D	Oppdatert	01.10.97	J.S.L.
C	Oppdatert	12.03.97	J.S.L.
B	Oppdatert	30.05.95	D.L.
A	Oppdatert	07.01.94	D.L.
Sym- bol	Rute	Forandring	Date/Sign.

Anl.pr. enhet	Pos. nr.	Navn, type, dim.	Tegning Standard	Materiale	Niv.vekt kg/slk.	Logernorm
Toleranse for ikke spesielt toleransesatte mål NS 1430..... NS 1432.....						
Anm.			Materialbetegnelser etter DIN 17006, 17100, 17440 hvor ikke annet er angitt.		Denne tegning er vår eiendom og må ikke kopieres eller forevises utedkommende	
Dato	Konstr./tegn.	Sett	Målestokk			
25.08.91	J.D.L.		1:2000			
Godkj.			Proj. met.	Erstatning for: 8F 31952		
1	2	3	4	Erstattet av:		
Bygg 8909 Fellesanlegg Trykkluft_rev4 Flytskjema				8F.33971 E		
Objekt nr.	FE0217	Henvi-sning	Bereg-n. Bayel.	Skuff nr. 146-274		
Gruppe nr.	8909-2			Format FORM		

Vedlegg G

Beregning av kvalitetsklasse på luft fra Ingersoll Rand XLE.

Etter samtaler med Hydro Aluminium, Karmøy fikk en vite at stempelmaskinene i kompressorstasjon 2 brukte omtrent 1,5L/døgn. Antar en at 60 % dette strømmer ut på nette kan en gjøre noen beregninger og sammenligne dette opp mot ISO-standarden for klassifisering av trykkluft, ISO 8573-1.

Olja som Hydro Aluminium, Karmøy fyller med heter Shell Corena P68 og har en tetthet på 883kg/m³ (15 °C). Ut fra denne tetthetsformelen for strømmer kan en regne ut massen til olja i døgnet.

$$\rho = \frac{\dot{m}}{Q} \Rightarrow m = \rho Q$$

$$\dot{m} = 0,883 \text{ kg} / \text{L} \cdot 1,5 \text{ L/d} \cdot 0,6$$

$$\dot{m} = 794700 \text{ mg/d}$$

En stempelmaskin avgir en luftstrøm på 62,5m³/min, som er 90000m³/d. Ved å bruke tetthetsformen for masser igjen kan en finne avgitt tetthet som olja har på trykkluftnettet.

$$\rho = \frac{\dot{m}}{Q}$$

$$\rho = \frac{794700 \text{ mg/d}}{90000 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}$$

$$\rho = 8,83 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$$

Ut fra vedlegget klassifisering av trykkluft, ISO 8573-1 greier ikke stempelkompressorene å komme innenfor grensen for kvalitetsklasse 4.

For industriluft for metallindustrien, metallbearbeidingsmaskiner og luftverktøy er dette ikke noe problem siden disse har kvalitetsklasse 5. Men for andre operasjoner slik som instrumentluft som trenger en kvalitetsklasse i fra 1 til 3 kan dette være kritisk. På Hydro Aluminium, Karmøy blir den samme trykkluften som blir brukt til aluminiums produksjon brukt til instrumentluft så i dette tilfelle må en holde seg innenfor kvalitetsklasse 1-3 som tilsvarer 0,001 mg/m³ til 1 mg/m³. Dette klarer ikke stempelkompressorene.

Se http://www.nessco.no/Produkter/Filtersystemer/Kvalitetsklassifisering_trykkluft for de forskjellige kvalitetsklassene.

Vedlegg H
AMA dieselkompressor

AMA Diesel kompressorer.

Skrukompressorer fra AMA som går på diesel. Disse står stasjonert i kompressorstasjon 2, men kan transporteres om det blir nødvendig. Dieselkompressorene starter automatisk når trykker kommer under 5barg. Grunnen til at Hydro Aluminium, Karmøy har valgt at disse skal gå på diesel, er vist et strømbrud oppstår skal Hydro Aluminium, Karmøy kunne drive noen av produksjonen eller stenge ned systemet på en kontrollert måte. Backup systemet gir en samlet mengde trykkluft på 160 m³/min.

Vedlegg I
MD tørkene

Atlas Copco Compressed Air Dryers

MD adsorption dryer range for oil-free Z compressors



**HIGH
QUALITY
DRY AIR**



Your process and product quality depend on dry MD adsorption dryers are Atlas Copco's environ quality dry air need

Your process needs top quality, dry, oil-free compressed air to help avoid the risk of product contamination and to reduce down time which affects the production process.

Compressed air leaving the compressor's aftercooler and going into the airtight is always 100% saturated with water vapour. When cooling down, this moisture will condense, eventually causing damage to the compressed air system and possibly to the finished product.

Instead of installing elaborate separator, filter and condensate drain systems, these problems can best be solved by drying the air.



air – environmentally friendly answer to your

Environmentally acceptable

Through the unique design of the MD dryer and the drying medium it uses, and because the MD dryer principle is a continuous process, only a very small amount of desiccant is required – ca 5% of conventional two-tower dryers. Neither Freon nor CFC's are used in the production or in the MD product. The condensate is oil-free.

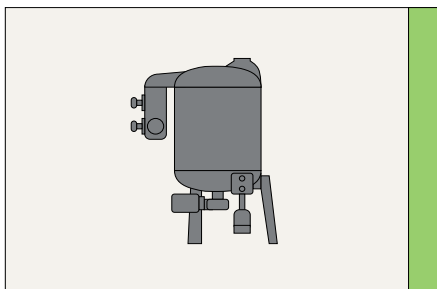
Unique integrated design

The single pressure vessel and the honeycomb pattern drying drum, is a very compact unit requiring little floor space. No prefilter is required as a built-in separator prevents water droplets from entering the dryer.

No afterfilter is needed because the dryer material does not generate dust. All internal contamination is avoided through special protective coatings on all parts in contact with the compressed air.

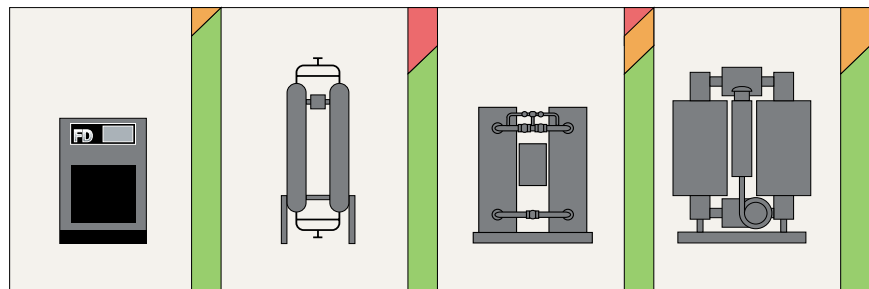


MD regeneration



Only the MD dryer guarantees 100% compressor capacity at virtually no operating cost.

Conventional regeneration



Traditional desiccant dryers require at least 15% of the compressed air or consume a lot of electricity for regeneration

■ Compressed air loss for regeneration

■ Electrical power consumption for regeneration or cooling

High quality compressed air at low running cost

Reliable fully automatic operation

MD dryers are equipped with a simple but efficient control system, incorporating the dewpoint indicator, the drain with safety drain, the regeneration air control valve, ensuring reliable, fully automatic operation.

Low operating costs

The MD adsorption dryer is very economical in use.

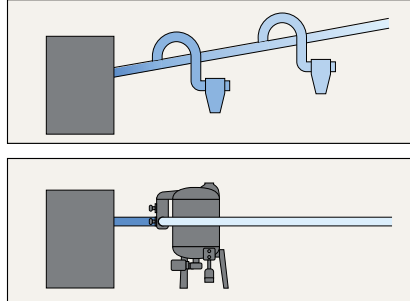
Since heat of compression is used for regenerating the dryer rotor, the only energy required is the power to rotate the drying drum, a mere 0.12 kW.

The silicagel rotor recovers its original performance after being regenerated, so the MD offers years of trouble-free full-time operation at minimal cost.



Easy, economic installation

The MD series consists of a range of adsorption air dryers specially designed for use with the Atlas Copco Z-Pack oil-free screw compressors. Together they form the optimal combination for top quality dry air at low running cost.



The Z-Pack/MD installation uses a simple and reliable airnet with no pipe slopes or water separators/drains needed.

The flange-to-flange hook-up design reduces installation to a matter of hours, especially since all connection parts and bypass are included in the package.



Most advanced drying system – the result of more

The hot air, branched before the aftercooler, is routed through the dryer's regeneration sector (25%) where it removes moisture from the adsorption material through evaporation.

A glass fibre based paper drum impregnated with silicagel rotates through the drying (75%) and the regeneration (25%) sectors.

bypass and isolation valves

nozzle

The ejector ensures full compressed air capacity by mixing the compressed air from the compressor aftercooler with the air used for regenerating the rotor.














Before entering the MD drying sector, the airstream passes through a built-in highly efficient water separator, preventing water droplets from entering the drying sector.

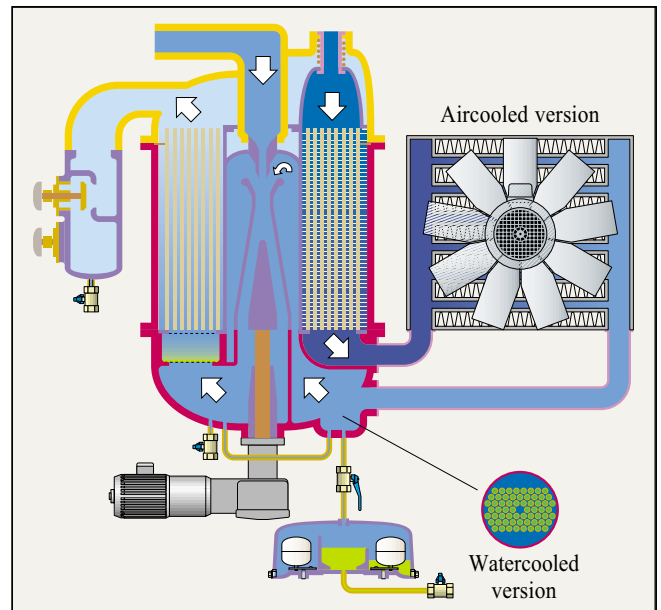
drive motor



than 20 years of experience

Complete corrosion protection

-  Epoxy base coat - 80 µm minimum
-  Epoxy base coat - 80 µm minimum
-  Galvanized - 100 µm minimum
-  Cast aluminium - hard anodized 100 µm
-  Stainless steel
-  Electroless Ni-plated
-  Copper
-  Plastic
-  Water separator
Polyurethane foam
-  Cold saturated air
-  Hot unsaturated air
-  Hot wet air
-  Dry air



The moisture saturated regeneration air is cooled down in the regeneration air cooler before flowing into the ejector.

The combined drain with built-in safety drain is an easy to maintain, simple and reliable drain system.

It evacuates the oil-free condensate.

The MD drying principle is a continuous process – temperature peaks

The MD working principle

The two diagrams show how the dryer and compressor work together to produce low dewpoint, oil-free compressed air. Before the aftercooler of the compressor, the compressed airstream branches.

The main compressed airstream passes through the aftercooler, then into the drying section, and finally out of the dryer into the dry compressed air net.

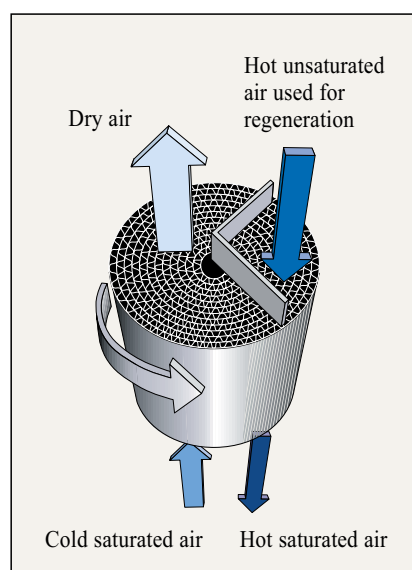
All moisture is removed through adsorption by the silicagel powder on the glass fibre based paper drum.

The regeneration airstream

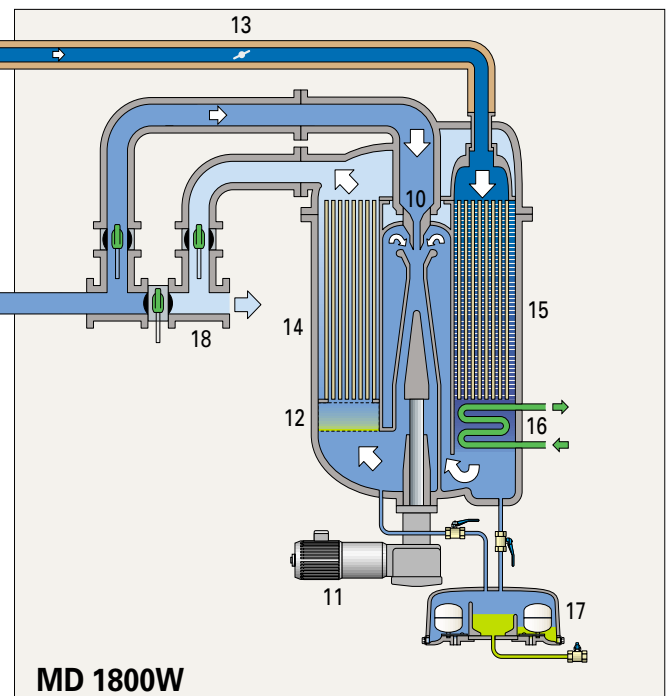
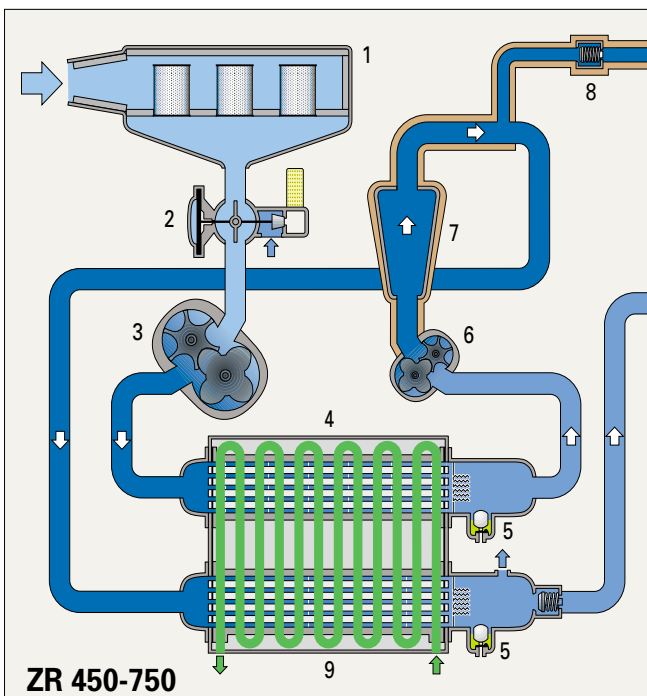
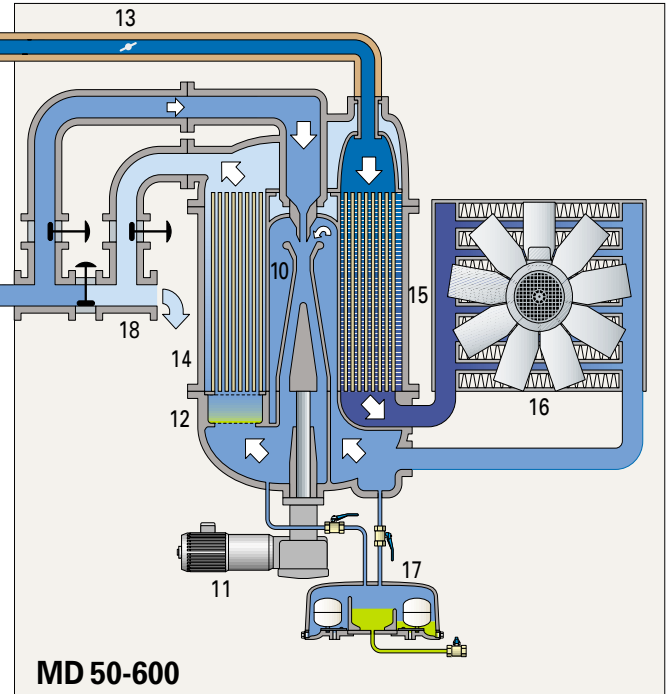
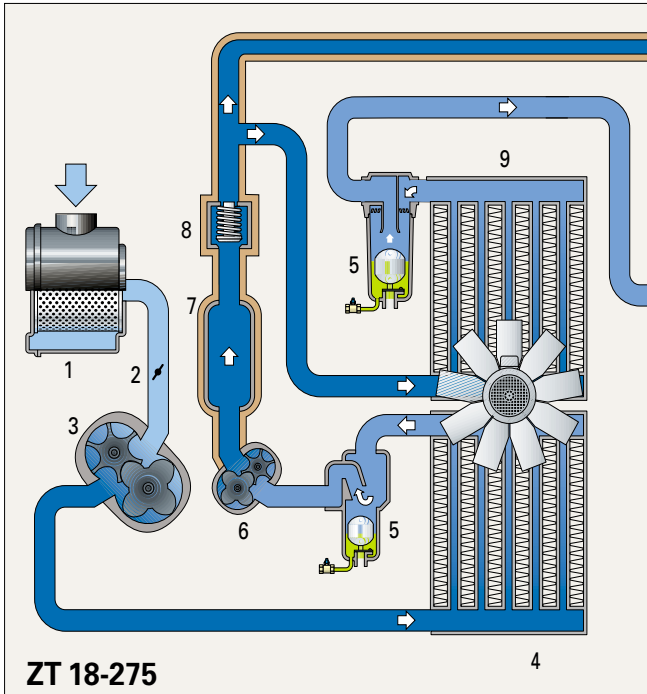
bypasses the aftercooler and instead is shunted into the regeneration section. Still hot, this airstream is used to evaporate moisture from saturated portions of the rotor. The regeneration air flow is mixed with the main flow in the ejector nozzle.









The uniqueness of the MD dryer resides in the fact that loss of compressed air is completely avoided and the electrical power required to drive the drum rotation motor is minimal (0.12 kW).

No extra energy is needed to dry the compressed air as the heat generated in the compression process is used.



no cycling, no pressure or



- | | |
|---|---|
|  Intake air |  Dry air |
|  Hot unsaturated air |  Cooling water |
|  Cold saturated air |  Condensate |
|  Hot wet air |  Insulation |

Z compressor

- 1 Air intake filter
- 2 Inlet valve
- 3 Low pressure element
- 4 Intercooler
- 5 Water separator
- 6 High pressure element
- 7 Pulsation damper
- 8 Non return valve
- 9 Aftercooler

MD dryer

- 10 Ejector
- 11 Drive motor
- 12 Built-in water separator
- 13 Throttle valve
- 14 Drying section
- 15 Regeneration section
- 16 Regeneration cooler
- 17 Drain with safety drain
- 18 Dry air out

Technical data MD adsorption dryers

50 & 60 Hz

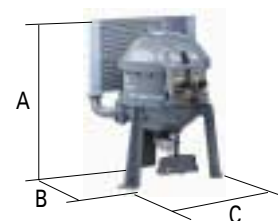
MD dryer type	Ambient temp. / Cooling medium temp.	Pressure dewpoint at 7 bar(e)	Ambient temp. / Cooling medium temp.	Pressure dewpoint at 7 bar(e)	MD power input	Net mass	Dimensions		
							A	B	C
50 Hz	°C	°C	°C	°C	kW	kg	mm	mm	mm
MD50	10	-35	30	-20	0.2	170	865	1102	610
MD100	10	-35	30	-20	0.46	204	1065	1142	610
MD100W	10	-35	30	-20	0.12	410	1297	999	819
MD200	10	-40	30	-20	1.22	460	1297	1402	852
MD200W	10	-40	30	-20	0.12	410	1297	999	819
MD300	10	-40	30	-20	1.22	500	1497	1402	852
MD300W	10	-40	30	-20	0.12	440	1497	999	819
MD400	10	-40	30	-20	1.22	500	1497	1402	852
MD400W	10	-40	30	-20	0.12	440	1497	999	819
MD600	10	-40	30	-20	1.22	950	1609	1787	1194
MD600W	10	-40	30	-20	0.12	900	1609	1346	1163
MD1000W	10	-40	30	-20	0.12	1000	1809	1346	1163
MD1800W	10	-40	30	-20	0.12	1500	2076	1699	1289

W: watercooled

MD dryer type	Ambient temp. / Cooling medium temp.	Pressure dewpoint at 7 bar(e) / 100 psig	Ambient temp. / Cooling medium temp.	Pressure dewpoint at 7 bar(e) / 100 psig	MD power input	Net mass	Dimensions		
							A	B	C
60 Hz	°C	°C	°C	°C	kW	kg	mm	mm	mm
MD50	10	-35	30	-20	0.30 (1.8)	170	865	1102	610
MD100	10	-35	30	-20	0.70 (1.8)	204	1065	1142	610
MD100W	10	-35	30	-20	0.14	410	1297	999	819
MD200	10	-40	30	-20	1.94	460	1297	1402	852
MD200W	10	-40	30	-20	0.14	410	1297	999	819
MD300	10	-40	30	-20	1.94	500	1497	1402	852
MD300W	10	-40	30	-20	0.14	440	1497	999	819
MD400	10	-40	30	-20	1.94	500	1497	1402	852
MD400W	10	-40	30	-20	0.14	440	1497	999	819
MD600	10	-40	30	-20	1.94	950	1609	1787	1194
MD600W	10	-40	30	-20	0.14	900	1609	1346	1163
MD1000W	10	-40	30	-20	0.14	1000	1809	1346	1163
MD1800W	10	-40	30	-20	0.14	1500	2076	1699	1289

W: watercooled

() : for CSA/UL variants



Atlas Copco Service...



**...We're with you...
...all the time**

Wherever you are in the world and whatever your industry, Atlas Copco service will be there, ready to cover all your service needs.

Atlas Copco maintains its own worldwide network of dedicated service specialists. We are committed to answer all your service needs. We tailor our service programmes to suit your production process.

We guarantee your process assurance...

...all the time.



The face of innovation

What sets Atlas Copco apart as a company is our conviction that we can only excel in what we do if we provide the best possible know-how and technology to really help our customers produce, grow and succeed.

There is a unique way of achieving that - we simply call it the Atlas Copco way. It builds on **interaction**, on long-term relationships and involvement in the customers' process, needs and objectives. It means having the flexibility to adapt to the diverse demands of the people we cater for.

It's the **commitment** to our customers' business that drives our effort towards increasing their productivity through better solutions. It starts with fully supporting existing products and continuously doing things better, but it goes much further, creating advances in technology through **innovation**. Not for the sake of technology, but for the sake of our customer's bottom line and peace-of-mind.

That is how Atlas Copco will strive to remain the first choice, to succeed in attracting new business and to maintain our position as the industry leader.

Vedlegg J

Bilder i fra Hydro Aluminium, Karmøy



Bilde 1 viser inntak 1 på stasjon 3



Bilde 2 viser inntak 2 på stasjon 3



Bilde 3 viser trykket før filteret



Bilde 4 viser trykket etter filteret



Figur Feil! Det er ingen tekst med den angitte stilen i dokumentet.-1 viser at luften i kompressorstasjon

Vedlegg K

Virkningsgraden til ZR5 og XLE

Virkningsgrad til kompressorene Ingersoll Rand XLE og Atlas Copco.

(Øverli, J. M. Strømnings maskiner, bind 3. 2. utgave, Tapir, 1992.)

De forelå ingen data om temperatur i de forskjellige trinna på Ingersoll stempelkompressoren så det ble gjort målinger på denne maskinen. De målingene som var viktige for oss var temperatur i rommet, temperatur etter trinn1, temperaturen før og etter trinn2. Siden det ikke var noen muligheter for å måle temperaturen ble det skrud inn dykkerør etter kompressortrinn 1, etter mellomkjøleren og etter kompressortrinn 2. Dykkerør er et tynt, men langt rør med gjenger ytterst slik at det er mulig å skru inn i maskineriet. Røret blir laget i et metall som tar opp mye av temperaturen i prosessen og dermed er det er mulig å måle temperaturen ganske så nøyaktig. Se figur under for plasseringene av dykkerørene på stempelmaskinen Ingersoll Rand XLE.



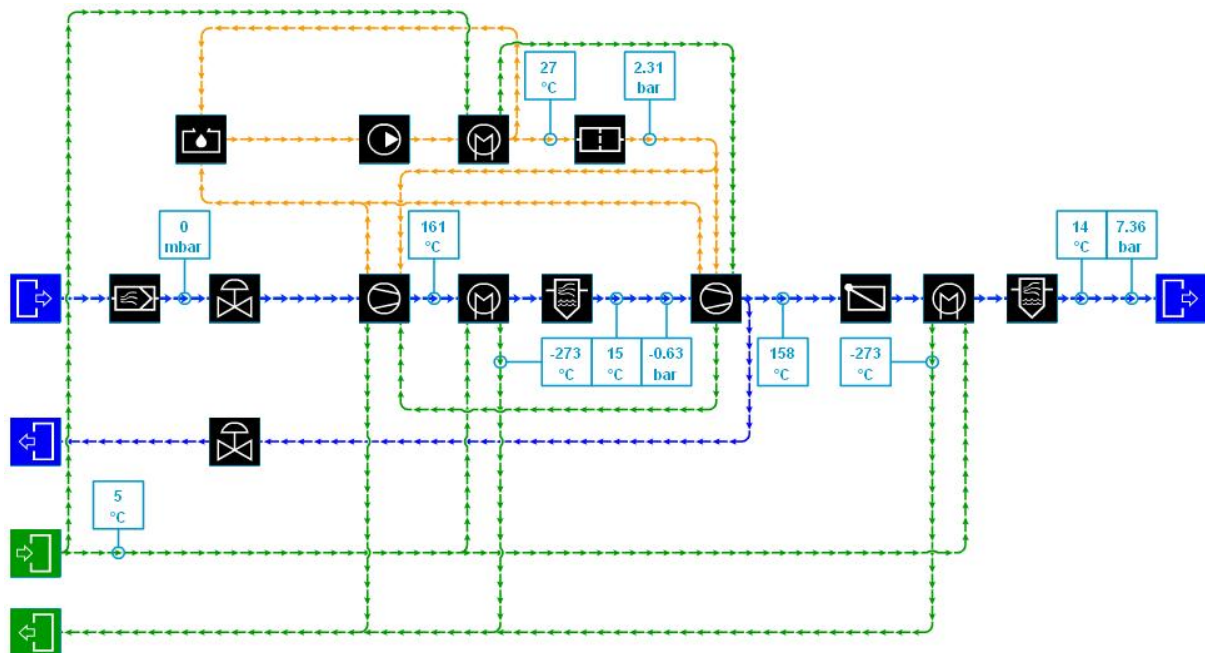
Figur 8 - Plassering av dykkerør etter trinn en, etter mellomkjøler og etter trinn to på en Ingersoll Rand XLE

Deretter ble det tatt målinger av temperaturen i rommet og i hvert dykkør. Målingene ble utført med et Digitron 2028T temperaturmålingsapparat som har en lang stang som tar opp temperatur. Trykket ble lest av et manometer på sida av stempelkompressoren. Trykket vi leste av stempelkompressoren var i gage, men tabellen nedenfor har absolutt trykk siden det er dette en skal til bruke for videre beregninger.

	IR trinn1	IR trinn2	AC trinn1	AC trinn2
T1	281K	305,9K	283K	305K
T2	395,65K	420,65K	450,65K	434K
P1	1bara	3,2bara	1bara	3,67bara
P2	3,2bara	8,25bara	3,67bara	8,86bara

tabell 9 - tabell over dei målingen e vi trenger for å finne virkningsgraden.

Å finne data for skrukompressorene er noe enklere. Siden skrukompressorene er knyttet opp mot programmet Elektronikon var det bare å koble seg opp på systemet å lese av dataene. Nedenfor vises en tegning av hvordan programmet visualiserer trykkluft-, vann- og oljenett til en av maskinen til Atlas Copco.



Figur 10 - systemet av en zr5 skrukompresor med trykkluft (blå), vann (grønn) og oljenett (orange).
Ilustasjonsbilde fra en ZR6.

Fortrengningsprosessen på stempel- og skrukompresoren foregår uten kjøling. Selve maskineriet kjøles, men dette har ingen innvirkning på selve luftkomprimeringen.

Det blir tatt utgangspunkt i tilstandsligning med kompressibilitetsfaktoren:

$$pV=znRT$$

Der:

p=trykk

V=volum

R=gasskonstant

T=temperatur

z=kompressibilitetsfaktoren

Ved høye trykk og lave temperaturer kan det være nødvendig å korrigere den termiske tilstandsligningen, dette gjøres med å innføre kompressibilitetsfaktoren, z. Siden trykkluften har et maks trykk på 9 bara setter en at korrigeringsfaktoren er lik 1.

For en polytropisk prosess gjelder:

$$pV^n = \text{konstant}$$

Der n er den polytropiske eksponenten som bestemmes av pV-målingene fra kompressoren. For polytropiske komprimeringsprosesser uten kjøling skal den polytropiske eksponenten være større enn den isentropiske eksponenten. For luft er den isentropiske eksponenten (også kalt kappa):

$$\kappa = 1,4.$$

I følge termodynamiske relasjoner kan en ta utgangspunkt i formelen under. Ved å gjøre dette er det mulig å regne ut den polytropiske eksponenten i de forskjellige trinna. Formelen er utledet fra en kompensasjon av ideell gasslov og loven for en polytropisk prosess.

Formel 1.1

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{(n-1)} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\left(\frac{n-1}{n} \right)}$$

Videre kan en finne virkningsgraden når den polytropiske eksponenten er bestemt. Formelene er tatt ut fra boka "strømnings maskiner av Jan M.Øverli, , bind 3 av tapir 1992".

Formel 1.2

$$\frac{n-1}{n} = \frac{\kappa-1}{\kappa} \cdot \frac{1}{\eta}$$

For å få en oversikt over hvilken maskin som har høyest virkningsgrad. Kan en sammenligne Ingersoll Rand XLE med Atlas Copco ZR5 som henholdsvis gir 65m³/min og 56m³/min. Grunnen til at en har valgt ZR5 som sammenligningsgrunnlag er at den produserer nesten like stor luftmengde som Ingersoll Rand XLE. En har antatt at det ikke er noe trykktap i verken rørtraseene eller kjølerene.

Rekner vi ut den polytropiske eksponenten for Ingersoll Rand sitt første trin får en at:

$$\text{Trinn 1 Ingersoll} \quad \left(\frac{n-1}{n}\right) = \frac{\ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)}{\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)} = \frac{\ln\left(\frac{395.65\text{K}}{281\text{K}}\right)}{\ln\left(\frac{3.2\text{bar}}{1\text{bar}}\right)} = 0.43 \Rightarrow n = 1,42$$

Setter en inn den polytropiske eksponenten inn i formelen for polytropisk kompresjon finner en virkningsgrad til Ingersoll Rand sitt første steg.

$$\text{formel 1.2} \quad \frac{n-1}{n} = \frac{\kappa-1}{\kappa} \cdot \frac{1}{\eta_{p,IR1}} \Rightarrow \eta_{p,IR1} = \frac{(\kappa-1)n}{(n-1)\kappa} = \frac{(1,4-1)1,42}{(1,42-1)1,4} \Rightarrow \eta_{p,IR1} = 0.97$$

Gjør en dette for trinn to Ingersoll Rand XLE og Atlas Copco ZR5 sine trinn får en polytrop eksponenten og virkningsgraden som vist under: Tabell 1

	IR trinn1	IR trinn2	AC trinn1	AC trinn2
n - polytropiske eksponenten	1,42	1,51	1,56	1,67
κ - isentropisk eksponenten	1,40	1,40	1,40	1,40
η - virkningsgraden	0,97	0,85	0,80	0,71

Tabell 2 – Polytrop eksponenten og Virkningsgrad for Ingersoll Rand XLE (IR) og Atlas Copco ZR5 (AC)

Ut fra dette kan en se at stempekompressoren har noe høyere virkningsgrad.

Vedlegg L

Atlas Copco sin ES 130

Atlas Copco Styrsystem kompressorer

ES styr- och övervakningssystem



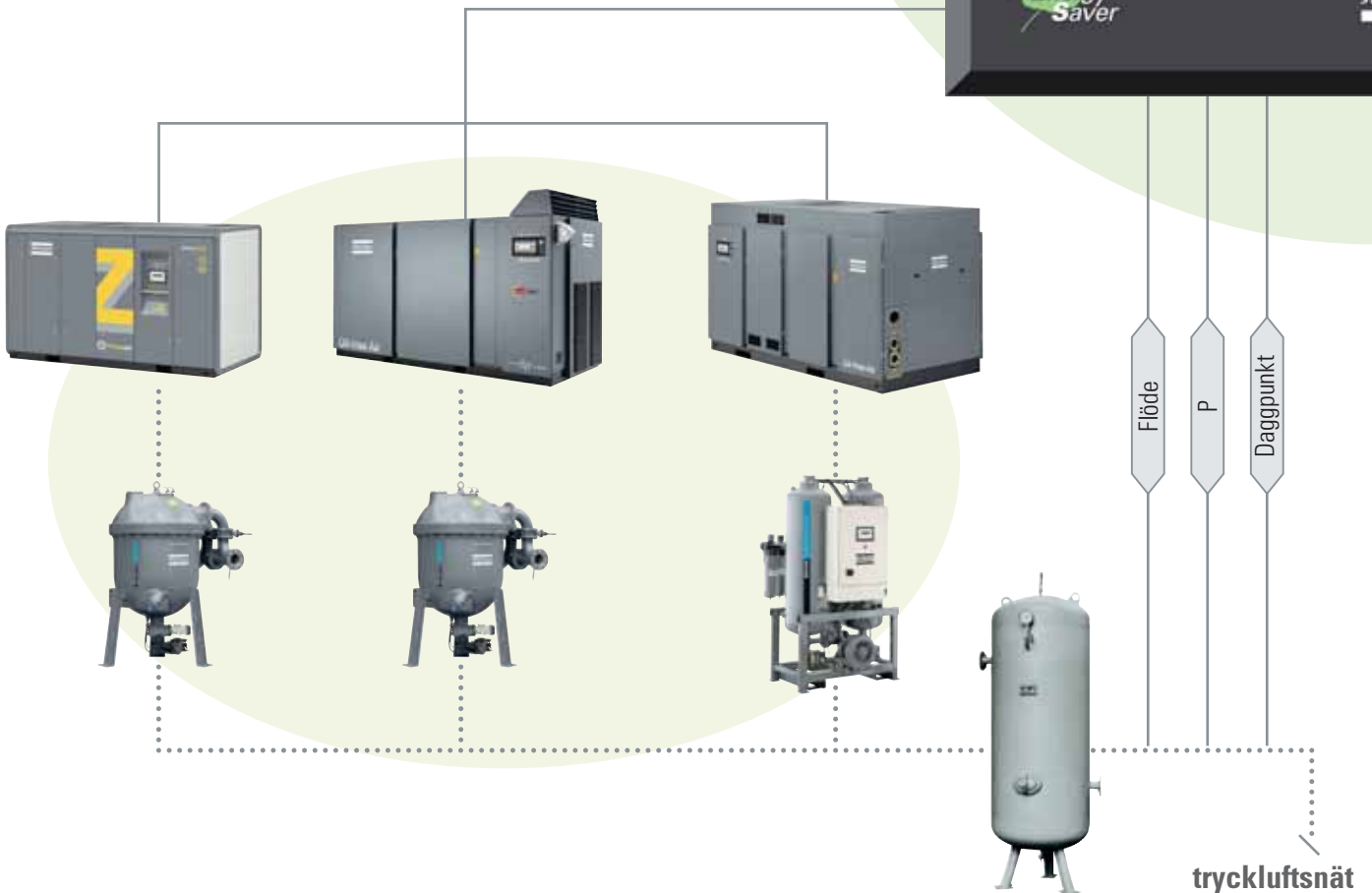
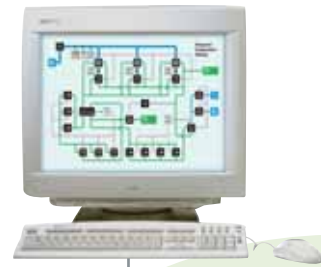
ENERGIBESPARINGAR I
TRYCKLUFTENS VÄRLD

Atlas Copco

Framtidens styr- och övervakningsystem

Förr betraktades det som en svår konst att hantera installationer med flera kompressorer. Med Atlas Copcos ES-system är det idag en källa till möjligheter. Från en arbetsplats var som helst i världen kan kompressorinstalleringen övervakas och driften optimeras. Med ES kan stora besparingar göras på energiförbrukning. Besparingar som inte bara kommer miljön tillgodo utan också direkt förbättrar företagets resultat.

ES sammanordnar övervakning av ett obegränsat antal enskilda kompressorstyrssystem och / eller gör det möjligt att styra hela system lokalt eller på distans.



Centrala styrsystem

- ES1000** styrsystem för på- / avlast reglerade kompressorer
- ES2000** styrsystem för VSD (Variable Speed Drive) samt på- / avlast reglerade kompressorer
- ES3000** styrsystem för turbo-, VSD- samt på- / avlast reglerade kompressorer



Övervakningssystem

- ES-X** övervakning via LAN (Local Area Network)
- AIRConnect™** övervakning via Internet

Note: AIRConnect™ är endast tillgänglig som en eftermarknadsprodukt.

Samtliga styr- och övervakningsfunktioner kan kombineras så att de exakt motsvarar den styr- och kontrollnivå som krävs för den aktuella installationen.

Exempel:

ES2000 + AIRConnect™

styr VSD- och på- / avlast reglerade kompressorer;
övervakning via Internet

ES1000-X + AIRConnect™

styr på- / avlast reglerade kompressorer;
övervakning via LAN och Internet

AIRConnect™ egenskaper

- fjärrövervakning dygnet runt
- alla uppmätta data finns tillgängliga on-line, inkl. vibrationsmätning (SPM)
- sänder automatiskt varningar och larm via e-mail eller SMS
- analys - diagnos på distans optimerar underhållet
- enklare och effektivare planering av servicebesök
- kan inkluderas i Atlas Copco Driftsäkerhetsavtal
- går att uppgradera till AIROptimizer™, Atlas Copco energioptimeringstjänst

Smart styrning minskar kostnaden för tryckluft

ES styrprogram är synnerligen sofistikerat.

Programmet bearbetar oavbrutet data i realtid och kombinerar dessa med kundens önskemål, maskinparametrar och förhållanden som är specifika för respektive kompressorum.

ES prioriteringslista:

1. garantera att minsta erforderliga tryck upprätthålls i alla lägen för att processerna skall löpa friktionsfritt
2. valfritt driftssätt anpassat till användarens önskemål:
 - optimerade energibesparingar
 - jämnt fördelad maskinbelastning
 - förprogrammerad sekvensstyrning
3. noggrann finjustering baserad på ett intelligent beräkningssystem med ett flertal parametrar
 - optimala, specifika energikrav för erforderligt flöde
 - prioritering av kompressorer
 - beräknad flödesskillnad
 - kundspecifika önskemål

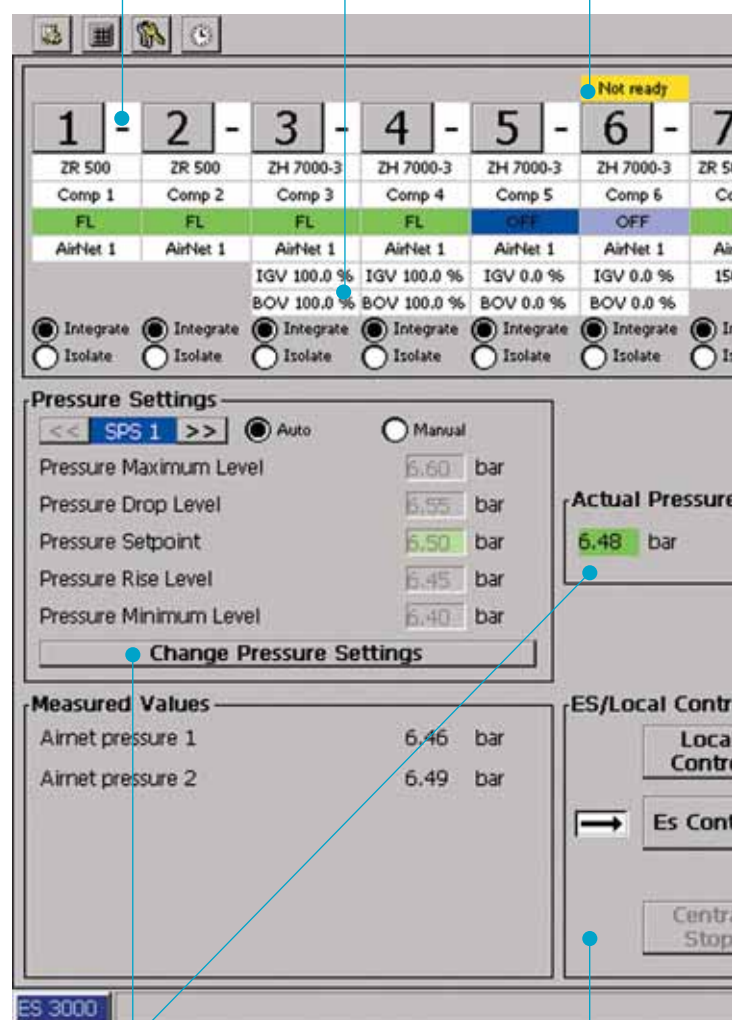
Det avancerade beräkningssystemet, som bygger på artificiell intelligens, gör det möjligt att optimera driften i varje enskild kompressoranläggning.

Inget annat styrsystem kan mäta sig med ES när det gäller precision på levererad tryckluft, energibesparingar och tillförlitlighet.

Indikation på kompressorproblem (ej klar att startas eller stängas av).

Status för kommunikationslänken mellan ES och kompressorn.

Inloppsledskenernas (IGV) och avblåsningsventilens (BOV) faktiska läge för turbokompressor.



Nättryck och valbara tryckinställningar.

Genom att gå över till ES-styrning integreras kompressorerna en och en.

Kompressorernas nummer visas med fast sken för integrerade kompressorer och med blinkande för kompressorer i lokal drift.

Kompressortyp och identitet (kan väljas av användaren).

Kompressorstatus: stoppad, avlastad, pålastad. För Turbo- och VSD-kompressorer: indikering av driftzon.

Aktuell hastighet för VSD kompressor (Variable Speed Drive).

Kompressorn är integrerad i ES-systemet / Kompressorn är isolerad från ES-systemet.

Varnings- och larmnivåer, antingen fasta eller förskjutna i förhållande till tryckinställningarna.



Det finns klara fördelar med att använda det centrala styrsystemet ES oavsett typ av kompressorläggning*.

För större anläggningar är ES ett grundläggande krav för centralstyrning. Ex på större anläggningar:

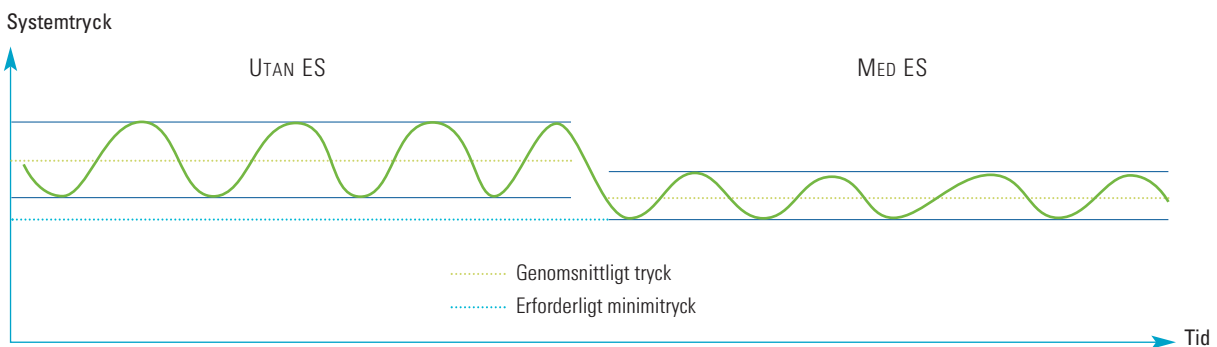
- fler än fyra standardkompressorer
- två eller fler VSD-kompressorer
- en eller fler turbokompressorer
- mer än 300 kW i kompressorrummet
- behov av att mäta flöde eller daggpunkt
- krav på distansövervakning via LAN eller Internet

* För mindre installationer används det senaste Elektronikon® - systemet – ett centralt sekvensstyrningssystem integrerat i kompressorn.

Snävt tryckband ger stora besparingar

Reducering av tryckband

En av de största fördelarna med det centrala styrsystemet ES1000/2000/3000 är det väsentligt reducerade tryckbandet för hela systemet.



I traditionella anläggningar, med flera kompressorer, förskjuts på- och avlaststrycken mellan maskinerna för att förhindra samtidig start av kompressorerna. Dessa "förskjutningar" ger ett brett tryckband och ofta ett onödigt högt medeltryck.

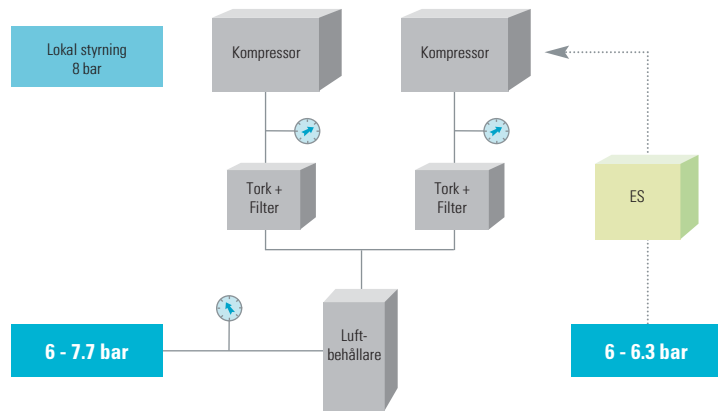
Eftersom ES alltid väljer den optimala kompressor kombinationen baserat på beräknad luftförbrukning, behövs inga förskjutningar av trycken. Resultatet är ett smalt tryckband som är en bråkdel av det som förekommer i de traditionella systemen.

Varje bars reducering av medeltryck medför en besparing på 7% av energiförbrukningen. Dessutom minskar de genomsnittliga förlusterna p.g.a. läckage i tryckluftssystemet med 13%.

Dessa besparingar är skäl nog för att installera ett ES system, men det finns fler.

Rätt kompressor

När en kompressor skall startas eller stängas av väljer ES alltid den kapacitetsmässigt mest lämpade kompressorn. Styrsystemet tar hänsyn både till den typ och storlek som behövs för att klara aktuella och förväntade krav på lufttillförsel.



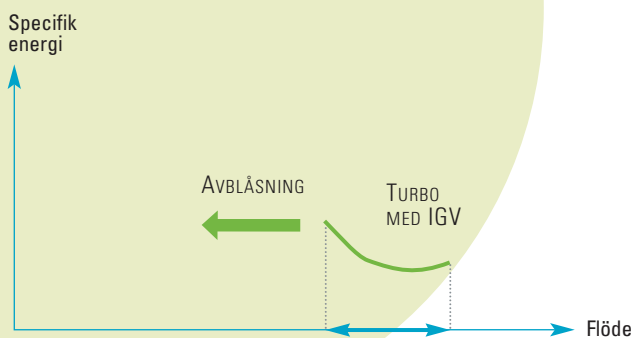
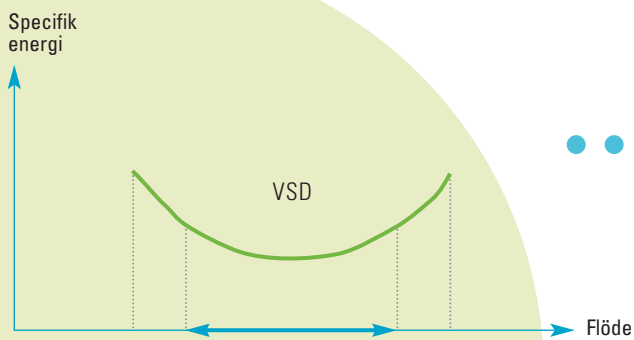
Rätt systemtryck

Utan ES arbetar kompressorerna med ett högre tryck för att kompensera olika stora tryckfall orsakade av torkar och filter.

Den exakta styrning som uppnås med ES, och som baseras på noggranna mätningar, gör det möjligt att sänka pålasttrycket väsentligt. ES sänker energiförbrukningen.

Den optimala zonen

VSD och Turbo kompressorer har sina egna specifika energi- och flödesegenskaper. Var den optimala driftzonen för resp. kompressor ligger skiljer sig väsentligt åt. Om kompressorn kan styras så att den arbetar inom den optimala driftzonen ger det hög tillförlitlighet, ett effektivt utnyttjande av energin och en längre livslängd. ES2000/3000-systemet ser till att kompressorn får optimala arbetsbetingelser.



Vikten av planering

Samtliga varianter av styrsystemet ES har programmerbara timerfunktioner som gör det möjligt att ställa in olika tryck för olika delar av veckan. Tack vare denna funktion kan man ta hänsyn till variationer i tryckluftsbekovet och erforderligt minimitryck beroende på skiftgång, produktionsserier eller helgproduktion.

Detaljerad information på skärmen



ÖVERVAKNING PÅ PLATS

Med ES-X-systemet kan kompressorummet kontinuerligt övervakas via företagets LAN (Local Area Network).

FJÄRRÖVERVAKNING

Med AIRConnect™ blir kompressorummet en del av Internet och skickar regelbundet data från var och en av kompressorerna i systemet till en central databas. Servicetekniker kan via en internetanslutning fjärrövervaka kompressorummet, förutse problem, ändra driftsparametrar för maskiner och processer.



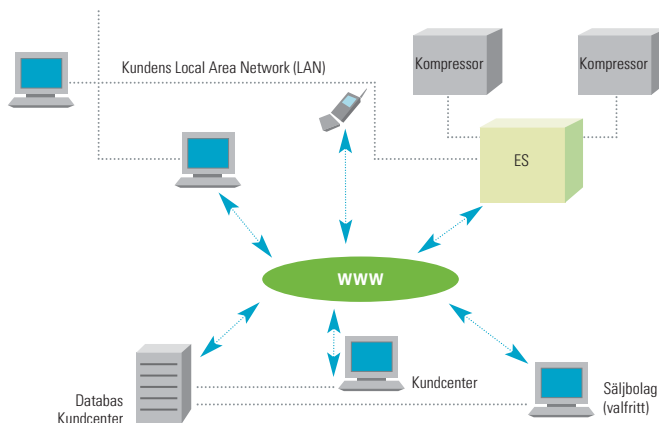
Endast behörig personal har tillgång till AIRConnect™. Olika användare kan ha olika behörighet. Vid arbete via fjärransluten PC måste du ha ett certifikat, med samma krypteringsteknik som används för bank-på-internet-tjänster, för att komma åt systemet.



Tillståndsbaserat underhåll

ES-systemet samlar in och lagrar data från varje enskild kompressor i en central och säker databas. Genom ett aktivt program, som oavbrutet övervakar och söker i lagrade data, kan ES-systemet i förväg varna för förväntade problem i kompressorummet.

- hög tillförlitlighet: väl tilltagen serverkapacitet och dygnet-runt-övervakning minskar risken för avbrott i *AIRConnect™* och begränsar stilleståndstiden
- modernt förvarningssystem möjliggör tillståndsbaserat underhåll: detta medför ökad drifttid för samtliga enheter i kompressorummet
- möjlighet att ladda ner de senaste mjukvaruversionerna för ES-systemet

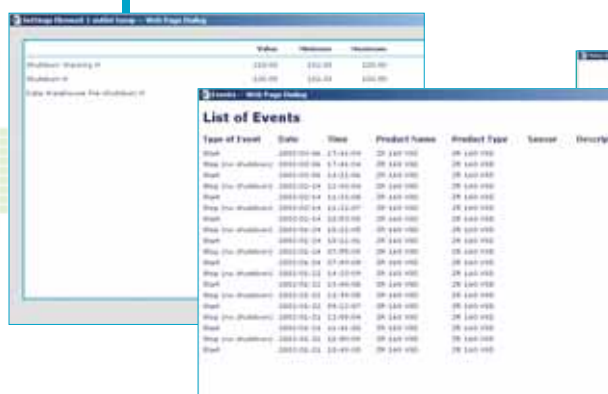


AIROptimizer™ – AIRScan™

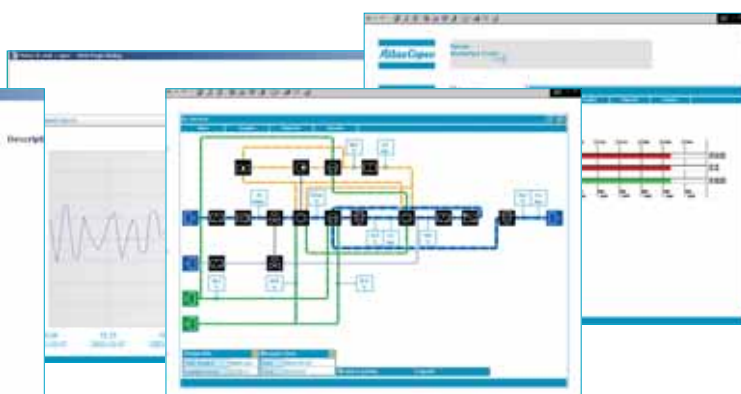
I Atlas Copcos tjänstutbud ingår expertanalys av dessa data och förslag på en total energioptimering som är skräddarsydd för varje enskild installation.

INFORMATION OM KOMPRESSORRUMMETS PRESTANDA

1. Loggning av händelser



2. Rapporter och diagram



- start och stopp
 - driftstörningar och varningar
 - förändringar av inställningar och status
- = ett perfekt verktyg för felsökning

- prestandarapporter
- ekonomiska rapporter
- diagram över samtliga mätpunkter

Teknik att lita på



- lättserverade och överskådliga elektronikkort



- StrongArm Mikroprocessor är känd och väldokumenterade i industriella styr- och telekommunikationssystem



- flashminne för uppdateringar och expansionplatser som är uppgraderingsbara på plats och/eller programmerbara på distans



- stort urval kommunikationsalternativ:
 - 2 RS-232C-gränssnitt
 - 1 RS-485-gränssnitt
 - 6 current loop-ingångar för tryck, flöde, daggpunkt; 1 utgång
 - 4 digitala ingångar och utgångar
 - internetanslutning via Ethernet (kabel eller DSL) eller modem som tillval

ES-serien bygger på beprövad mikroprocessor-teknik och en TFT-skärm ("Pekskärm"). Tekniken är mycket tillförlitlig eftersom det inte finns några tangenter som kan dra till sig smuts eller fastna.

Systemet är i hög utsträckning moduluppbyggt och kan programmeras på plats. Det gör det möjligt att uppdatera mjukvara, byta till en mer avancerad modell, utöka kommunikationsmöjligheterna och externa länkar samt komplettera med nya funktioner i framtiden utan någon förändring av hårdvaran. Vissa utvalda modeller kan t.o.m. uppgraderas via Internet.

- 10,4" TFT-skärm ("Pekskärm") utan rörliga delar eller knappar
- batteribackup förhindrar att inställningar går förlorade vid elavbrott
- integrering med anläggningars styrsystem via Modbus, Profibus eller Ethernet

Den intelligenta serien

Hårdvaran är gemensam för samtliga ES-produkter. Denna gemensamma mikrodata-plattform gör det lätt att uppgradera systemet från ett enkelt övervakningssystem till ett sofistikerat övervaknings- och styrsystem.

I tabellen nedan finns en förteckning över tillgängliga modeller och mjukvarualternativ.



Obegränsade utbyggnadsmöjligheter

Samtliga ES-system kan uppgraderas på plats till en mer avancerad modell. System som ursprungligen installerats utan fjärrövervakning kan utökas med LAN- och / eller Internetövervakning. På samma sätt kan övervakningsenheter uppgraderas med centrala styrsystemsfunktioner.

Tack vare denna extremt höga flexibilitet kan kompressorummet växa efter behov utan krav på ny styrsystemhårdvara.

	Central styrning för pålast / avlast	Central styrning för VSD	Central styrning för turbo	Övervakning via LAN	Övervakning via Internet
ES-X	-	-	-	+	-
ES + AIRConnect™	-	-	-	-	+
ES-X + AIRConnect™	-	-	-	+	+
ES1000	+	-	-	-	-
ES1000-X	+	-	-	+	-
ES1000 + AIRConnect™	+	-	-	-	+
ES1000-X + AIRConnect™	+	-	-	+	+
ES2000	+	+	-	-	-
ES2000-X	+	+	-	+	-
ES2000 + AIRConnect™	+	+	-	-	+
ES2000-X + AIRConnect™	+	+	-	+	+
ES3000	+	+	+	-	-
ES3000-X	+	+	+	+	-
ES3000 + AIRConnect™	+	+	+	-	+
ES3000-X + AIRConnect™	+	+	+	+	+

UPPGRADERINGSBARA





Förnyelsens ansikte

Det som gör Atlas Copco så speciellt är vår övertygelse att vi kan vara ledande inom vårt område endast om vi erbjuder bästa möjliga know-how och teknologi och på så sätt hjälper våra kunder att producera, växa och nå framgång.

Det finns ett unikt sätt att åstadkomma detta - vi kallar det helt enkelt Atlas Copco-metoden. Den bygger på **samverkan**, på långsiktiga relationer och engagemang i kundernas processer, behov och syften. Och det betyder att vi måste vara flexibla nog att anpassa oss till de mångskiftande krav våra kunder ställer på oss.

Det är just vårt **engagemang** i våra kunders verksamhet som gör att våra insatser leder till bättre lösningar och därmed ökad produktivitet. Det börjar med att vi fullt ut sörjer för service och underhåll av befintlig utrustning och gör kontinuerliga förbättringar, men det sträcker sig betydligt längre än så; det gäller att åstadkomma en bättre teknologi genom **förnyelse**. Inte för teknologins egen skull utan för att hjälpa våra kunder till ökad lönsamhet och sinnesfrid.

Det är så Atlas Copco arbetar för att vara den man i första hand vänder sig till, för att attrahera nya kunder och för att bibehålla vår position som den ledande inom vår bransch.



ISO 9001

Atlas Copco följer ledningssystemet ISO 9001, från konstruktion till produktion/leverans av kompressorer.



ISO 14001

Atlas Copcos miljöledningssystem utgör en integrerad del av all vår verksamhet.

Atlas Copco

www.atlascopco.com

Vedlegg M

Termek A/S – Lekkasje kontroll

TERMES AS

LEKKASJE-
KONTROLL
I
TRYKKLUFT
ANLEGG

LEKKASJEKONTROLL = KOSTNADSKONTROLL

Termek AS
Drengsrudbekken 21
1383 ASKER
Org. nr: NO 980 713 555 MVA

Telefon: + 47 66777755
Telefaks: + 47 66777756
E-post: termek@termek.no
Web: www.termek.no

Bank: SpareBank1
Bank kto: 9001.11.94728
IBAN nr: NO07 9001 1194 728
SWIFT: LABANOKK

DRIFTSANSVARLIG/TEKNISK SJEF

Asker

Deres ref.:

Vår ref.: Per O. Nos

Lekkasjekontroll trykkluftanlegg.

En stund siden siste lekkasjekontroll?

- Norske bedrifter kan i **gjennomsnitt** redusere driftsutgifter til trykkluftanlegg med **20 - 30 %** ved å lokalisere og tette luftlekkasjer.
- For en gjennomsnittlig norsk industribedrift betyr dette opp til **ca. kr. 150.000,-** i innsparte utgifter pr. år.
- For mellomstore og store bedrifter fra **kr.150.000,- til over 1.000.000,- kr.** pr år.
- **Årlige kontroller** og tetting av lekkasjer er en god investering, som kan gi en avkastning **fra 5 til 15 ganger innsatsen.**
- Gjennom våre **årlige lekkasjekontroller** avdekkes det **nye lekkasjer** som representerer store muligheter for innsparinger.
- Hos våre kunder som har god kontroll med lekkasjeutgifter, utfører vi kontroll hver 12. mnd.
- **Utgiftskontroll = Lekkasjekontroll**

Logger du deg inn på www.termek.no finner du vår **oppdaterte** referanseliste over firmaer vi har utført lekkasjekontroll hos. Bak på dette heftet finner du referanselisten til nå.

Ta gjerne kontakt på telefonen vedrørende tjenester i forbindelse med lekkasje søk og reparasjoner. Vi både modellerer, beregner, tegner og leverer trykkluftanlegg.

Med vennlig hilsen
For **Termek AS**



Per O. Nos
Daglig leder

BEDRIFTENS DYRESTE ENERGIKILDE

1.0 Trykkluft lekkasjer koster:

- Trykkluft er en av bedriftens dyreste energikilder.
- Kun 6 – 8 % av energien som tilføres kompressoren blir igjen som tilgjengelig trykkluft.
- Resten av den elektriske energien går over til varme, tapes i form av lekkasjer eller benyttes til for eksempel regenerering av lufttørker.

Hvor mye koster lekkasjetapene?

Tabellen nedenfor viser hvor mye lekkasjene koster bedriften pr. dag og pr. år basert på den gjennomsnittlige trykkluftproduksjonen.

Kompressor effekt [kW] ¹⁾	Produsert [m ³ /min] (7 bar) ²⁾	Lekkasje [m ³ /min] (25%) ³⁾	Lekkasje-kost/dag [kr/dag] ⁴⁾	Lekkasje-kost/år [kr/år] ⁵⁾
22	4,0	1,0	225,-	78.300,-
37	6,8	1,7	383,-	133.110,-
55	9,9	2,47	557,-	193.793,-
75	14,2	3,55	799,-	277.965,-
90	15,9	3,98	894,-	311.243,-
110	18,4	4,6	1.035,-	360.180,-
132	25,0	6,25	1.406,-	489.375
160	30,5	7,62	1.716,-	597.038,-
200	35,6	8,9	2.003,-	696.870,-
250	39,0	9,75	2.194,-	763.425,-
300	47,5	11,87	2.672,-	929.813,-
400	64,2	16,05	3.611,-	1.256.715,-
500	85,4	21,35	4.804,-	1.671.705,-
630	106,6	26,65	6.019,-	2.094.525,-
750	129,0	32,25	7.256,-	2.525.175,-

1) Installert motor effekt

2) Skruekompressor som arbeider ved et systemtrykk på 7 bar. Verdiene kan varieres noe avhengig av leverandør og om kompressoren er oljekjølt eller oljefri.

3) Verdi basert på gjennomsnittlig lekkasjerate for norsk prosessindustri

4) Kostnad basert på produksjonskostnad på 15 øre/m³

5) Driftstid pr. år er 8700 timer

2.0 Hvordan redusere lekkasjetapene.

Hvorvidt man klarer å få kontroll med lekkasjesituasjonen i et trykkluftanlegg er ofte et spørsmål om å få etablert kontrollrutiner som virker over tid. **Skippertaksframstøt har liten effekt.** Skal man klare å få til en varig lekkasjereduksjon må man sette kontrollene i system og foreta regelmessig oppfølging av reparasjoner og resultater. Det viser seg at den mest effektive måten å redusere trykklufttapene på er å benytte ekstern ekspertise

Hvorfor lykkes Termek AS med sine kontroller?

- **Benytter effektiv ultralyd teknikk.**
- **Kan lokalisere lekkasjer i omgivelser med mye støy.**
- **Kan påvise lekkasjer i utstyret mens det er i arbeid.**
- **Kan påvise interne lekkasjer i for eksempel sylindere.**
- **Lang erfaring og kunnskap om hvordan man avdekker lekkasjer.**
- **Systematisk og omfattende rapportering.**
- **Grundig dokumentasjon med grafer og beregninger.**
- **Effektivt opplegg for etterfølgende reparasjonsarbeide.**
- **Kunnskap om lekkasjerater og trykkluftøkonomi.**
- **Tilbyr regelmessig oppfølging som gir varig effekt.**
- **3-parts kontrollør uten bindinger til utstyrsleverandører.**
- **Faglig oppfølging av de kundene som er registrert.**
- **Gir råd og tips i forbindelse med trykkluftanlegget.**

3.0 Lekkasje rapporten:

Våre teknikere rapporterer følgende informasjon etter lekkasje søket:

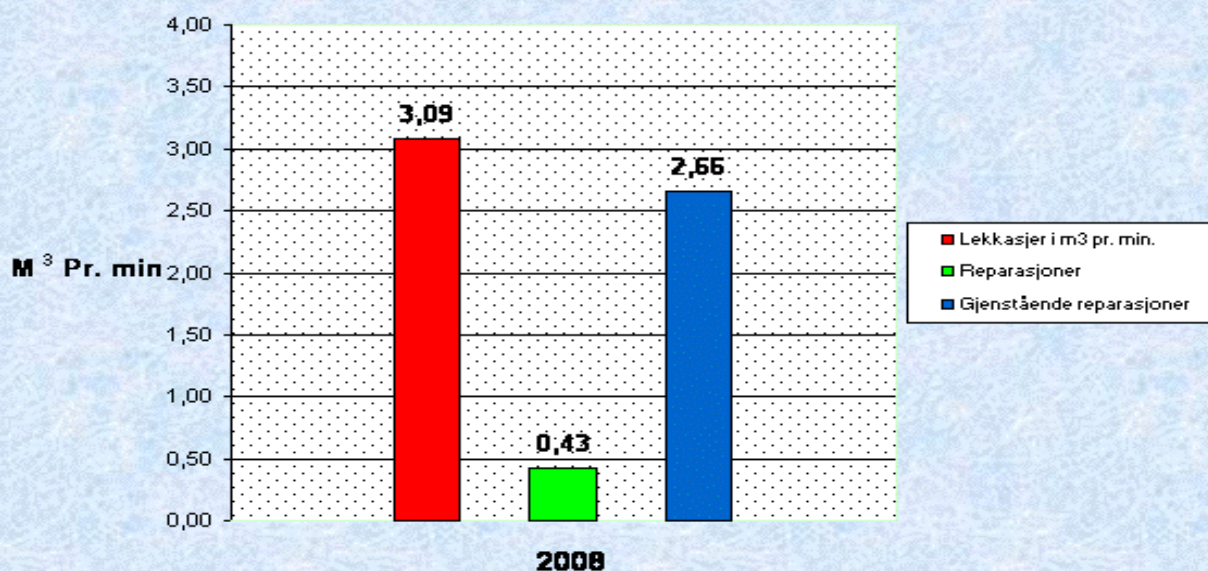
- Nummererer hver lekkasje, som merkes med etikett og bilde tas av området lekkasjen befinner seg.
- Avdelingen, arbeidsplassen og maskinen lekkasjen befinner seg rapporteres.
- Hvor det lekker i maskinen og i hvilken del.
- Teknikerne rapporterer også hvor lang tid reparasjonen tar, hva reparasjonen går ut på.
- Vi angir også størrelsen på lekkasjen, og hvor mye det lekker. Dette gjøres gjennom en gradering av lekkasjene i 1 som er liten, 2 som er medium, 3 som er stor og 3+ som er ekstra stor lekkasje. I dette ligger det en lekkasjeverdi i m³ og en pris på den enkelte lekkasje.

Lekkasje rapporten gir et godt grunnlag til den som skal foreta reparasjonene. Lekkasje rapporten er grunnlag for en grafisk fremstilling av situasjonen ved bedriften. Eksempel på dette finner du på neste side. Hver enkelt bedrift får en kopi av programmet som kan benyttes når man har utført en reparasjon, den grønne søylen øker da i høyde som følge av reparasjonen. Man vil gjennom dette alltid ha full oversikt over utviklingen av reparasjonsarbeidet.

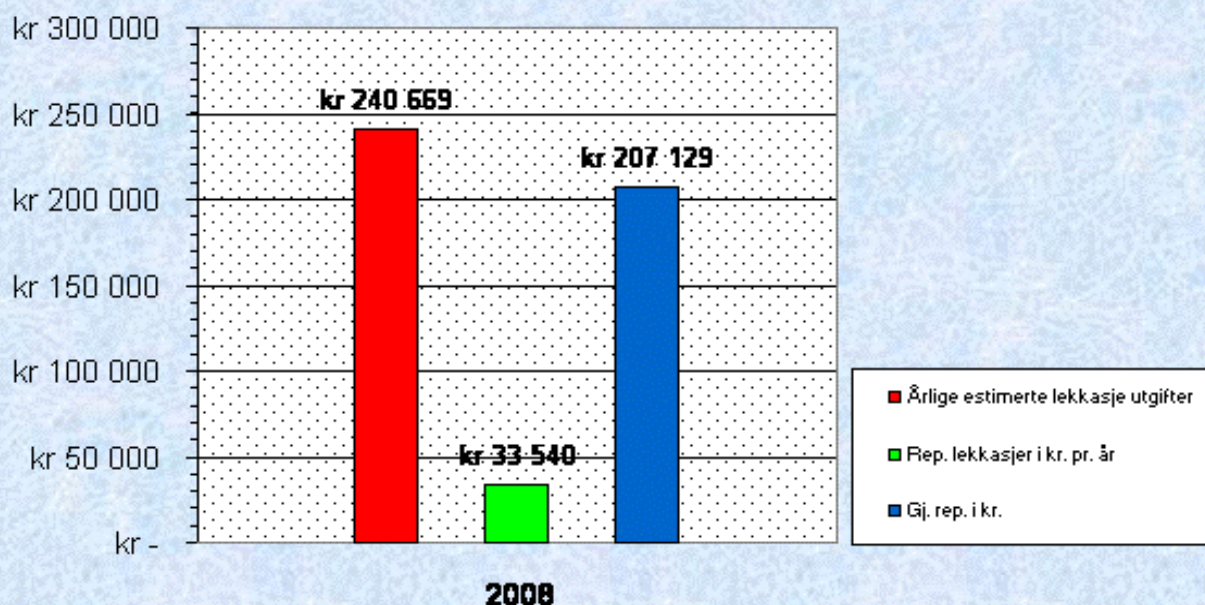
EKSEMPEL PÅ LEKKASJEFØLGEBREV

TERMEK A/S		Drengsrudbekken 21 1383 ASKER			Tlf:6677755	www.termek.no	
Att:	KONTAKTPERSON						
Firma:	INDUSTRIBEDRIFTER	Dato:	Tekniker:			Tlf:	
Adresse:		Lekkasjer:	Reprasjoner:			Estimert utgift.red	
	Grad:	Faktor:	Lekk: i m ³ :	Lekk. Kr.	Grad:	Innsp i m ³ :	Utgift red. i kr.pr.år.
Grad 1	1	0,0025	0,0025	195	0	0,0000	0
Grad 2	23	0,015	0,3450	26910	4	0,0600	4680
Grad 3	37	0,074	2,7380	213564	5	0,3700	28860
Grad 3+	0	0,106	0,0000	0	0	0,0000	0
Totalt:	61		3,0855	240669	9	0,43	33540

ESTIMERTE LEKKASJER I M³ PR. MIN.



ÅRLIGE ESTIMERTE LEKKASJE UTGIFTER



EKSEMPEL PÅ LEKKASJERAPPORT

Firma:		Adresse:		Poststed:		Grad:			Type			Grad:					
Nr.	Avdeling:	Arbeidsplass:	Maskin:	Hvor lekket det:	I hvilken del:	Kalk.tid	Type tiltak:	1	2	3	3+	Reparasjon	1	2	3	3+	Rep.tid
1	Meieri 2	Meieri 2	Tørrmeiopluss vogner	Forgren. u/tak	Gjenger	10	Pakkes om	1									
2	Meieri 2	Meieri 2	O/tank p401rk01	Rør til reg.	Gjenger	10	Pakkes om	1									
3	Meieri 2	Meieri 2	Styreskap 2114-5	Luft inn	kobl. inne i skap.	10	Overhales				1						
4	Meieri 2	Meieri 2	O/tank p502rk03	Ventil	Ventilen	15	Pakkes om				1						
5	Meieri 2	Meieri 2	Utenfor lab.	Vent. batt. o/tank	Ventilen	5	Pakkes om				1						
6	Meieri 2	Meieri 2	Utenfor lab.	Vent. batt. o/tank	Ventilen	5	Overhales				1						
7	Meieri 2	Meieri 2	Utenfor lab.	Vent. batt. o/tank	Ventilen	5	Pakkes om				1						
8	Meieri 2	Meieri 2	V/ stor kombinator	Vent. batt. u/ tak	Ventilen	10	Pakkes om				1						
9	Meieri 2	Meieri 2	V/ sone 5 brannskap	Rør fra tak	Gjenger	10	Overhales				1						
10	Kombi.-rom	Kombi.-rom	O/ varmeveksler	Vent. batt. u/ tak	Ventilen	10	Pakkes om				1	OK				1	10
11	Kombi.-rom	Kombi.-rom	V/tank l301rk01	Reg. på vegg	Regulatoren	15	Pakkes om	1									
12	Kombi.-rom	Kombi.-rom	V/tank l101rk01	Vent. batt.	Ventilen	5	Overhales				1	OK				1	5
13	Tappesal 2	Tappesal 2	Linje 1	Eti keitmask.	Inngang	5	Pakkes om				1	OK				1	5
14	Tappesal 2	Tappesal 2	Linje 1	Eti keitmask.	Inngang	5	Pakkes om				1	OK				1	5
15	Tappesal 2	Tappesal 2	Linje 2	Eti keitmask.	Maskinen	10	Overhales				1						
16	Tappesal 2	Tappesal 2	Linje 2	Eti keitmask.	Maskinen	10	Pakkes om				1	OK				1	10
17	Tappesal 2	Tappesal 2	Linje 2	Norzo napp.	Tilførsel	10	Pakkes om				1	OK				1	10
18	Tappesal 2	Tappesal 2	Linje 2	Pakkemask.	Gjenger	15	Overhales				1	OK				1	15
19	Tappesal 2	Tappesal 2	Linje 2	Papirull inn	Gjenger	5	Pakkes om				1						
20	Tappesal 2	Tappesal 2	Linje 3	Kartongbretter	Hurtigkobling	5	Pakkes om				1	OK				1	5
21	Tappesal 2	Tappesal 2	Linje 4	Eti keitmask.	Lekker i ene posisjon.	5	Overhales				1	OK				1	5
22	Tappesal 2	Tappesal 2	Linje 5	Kartongbrettemask.	Hurtigkobling	10	Pakkes om				1						
23	Tappesal 2	Tappesal 2	Linje 5	Bufte tank	Hurtigkobling	10	Pakkes om				1						
24	Tappesal 2	Tappesal 2	Linje 6	Kartongbrettemask.	Hurtigkobling	10	Overhales				1						
25	Tappesal 2	Tappesal 2	Linje 6	Eti keitpåssetter	Hurtigkobling	15	Pakkes om				1	OK				1	15
26	Tappesal 2	Tappesal 2	Linje 7	Eti keitmask.	Hurtigkobling	5	Pakkes om				1	OK				1	5
27	Tappesal 2	Tappesal 2	Linje 7	Kartongbrettemask.	Hurtigkobling	5	Overhales				1	OK				1	5
28	Tappesal 2	Tappesal 2	Linje 7	Kartongbrettemask.	Hurtigkobling	5	Pakkes om				1	OK				1	5
29	Tappesal 2	Tappesal 2	Linje 8	Kartongbrettemask.	Hurtigkobling	10	Pakkes om				1						
30	Tappesal 2	Tappesal 2	Linje 9	Dosering	Kobling	10	Overhales				1						
31	Tappesal 2	Tappesal 2	Linje 9	Dosering	Kobling	10	Pakkes om				1						
32	Tappesal 2	Tappesal 2	Linje 9	Dosering	Kobling	15	Pakkes om				1						
33	Tappesal 2	Tappesal 2	Linje 9	Dosering	Kobling	5	Overhales				1					1	
34	Tappesal 2	Tappesal 2	Linje 9	Dosering	Kobling	5	Pakkes om				1						
35	Tappesal 2	Tappesal 2	Linje 9	Kassetylter	Slange	5	Pakkes om				1	OK				1	5
36	Tappesal 2	Tappesal 2	Styreskap	Kombinatorvegg	ventilreke i skap	10	Overhales				1	OK				1	10
37	Tappesal 1	Tappesal 1	Linje 10	Eti keitmask.	Hurtigkobling	10	Pakkes om				1	OK				1	10
38	Tappesal 1	Tappesal 1	Linje 10	Kartongpakk	Hurtigkobling	10	Pakkes om				1	OK				1	10
39	Tappesal 1	Tappesal 1	Linje 10	Korkutlegger	Hurtigkobling	15	Overhales				1						
40	Tappesal 1	Tappesal 1	Linje 11	Tappemask	Kobling	5	Pakkes om				1						
41	Tappesal 1	Tappesal 1	Linje 11	Korkutlegger	Gjenger	5	Pakkes om				1	OK				1	5
42	Meieri 1	Meieri 1	Blandetank lettmarg.	Vent. batt. o ver tank	Gjenger	5	Pakkes om				1	OK				1	5
43	Meieri 1	Meieri 1	Tank 19 emulisjon	Vent. batt. under	Gjenger	10	Pakkes om				1	OK				1	10
44	Meieri 1	Meieri 1	Tank 19 emulisjon	Styreskap bak vegg	Ventilen	10	Pakkes om				1						
45	Meieri 1	Meieri 1	Mixavd.	U/ mix p2 tank 1	Ventilen	10	Pakkes om				1						

Trykkluftlekkasje
Kontrollen er utført av:

TERMEK AS

Tlf: 66777755 Fax: 66777756
termek@termek.no www.termek.no

Lekkasje nr.:
4

Størrelse:
3 +

Våre teknikere merker alle lekkasjene i anlegget med merkelapper som er fortløpende nummerert. De forteller også størrelsen på lekkasjen.

Eksempel på merking og foto av en lekkasje.



TERMEK AS

Norges ledende innen trykkluftlekkasjer.

Termek AS
Drengsrudbekken 21
1383 ASKER
Org. nr: NO 980 713 555 MVA

Telefon: + 47 66777755
Telefaks: + 47 66777756
E-post: termek@termek.no
Web: www.termek.no

Bank: SpareBank1
Bank kto: 9001.11.94728
IBAN nr: NO07 9001 1194 728
SWIFT: LABANOKK

Referanseliste pr. nov 08.

ABB Eiendom	Frantzefoss Kalk AS	Mustad Næringspark	Pipeline Norge	Terina AS, Sogndal	Ulstein Verft AS
Adressa Trykk AS	Frekhaug Stål	Mysen Kornsilø og Mølle	Prior Hærland	Thermotite Bredero	Unger Fabrikker AS
Agderposten	Furnes AS	Møre og Romstal	Prior Sør	Shaw	Vafoss Bruk
AkerVerdalASA	GE Health Care	Kornsilø	Pronova Biocare	Tine Meierier Nord	Volvo Aero Norge
Alcoa	Gjøvik Trevare	Nestlé Hamar	Protan Lier	Alta	Wartsila Norway
Alloc	Glavox ASA	Nidar AS, Trondheim	Renolit	Tine Meierier Nord	Washington Mills
Alpharma	Griklstad	Norclean AS	R autaruukki Profiler	Tana	Windyboats
Arizona Chemicals	Hamar Media	Nordic Paper Geithus	R ingnes Arendal	Tine Meierier Nord	Yara Glomfjord
Berge ne Holm Fossum	Hansa Borg Bergen	Nordic Paper Greaker	R ingnes Farris	Harstad	Industripark
Berge ns Tidende	Hansa Borg Bryggen	Nordic Paper Greaker	R ingnes Gjelleråsen	Tine Meierier Nord	Yara Norge AS,
Biomar Norge	Hansa Borg Bryggen	Norppapp AS	R ingnes Spis AS	Sandnessjøen	Porsgrunn
Borealis AS	Hansa Borg Bryggeri	Norprint Rotasjon AS	R oekwool Larvik	Tine Meierier Nord	Ørsta Stål
Borre gård Sarpsborg	Sarpsborg	Norsafe	R oekwool Moss	Storsteinnes	Ørsta Stål Avd.
Brødrene Bøckmann	Hedalm Anebyhus	Norsk Iskrem	R oekwool Trondheim	Tine Meierier Nord	Trondheim
Brødrene Sunde AS	Helle foss	Norske Potetindustrien	R olls-Royce Group	Tine Meierier Nord	
Constructor NorgeAS	Hennig Olsen Is	Norske Skog Follum	R om erike Trelast AS	Tine Meierier Sør	
CorusPackagingSystem	Hjemmet Mortensen	Norske Skog Skogn	R otator Engineering	Kleppe	
Cytec Norge AS	Trykkeri	North Cape Minerals	Sa vo	Tine Meieriet Sør	
Date Tec AS	Hustadmaarmor	Åheim	Se ana Steel Stavanger	Kristiansand	
Defa Nesbyen	Hustadmaarmor	Nortura Hærland	Se anflex	Tine Meieriet Sør Voll	
Diplom-Is	Hustadmaarmor	Nortura Hå	Se anrope	Tine Meierier Vest	
Draka Norsk Kabel	ASA	Nortura Målselv	Se hibsted Trykk	Bergen	
Dynal AS	Hunton	Nortura Rudshøgda	Se nsonNor	Tine Meierier Vest	
Dyno DKN	Huntomit	Nortura Sandeid	Se ntra vaskeriet for	Byrkjelo	
Dyno Kjem i	Hydro Production Partner	Nortura Sarpsborg	Østlandet AS SGA	Tine Meierier Vest	
Dyno Seeds	Høiax	Nortura Tønsberg	Hygiene Products	Ålesund	
Dyno S p esial Lim	Idun Industri AS	Nortura Ålesund	Sim rad Kongsberg Maritime	Tine Meierier Øst Odal	
Dynoplast Cipa x	Isola	Nova Print	Sk retting AS	Tine Meierier Øst Oslo	
Edda Trykk	J.E. Ekornes AS	NSB Mantena AS,	Stabburet AS	Tine Meierier Øst Sem	
EGEenergigigjen vinningsetaten	Jordan AS	Grorud	Stansfabrikken	Tine Midt-Norge	
Elanders	Jøtul Fredrikstad	NTNU	Fredrikstad	Eline svågen	
Elkem Beremanger	Kongsberg Maritime	Nycomed	Stenquist	Tine Midt-Norge	
Elkem Fiskå	Kraft Foods Maarud	O. Kavi	Stenqvist avd. flexo	Kolvereid	
Elkem Thamshavn	Kraft Foods Maarud	O. Mustad & Søn AS	Sundland Eker	Tine Midt-Norge	
Elkem Verk Salten	Disenå	Ola Onsøyen	Papirfabrikk AS	Verdal	
Eramet Norway	Kraft Foods Norge AS	Orkla Trykk	Svenheim	Tine Nord Harstad	
Eramet Sauda	Kronos Titan	Oskar S ylte	M øbelindustri	Tinfos Jernverk	
FelleskjøpetSteinkjer	Kverneland Klepp AS	Mineralvannfabrikk	Synnøve Finden ASA	Titania	
Felleskjøpet Rog-Agder	Lærdal Medical	Owens Corning	Sølve AS	Tomra	
Fesil Holla Metall	L andteknikk AS	Peterson Lineboard	Toro – Rieber og Søn	Tinfor ASA	
Fibo	Mantena Grorud AS	Moss	Kornsilø, Sarpsborg	ASA	
Figgjo	Mantena Lodalen AS	Moss	Sætre AS	Totenprodukter	
Finnfjord AS	M ascot Høie	Peterson Lineboard,	Telle fsdal	Ulefoss Jernverk AS	
Foss Fabrikker	M ills DA Fredrikstad	R anheim			
	M oxy Engineering				

Vedlegg CD

ETA rapporten om trykkluftanlegget på Hydro Aluminium, Karmøy

Virkningsgraden til ZR5 og XLE

Forbruk av energi og produsert luftmengde

ZR5 - ZR6 med elektronisk regulator. 4x40 tekstvindu