

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet  
Fakultet for miljøvitenskap og teknologi  
Institutt for matematiske realfag og teknologi

Masteroppgave 2016  
30 stp

# Detaljprosjektering av småskala anlegg for slakting av regnbueørret

Engineering a Small-Scale Plant for Rainbow Trout  
Processing

René A. Boogaard og Rolf Kristian F. Roderburg



# Forord

Masteravhandlingen er et resultat av avsluttende mastergrad på Institutt for matematiske realfag, IMT, ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, NMBU. Oppgaven er vektet 30 studiepoeng pr. student, og markerer avslutningen på vår 5-årige mastergrad, med hovedretning maskin- og prosesseteknikk. Oppgaven har bidratt til innsikt i den fremtidsrettede bransjen akvakultur, og erfaringen vi har fått i prosjekteringsfasen fremstår som meget relevant for videre karriere.

Oppgavens tar for seg utvikling av teknologiske løsninger som kan implementeres i dagens småskala fiskeindustri, og tar et oppgjør med noen problemer og utfordringer som næringen står ovenfor.

Mastergradsarbeidet har bidratt til å utvikle våre egenskaper for problemløsning, og gitt oss et verktøy for å være med på utviklingen av industrien. Selv om vår kjennskap til fiskeindustrien var svært snever til å begynne med, føler vi at vi har tilegnet oss mye kunnskap gjennom arbeidet. Det har vært en verdifull erfaring å ta del i en næring som er i stor utvikling på verdensbasis.

Noraker Gård har vært en slektsgård siden 1500-tallet. I 1969 startet oppdrett av fisk, og er pr. i dag en av Aurdals mest ettertraktede rakfiskprodusenter.

Oppgaven bruker Noraker Gård som et eksempel på at vår løsning er et bærekraftig alternativ, og at den kan fungere som et retningsalternativ for andre småskala produksjonsanlegg.

Vi ønsker å takke vår veileder, førsteamanuensis, Odd-Ivar Lekang for god veiledning og motivasjon i løpet av tiden vi har skrevet masteroppgaven. Gjennom hans tidligere arbeid med akvakultur, har vi nå fått et innblikk i fiskenæringen og problemområder næringen står ovenfor. Videre ønsker vi å takke Svein Olav Fjæra som har bidratt med ekspertise innen fisk- og fiskeoppdrett, og med alternative løsningsforslag som har gitt oss inspirasjon til å komme opp med gode løsninger. Til slutt ønsker vi å takke Nils Olaf Noraker, som har gitt oss rammene rundt prosjektomfanget, og at vi har fått tatt del i videreutvikling av oppdrettsproduksjonen.

Ås, 12. mai 2016

.....  
René Andreas Boogaard

.....  
Rolf Kristian F. Roderburg



# Sammendrag

Hovedformålet med oppgaven er å se på alternative teknologiske løsninger, som kan øke effektiviteten og kvaliteten på prosesslinjen for slakting av regnbueørret (*oncorhynchus mykiss*). Et litteraturstudie er benyttet som grunnlag for utredning av de forskjellige stegene fisken gjennomgår, og hvordan fiskevelferd og kvalitet påvirkes. Sammenligninger av dagens tilgjengelige utstyr basert på erfaringsrapporter og forskning, har gitt et grunnlag for å utrede, dimensjonere og anbefale egnet utstyr til utbyggingen på Noraker Gård.

Utfordringen på lokasjonen er høydeforskjellen på 9 m mellom sultedammen og slakteriet. Ved bruk av direktetransport med PE-rør og en indre diameter på 0,2204 m, oppnås en teoretisk gjennomsnittshastighet på 5,54 m/s. Dette kan anses som skadelig for fisken ved rørtransport. Det er da også viktig å senke hastigheten for å imøtekomme krav til vannbesparende tiltak, som også kan hjelpe den pågående søknad om økt konsesjon.

Pughs matrise er brukt for å rangere alternative løsninger i konseptutredningene og introdusere et designforslag. Vurderingene tar hensyn til 4 hovedfaktorer: pris, fiskevelferd, brukervennlighet og hygiene. Ved anvendelse av fluid-mekaniske prinsipper sammen med forskning, er et forslag for transport av fisk og opprettholdelse av fiskevelferd lagt frem. Ved vurdering av den anbefalte løsningen, er det også tatt hensyn til gjennomførbarhet ved utgraving på det eksisterende anlegget, tilgjengelighet på produktene og den økonomiske bæreevne til Noraker Rakfisk AS.

Det er lagt frem to konseptutredninger som sørger for en ”punktering” av hastighetene. Designforslaget som anbefales innebærer bruk av en fjernstyrt skyvespjeldventil med fisketeller og gitterløsning i sultedammen. Ved beregninger av hastighetene fra sultedammen, kommer frem til en maksimal hastighet på 2,74 m/s. Dette tyder på at løsningen har bidratt med en betraktelig reduisering av den teoretiske hastigheten på 5,54 m/s, og gir dermed et redusert vannforbruk. I slakteriet benyttes en vannavskiller etterfulgt av en slag- og bløggemaskin med manuell ensretting og mating.

Økonomiske analyser er gjort av investeringen ved bruk av nullpunktsanalyse for nødvendig tilbakebetalingstid. Resultatet fra analysen gir en total investering på 1 021 444,- kr hvorav 326 444,- kr bidrar til automatisert fisketømming. Dette gir en innsparing på 47 740,- kr pr. år ved å beholde dagens konsesjon og redusere personalkostnadene. Et lån på investeringsbeløpet for automatisert fisketømming med en rentefot på 7 %, gir ved dagens konsesjon en tilbakebetalingstid på 9 år. Internrentemetoden er benyttet for å vise at investeringen er lønnsom uten konsesjonsøkningen. Internrenten som oppnås ved dagens konsesjon og automatisert drift er 13,45 %, ved en investering på 326 444,- kr etter 20 år.

De resterende 695 000,- kr er for investering i bedøvelsesmaskin og utbygg. Dette antas å gi en innsparing på 95 466,- kr da det eliminerer behovet for to ekstra ansatte, som må manuelt slagbedøve fisken på grunn av utfasingen av dagens bedøvelsesteknikk, CO<sub>2</sub>. Et lån på investeringsbeløpet for bedøvelsesmaskin og utbygg, med en rentefot på 7 %, gir ved dagens konsesjon en tilbakebetalingstid på 11 år. Der internrenten for investeringen beregnes til å være 12,42 % etter 20 år. Dersom løsningene vurderes opp mot sitkagran for tømmerproduksjon som anslås til 4-6 % etter 60 år. Kombineres dette med de fiskevelferdsmessige og fluidmekaniske prisnippene fra konseptutredningen kommer det frem at løsningene antas å være både gjennomførbare og gode investeringer.



# Abstract

The main goal of this thesis is to evaluate alternative technological solutions that can contribute to increased efficiency in the process of slaughtering rainbow trout (*oncorhynchus mykiss*) whilst increasing the quality of the final product.

The thesis will use a literature review to assess the different stages, in order to analyze how they affect fish welfare and the quality of the product. By comparing the equipment and techniques used by the industry, recommendations were made for the equipment suited for implementation in the fish processing plant at Noraker Gård.

Challenges facing the plant are presented using analysis of the topography and the present solutions. The main issue is the vertical drop from the starvation dam to the slaughterhouse. The vertical drop of 9 m presents design challenges, as use of direct PE pipe with an inner diameter of 0,2204 m, results in a theoretical average water speed of 5,54 m/s. This may be considered harmful to the fish, as well as having a negative influence on the ongoing application to increase production, as the water usage is high.

Pughs method is applied as a base in the quantitative analysis of the different stages. In this thesis, the method focuses on four main factors: price, fish welfare, ease of use and hygiene. The application of fluid-mechanical principles and academic research are used to present a solution. To assess the feasibility of implementing the solution, several key aspects have been taken into account: excavation at the location, availability of products, and the financial capacity of Noraker Rakfisk AS.

Two conceptual solutions for development of the plant are presented to Noraker, and involve the same basic principles, where a "slide" punctures the water speed. The recommended design suggestion implies the use of an automatic slide valve and a fish counter, where manually operated grilles prevents fish from entering the pipe whilst its being rinsed. The two solutions presented are assumed to increase fish welfare, as the highest possible water speed is 2,74 m/s. The slaughterhouse will use a water separator followed by a manually fed stun/bleed system.

Economic analysis suggests that Noraker needs to invest a total of NOK 1 021 444,- whereas NOK 326 444,- contributes to an automated transport of fish. With todays production, the investment is assumed to reduce labor costs by NOK 47 740,- per year . If the entire investment of NOK 326 444 ,- is founded trough a loan at an interest of 7 %, the down payment will take approximately 9 years. The remaining NOK 695 000,- is used to expand the slaughterhouse and buy a stun/bleed machine, which eliminates the need to hire two more employees to manually stun the fish, as todays stunning solution using CO<sub>2</sub> is being phased out. With todays production this yields a reduced cost of NOK 95 466 and a down payment of 11 years at 7 % interest. Lastly an internal rate of return is calculated to show that both investments are more profitable than other nearby investments, such as increased forestry.





# Innholdsfortegnelse

<b>Terminologi</b>	<b>xi</b>
Symboler og enheter . . . . .	xi
Formler . . . . .	xiii
Forkortelser . . . . .	xv
<b>1 Innledning</b>	<b>1</b>
1.1 Bakgrunn . . . . .	1
1.2 Prosjekt mål og begrensninger . . . . .	3
1.3 Kvalitetssikring av oppgaven . . . . .	4
1.4 Mulige feilkilder . . . . .	4
1.5 Oppgavens struktur . . . . .	5
<b>2 Litteraturstudie</b>	<b>7</b>
2.1 Gjeldende regelverk . . . . .	7
2.2 Rakfisk og hygiene . . . . .	9
2.3 Kvalitetsparametere . . . . .	11
2.4 Transport . . . . .	14
2.4.1 Trenging . . . . .	14
2.4.2 Pumping . . . . .	14
2.4.3 Rørtransport . . . . .	15
2.5 Levendekjøling . . . . .	15
2.6 Ensretting . . . . .	17
2.7 Bedøvelse . . . . .	17
2.7.1 CO <sub>2</sub> og levendekjøling . . . . .	17
2.7.2 Elektrisk sjokk . . . . .	18
2.7.3 Slagbedøvelse . . . . .	20
2.7.4 Mulige fremtidige, men ikke godkjente metoder . . . . .	20
2.8 Bløgging . . . . .	21
<b>3 Prosjekteringsmessige forutsetninger</b>	<b>23</b>
3.1 Dagens løsning på Noraker gård . . . . .	23
3.1.1 Dagens utstyr . . . . .	26
3.2 Problemstillinger . . . . .	27
3.2.1 Steg 1 - Transport av fisk . . . . .	28
3.2.2 Steg 2 - Mottaksanlegg ved slakteriet . . . . .	31
3.2.3 Steg 3 - Ensretting . . . . .	32
3.2.4 Steg 4 - Bedøvelse og bløgging . . . . .	32
<b>4 Konseptutredning</b>	<b>33</b>

4.1	Steg 1 - Transport av fisk . . . . .	33
4.1.1	Løsningsforslag 1A - Direkterør . . . . .	33
4.1.2	Løsningsforslag 1B - Direkterør med vannavskiller . . . . .	34
4.1.3	Løsningsforslag 1C - Oppdeling av transportstrekningen med oppholdsdam . . . . .	35
4.1.4	Løsningsforslag 1D - Oppholdsdam med vannavskiller . . . . .	36
4.1.5	Løsningsforslag 1E - Oppholdsdam med fall . . . . .	36
4.1.6	Løsningsforslag 1F - Renne ned til trakt . . . . .	37
4.1.7	Røroppsett for tømning av fisk og vann . . . . .	37
4.2	Steg 2 - Mottaksanlegg ved slakteriet . . . . .	40
4.2.1	Hevet inntak . . . . .	40
4.2.2	Nedgravd rør . . . . .	40
4.2.3	Løsningsforslag 2A - Forhøyet mottakstank . . . . .	40
4.2.4	Løsningsforslag 2B - Nedsenket eller planert mottakstank . . . . .	41
4.2.5	Løsningsforslag 2C - Vannavskiller før bedøvelse . . . . .	42
4.2.6	Løsningsforslag 2D - Høy mottakstank . . . . .	42
4.2.7	Løsningsforslag 2E - Trykktank . . . . .	43
4.3	Steg 3 - Ensretting . . . . .	43
4.3.1	Melbu Systems . . . . .	43
4.3.2	SeaSide AS . . . . .	45
4.3.3	Baader - Swim-in . . . . .	46
4.4	Steg 4 - Bedøvelse og bløgging . . . . .	47
4.4.1	Baader 101 . . . . .	47
4.4.2	Humane Stunner Universal (HSU) . . . . .	48
4.4.3	Stansas #1 - Elektrobedøver . . . . .	48
4.4.4	Stansas #12 - Slag- og bløggerobot . . . . .	49
4.4.5	Stansas #15 - Bløggerobot . . . . .	50
<b>5</b>	<b>Pughs matrise - Sammenligninger og anbefalinger</b>	<b>51</b>
5.1	Vurderingsparametere . . . . .	51
5.2	Vurdering av steg 1 - Transport av fisk . . . . .	52
5.3	Vurdering av steg 2 - Mottaksanlegg ved slakteriet . . . . .	53
5.4	Vurdering av steg 3 - Ensretting . . . . .	55
5.5	Vurdering av steg 4 - Bedøvelse og bløgging . . . . .	57
5.6	Vurdering av rørlegging . . . . .	58
5.7	Vurdering av rørløsninger for fisketømming . . . . .	59
5.8	Oppsummering . . . . .	61
<b>6</b>	<b>Konseptillustrasjon - Valgt løsning</b>	<b>63</b>
6.1	Sjekkpunkter for helhetlig vurdering av slakteprosessen . . . . .	63
6.2	Transport . . . . .	64

6.3	Vannhastigheter . . . . .	65
6.4	Logistikk . . . . .	68
6.4.1	Tidsplan . . . . .	68
6.5	Trenging av fisken . . . . .	69
6.6	Utstyr . . . . .	69
6.6.1	Automatisering av sultedam . . . . .	69
6.6.2	Fisketeller . . . . .	71
6.6.3	Ventiler . . . . .	72
6.6.4	Trakt og renne . . . . .	74
6.6.5	Bedøving og bløgging . . . . .	74
6.6.6	Fisketransport i utbygg . . . . .	75
6.6.7	Utblødningskar . . . . .	76
6.7	Utbygg ved slakteri . . . . .	76
6.8	Rørlegging . . . . .	77
6.8.1	Dimensjonering av rørtykkelse . . . . .	79
6.9	Økonomisk analyse . . . . .	82
6.9.1	Personalutgifter . . . . .	82
6.9.2	Utbygging-, utstyr og gravekostnader . . . . .	83
6.9.3	Nullpunk, internrente og sammenligning . . . . .	84
6.9.4	Sammenligning og anbefaling . . . . .	87
<b>7</b>	<b>Konseptillustrasjon - Alternativ løsning</b>	<b>89</b>
7.1	Størrelse på oppholdsdam . . . . .	89
7.2	Transport . . . . .	90
7.3	Vannhastigheter . . . . .	91
7.4	Logistikk . . . . .	93
7.4.1	Tidsplan . . . . .	94
7.5	Trenging av fisken . . . . .	94
7.6	Utstyr . . . . .	95
7.6.1	Automatisering av sulte- og oppholdsdam . . . . .	95
7.7	Dimensjonering av jordvegg mellom dammer . . . . .	96
7.8	Utbygg . . . . .	97
7.9	Utstyr- og byggkostnader . . . . .	97
<b>8</b>	<b>Diskusjon</b>	<b>99</b>
8.1	Prosessevaluering . . . . .	99
8.2	Vannhastighets beregning . . . . .	100
8.3	Konseptutredning . . . . .	100
8.3.1	Transport . . . . .	100
8.3.2	Fisk i rør . . . . .	101

8.3.3	Vannkvalitet, temperatur og levendekjøling . . . . .	101
8.3.4	Logistikk . . . . .	102
8.3.5	Mottak . . . . .	102
8.3.6	Ensretter . . . . .	102
8.3.7	Bedøver . . . . .	103
<b>9</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>105</b>
9.1	Videre arbeid . . . . .	106
	<b>Referanser</b>	<b>107</b>
	<b>Vedlegg</b>	<b>115</b>
A	Kontaktpersoner . . . . .	115
B	Produktkataloger . . . . .	117
B.1	Baader Group . . . . .	117
B.2	Stansas . . . . .	126
B.3	Orbinox . . . . .	129
C	Fremdriftsplan ved prosjektstart . . . . .	131
D	Prosjektbeskrivelse levert til veileder 18.01 . . . . .	133
E	Detaljtegninger . . . . .	137
E.1	Komplett rørmontering . . . . .	137
E.2	Rørlegging i landskap . . . . .	137
E.3	Monteringsanvisning: AquaScan og skyvespjeldventil . . . . .	137
E.4	Trakt - kun for graveindikasjon . . . . .	137
E.5	Fasadetegning . . . . .	137
E.6	Ny plantegning . . . . .	137
E.7	Plantegning utbygg . . . . .	137
E.8	Mottaksrenne . . . . .	137
E.9	Slagbedøver, SeaSide . . . . .	137
E.10	Utblødningskar . . . . .	137
E.11	Plassering av rør og sluk . . . . .	137

# Terminologi

Det forutsettes at leseren har satt seg inn i generell fagterminologi som benyttes innenfor akvakultur. Hovedsakelig vil bare terminologi som regnes som fagspesifikk utover normalt ingeniørnivå drøftes i dette kapittelet. Uttrykk som har betydninger som ønskes begrenset eller utvidet vil også presenteres. For øvrig baserer benevnningen seg på SI-systemet.

## Symboler og enheter

Parameter	Beskrivelse	Enhet
$e$	Veggtykkelse	$mm$
$d_m$	Rørets middeldiameter	$m$
$D$	Diameter	$m$
$h$	Høyde	$m$
$L, a, b$	Lengde	$m$
$z$	Fallhøyde	$m$
$B$	Minste bredde på toppen av dammen	$m$
$H$	Damhøyde	$m$
$k'$	Absolutte relative ruhet	$m$
$A$	Areal	$m^2$
$V$	Volum	$m^3$
$l$	Liter	$dm^3$
$v$	Hastighet	$m/s$
$c_p$	Forplantningshastighet	$m/s$
$g$	Gravitasjonskonstant	$m/s^2$
$\nu$	Kinematisk viskositet	$m^2/s$
$Q$	Volumstrøm	$m^3/h$
$F$	Kraft	$N$
$I$	Impuls	$Ns$
$\sigma_t$	Ringtrykkspenning	$N/m^2$
$\sigma_{kn}$	Knekkspenning	$N/m^2$
$\sigma_{kt}$	Kritisk undertrykk	$N/m^2$
$E$	Elastisitetsmodul	$N/m^2$
$m$	Masse	$kg$
$\Delta p$	Bevegelsesmengde	$kgm/s$
$S_R$	Rørets ringstivhet	$kN/m^2$
$P_{till}$	Tillatt totaltrykk	$kN/m^2$
$q$	Vertikalt utvendig trykk	$kN/m^2$
$p$	Trykk	$bar$
$p_h$	Maks trykk over driftstrykk	$bar$

Parameter	Beskrivelse	Enhet
$\gamma$	Spesifikk vekt til vann	$N/m^3$
$\rho$	Tetthet	$kg/m^3$
$KE$	Kinetisk Energi	<i>Joule</i>
$CF_0$	Investering ved tidspunkt 0	<i>NOK</i>
$CF_t$	Avkastning ved tid t	<i>NOK</i>
$IRR$	Internrente	%
$t$	Tid	s, min, år
$t_c$	Lukketid	<i>s</i>
$\sigma$	Grader	°
$SDR$	Standard Dimension Ratio	—
$\delta/d_e$	Relativ deformasjon	—
$n$	Iterasjoner	—
$Re$	Reynoldstall	—
$r$	Relativ ruhet	—
$f$	Friksjonsfaktor	—
$h_L$	Friksjonstap i rør	—
$h_s$	Singulærtap i rør	—
$k$	Singulærtapskoeffisient	—
$\nu$	Poisson's ratio	—
$\pi$	Pi	—

## Formler

Beskrivelse	Formel	Indeks
Volum av en elliptisk sylinder	$V = \pi \times a \times b \times h$	3.1
Teoretisk gjennomsnittshastighet	$v_j = \sqrt{2g \times z_r}$	3.2
Bernoullis ligning	$\frac{p_r}{\gamma} + \frac{v_r^2}{2g} + z_r = \frac{p_j}{\gamma} + \frac{v_j^2}{2g} + z_j + h_L + h_s$	3.3
Reynoldstall	$R = \frac{v_j D}{\nu}$	3.4
Relativ ruhet	$r = \frac{k'}{D}$	3.5
Darcy-Weisbachs ligning	$h_L = f \frac{L}{D} \frac{v_j^2}{2g}$	3.6
Singulærtap	$h_s = k \frac{v_j^2}{2g}$	3.7
Volumstrøm	$Q = v_j \times \frac{\pi D^2}{4}$	3.9
Kontinuitetsligningen	$A_1 v_1 = A_2 v_2$	4.1
Impuls	$I = Ft = \Delta p = mv - mv_0$	6.6
Uttrykk for endring av høyde	$\dot{h} = V_{inn} - V_{ut}$	6.1a
Vannmengde ut av sultedam	$V_{ut} = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2gh}{1+(f \times L/D)}}$	6.1b
Forandring av høyde i vanntank	$\dot{h}(h) = \left( V_{inn} - \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2gh}{1+(f \times L/D)}} \right) \times \frac{1}{a \times b \times \pi}$	6.1c
Forplantningshastigheten elastiske rør	$c_p = \sqrt{\frac{E_v / \rho}{1 + \frac{D}{t} \frac{E_v}{E}}}$	6.2
Maks trykkstøt over driftstrykk ved Joukowskis ligning	$p_h = \frac{c_p \Delta v}{g}$	6.3
Maks trykkstøt over driftstrykk ved $t_c > 2L/c_p$	$p'_h = \frac{2L}{c_p \times t_c} p_h$	6.4
Kinetisk energi	$KE = \frac{1}{2} m v^2$	6.5
Ringtrykkspenning	$\sigma_t = \frac{p \times d_m}{2 \times e}$	6.7
Knekkspenning	$\sigma_{kn} = \frac{E}{1-\nu^2} \times \left( \frac{e}{d_m} \right)^2$	6.8
Kristisk undertrykk	$\sigma_{kt} = 2 \times \frac{E}{1-\nu^2} \times \left( \frac{e}{d_m} \right)^3$	6.9
Summen av vertikalt trykk	$q = q_{jord} + q_{vann} + q_{tr}$	6.10
Vekt av den totale jordmasse	$q_{jord} = \rho_{jord} \times h$	6.11
Vanntrykk fra grunnvann	$q_{vann} = 10 \times h_{vann}$	6.12
Tillatt totaltrykk	$P_{till} = \frac{64 \times S_R}{(1+3,5 \times (\delta/d_e))^3}$	6.13

Beskrivelse	Formel	Indeks
Rørets ringtrykk	$S_R = \frac{E}{12 \times SDR^3}$	6.14
Internrente	$CF_0 = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t}$	6.15
Diameter på oppholdsdam	$D = \sqrt{4 \times \frac{V}{\pi \times h}}$	7.1
Lineær bevegelsesligning 1	$h = h_0 + v_{h0}t - \frac{1}{2}gt^2$	7.2
Lineær bevegelsesligning 2	$L = L_0 + v_{L0}t$	7.3
Minste bredden mellom dammer	$B \geq 4 + \frac{H}{30}$	7.4



## Forkortelser

AC	Vekselstrøm
ATP	Adenosintrifosfat
CO	Karbonmonoksid
CO <sub>2</sub>	Karbondioksid
CWC	Continuous Water Circulation
DC	Likestrøm
HACCP	Hazard Analysis Critical Control Point
moh.	Meter over havet
mvs.	Meter vannsøyle
NAD	Oksidert nicotinamide adenine dinucleotide
NADH	Redusert nicotinamide adenine dinucleotide
NFD	Nærings- og fiskeridepartementet
RAS	Resirkuleringsanlegg
PE	Polyetylen
rms	Root mean square
PVC	Polyvinylklorid
RSW	Refrigerated Sea Water
SDR	Standard Dimension Ratio
SSB	Statistisk sentralbyrå



# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

I dagens fiskeoppdrettindustri er det storskala produsenter som står på toppen av næringskjeden, og småskala produksjonsenheter forsyner oppdrettsfisk til sine lokalmiljø. Småskala anlegg har bruk for forbedring og effektivisering av prosessene som brukes i dag, noe som vil føre til økt kapasitet og kvalitet på produktet. Det skyldes i enkle trekk den økonomiske handlefriheten til aktørene, da dagens teknologi og utstyr er kostbar, og ikke alltid egnet for fiskeoppdrett på liten skala.

Gjennom en pressemelding fra NFD (2016) ønsker fiskeriminister Per Sandberg at flere oppdrettere skal prøve ut ny teknologi i prosessforløpet på et oppdrettsanlegg. Dette skal gjennomføres ved at regjeringen gir utviklingstillatelser for teknologi, som igjen kan føre til at det blir billigere teknologi på markedet.

Noraker Gård er et småskala anlegg som ønsker å bygge ut sin nåværende prosesslinje i Aurdal. Dette kan gi økt prosesseringseffektivitet og øke den økonomisk gevinsten. Ved å bevise at det er lønnsomt med investering i mer automatisert og skånsom drift, kan anlegget fremstå som et forbilde for småskala produksjon i Norge, samt styrke sin pågående søknad om økt konsesjon.

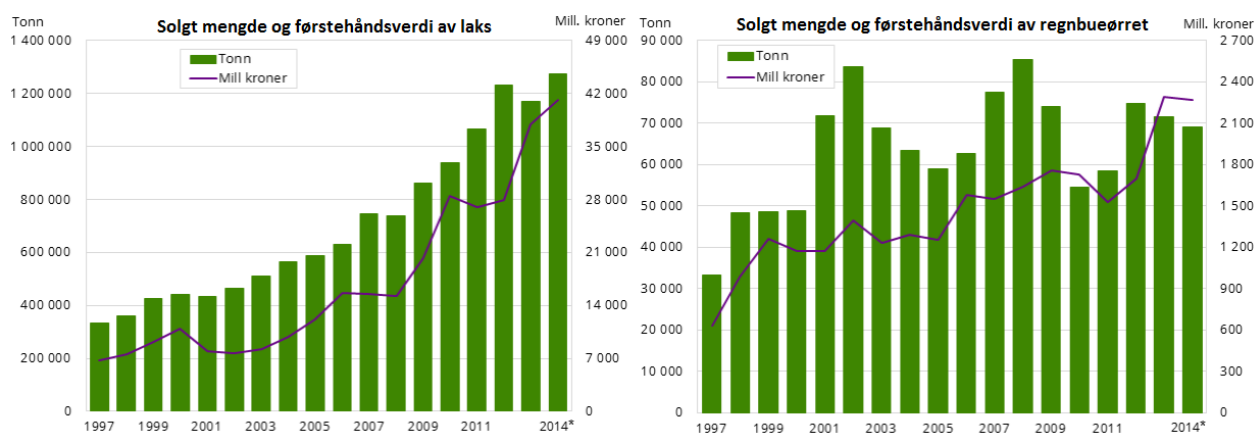
I denne oppgaven legges det frem et detaljert prosjekteringsforslag med tilhørende grunnlagsteori og designløsninger for utbygging av anlegget.

### **Oppdrettsnæringen i Norge**

Oppdrettsnæringen i Norge har en lang fortid, men næringen fikk sitt største gjennombrudd gjennom lakseoppdrett på starten av 1970-tallet. I 1973 ble fiskeoppdrett konsesjonsbasert, og på 1990-tallet ble det krisetid for næringen som endte med store omskiftninger. Selv om det førte til konkursbeslag og forandring av eierstrukturen, ble det i 1991 en endring i oppdrettloven som førte til opprettelse av aksjeselskaper. Dette reddet næringen ved sammenslutninger av enkeltforetak. I perioden fra 1992 til 2002 opplevde næringen stor vekst og det gjennomsnittlige årsverket økte fra 80 til 340 tonn. Økningen resulterte i en omsetning på laks og ørret til en førstehåndsverdi på 9,1 milliarder kroner og utgjorde 549 000 tonn fisk i 2002. Oppdrettsnæringen har hatt en jevn økning siden 2002 (Hallenstvedt, 2015), og i følge endelige tall fra SSB (2015) ble det eksportert fisk og skalldyr for 44,3 milliarder kroner i 2014, som tilsvarer 1,33 millioner tonn sjømat, der majoriteten er laks og regnbueørret. I perioden mellom 2013 og 2014 var det en økning på 7 % i mengde eksport og 10 % i verdien (Hallenstvedt, 2015). I følge en rapport fra Richardsen et al. (2015) var akvakultur i 2013 den fjerde største næringen i Norge, og i 2014 hadde Norge aldri stått sterkere som en sjømatindustri i verden (Bakkevold, 2015).

Den store veksten av fiskeeksport i Norge, legger et godt grunnlag for utvikling av nye

teknologiske løsninger, som kan bidra til økt lønnsomhet for produsentene.



Figur 1.1: Forskjell mellom solgt mengde og førstehåndsverdi av laks og regnbueørret.

I en rapport fra Evensen (2009a) blir det beskrevet at "EU-markedet er verdens største sjømatmarked, og Norge er den største tilbyderen av sjømat til EU. Det er ventet at EU må tilføres 1,5 millioner tonn mer sjømat i 2030 enn i dag." For at Norge skal kunne ta del i denne utviklingen er det viktig at faktorer som pris og kvalitet er forutsigbare (Evensen, 2009b).

En av faktorene som påvirker kvaliteten er fiskevelferden under slakteprosessen. Fisken kan bli utsatt for ubehagelige situasjoner, og det blir beskrevet fra Mattilsynet (2014) at faren for ubehag kan komme av eksempelvis trenging, pumping, sedering og bedøving. Mattilsynet (2014) påpeker at "Å drifte et fiskeslakteri i tråd med velferdsregelverket innebærer at arbeidsprosesser, metoder, utstyr og teknologi er tilrettelagt for god fiskevelferd gjennom hele slakteprosessen. Det skal blant annet sikres lavest mulig stressnivå, fra fisken trenges til det er effektivt og smertefritt bedøvet og avlivet". Det nevnes i tillegg at "det er opp til virksomheten å finne løsninger som er forsvarlige ut fra hensynet til fiskens velferd". Det er også viktig at den teknologiske utviklingen er i samsvar med krav og reguleringer, som bidrar til at fiskevelferd blir ivaretatt gjennom hele prosessen. I småskala produksjonsanlegg blir det i stor grad benyttet manuelt arbeid i prosessene. Dette inngår i alt fra trenging av fisken med not til filetering av fisken.

CO<sub>2</sub> har vært en bedøvelsesmetode som har bidratt til å forenkle prosessen for slakterier, ved at fisken ble mer tilgjengelig for manuell håndtering (Mejdell et al., 2006). I tillegg til CO<sub>2</sub> bedøving har lufteksponering og forskjellige typer gift vært brukte metoder, men alle har hatt negativ innvirkning på fiskevelferd. I følge Forskrift om slakterier mv. for akvakulturdyr (2014, §14) innførte mattilsynet reguleringer i 2008 som skulle føre til en utfasing av en rekke bedøvelsesmetoder der det ble påvist dårlig fiskevelferd, herunder CO<sub>2</sub>, lufteksponering, kjemikalier eller andre metoder som blokkerer oksygenopptaket.

Det er fortsatt en rekke småskala produksjonsanlegg som bruker CO<sub>2</sub> som bedøvelsesmetode,

inkludert Noraker Gård, men som ønsker å følge lover og forskrifter ved å ta i bruk ny teknologi.

Imidlertid er teknologien i hovedsak ment for storskala laksenæring. Dette krever en nedskalering og gjennomgang av utstyret.

## 1.2 Prosjektmål og begrensninger

Hovedmålet for denne rapporten er å se på og anbefale alternative løsninger som kan brukes i prosesslinjen på Noraker Gård, i den hensikt å gi økt prosesseffektivitet og forbedre kvaliteten på sluttproduktet. Oppgaven benytter et litteraturstudie for å belyse hvordan fiskevelferd påvirkes, basert på sammenligninger av erfaringsrapporter og forskning. Videre utredes stegene fisken går gjennom under slakting.

Med utgangspunkt i litteraturstudiet og en konseptutredning som analyserer løsningsforslag og bruk av teknisk utstyr, foreslås et løsningsforslag på prosesslinjen med basis i nåværende produksjonslinje. Tilslutt vil løsningens gjennomførbarhet og gevinst testes ved å bygges på Noraker Gård.

### Delmål

- Ta hensyn til det økonomiske perspektivet og ønsker for utvikling av Noraker Gård, hvilket vil skape noen begrensninger da det ikke gir full frihet ved dimensjonering og prosjektering av anlegget.
- Det skal i størst mulig grad benyttes samme type utstyr som brukes i dag, for eksempel rørtyper, tanker og oppdrettsdammer.
- Estetikken til dagens anlegg må tas vare på ved å ta hensyn til den eksisterende restauranten på anlegget.

### Begrensninger

- Oppgaven vil kun utrede den delen av produksjonsanlegget der fisken fraktes ut fra sultedam, gjennom bedøvelse og utblødning til den leveres til sløveavdelingen i slakteriet. De øvrige løsningene ønskes å beholdes.
- Nils Olaf Noraker, heretter betegnet som "Noraker", regner bruk av pumper til vannresirkulering som for dyrt, og det utredes derfor ikke løsninger som benytter dette.
- Oppgaven tar ikke hensyn til det drifttekniske ved anlegget, som utskiftning og kontroll av vannkvalitet og temperatur. Den fokuserer istedet på innretningene som benyttes. Dette fordi vurderingene av det driftstekniske ville kreve omfattende testing på anlegget.
- Avstanden mellom skrivested og byggested gjør at det ikke har vært praktisk mulig

å komme med detaljerte løsninger på de elementene som krever lokale sesongbaserte målinger, herunder mål som må gjøres i tømt dam og eksisterende uttappingsrør. Det er i tillegg benyttet lokale topografiske kart for planleggingen av tilbygg og rørlegging, og resultatet vil derfor påvirkes av feilmarginen til disse.

### 1.3 Kvalitetssikring av oppgaven

Kvalitetssikring av oppgaven er gjort ved løpende revisjon, både av forfattere, veileder og andre eksterne personer. Alle beregningene er gjennomgått, og referansene er tatt fra forskningsartikler, lærebøker og andre troverdige kilder. Avgjørende påstander er kvalitetssikret ved å bruke flere referanser som konkluderer med samme resultat. Data innhentet til oppgaven er tatt fra SSB, mattilsynet eller lovdata. Gjennomførbarheten av prosjektet er diskutert med både veileder og eksterne rådgivere, for å sikre at det er gjennomførbart.

### 1.4 Mulige feilkilder

Beregninger og analyser som er gjennomført i løpet av oppgaven, inneholder feilkilder som kan ha en innvirkning på resultatene som legges frem.

- Det oppgis varierende singulæretapskoeffisienter avhengig av kilde og jevnhet i bend.
- Ved strømningsberegninger er det ikke tatt hensyn til at det er fisk i røret, da dette skaper komplekse strømningsmodeller. Det kan argumenteres at det i liten grad påvirker hastigheten, da svømmeblæren bidrar til nøytral oppdrift (Fänge, 1983), samt at fiskens strømlinjede kropp og omkringliggende slim reduserer friksjonen (Wu, 1977; Daniel, 1981). Selv om det vil være generell nedsakking grunnet kontakt med røret samt påvirke turbulensen som oppstår i strømmingene, og dermed også Reynoldstallet.
- Ved beregning av vannhastighet er det ikke tatt hensyn til tilvekst for den absolutte ruheten. I praksis fører tilvekst til en sakte økende absolutt ruhet og dermed minkende vannhastighet, men denne er såpass liten at den kan neglisjeres (Pipelife, 2007).
- Det er benyttet informasjon gitt av Noraker om vannhastigheter, volumstrømmer og dimensjoner, som ikke er etterprøvd og kan ha en innvirkning på løsningen.
- Da det ikke er gjennomført strømmingssimulering, mangler håndberegningene en verifikasjon, selv om det er brukt fluid-mekanisk litteratur som grunnlag for beregninger.
- Løsningen baserer seg på analyser gjort på teoretiske prinsipper bak hydrodynamikk og fysiologien til fisk. Dette betyr at løsningen ikke er testet i praksis før den bygges, og det er vanskelig å vite om den vil fungere helt i henhold til teorien.
- Den kvantitative vurderingen med Pughs matrise er forsøkt basert på litteraturstudiet, men score og vektning er subjektive vurderinger, og kan derfor variere avhengig av hvem

som tolker det.

## 1.5 Oppgavens struktur

- *Kapittel 2: Litteraturstudie*
  - Tar for seg regelverk og viktige forutsetninger for drift av oppdrettsanlegg. Det gjør også rede for alternative metoder og utstyr som brukes/har blitt brukt i oppdrettsnæringen. Hovedfokuset er å gi et grunnlag for evaluering og utvikling av konsepter for anlegget.
- *Kapittel 3: Prosjekteringsmessige forutsetninger*
  - Gir en oversikt over dagens anlegg på Noraker Gård, og har som hensikt å belyse problemer, utfordringer og oppbygging av produksjonsanlegget.
- *Kapittel 4: Konseptutredning*
  - Utreder konsepter som kan brukes som løsningsalternativ, med basis i problemer og utfordringer med lokasjonen.
- *Kapittel 5: Pughs matrise - Sammenligninger og anbefalinger*
  - Gjennomfører sammenligninger av løsningsforslagene. Det tas utgangspunkt i gitte vurderingskriterier som: pris, fiskevelferd, brukervennlighet og hygiene. Det vil også gis anbefalinger for hvilke løsninger som egner seg i anlegget.
- *Kapittel 6: Konseptillustrasjon - Valgt løsning*
  - Har som hensikt å gi en bred forståelse ved å gi en detaljert beskrivelse av løsningens implementeringer. Kapitlet tar også for seg viktige punkter for gjennomføring og økonomi for løsningen.
- *Kapittel 7: Konseptillustrasjon - Alternativ løsning*
  - Den alternative konseptutredningen har som hensikt å illustrere tiltak som kan gjøres dersom lokalt mattilsyn, eller Noraker ønsker forbedret fiskevelferd.





## 2 Litteraturstudie

Dette er et narrativt litteraturstudie og har som hensikt å gi en bred forståelse for hvordan man kan oppnå et best mulig kvalitetsprodukt. Litteraturstudiet fungerer som basis for valg av utstyr, i den hensikt å oppnå et et kvalitetsprodukt for fiskeoppdrettsanlegg i liten skala, med de utfordringene lokasjonen, topografien og fisketypen gir.

- *Kapittel 2.1: Gjeldende regelverk*
  - Gir en oversikt over lover og forskrifter som er relevant ved drift av oppdrettsanlegg.
- *Kapittel 2.2: Rakfisk og hygiene*
  - Tar for seg rakfisk prosessen og risiko relatert til smittefare ved dårlig hygiene, og hvordan smittefare kan reduseres i prosessanlegg for fisk.
- *Kapittel 2.3: Kvalitetsparametere*
  - Legger frem viktige paramere for god kvalitet. Det tar for seg fiskens fysiologi ved påkjenning fra eksterne faktor og følger av dette.
- *Kapittel 2.4: Transport*
  - Beskriver mulige metoder som brukes for å transportere fisken i oppdrettsanlegg. Det belyser også de negative sidene som kan lede til stressutvikling hos fisken.
- *Kapittel 2.5: Levendekjøling*
  - Nevner viktige forutsetninger ved nedkjøling av fisk, og effekten det har for de fysiologiske responsene.
- *Kapittel 2.6: Ensretting*
  - Tar for seg prinsippene brukt bak ensretting av fisk.
- *Kapittel 2.7: Bedøvelse*
  - Tar for seg ulike metoder som tidligere har blitt brukt og hvilke som kan brukes for bedøvelse av fisk. Der det utredes hvordan metodene fungerer og hvordan fiskevelferd og kvalitet påvirkes.
- *Kapittel 2.8: Bløgging*
  - Tar for seg teknikkene for å blø ut fisk, og utredere hvordan forskjellige parametere påvirker effektiviteten av dette.

### 2.1 Gjeldende regelverk

Drift av et oppdrettsanlegg har flere regelverk som kommer til anvendelse. Disse har som hensikt å gi produksjonsfasilitetene et regelverk for drift av anlegg, og hvilke begrensninger

som skal følges gjennom prosesseringen. Ved design av anlegget er det nødvendig å følge lover, forskrifter og veiledninger satt av mattilsynet og regjeringen.

- *Lov om dyrevelferd (dyrevelferdsloven) - LOV-2015-06-19-65:*
  - Loven gjelder for pattedyr, fugler, krypdyr, fisk, blekksprut og honningbier, der hovedformålet er å tilrettelegge for god dyrevelferd, og opprettholde respekten for dyr. Loven omfatter sentrale aspekter som; transport, avlaving og generell behandling (Dyrevelferdsloven, 2015).
- *Forskrift om slakterier og tilvirkningsanlegg for akvakulturdyr (Slakteforskriften) - FOR-2014-12-15-1831:*
  - Forskriften gjelder virksomheter som gjennomfører slakting eller har tilvirkning for akvakulturdyr, hvor hovedformålet er å øke helse og velferd hos fisk og akvakulturdyr. Lovens omfang går under områder som for eksempel; bedøving, avlaving, håndtering og sedering (Forskrift om slakterier mv. for akvakulturdyr, 2014).
- *Akvakulturdriftsforskrift - FOR-2015-12-17-1615:*
  - Forskriften omfatter drift av akvakulturanlegg, hvor hovedformålet er å øke lønnsomheten og konkurranse ved bærekraftig utvikling (Akvakulturdriftsforskriften, 2015).
- *Forskrift om avlaving av dyr - FOR-2013-01-13-60:*
  - Forskriften fremhever dyrevelferd og forsvarlig avlaving av dyr (Forskrift om avlaving av dyr, 2013).
- *Forskrift om internkontroll for å oppfylle akvakulturlovgivningen (IK-Akvakultur) - FOR-2014-12-15-1831:*
  - Forskriften har som å hensikt å sikre gjennomføring av tiltak for å følge akvakulturlovgivningen (Forskrift om IK-Akvakultur, 2015).
- *Krav til konstruksjon av transportenheter (Forskrift om transport av akvakulturdyr, 2014, §8):*
  - ”Overflatene i transportenheten skal være glatte, lette å rengjøre og desinfisere. Transportutstyret skal være uten lommer, sprekker, skarpe vinkler m.m. som i vesentlig grad vanskeliggjør effektiv rengjøring og desinfeksjon. Volum på tank, kar, brønn (resirkuleringsystem) skal være kjent”.
  - ”Tørroppstilte pumper, muffe og skjøter skal konstrueres slik at de er tette og ikke suger inn luft som kan generere et totalgassproblem i transportvannet ved kjøring på lukket system (resirkulering). Transportutstyret skal ikke avgi stoffer som er

helseskadelige for fisk eller som på annen måte påfører fisken skade eller unødige påkjenninger”.

- ”Alle områder på transportenheten skal være mulig å inspisere på en tilfredsstillende måte. Ristplater, deksler, hengsler og lignende skal være lett demonterbare slik at inspeksjon lar seg gjennomføre”.
- *Forsvarlig drift, beredskapsplan og vurdering av risikofaktorer (Forskrift om transport av akvakulturdyr, 2014, §11):*
  - ”Driften skal være smittehygienisk og fiskevelferdsmessig forsvarlig. Det skal foreligge en beredskapsplan for å ivareta smittehygiene og fiskevelferd i krisesituasjoner. Den skal gi oversikt over smittehygieniske og fiskevelferdsmessige tiltak som er aktuelle å iverksette for å forhindre og eventuelt håndtere akutte hendelser og massedød, herunder håndtering av døde akvakulturdyr, avlaving av akvakulturdyr og varsling av hendelser til mottaker og Mattilsynet”.
- *Forskrift om næringsmiddelhygiene (Næringsmiddelhygieneforskriften, 2010, Kapittel 2, f):*
  - ”Overflater (herunder overflater på utstyr) i områder der næringsmidler håndteres, og særlig de overflatene som kommer i kontakt med næringsmidler, skal holdes i god stand, være lette å rengjøre, og når det er nødvendig, desinfisere. Dette krever bruk av glatte, vaskbare og korrosjonsbestandige materialer som ikke er giftige, med mindre driftsansvarlige for næringsmiddelforetak kan godtgjøre overfor vedkommende myndighet at andre materialer som er brukt, egner seg like godt”.

## 2.2 Rakfisk og hygiene

Terminologien ”rakfisk” var først nevnt skriftlig i 1348, men regnes å ha blitt benyttet som konserveringmetode lenge før det (Skåra et al., 2015). Teknikken benytter en kombinasjon av autolyse og fermentering, forårsaket av naturlig tilstedeværelse av enzymer og melkesyrebakterier. Fisken bevares ved rengjøring, for så å lagre den fullstendig nedsenket i 4-8 % (w/w) saltlake og begrense tilgjengeligheten av oksygen (Riddervold & Store norske leksikon, 2009; Skåra et al., 2015). Prosessen kan kontrolleres ved å variere temperatur og saltkonsentrasjon, men risiko for botulisme-smitte<sup>i</sup> øker ved lavere saltkonsentrasjoner enn 5 % (w/w) og temperaturer over 10 °C (Schmidt-Nilsen, 1935, sitert av Skåra et al., 2015). Selv om rengjøring av utstyr er viktig, har botulisme kun blitt oppdaget ved privat produksjon av rakfisk (Kjos-Hansen, 1986, sitert av Skåra et al., 2015).

<sup>i</sup>Botulisme: Nevrologisk sykdom som kan forårsake blant annet oppkast og diare, og ved alvorlige ubehandlede tilfeller respirasjonssvikt i løpet av 3-7 dager. Dødeligheten er ca. 10 % (Folkehelseinstituttet, 2015).

Listeriose<sup>ii</sup> anses som en alvorlig infeksjon som oftest smitter gjennom konsumering av mat som har blitt forurenset med *Listeria monocytogenes* bakterien (Schlech III et al., 1983). Det er derfor et bredt fokus på å minke risiko for smitte i oppdrettsindustrien. For å kartlegge problemområdene, er det gjennomført forsøk hvor risikoområdene er rangert. Den generelle påstanden er at jo senere i prosessen, jo større er sannsynligheten for listeriasmitte (Heir & Langsrud, 2013):

1. *Transportbånd*: Utstyret med høyest risiko for tilstedeværelse av *Listeria monocytogenes*. Plastbånd hadde høyere forekomst enn bånd av metall, på grunn av plastmaterialets evne til å tilrettelegge adhesjon av *Listeria monocytogenes* (L.M. Rørvik, 2000). Regelmessig bytting av transportbånd kan redusere forekomsten av bakterien.
2. *Vakuumsystemer*: 11% ved renhold og 18% ved produksjon var kontaminert.
3. *Generelle kontaktflater*: Kutte-maskin, sveiseskjøter og slitte plastoverflater anses som risikoområder.

I tillegg til de nevnte risikofaktorene, lister L.M. Rørvik et al. (1997) jobbrotasjon som relevant, der ansatte bytter tildelte oppgaver som fletering, pakking og annet.

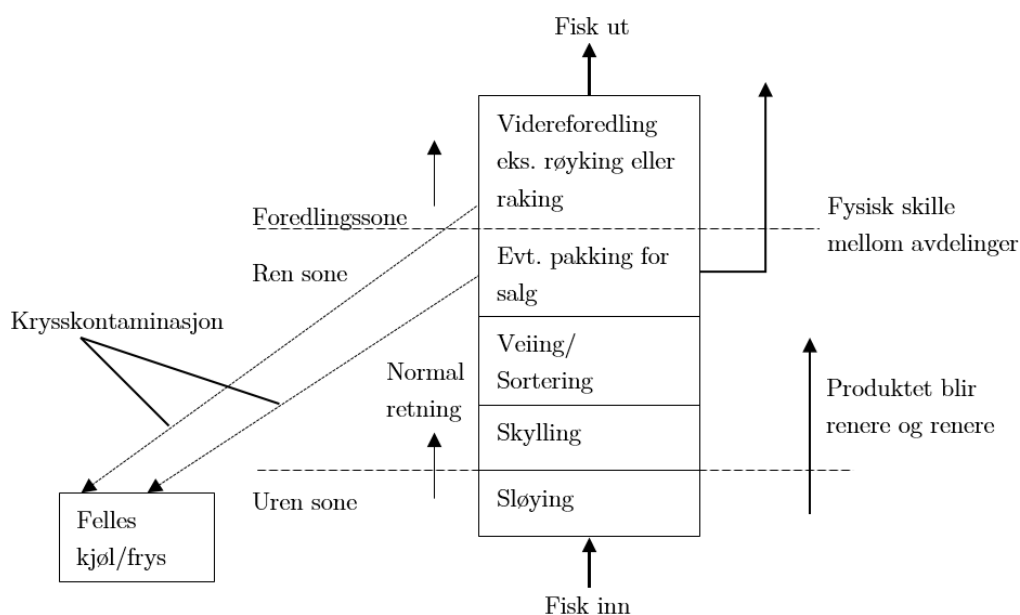
For å motvirke kolonisering og spredning av *Listeria monocytogenes* er det viktig å benytte retningslinjer for god hygiene. Prosesseringsområdene bør deles inn i forskjellige soner, der ansatte bruker kledning etter hvilket område de er stasjonert. Det er også anbefalt med individuelle garderober for forskjellige soner. Gode rengjørings- og desinfeksjonsrutiner må opprettes, med fokus på kontaktflatene produktet berører. Rutinene bør inkludere frekvent utbytting av utstyr og hansker, og nøyaktig renhold av prosesslinjen i løpet av dagen. Det er også gunstig å holde romtemperaturen lav i prosesserings områdene for å hindre bakterievekst.

Renhold har liten effektivitet på utstyret da funn av bakterien gikk fra 15 til 14 %. Miljø som sluk, gulv og fottøy gikk fra 47 til 36 %. Hvilket medfører at påstanden om at renhold av utstyr ikke er et tilstrekkelig tiltak alene. De ansatte bør opplæres i god hygienep praksis og hvorfor dette er viktig, og det bør innføres HACCP<sup>iii</sup> prosedyrer (L.M. Rørvik, 2000). Samtidig bør prosessanlegget designes slik at sluttproduktet er så langt unna risikoutstyret som mulig (Heir & Langsrud, 2013). Det er derfor vanlig å benytte rene og urene soner med nødvendig fysisk skille, slik at fisken beveger seg en vei, og kryssing mellom urene og rene produkter unngås (Lekang, 1998):

---

<sup>ii</sup>Listeriose: De fleste mennesker inntar av og til matvarer som inneholder *Listeria*, uten å bli syke. Personer med nedsatt immunforsvar kan utvikle alvorlig sykdom. Symptomer inkluderer meningitt og sepsis, mens diaré er svært sjeldent. Gravide kan smitte sitt barn uten selv å bli syk (Folkehelseinstituttet, 2010).

<sup>iii</sup>"HACCP kan oversettes til norsk med risikoanalyse og kritiske styringspunkt. HACCP er et internkontrollprogram som skal hjelpe deg med å sikre at maten du produserer og serverer er helsemessig trygg." (Mattilsynet, 2012)



Figur 2.1: Enveistrafikk i lokalene gjør at kryssing mellom rene og urene soner kan unngås (Lekang, 1998).

## 2.3 Kvalitetsparametere

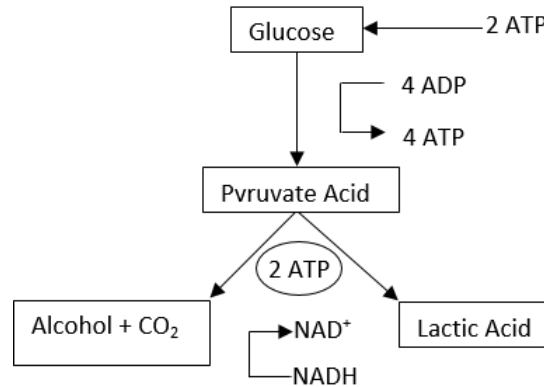
I et anlegg for prosessering av fisk, går fisken gjennom en rekke prosesser som påvirker fiskekvaliteten, herunder transport, pumping, bedøving, temperaturforandringer, vannkvalitet, sulting, vaksinerings og pakking (Mattilsynet, 2014).

### Stresspåvirkning

Stress er en faktor som oppstår ved prosessering av fisk og er avgjørende for kvaliteten (G. Bjørlykke et al., 2011). Det beskrives som fysiologiske reaksjoner som frigjør stresshormoner, og brukes for å opprettholde metabolismen under en fysisk påkjenning (Svartdal & Store norske leksikon, 2012). Ved frigjøring av stresshormoner gir dette en økt respons som leder til kraftigere hjerteslag, raskere gjellebevegelser og et større oksygenopptak (Mejdell et al., 2006). Når en fisk utsettes for stress, vil mengde oksygen som forbrukes være større enn tilgjengelig mengde oksygen (Abbaraju & Rees, 2012; Richards, 2011). Dersom en celled oksygentilførsel er for lav, fører det til at oksygenet som leveres ikke er tilstrekkelig for å ha en aerob metabolisme. Under disse omstendighetene kan det få to utfall; fisken vil øke/opprettholde produksjonen av ATP<sup>iv</sup>, eller så vil ATP-produksjonen reduseres for å prøve å spare energi (Dunn & Hochachka, 1986; Richards, 2011; Abbaraju & Rees, 2012). Under anaerob metabolisme kan ATP bare produseres ved mekanismer som ikke innebærer oksygentilførsel, og produksjonen vil være opp mot 15 ganger lavere enn ved aerob metabolisme (Richards, 2011). Dersom den anaerobe respirasjonen fortsetter, vil det føre til at mekanismen som blir brukt for å opprettholde ATP

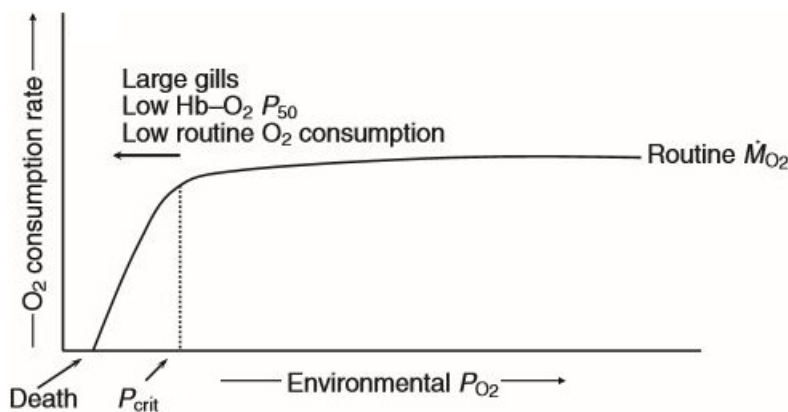
<sup>iv</sup>ATP: Leverandør av energi i energikrevende prosesser som foregår i alle levende celler (Kristensen, 2009).

produksjonen er glykolyse<sup>v</sup>. Ved glykolyse vil nedbrytning av glukose danne ATP i cellene, etterfulgt av at pyrodruesyre omdannes til melkesyre ved bruk av NADH (Hauge, 2009). Dersom melkesyre produseres i muskulaturen gir det et lavere pH-nivå i musklene. Som en faktor av nedsatt glykogenproduksjon vil det gi en forkortet rigor mortis tid og dårligere kvalitet på sluttproduktet (Jensvold, 2007; Greaser, 1986; G. Bjørlykke et al., 2011).



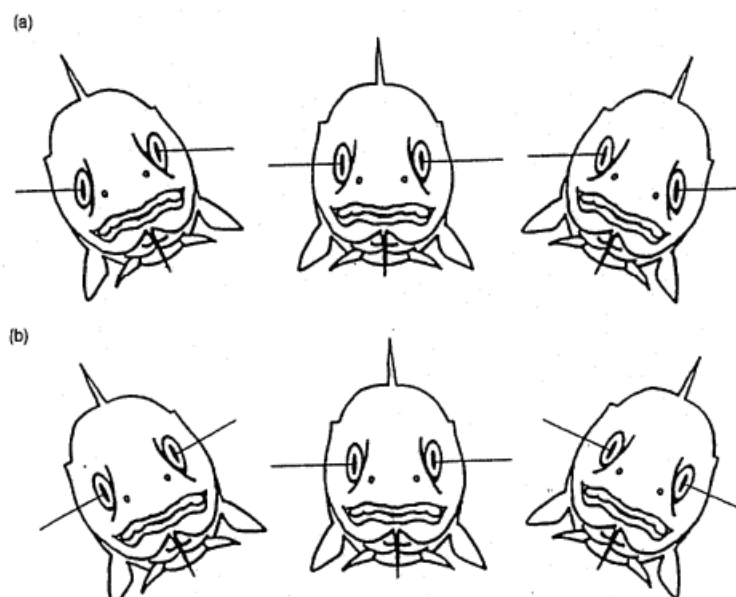
Figur 2.2: Anaerobisk metabolisme.

Evaluering av fiskekvaliteten utnytter pre-rigor tid som en indikasjon på hva den har vært utsatt for. Ved lang pre-rigor tid indikerer det at fisken har hatt et ustresset miljø under slakteprosessen, derimot kan kort pre-rigor tid tyde på at fisken til tider har vært utsatt for mye stress og muligens også utmattelse (Mejdell et al., 2009). Foruten å være en indikasjon på om fisken har vært stresset eller ikke, påvirker også pre-rigor tiden drypptapet, der væske siver ut av fileten og gjør at saftigheten i muskelen avtar (G. Bjørlykke et al., 2011).



Figur 2.3: Responsen til fisk som blir utsatt for forandring av O<sub>2</sub> opptak. Fisken går fra å være uavhengig av oksygen i omgivelsene, til å være avhengig av oksygenivået i omgivelsene (Richards, 2011).

<sup>v</sup>Glykolyse: En biokjemisk prosess der glukose gjennom flere trinn blir omdannet til melkesyre (Kierulf, 2013).



Figur 2.4: Øyerulling eller vestibulo-okulær refleks (VOR) på en levende (a) og mangelen på dette i en død (b) torsk (Kestin et al., 2002).

### Prosesser som påvirker kvaliteten på fisken

Transport er en av de viktigste prosessene for slakting av fisk. Når fisken fraktes er det ofte fare for trenging eller langvarig opphold med dårlig vannkvalitet (Mattilsynet, 2014), og da øker sjansen for at fisken skades ved manuell håndteringen eller pakking (Merkin et al., 2010). En av årsakene for at det oppstår dårlig vannkvalitet er dårlig vannutveksling i løpet av transportfasen. Hvilket resulterer i en opphoping av utskilt karbondioksid- og ammoniakk molekyler. For å opprettholde god vannkvalitet, må det være riktige verdier av parametere som pH, salinitet (saltinnhold), ammoniakk, ammonium, temperatur, oppløst oksygen, CO<sub>2</sub>, karbonat og alkalitet (Erikson et al., 1997).

Dersom fisken trenges under transport utløses stressresponser hos fisken (Mattilsynet, 2014; Slinde et al., 2013). Dette kan føre til utmattede muskler, produksjon av melkesyre, redusert pH og dermed økt forekomst av rigor mortis. Det at fisken klarer å tilpasse seg miljøet den oppholder seg i vil være en sentral faktor, da vannkvalitet og utenomliggende faktorer påvirker stressnivået (Mejdell et al., 2009). Ved å analysere fisken er det mulig å se på responsene ved miljøforandringer. Eksempler på dette er svømmemobilitet, gjellebevegelse, muligheten til å opprettholde likevekt dersom man snur fisken opp ned og øyebevegelse (Poli et al., 2005).

Levendekjøling kan ha en positiv innvirkning på kvaliteten ved at rigor mortis tiden blir betydelig lengere (Mejdell et al., 2006). Dersom fisken blir utsatt for levendekjøling, kan det ikke bli for store temperaturforandringer, temperaturfall ned mot fiskens nedre toleransegrense, eller for langvarig kjøling (Slinde et al., 2013). Kjølingen vil gi nedsatte responser (Mejdell et al., 2006), men ved langvarig eller for rask nedkjøling, kan fisken dø som følge av for lav kjernetemperatur (K.-A. Rørvik et al., 2001).

Merkin et al. (2010) har gjennomført et studie for å få oversikt over parametere som blir påvirket av stress. Der er det gjort analyser av parametere som kortisol, blodplasma, pH, melkesyre og CO<sub>2</sub> etter prosessering av fisken. Resultatet fra studiet konkluderte i at prosesseringen påvirker parametrene, og at det faktisk har en innvirkning på fiskekvaliteten, da det førte til et akselerert utbrudd av rigor mortis.

Bevis på god kvalitet på sluttproduktet er også mengde defekter, blodflekker, at fisken er fersk og kjøttkvalitet på fileten. En prosesslinje trenger gode kjøleegenskaper for å motvirke utviklingen av defekter og blodflekker. Etter at fisken er bløgget, vil den blø ut i et utblødningskar. Ved å ha et lavt stressnivå og lave temperaturer vil det ta lengre tid før blodet koagulerer, og utblødningen vil være bedre (Mejdell et al., 2006). Ved at fisken gjennomgår en sulteperiode før slakting, vil fisken tømme magen og kvitte seg med avfallsstoffer. Gjennom studiet har Ginés et al. (2002) konkludert med at det å sulte fisken i en gitt periode før slakting, medfører en ferskere filet og vil dermed gi et bedre kvalitetsprodukt.

## 2.4 Transport

Denne delen vil ta for seg en enkel forklaring og evaluering av teknikkene og utstyret som benyttes for å hente fisk opp fra merder/oppholdsdammer.

### 2.4.1 Trenging

For å hente fisken opp fra oppdrettsmerder benyttes ofte en kombinasjon av trenging og pumping. Trenging kan gjennomføres på flere måter, deriblant rektangulære og sirkulære vente- eller slaktermerder. Trenging er når fisken fysisk presses sammen i et forsøk på å kontrollere hvor den skal svømme, for eksempel mot en pumpeinngang (Midling et al., 2008). Langvaring trenging på 24 timer har vist betydelige negative effekter ved at post-mortem mykningen gikk raskere (Bahuaud et al., 2010). Det har blitt bevist at selv kortvaring trenging på 40 minutter ved like over 200 kg/m<sup>3</sup>, forårsaket en forandring av strukturelle proteiner og enzymer forbundet med energiproduksjonen. Dette antas å ha en sammenheng mellom sekundær og tertier-stressresponser innenfor energimetabolisme. Forandringene i energimetabolismen indikerte en forandring mot anaerobisk energiproduksjon, hvilket korresponderte med lavere pH-verdier i musklene og en kortere rigor mortis tid (Veiseth-Kent et al., 2010).

### 2.4.2 Pumping

Selv om pumping er en konvensjonell måte å hente opp fisken på, tyder forskning på at det har en svært negativ virkning på pre-rigor tiden, ved at det bidrar til et signifikant tap av pH i muskelene. Forsøke indikerer at pumping fører til en halvering av pre-rigor tiden, fra 24 til 12 timer (Roth et al., 2012) og 48 til 24 timer (Roth et al., 2009). Kombineres dette med at topografien tillater bruk av naturlig fall til fisketransport, besluttet det at pumper unngås og



kun grunnprinsippene for pumping av fisk utredes.

### **Vakuumpumpe**

Vakuumpumper kan få problemer da den gir ujevn og turbulent strømning som kan ha en utmattende effekt på fisken, selv ved så liten forflytningstid som 2 - 4 minutter (EFSA, 2009).

### **CWC-pumpe**

CWC-pumper er et godt alternativ i forhold til vakuumpumper. Pumpen sørger for god kontroll over vannmengden og at systemet til en hver tid vil være vannfylt, som gir lite utslag på skader hos fisken. På grunn av store vannmengder, vil ikke trenging lenger være problematisk og gir dermed lavere stressrespons hos fisken (Melbu Systems AS, 2005).

### **Mammut-pumpe**

Pumpen er mindre effektiv enn de andre alternativene, men gir en kontinuerlig og mer skånsom pumping. I tillegg pumper den fisken med langt lavere tetthet i avkastet (Midling et al., 2008). Mammutpumpen benytter luftstrømmer for å frakte fisken oppover, hvor lufteksponeringen har vist seg å ha en negativ innvirkning på fiskens velferd (EFSA, 2009).

#### **2.4.3 Rørtransport**

Det er gunstig om fisken er i stand til å snu seg i røret uten problemer, da mangelen på dette øker sannsynligheten for skader og stress. Å benytte en rørdiameter lik halve fiskelengden eller større, gir mulighet for at fisken kan snu seg og vil gi den minste stressresponsen ved transport i rør. Dersom vannhastigheten er på over tre til fire ganger fiskelengden, vil det motvirke at fisken svømmer motstrøms (Larsen, 1990).

## **2.5 Levendekjøling**

”Levende kjøling skal utføres uten for raske temperaturendringer eller for lav temperatur. CO<sub>2</sub> kan tilsettes under forutsetning av at god fiskevelferd kan dokumenteres gjennom hele prosessen.” (Forskrift om slakterier mv. for akvakulturdyr, 2014, §13).

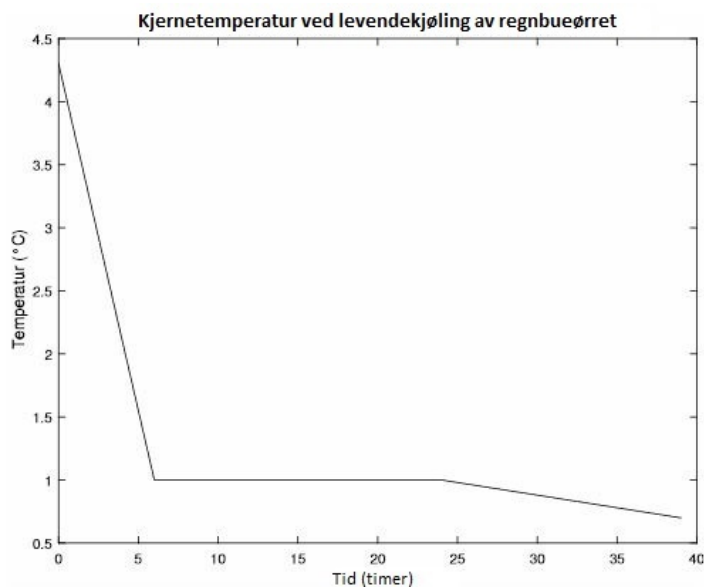
Hovedformålet med levendekjøling er å sørge for at rigor mortis tiden blir lengst mulig, samtidig som det sørger for å skape et beroligende miljø for fisken, og gjør den lettere håndterlig. I tillegg vil levendekjøling føre til bedre kvalitet på grunn av lavere aktivitet hos fisken. Ved lavere aktivitet vil det gi færre slagskader, mindre laktatproduksjon, pH-fall og filetgaping, lengre holdbarhet, og mer tid for filetering av fisken før intreffelse av dødsstivhet (Skjervold et al., 2001; Ådland Hansen et al., 2012, sitert av Slinde et al., 2013).

Fisken har en spesiell fysiologisk egenskap kalt poikilotermi, hvillket betyr at fisken kan tilpasse seg de lave temperaturene som den blir utsatt for, der gjellene vil fungerer som varmevekslere

(Kahn & Line, 2010). Ved en temperaturforandring fra 5-18 °C og ned mot 0 °C, kan det føre til en reduksjon av termisk energi i musklene, som er energi som brukes for muskelnedbrytning etter slakting (Skjervold et al., 2001). Dersom oppholdstiden ved levendekjøling er for lang, kan det derimot føre til at regnbueørreten når en dødelig høy grense relatert til osmose, som i verste fall kan føre til at fisken dør som følge av for lav kjernetemperatur (K.-A. Rørvik et al., 2001).

Forsøk har konkludert at dersom en fisk entrer et kammer der temperaturforandringen er for stor, vil det utløse responser relatert til stress (Slinde et al., 2013). Under transportering av fisk mellom forskjellige merder, kan det kan være en forskjell i både vannkvalitet og temperatur. Ved bråe temperaturforandringer lavere enn 0,5 °C, har det vist en økt fluktrespons på grunn av stress hos regnbueørret (Mejdell et al., 2006). For regnbueørret er det i tillegg en fare for at så mye som 25 % får vannfylt mage ved levendekjøling. Dette øker stressnivået, og kan måles med økt osmolalitet i blodplasma (Mejdell et al., 2006).

De siste årene har det blitt brukt en rekke løsninger for å implementere et steg i prosessen som skal berolige fisken. Et alternativene er å kombinere RSW-kjøling med addisjon av gass til tanken. Metoden baserer seg på at CO<sub>2</sub>- og O<sub>2</sub> - gass tilsettes i levendekjølingskaret, som gir nedsatte responser og i tillegg sedering av fisken (Mejdell et al., 2006).



Figur 2.5: Forandring av kjernetemperatur hos regnbueørret ved levendekjøling i sjøvann ved 0,5 °C (K.-A. Rørvik et al., 2001).

Ulempen med levendekjøling er at det kan forårsake sløvhet og utmattelse ved rask nedkjøling. Dette kan skape ringvirkninger i de senere prosessene og kan gjøre det vanskeligere å ensrette fisken (Mejdell et al., 2009). Hvis de fysiologiske egenskapene er påvirket, kan det gi nedsatt ensrettergrad som følge av at maskinene bruker fiskens instinkt for ensretting. Ved elektrisk bedøving og slagmaskiner er det ideelt om fisken kommer med hodet først, slik at fisken ikke

utsettes for unødvendig smerte eller skader (Mejdell et al., 2009).

## 2.6 Ensretting

All fisk skal bedøves før eller samtidig med avliving (Forskrift om slakterier mv. for akvakulturdyr, 2014, §14). For å bidra til et enklere maskindesign er det derfor nødvendig at operasjonsforholdene er så identiske som mulig. Ensretting av fisken vil sørge for at flest mulig fisk kommer inn i maskinen med samme retning, ofte hodet først. Ensretting av fisken benytter ofte de teoretiske prinsippene bak rheotropisme og lysguiding. Ved rheotropisme vil fisken på egenhånd bevege seg mot bedøvelsesmaskinen (He & Inoue, 2010; Royce et al., 1968), og ved å mørklegge ensretter-/adferdstanken (Mejdell et al., 2009) kan regnbueørretens søken etter lys for orientering brukes (Hawryshyn et al., 1990). For regnbueørret må strobelys med intensitet mellom 0.1 og 5  $iE/(m^2/s)$  unngås, da den har en tendens til å unngå lys i dette området (Anderson et al., 1998). Å ensrette fisken ved bruk av dens naturlige innstink i vann antas å redusere stressutviklingen, da det eliminerer manuell eller tvungen ensretting (Mejdell et al., 2009).

## 2.7 Bedøvelse

”Det er ingen enkel måte å komme med et konkluderende svar på spørsmålet om fisk kan lide, men når en tar hensyn til nåværende litteratur bør det tas med i betrakningen” (Branson, 2007). Flere forskere konkluderer med at det er overveiende sannsynlig at fisk oppfatter smerte eller føler frykt, og at det derfor er relevant å si at fisk kan lide (Chandroo et al., 2004; Sneddon, 2003). Dette er antageligvis hovedårsaken til at Forskrift om slakterier mv. for akvakulturdyr (2014, §14) dikterer at ”Fisk skal bedøves før eller samtidig med avliving og være bedøvd frem til døden inntre. Bedøving skal skje ved egnet metode som ikke påfører fisken vesentlig stress eller smerte. Om nødvendig skal fisken sederes eller immobiliseres på forsvarlig måte før bedøving”.

### 2.7.1 CO<sub>2</sub> og levendekjøling

CO<sub>2</sub> eksponering ble tidligere sett på som en habil bedøvelsesmetode, da fisk i motsetning til pattedyr og fugler benytter oksygenivået i blodet som regulator for respirasjonen (Midling et al., 2007). Det ble derfor antatt at fisken ikke oppdaget karbondioksidet i vannet, men ved å observere fiskens paniske reaksjon (Roth et al., 2006), er CO<sub>2</sub> antatt uforenelig med dagens velferdskrav (Midling et al., 2007). Dette har ført til at CO<sub>2</sub>, eller andre teknikker som blokkerer oksygenopptaket er forbudt i Norge etter Forskrift om slakterier mv. for akvakulturdyr (2014, §14). Laksenæringen spekulerer i om det finnes et karbondioksidnivå som sørger for at fisken blir tilstrekkelig sedert uten at den påføres betydelige mengder stress. Forsøk viser derimot at verdier høye nok til å bedøve, forårsaket tydelig stress, og verdier som ikke forårsaket stress,

heller ikke ga tilstrekkelig bedøvelse (Hjeltnes et al., 2010).

### 2.7.2 Elektrisk sjokk

Elektrisk bedøvelse benytter strømmens evne til å aktivere og depolarisere nerveceller slik at neurotransmitterne tømmes. Nervesystemet blir da utladet eller kortsluttet og fjerner dyrets evne til å motta, behandle eller sende informasjon (Midling et al., 2007). Manglende kunnskap om årsaker til slakteskader som for eksempel ryggknekk åpner for et behov for mer forskning på området. Det kommer likevel frem at utmattet fisk har mindre evne til å skade seg selv, og dermed minker andelen ryggknekk og blodflekker på fileten (Midling et al., 2007). Roth et al. (2003) undersøkte, og fant at graden av ryggknekk og blødning økte med styrken på enfase feltet og eksponeringstiden. Det er derfor anbefalt at styrke og lengde var tilpasset fiskens størrelse. I motsetning fant Robb & Roth (2003) ut at det er en sammenheng mellom styrke, lengde på elektrisk felt, hvor lenge og til hvilken grad fisken ble bedøvd. Dette betyr at skadefri bedøvings intensitet og eksponeringstid kan gi mangelfull bedøvelse.

Det er gjennomført forsøk på langvarig høyfrekvent sinusformet sjokkbedøving på ørret. Konklusjonen var at 60 sekunders eksponering med et 1000 Hz sinusformet felt, ved en styrke på 250 V/m<sup>vi</sup> rms var ideelt for bedøvelse av fisken (Lines et al., 2003). Teknikkene som benytter lang eksponeringstid for å sørge for tilstrekkelig bedøvd fisk, risikerer å bryte Forskrift om slakterier mv. for akvakulturdyr (2014, §14), ved at det antas at fisken påføres stress eller smerte under eksponeringsperioden (Hjeltnes et al., 2010). Hvilket er årsaken for at Mattilsynet (2014) råder at fisken skal miste bevissthet innen 0,5 sek. Seaside har derfor utviklet utstyr som benytter lameller for å føre strømmen så direkte som mulig gjennom hjernen (Figur 2.6), som ved rett driftsinnstilling bedøver fisken tilstrekkelig raskt (Mattilsynet, 2014).

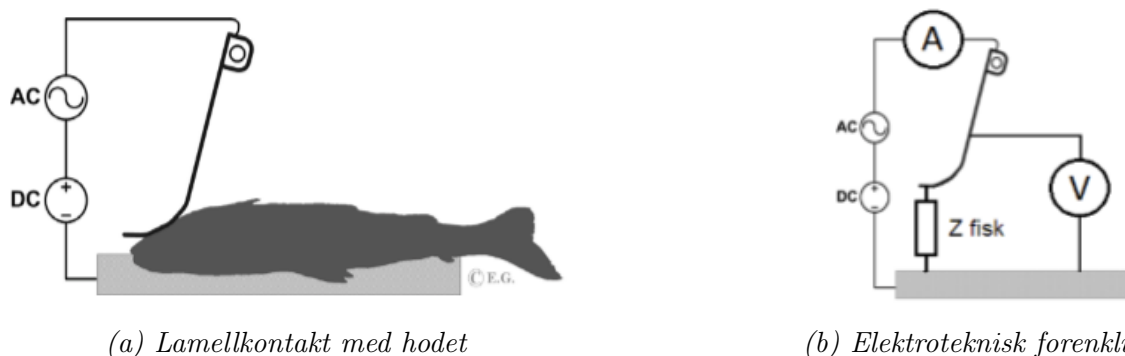
Det er gjort en rekke forsøk for å kartlegge hvordan disse innstillingene kan opereres best mulig. Dette er gjort ved å dele den elektriske impedansen av biologisk vev inn i tre frekvensavhengige spredningssoner (Schwan, 1994, 1984, 1963, sitert av Damez et al., 2007):

- Alpha ( $\alpha$ ) kommer fra polarisering av celleoverflaten og ionekanaler ved lave frekvenser.
- Beta ( $\beta$ ) kommer fra den kapasitive ladningen av cellemembraner og påvirker intern- og eksterncellulært rom over det lavfrekvente område elektrobedøvelse opererer i.
- Gamma ( $\gamma$ ) kommer fra biologisk vev ved høye frekvenser og er derfor ikke relevant for det lavfrekvente området elektrobedøvelse opererer i.

Impedansen er relevant da den påvirker disse tre parametrene hvor  $\alpha$  i hovedsak påvirker bedøvelsespotensialet ved at den stimulerer fiskens nerveceller (Grimsbø et al., 2016; Martinsen et al., 2000).

---

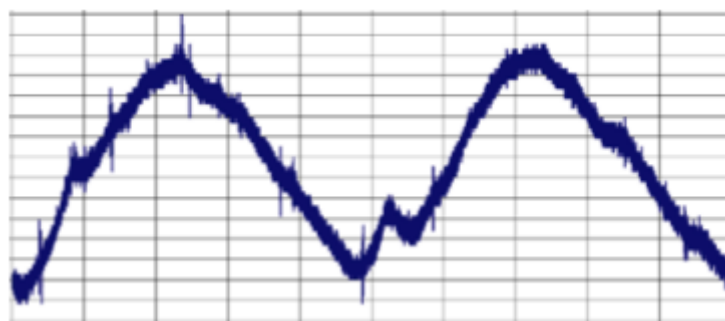
<sup>vi</sup>Volt pr. meter er benevnningen for elektrisk feltstyrke, der et elektrisk felt på 1 V/m er representert av en potensiell differanse på 1 V mellom to punkter som har en avstand på 1 m mellom dem.



Figur 2.6: Elektrobedøvelse med lameller, der fisken forenkles til å kun være en impedans (Slinde et al., 2013).

De høyeste impedansmålingene gjort for atlantisk laks (*salmo salar*) ligger i området mellom 60 til 800 Hz. Der det er vist at en frekvens mellom 70 til 100 Hz, er det optimale for å gi tilstrekkelig stimulering av hjernen. Det må nevnes at den ideelle frekvensen for bedøvelse og tilstrekkelig lang gjenopprettingstid for at fisken skal blø ut, også gir maksimal muskelkontraksjon og dermed risiko for skader som ryggknekk og blødninger (Grimsbø et al., 2016).

Forsøk viser at en kombinasjon av vekselstrøm (AC) og likestrøm (DC) gir gode fiskevelferdsmessige og kvalitetsmessige (med hensyn til skader) resultater. Det er gjort forsøk som viser en sammenheng med flere AC-frekvensområder, ofte kalt overharmoniske svingninger, og minkende skade (Slinde et al., 2013).



Figur 2.7: Overharmonisk vekselstrøm (Slinde et al., 2013).

Ved introduksjon av overharmoniske svingninger viser forsøk med 95 % konfidensintervall, at elektrobedøvelse av atlantisk laks med spenning på  $107 V_{rms}$  er en mer effektiv bedøvelse. Der 89 - 100 % er tilstrekkelig bedøvd, mot 80 - 100 % med slagbedøvelse ved et trykk på 0,1-10 bar. Ved bruk av overharmonisk elektrobedøvelse var det heller ingen tegn til skader på fisken (Lambooij et al., 2010).

Hovedproblemet med elektrobedøvelse ved rakkfiskproduksjon, er den varierende skaderaten som forekommer i forsøk på atlantisk laks, og manglende forsøk på regnbueørret. Grimsbø et al. (2014) har forsøk som konkluderer med at et høyfrekvent spekter ved lav dB og termisk

sjokk etter bedøvelse reduserer risiko for skade, men samtidig sørger for tilstrekkelig og lang bedøvelse. Det er likevel også rapportert omtrent 14 % skade (Grimsbø et al., 2014). Det er viktig å nevne at hva som er kravene for hva som skal klassifiseres som skadet fisk, ikke kommer frem i forsøkene. Det er derfor ingen måte å vite om det ville vært 14 % eller 1 % som ikke kunne selges.

### 2.7.3 Slagbedøvelse

Slaget bedøver ved at det skaper en trykkbølge som ”rister” hjernen og overbelaster neurotransmitterene som fører til tap av bevissthet (Roth et al., 2007). Manuell slagbedøvelse har vært praktisert lenge, men er svært arbeidskrevende og øker risikoen for øyeprolaps (Roth et al., 2007). Metoden er i tillegg dyr på grunn av kravet til arbeidskapasitet og sykdom som forbindes med stillingen (Midling et al., 2008). Slag er etter vurdering fortsatt ansett som en godkjent metode, hvilket har ført til at noen aktører tilbyr maskiner som gjør jobben.

Ved bruk av slagmaskin bør det eksistere rutiner for justering av maskinen ved varierende fiskestørrelse, samt manuell kontroll, eller annet system slik at det sikres at all fisk som går til bløgging, er tilstrekkelig bedøvd (Hjeltnes et al., 2010). Det kan argumenteres med at maskinen ikke klarer å treffe fiskens hodet like bra som mennesker, men tidligere undersøkelser har vist at slaget ikke nødvendigvis trenger å treffe 100 % korrekt for å få ønsket effekt. Også slag litt foran, bak eller til siden, for ideelt treffpunkt midt på hjernen, forårsaker bevissthetstap og de samme blødninger i hjernebassen og hjernen (Midling et al., 2007). Det er derimot viktig at slaget ikke gir fraktur da dette absorberer en del av slagenergien (Mattilsynet, 2014).

Mejdell et al. (2009) anser slagbedøvelse som et kvalitetsmessig godt alternativ opp mot elektrisitet da: ”Elektrisitet påvirker muskulaturen direkte, og potensiell pre rigor-tid vil alltid være kortere med elektrisk bedøving sammenliknet med slagbedøving ved ellers like forhold”.

### 2.7.4 Mulige fremtidige, men ikke godkjente metoder

#### Bedøvelsesmiddel (AQUIS)

Benyttes mye i Australia, New Zealand og Chile. Bedøvelsesmiddelet fremstår som et godt alternativ med hensyn til slaktekvalitet, men er ikke godkjent for oppdrettsfisk til human konsum i Europa på grunn av lukt og lang tilbakeholdelsestid<sup>vii</sup> (Sverdrup, 2005).

#### Karbonmonoksid CO

CO som sederingsmiddel kan benyttes da fisken ikke viser tegn til stressresponser ved begynnelsen av eksponeringstiden, samtidig som det å binde neuroglobin til CO under sedering kan ha en positiv effekt på fiskevelferden (G.A. Bjørlykke et al., 2012, sitert av G.A. Bjør-

---

<sup>vii</sup>”Tilbakeholdelsestid er tiden fra fisken er behandlet med et legemiddel til den kan slaktes. Dette er for å sikre at fisken ikke inneholder restmengder over maksimumsverdi” (Mattilsynet, 2015).

lykke, 2012). Det er vist at CO sedering før trenging, transport og elektrobedøving har godt potensiale da det også reduserer stress (G.A. Bjørlykke, 2012). CO fremstår som en mulig fremtidig bedøvelsesmetode, men har fortsatt en del uløste spørsmål, da den går i strid med Forskrift om slakterier mv. for akvakulturdyr (2014, §14), ved at det skaper oksygenmangel og hindrer celleånding (Hjeltnes et al., 2010). Dette gjør at teknikken så langt kun benyttes i forskningssammenheng (Slinde et al., 2013).

## 2.8 Bløgging

Forskrift om slakterier mv. for akvakulturdyr (2014, §14) påpeker at ”Fisk skal avlives umiddelbart etter bedøving, og det skal sikres at den er død før videre behandling. Fisken skal dø som følge av blodtap fra hjernen. Annen avlivingsmetode kan brukes dersom det kan dokumenteres at den er forsvarlig.” Ved å ta hensyn til forskriften, medfører dette at fisken må bløgges direkte etter bedøving, for at den skal dø som følge av blodtap. Stress og temperatur er hovedfaktorer for å få riktig utblødning av fisken (Mejdell et al., 2006). Bouck & Ball (1966) observerte gjennom sine studier en sammenheng mellom økt stressrespons og blodkoagulering hos fisk. Studiene ble senere forsterket av Casillas & Smith (1977) ved studier relatert til effekten av stress på blodkoagulering. Når blodet koagulerer vil det gi en lengere utblødningstid og resulterer i mer restblod og defekter i fiskefileten. Ved å holde et lavt temperatur- og stressnivå, kan det ta lengere tid før blodet koagulerer og utblødningen av fisken vil bli bedre (Mejdell et al., 2006). Utblødningen vil derimot ta lengre tid på grunn av den lave temperaturen (Mejdell et al., 2009).

For bløggemetoder er det fire alternativer som kan tas i bruk (Andreassen, 2012):

- *Ettsnittmetoden*: Kuttet går over åren som går fra hjertet til gjellene.
- *Tosnittmetoden*: Begge årene fra gjellene kuttet, men unngår åren fra hjertet.
- *Strupekutt*: Kutt gjennom kverken som følges helt ned på begge sider.
- *Gjellekutt*: Kutt av alle gjellebuene på den ene siden.

Det finnes både manuelle og automatiske bløggemaskiner. For at maskinen skal treffe midtlinjen og overskjære hovedblodkaret foran hjertet må fisken ligge på ryggen. Under visse omstendigheter vil det føre til at en andel av fisken ikke blir bløgget på korrekt vis, en løsning vil da være å gjennomgå en manuell bløggekontroll i etterkant (Mejdell et al., 2009).





### 3 Prosjekteringsmessige forutsetninger

Prosessanlegg for fiskeslakteri benytter en rekke mekaniske og manuelle løsninger som det er mulig å optimalisere, alt etter økonomisk tilgjengelighet, effektivitet og risiko for mulige sykdommer. Pr. i dag er utstyret på oppdrettsmarkedet mer egnet for produksjon ved stor skala. Dette gjør at det er utfordrende for mindre bedrifter å få en fot innenfor et marked som er i stor utvikling. Ved å øke produksjonen, bedre fiskevelferden og effektivisere prosessen, vil det gi bedre kvalitet på produktet (Greaser, 1986; G. Bjørlykke et al., 2011), og øke den totale omsetningen.

Noraker Rakfisk er lokalisert i Aurdal kommune, og har et anlegg for slakting og foredling av regnbueørret på beliggenheten. Ved å utnytte dagens produksjonsfasiliteter i størst mulig grad, er det mulig at kostnader ved utbygging og forbedringer holdes til et minimum.

Noraker Gård benytter manuelt arbeid i alle prosessene, med unntak av dagens bedøvelsesmetode hvor det aktivt brukes CO<sub>2</sub> som bedøvelsesmiddel. Dette er påvist å gi en økt stressutvikling hos fisk (Roth et al., 2006), og fører til et dårligere sluttprodukt (Mattilsynet, 2014).

I 2015 hadde anlegget en konsesjon på totalt 30 tonn rund fisk pr. år. Dersom det ønskes økt produksjon må det tilrettelegges for at oppdrettsanlegget oppfyller krav og reguleringer som er satt av kommunen og mattilsynet. CO<sub>2</sub> må byttes ut med alternative metoder; i tillegg må det gjøres en oppgradering av dagens avfallssystem og fremskaffes dokumentasjon på reguleringsbasert utslipp. Dersom reguleringene innfris, er det mulig å få økt konsesjon opp til 60 tonn rund fisk per år, en økning på 100 % fra dagens konsesjon. Konsesjonsøkningen vil gi flere slaktinger, uten nødvendige oppskaleringer, da dagens kapasitet på anlegget er tilstrekkelig for å håndtere økningen. På grunn av tidligere dårlig dokumentering på filtrering av avfallsvann, befinner det seg en intern diskusjon mellom Noraker og kommunen, som har ført til at det fortsatt er en søkeprosess om utvidet konsesjon.

Normalt gjennomføres 3 slakteperioder i løpet av et år, henholdsvis periodene desember til januar, februar til mars, og august til september. Produktet er sesongbasert, og produseres ut fra etterspørsel og ønsker for lagringsgraden på rakfisken. Til sammen utgjør slakteperiodene 28 produksjonsdager pr. år. Konsesjonsøkningen vil åpne for en økning i antall produksjonsdager, og i fremtiden kunne bli en del av et større marked i Norge.

#### 3.1 Dagens løsning på Noraker gård

Anlegget består av tre oppdrettsdammer (1,2,4) (Figur 3.1), der fisken mates til en tilfredsstillende størrelse. Den minste fisken fra dam 2 går direkte til dam 4 for å føres opp til et nivå som er akseptabelt for slakting. Når fisken skal slaktes, fraktes de til sultedammen (3) for å tømme fisken for avfallsstoffer. Siden sultedammen ligger lavere enn oppdrettsdammen, flyttes fisken mellom dammene med naturlig fall via rør med manuell telling.

Det benyttes et not som trenger sammen ca. 2100 fisk ved manuell stramming. Hver tømning av sultedammen varer i 10 minutter, hvor det hentes ut ca 350 fisk. De fraktes deretter til sedasjonshytten (5), hvor de utsettes for CO<sub>2</sub>-bedøving før de fraktes med traktor til slakteriet (6) (Figur 3.1).

Det er en vei mellom sultedam og slakteriet, som byr på problemer da fisken skal fraktes, og det ikke er mulig å installere et bakkeliggende rør.



Figur 3.1: Kart over Nordåker Gård (Fiskeridirektoratet, 2009).

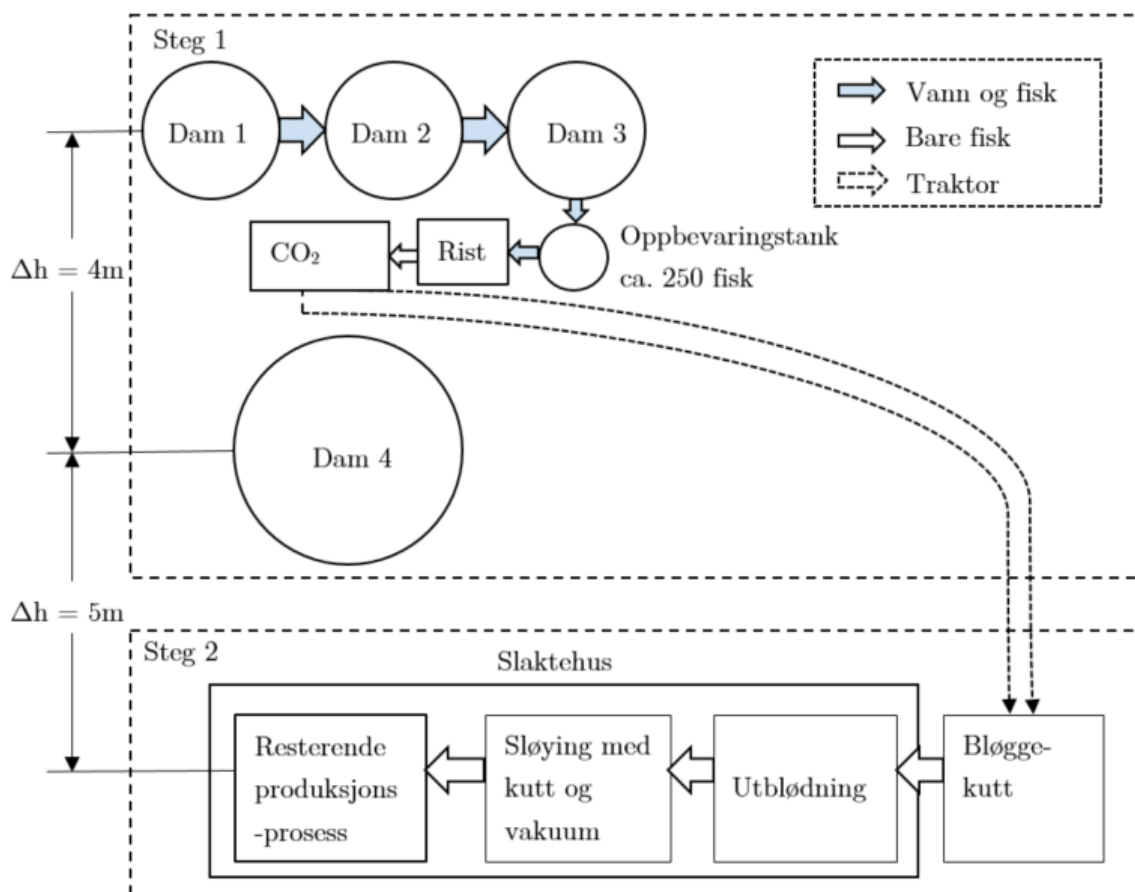


Figur 3.2: Noraker Gård (Google, 2010).



*Figur 3.3: Fugleperspektiv av Noraker Gård (Fiskeridirektoratet, 2009).*

Vannet som blir brukt i dammene har god kvalitet. Det velges derfor ikke å resirkulere eller rens vannet, som tilsvarer at det vil gå direkte til vannavløpet (avløpsbekk). Uttappingsrøret er plassert på siden av dammen, med en gitt høyde opp til vannoverflaten. Det er derfor ingen risiko for at slutedammen tømmes før nødvendig fiskemengde er hentet ut. Minstenivået i tanken kan bare nås dersom slusen lukkes for sent, og fører til et tap av vanntrykk og lavere hastighet på fisken ut av røret. I følge Noraker vil det tapte vannet i slutedammen fylles opp mellom hver uttapping, og dammen vil være full til neste tømming.



Figur 3.4: Beskrivelse av dagens løsning.

Når fisken tappes benyttes det manuell telling for å få riktig antall fisk ned til oppbevaringstanken. Det vil derfor aldri vil være full kontroll over hvor mange fisk som er i systemet til en hver tid. Dette kan i verste fall gi stor opphoping av fisk i slakteriet, hvilket øker risiko for dårlig fiskevelferd og redusert produktkvalitet (Mattilsynet, 2014; Greaser, 1986).

Når fisken er fraktet til utsiden av slakteriet gjennomføres det manuelle bløggeskutt før fisken legges i utblødningstanken. Arbeideren sluser fisken videres til sløyerommet, for så at innvollene suges ut med vakuum. Den resterende produksjonsprosessen består av rensing, raking og annen foredling av fisken.

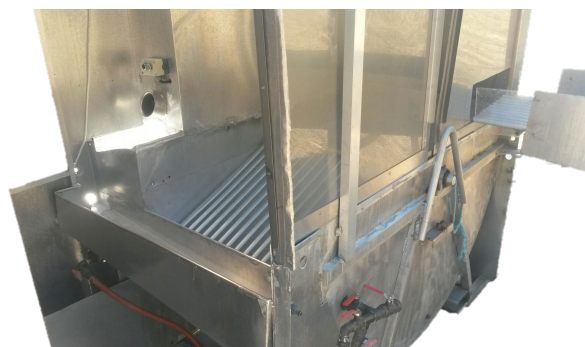
### 3.1.1 Dagens utstyr

Det ønskes at så mye som mulig av det eksisterende utstyret brukes i konseptutredningen. Noraker har derfor sendt bilder av en tank som kan justere trengingen med en roterende grind. Tanken blir i dag brukt som oppbevaringstank før manuell bløgging.

Det er også blitt sendt bilde av en utblødningskar rigg, hvor fisken legges for å blø ut. Der er det mulig å justere vinkelen på karene slik at fisken sklir ned mot arbeideren, som skal sprette fisken etter utblødning.



(a) Rigg oppsett for utblødningskar.



(b) Oppbevaringstank med mekanisk trenging.

Figur 3.5: Eksisterende tilgjengelig utstyr.

## - Relevante mål for utblødningskar:

- Høyde bakside: 1,94 m
- Høyde fremside: 1,65 m

## - Relevante mål for oppbevaringstank:

- Lengde: 1,75 m
- Bredde: 1,0 m
- Dybde: 1,1 m
- Bredde på utgangsrenne: 0,25 m

## 3.2 Problemstillinger

Gårdens layout, anleggets premisser og generell opprettholdelse av god fiskevelferd byr på noen utfordringer som må løses. Følgende kriterier og problemer belyses:

- Redusere stress og fremdrive god fiskevelferd for å øke kvaliteten (Merkin et al., 2010; Greaser, 1986).
- Fallhøyde på 9 meter fra sultedam til slakteri kan medføre store hastigheter i transportrøret.
- Veien som går mellom sultedam og hus må unngås, ved å enten legge rør under eller tilstrekkelig over bakken.
- Sørge for en enkel og stressreducerende måte å sende fisken inn i ensretter eller bedøvelsesmaskin.
- Dagens estetikk ønskes bevart ved å sørge for minst mulig endring i originalbygg.
- Sikre kontinuerlig prosessering, og god fiskevelferd ved en godt designet mottaksløsning.
- Unngå for mange bend da fisken kan skades (Mattilsynet, 2014).
- Bruke mest mulig av dagens utstyr for å redusere kostnadene ved utvikling av løsningen.

Prosessforløpet vil deles opp i fire steg for å skape en struktur i konseptutredningen. De vil videre benyttes for å sammenligne tekniske løsningsalternativer for hvert enkelt ”steg”.

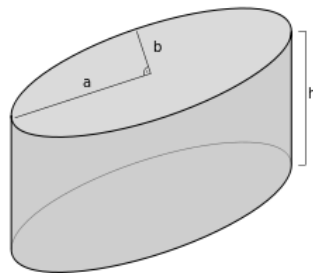
Transportfasen frem til slakteriet vil betraktes som *steg 1*, mottak av fisken i slakteriet som *steg 2*, ensretting av fisken som *steg 3*, og bedøvelse og bløgging som *steg 4*. De resterende prosessene i fiskeforedlingen skal etter ønske ikke forandres og er derfor ikke utredet.

### 3.2.1 Steg 1 - Transport av fisk

I henhold til søknad om konsesjon for uttak/regulering av vann til landbasert oppdrett (akvakultur), kapittel 2.2.9, skal vannbesparende tiltak vurderes og det skal redegjøres for hvorfor det ikke er aktuelt med resirkulering (RAS-anlegg) (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2015). Det er derfor nødvendig å utrede hvilke tiltak som kan gjøres for å redusere vannforbruket, da resirkulering regnes som for kostbart for fiskeoppdrett av denne størrelsen.

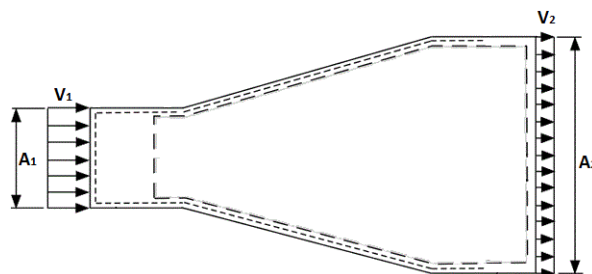
Sultedammen er tildels ellipseformet med en høyde fra vannspeilet til uttappingsrøret på  $h = 0,8\text{ m}$ . Volumet  $V$  av en elliptisk sylinder er gitt av formelen:

$$V = \pi \times a \times b \times h \quad (3.1)$$



Figur 3.6: Parametre brukt for å beregne volum av elliptisk sylinder.

Gitt at  $a = 9\text{ m}$  og  $b = 11\text{ m}$  (Figur 3.6), gir dette et tilgjengelig vannvolum på  $V = 248,8\text{ m}^3$ .



Figur 3.7: Illustrasjon av parameterne i kontinuitetsligningen for et rør som utvides.

Transporten mellom sultedam og slakteriet vil bruke rør for å transportere fisken, og det må derfor tas hensyn til at det kan oppstå store hastigheter og volumstrømmer. Ved beregninger

med en fallhøyde på totalt 9 meter, vil det gi en indikasjon på omfanget av problemet og en grov evaluering av fisketransporten.

Før friksjons- og singulærtap inkluderes er det ønskelig å beregne en teoretisk gjennomsnittshastighet for vannet i rørtverrsnittet  $v_j$ . Det ses bort fra at det er fisk i røret, da beregningene kun skal gi en indikasjon på hastighetene som oppstår.

$$v_j = \sqrt{2g \times z_r} = 13,3 \text{ m/s} \quad (3.2)$$

- $g$  er gravitasjonskonstanten som settes lik  $9,81 \text{ m/s}^2$ .
- $z_r$  er fallhøyden fra sultedammen til slakteriet, som er lik  $9 \text{ m}$ .

Dersom det legges rør direkte fra sultedam til slakteri, resulterer det i en vannhastighet gitt av Bernoullis ligning med friksjons- og singulærtap:

$$\frac{p_r}{\gamma} + \frac{v_r^2}{2g} + z_r = \frac{p_j}{\gamma} + \frac{v_j^2}{2g} + z_j + h_L + h_s \quad (3.3)$$

- $p_r$  er det hydrostatiske trykket ved sultedammen.
- $\gamma$  er spesifikk vekt for vann.
- $v_r$  er hastigheten fra reservoaret.
- $p_j$  er det hydrostatiske trykket ved slakteriet.
- $h_L$  er friksjonstapet i røret.
- $h_s$  er singulærtap.
- $z_j$  er høyden som slakteriet er på i forhold til sultedammen.

Reynoldstallet  $R_e$  beregnes med formelen:

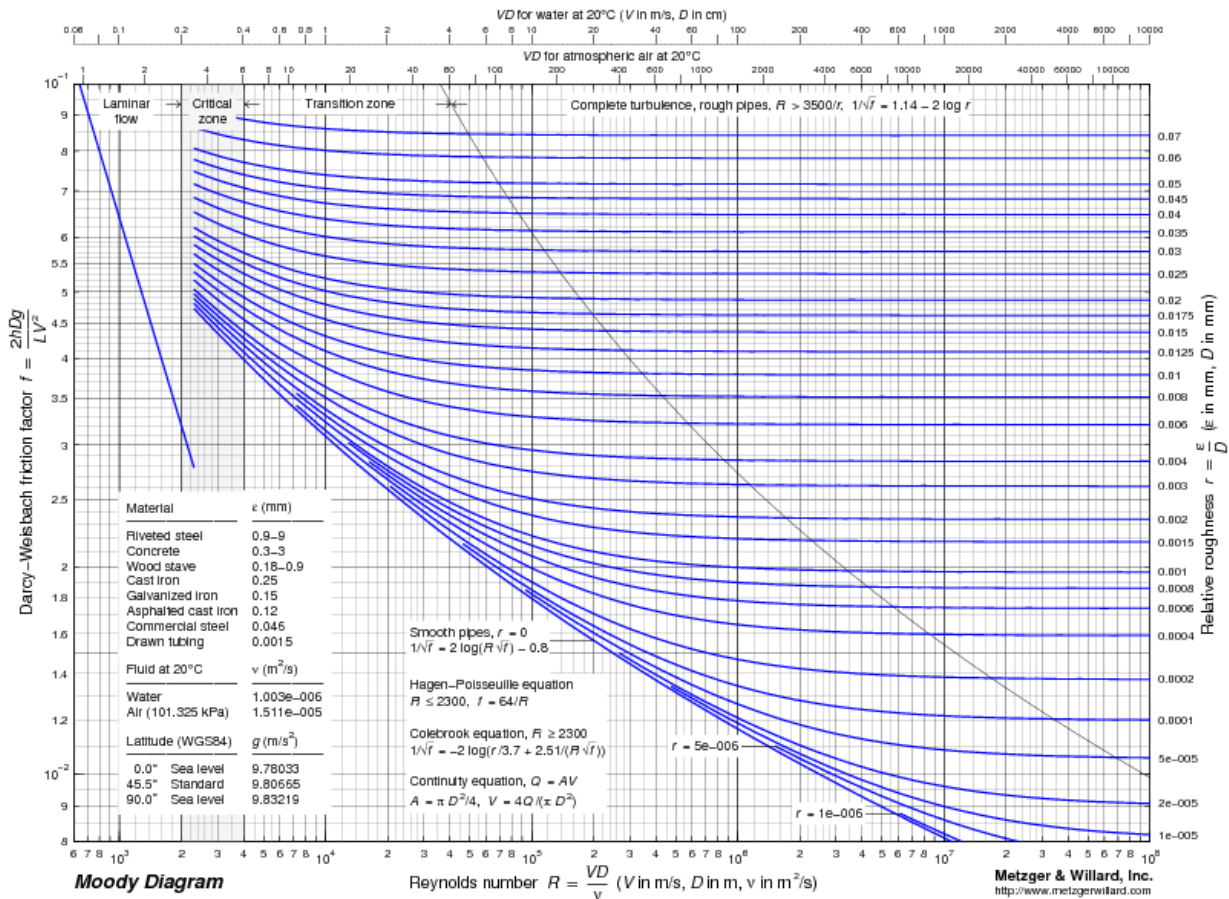
$$R_e = \frac{v_j D}{\nu} = 1,93 \times 10^6 \quad (3.4)$$

- $D = 0,2204 \text{ m}$ , og er diameteren på PE 250 (SDR17) rør som benyttes i dag.
- $\nu = 1,519 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ , og er den kinematiske viskositeten til vann ved  $5^\circ\text{C}$  (Finnemore & Franzini, 2001a).

Finner den relative ruheten  $r$ :

$$r = \frac{k'}{D} = 2,27 \times 10^{-4} \quad (3.5)$$

- $k' = 0,05 \times 10^{-3} \text{ m}$ , og er den absolutte ruheten for PE-rør (Pipelife, 2007).



Figur 3.8: Moody diagram.

Friksjonstapet beregnes med Darcy-Weisbachs ligning:

$$h_L = f \frac{L}{D} \frac{v_j^2}{2g} \quad (3.6)$$

- $f = 0,0145$  er friksjonsfaktoren, og er hentet fra Moody diagrammet (Figur 3.8).
- $L$  er lengden på røret og er lik 66 m.

Singulærtapene gis av formelen:

$$h_s = k \frac{v_j^2}{2g} \quad (3.7)$$

Der k-verdiene for jevne bend i PE rør er gitt av formelen:

$$k = 0,1 \times \sin(\sigma) \quad (3.8)$$

Det antas at løsningen vil benytte seg av to bend på 15° ( $k = 0,029$ ) og et bend på 30° ( $k = 0,05$ ) (Pipelife, 2002).



Når  $p_r = 0$ ,  $z_r = 9\text{ m}$ ,  $v_r = 0$ ,  $p_j = 0$ ,  $z_j = 0$  kan Bernoullis ligning forkortes:

$$z_r = \frac{v_j^2}{2g} \left( 1 + 0,0145 \times \frac{66}{0,2204} + 2 \times 0,029 + 0,05 \right) = 5,45 \frac{v_j^2}{2g}$$

Løser for  $v_j$ :

$$v_j = \sqrt{\frac{2g \times z_r}{5,45}} = 5,69\text{ m/s}$$

Da hastigheten er mye lavere enn den som er benyttet for å beregne friksjonsfaktoren, beregnes det en ny verdi for Reynoldstallet, friksjonsfaktoren og hastigheten:

Reynoldstallet bergnes  $R_e = 0,83 \times 10^6$  (Ligning 3.4), og ved bruk av Moody diagrammet (Figur 3.8) avleses friksjonsfaktoren til  $f = 0,0155$ .

$$z_r = \frac{v_j^2}{2g} + h_L + h_s = \frac{v_j^2}{2g} \left( 1 + 0,0155 \times \frac{66}{0,2204} + 2 \times 0,029 + 0,05 \right) = 5,75 \frac{v_j^2}{2g}$$

$$v_j = \sqrt{\frac{2g \times z_r}{5,75}} = 5,54\text{ m/s}$$

Feilkildene ved denne empiriske teknikken er såpass stor, at det ikke er nødvendig å beregne en ny friksjonsfaktor ved en så liten differanse.

Volumstrømmen  $Q$  i røret blir da:

$$Q = v_j \times \frac{\pi D^2}{4} = 211\text{ L/s} \approx 761\text{ m}^3/\text{h} \quad (3.9)$$

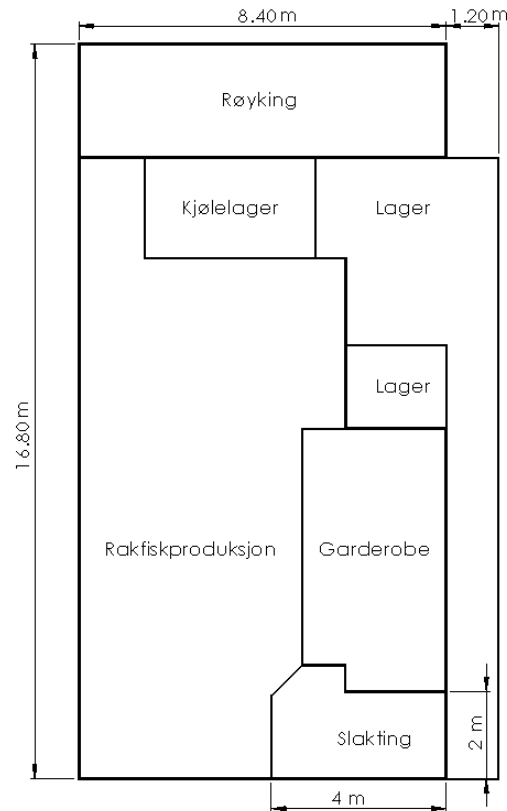
Det høye hydrostatiske trykket på bunnen av røret, den høye volumstrømmen og hastigheten byr på problemer. Regnbueørretens normale svømmehastighet under miljø der den ikke blir utmattet, ligger vanligvis rundt  $0,55\text{ m/s}$  (Wilson & Egginton, 1994). Kombineres dette med påstanden om at ønsket vannhastighet er rundt  $1,6\text{ m/s}$  ved å anvende tre til fire ganger fiskelengden (Larsen, 1990) på  $0,4\text{ m}$  (Åge Brabrand, 1988). Antas det derfor at den høye hastigheten påfører fisken stress. Det kan også utpekes at høy hastighet øker sannsynligheten for at fisken pådrar seg skader under transporten, spesielt ved bend og at fisken kommer inn på tvers i utsuget i dam. Designmessige problemer vil i tillegg forekomme med hensyn til vannforbruk, logistikk og størrelse på mottakstank eller lignende.

Da det beregnes hastigheter på  $5,54\text{ m/s}$  påpeker dette at det må utredes løsninger som kan motvirke hastighetstrenden.

### 3.2.2 Steg 2 - Mottaksanlegg ved slakteriet

Steg 2 tar for seg mottaksløsningene som benyttes ved transport av fisken til slakteriet, og det legges frem designløsninger for mottak av fisk. Ved design av tank, vil denne forsøkes

plasseres på innsiden av slakteriet, da det er ønskelig med minst mulig utstyr på utsiden, som kan forårsake sjenanse. Ved å designe en mottakstank med lav trengingsgrad vil dette redusere eventuelle stressresponser som kan oppstå (Midling et al., 2008; Bahuaud et al., 2010; Veiseth-Kent et al., 2010).



Figur 3.9: Plantegning av slakteri.

### 3.2.3 Steg 3 - Ensretting

Steg 3 legger frem løsningsforslag for ensretting av fisken før bedøvelse. For å få en effektiv ensretting, vil det være ideelt om fisken er så lite stresset som mulig (Mejdell et al., 2009). Dette forutsetter god fiskevelferd gjennom transportfasen (Mattilsynet, 2014), og vil føre til en større suksessrate av ensrettet fisk før bedøvelse (Mejdell et al., 2009). Dersom det brukes en ensretter vil fisken fra mottaksløsningen entre maskinen ved bruk av et transportbånd, renne, sluse eller en annen teknisk innretning. Fisken vil deretter fraktes videre til bedøvelsesmaksinen.

### 3.2.4 Steg 4 - Bedøvelse og bløgging

Steg 4 beskriver løsninger for bedøving og bløgging av fisken. Under denne prosessen er det sentralt at det opprettholdes god hygiene, og at det er et klart skille mellom rene og urene soner (Heir & Langsrud, 2013; L.M. Rørvik et al., 1997; L.M. Rørvik, 2000). Ved at fisken oppnår en høy ensrettergrad fra *steg 3*, gir dette en høyere suksessrate for korrekt bedøving, og medfører en enklere bløggeprosess for arbeiderne dersom det velges manuell bløgging. Fisken vil komme inn med hodet først fra ensretteren, for så at fisken blir elektro- eller slagbedøvet.

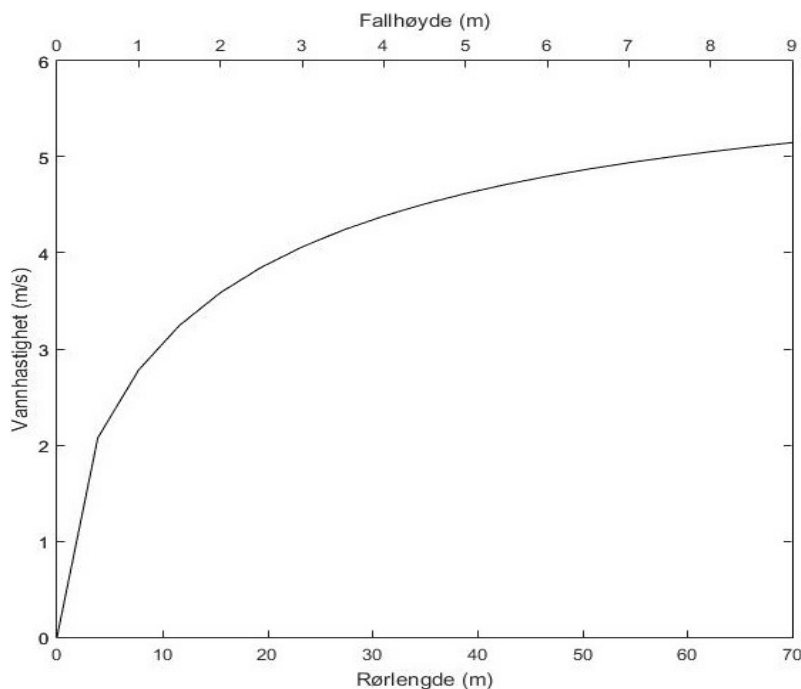
## 4 Konseptutredning

### Metode

Konseptutredningen benytter litteraturstudiet og enkle fluid-mekaniske beregninger (Figur 4.1), ved utvikling av konseptuelle løsninger for de gitte utfordringene. SolidWorks anvendes for å visualisere løsningene ved bruk av modeller. Informasjon om tilgjengelig utstyr vil innhentes fra leverandører. Der deres effektivitet og påvirkning vil bli evaluert ut fra tilgjengelig litteratur. Løsningene vil deretter vurderes opp mot hverandre ved hjelp av Pughs matrise (Pugh, 1991).

### 4.1 Steg 1 - Transport av fisk

Steg 1 tar for seg vannhastighetene og volumstrømmene i transportrørene. Ved for høye hastigheter og volumstrømmer, risikerer det at fisken skades (Mattilsynet, 2014), eller at sultedammen mister vanntrykket før tilstrekkelig mengde fisk er hentet ut. Beregninger er derfor gjort med økende fallhøyde og rørlengde, for å klargjøre hastighetstrendene.



Figur 4.1: Vannhastighet ved økende fallhøyde og rørlengde.

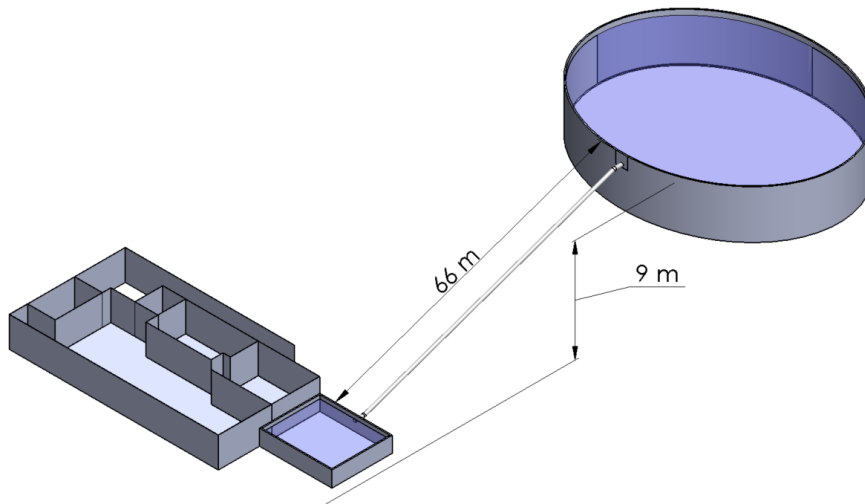
Alle de tenkte løsningene er designet med mottakstank kun for å illustrere rørgang. De forskjellige mottaksløsningene vil utredes i steg 2.

#### 4.1.1 Løsningsforslag 1A - Direkterør

I problemstillingene ble det påpekt at det er utfordringer ved bruk av direkterør med fallhøyden på 9 m, som medfører en vannhastighet på 5,54 m/s og volumstrøm 0,211 m<sup>3</sup>/s (Ligning 3.3 - 3.9). Fisk og vann tømmes raskere fra sultedammen, som krever at mottakstanken må

være tilstrekkelig stor for å bremse fisken og unngå skader. Det må likevel påpekes at som et resultat fra høye hastigheter og volumstrømmer, vil det gi et svært høyt vannforbruk. Dette anses ikke som miljøvennlig og er derfor uønsket (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2015). Det anbefales derfor at vannet pumpes tilbake og gjenbrukes ved store volumstrømmer.

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (4.1)$$

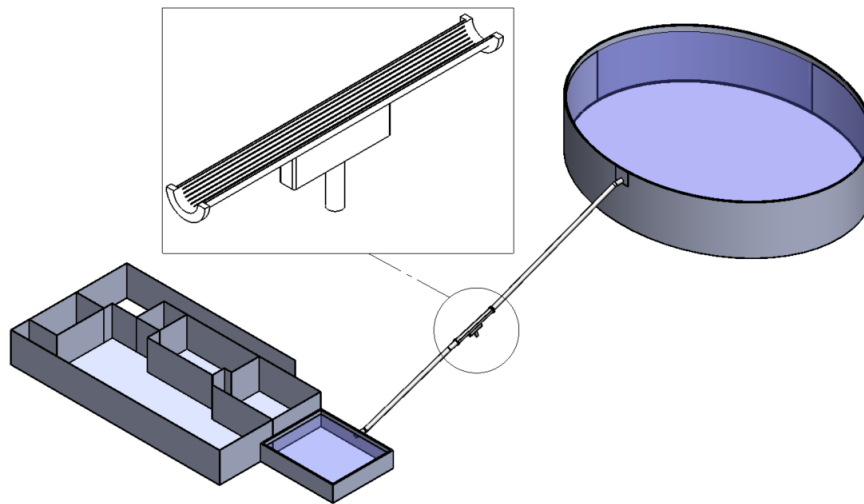


Figur 4.2: Modell av løsning med direkterør fra sultedammen til slakteriet.

#### 4.1.2 Løsningsforslag 1B - Direkterør med vannavskiller

Transport ved bruk av vannavskiller vil bidra til reduisering av vannhastighet og volumstrøm. Hastigheten til fisken reduseres, da den i mye større grad blir påvirket av friksjonen i røret. Vannavskilleren løser i tillegg det designmessige problemet med behandling av vann med høyhastighet. Ved å benytte lufting ved vannavskilleren, vil det oppnås atomsfærisk trykk. Dette gjør at undertrykket som ellers blir skapt på grunn av økt tverrsnittsareal forhindres. Fallhøyden som driver volumstrømmen ut av sultedammen reduseres da til høydeforskjellen mellom sultedammens vannspeil og vannavskilleren.

Det kan argumenteres at fisken utsettes for stress når den er eksponert for luft, men i følge Mattilsynet (2014) er det tillatt så lenge eksponeringstiden ikke overstiger 30 sekunder. Løsningen krever da en gjennomsnittshastighet på minimum 2,2 m/s for å krysse den 66 m lange strekningen på under 30 sekunder. Det må påpekes at 30 sekunder er maksimal lufteksponeringstid, og vil derfor ikke anbefales. Risten kan også plasseres nærmere slakteriet slik at eksponeringsstrekningen blir kortere. Det må bemerkes at lufteksponering vil utløse stressresponser, og kan gi nedsatt kvalitet på produktet (Mattilsynet, 2014; Poli et al., 2005).

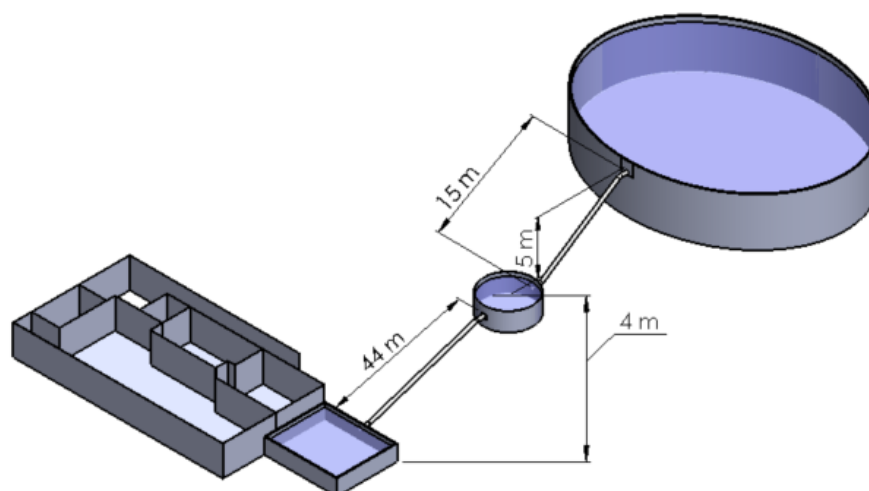


Figur 4.3: Modell av mottakstank og vannavskiller som sørger for redusert volumstrøm.

#### 4.1.3 Løsningsforslag 1C - Oppdeling av transportstrekningen med oppholdsdam

Det er mulig å dele opp transportstrekningen mellom sultedammen og slakteriet, for å redusere vannhastigheten. Ifølge en stortingsmelding fra Landbruks- og matdepartementet (2002), antas det at fisken stresser ned i ventemerde, og dermed gir bedre kvalitet. Likevel utredes det i følge Kristiansen & Samuelsen (2006), at fisken kan utsettes for påkjenning ved opphold i ventemerde, og det er derfor viktig å ha god vannutskifting i oppholdsdammen.

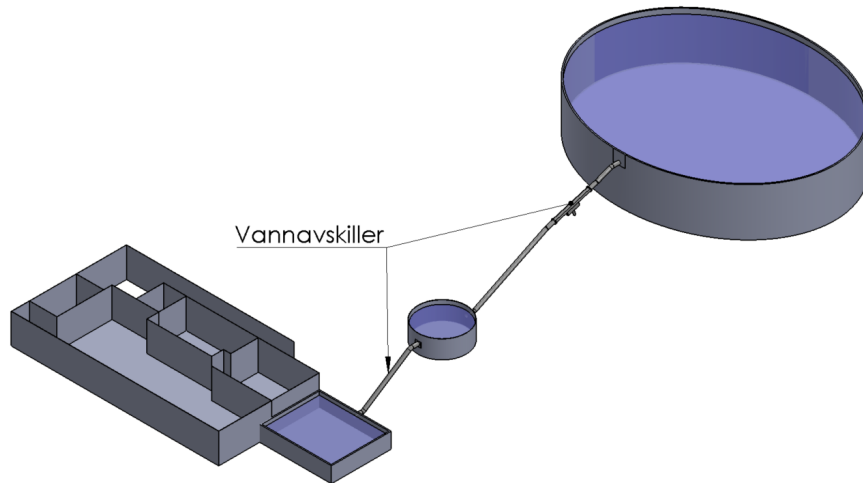
Det er også et alternativ å benytte oppholdsdammen som et levendekjølingskar. Dersom fiskemengden begrenses slik at fisken ikke blir værende for lenge i karet, vil ikke løsningen være skadelig for fisken (K.-A. Rørvik et al., 2001). Oppholdsdammen øker også sultekapasiteten, da fisken kan tømmes til sultedammen én dag tidligere, men krever at dammen har et overløp med friskt vann.



Figur 4.4: Modell av løsning med oppdeling av rør mellom sultedammen og slakteriet.

#### 4.1.4 Løsningsforslag 1D - Oppholdsdam med vannavskiller

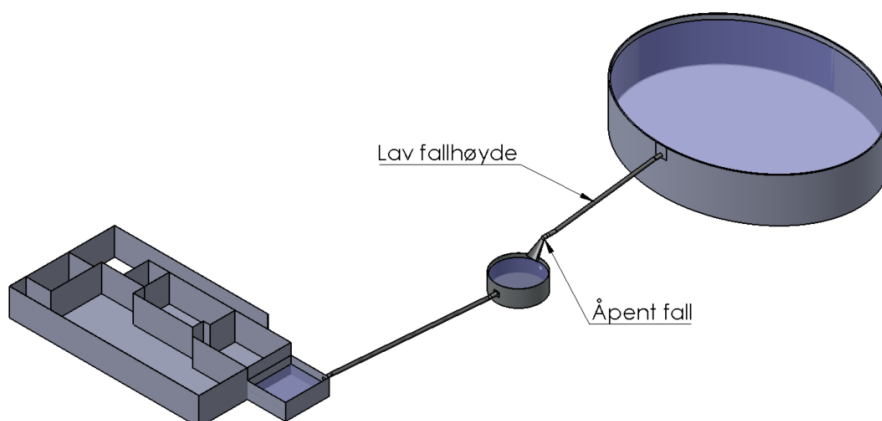
Da den store fallhøyden byr på hastighet og volumstrømprøblemer selv ved bruk av en mellomlagringsdam, kan en rist og oppholdsdam kombineres. Dette senker hastigheten og volumstrømmen uten bruk av flere dammer. Fordelen er at fisken har mulighet til å roe seg ned over natten i en levendekjøling-/oppholdsdam, etter at fisken har blitt eksponert for luft ved fjerning av vann over rist (Landbruks- og matdepartementet, 2002).



Figur 4.5: Modell av løsning med oppholdsdam og vannavskiller.

#### 4.1.5 Løsningsforslag 1E - Oppholdsdam med fall

For bedre kontroll over hastigheten, kan det brukes en oppholdsdam i tillegg til et åpent fall til dammen. Et åpent fall utnytter det samme prinsippet som en vannavskiller. Ved å bruke atmosfærisk trykk for å redusere volumstrømmen, er det også sørge for en enkel måte å beholde vannet og fisken sammen.

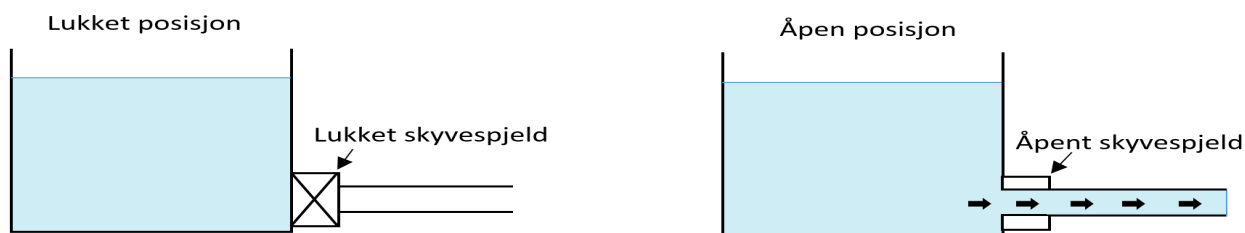


Figur 4.6: Modell av transport ved bruk av åpent fall til oppholdsdam.

Fallet kan skape problemer med hensyn til fiskevelferd. Dersom det brukes en renne fra utløpet til oppholdsdammen, vil det motvirke eventuelt skader som kan påføres fisken. Det vil også ha



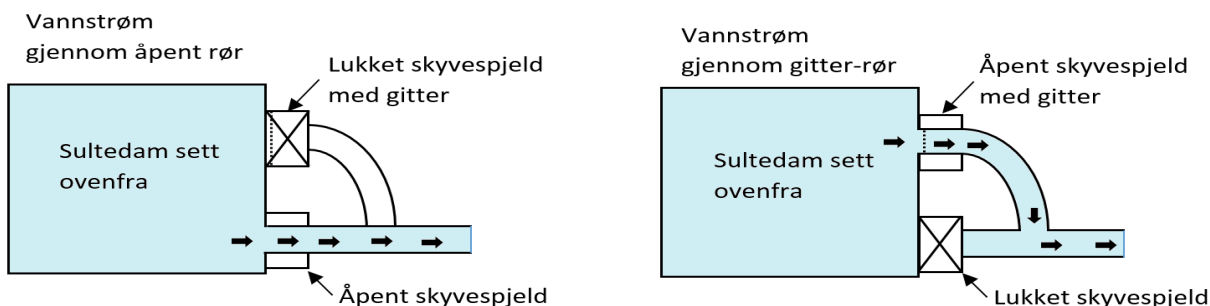
og tidkrevende å anskaffe. Det fremlegges derfor den manuell gitterløsningen med enkelt rør.



Figur 4.8: Utstyr på rør ut av sultedam.

### Gitterløsning med parallelle rør

For gitterløsning, er det også mulig å benytte parallelle rør. Det forenkler gjennomspylingen, slik at det kan gjøres oftere. Rør med gitter som er koblet i parallel med skyvespjeldventilen, gjør at ventilen kan lukkes, vann går gjennom gitterkoblingen og hinder fisken fra å gå inn i røret.



Figur 4.9: Løsning for fisk i parallelle rør. Gitter hindrer fiskegang og skyller ut røret.

Det gitterbelagte parallel røret stenges når fisken tappes i skyvespjeldrøret. Det er viktig at rørdelene er så korte som mulig, for å unngå at fisk sitter fast mellom inngang og samlingspunkt.

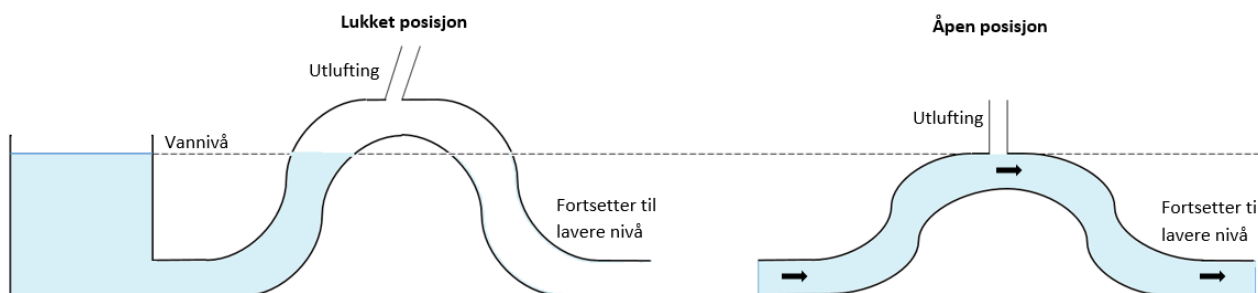
### Regulerbare rør

Da skyvespjeldene anses som en risiko for å skade fisken når de lukkes, er det nødvendig å utrede alternative løsninger for start og stopp av fisketømmingen, som ikke benytter skyvespjeld.

En svanehals med høyderegulering og utlufting på toppen gir skånsom start og stopp av fiskestrøm, samtidig som den sørger for at vannet og fisken tømmes ut av rørene. Løsningen kan enten designes ved at den er vriar eller elastisk, slik at luftlommen i vannlåsen kan gå under vannstanden i sultedammen. Utluftingen er der for å hindre hevertprinsippet<sup>1</sup> i å fortsette tømmingen.

<sup>1</sup>Det lavere trykket i det lavereliggende røret driver vann opp i røret som går oppover (Øyvind Grøn & Store Norske Leksikon, 2009)





Figur 4.10: Opp ned U-bend som fungerer som skånsom start og stopp av fiskestrøm.

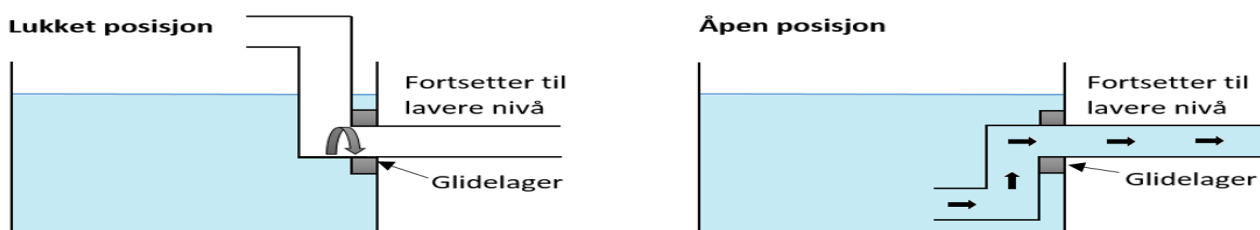
”Opp ned U-bend” vil gi fisk mulighet til å svømme inn i den åpne vannfylte delen. Da røret er for smalt til at fisken kan snu, gjør dette at det må være et manuelt nedsenkbart gitter på starten, som kan senkes ned og sørge for utskylling før lengre opphold som lunsj og avslutning på arbeidsdagen.

Det er også mulig å benytte et fleksibelt rør som er i sultedammen. I lukket posisjon vil røret ha åpningen over vannspeilet, slik at det kan gå luft gjennom og tømmes. Når sultedammen tømmes, vil vinsjen slippe den åpne enden ned i sultedammen slik at vann og fisk kan strømme gjennom.



Figur 4.11: Fleksibelt rør med høyderegulering som fungerer som skånsom start og stopp av fiskestrøm.

Ved å benytte et stivt rør som står i sultedammen, vil det i lukket posisjon ha en åpning over vannspeilet, slik at det kan gå luft gjennom røret og dermed tømmes. Når sultedammen tømmes, vil en motor som er koblet til rørdelen senke ned røret i sultedammen, slik at vann og fisk kan strømme gjennom. Røret kan ved tømning av sultedam stå både vertikalt ned og horisontalt, avhengig av hva som passer best sammen med benyttet løsning for trenging.



Figur 4.12: Stivt rør med høyderegulering som fungerer som skånsom start og stopp av fiskestrøm.

## 4.2 Steg 2 - Mottaksanlegg ved slakteriet

En kontrollert fiskestrøm kan oppnås dersom det benyttes en mottakstank ved slakteriet. Fisken kan akkumuleres, og det antas at man kan direkte regulere fiskestrømmen ved å variere trengingsgraden eller sluseåpningen. Størrelsen på mottakstanken bestemmes av volumstrømmen, og antall fisk som ankommer mottakstanken pr. tidsenhet. Ved å benytte utstyr eller en teknisk innretning, er det mulig å hente opp fisken fra tanken.

### 4.2.1 Hevet inntak

Bruk av et hevet inntak til slakteriet tilsvarer at røret må plasseres over veien. Det er den mest praktiske, og minst kostnadskrevenende løsningen, men det estetiske sammenfaller ikke med løsningen. Et hevet inntak gir ikke restriksjoner ved design av et mottaksanlegg for fisken. Det eliminerer også kravet om å ha en 90° retningsendring til mottakstanken, som gjør at fisken ikke skades ved transport (Mattilsynet, 2014).

Ved å separere rørdelen som går over veien, er det mulig å fjerne røret i periodene når det ikke er slakting. Dette vil likevel skape nye utfordringer ved at røret må plasseres tilbake igjen under slakting, og kan bli tidskrevende og øke kostnader.

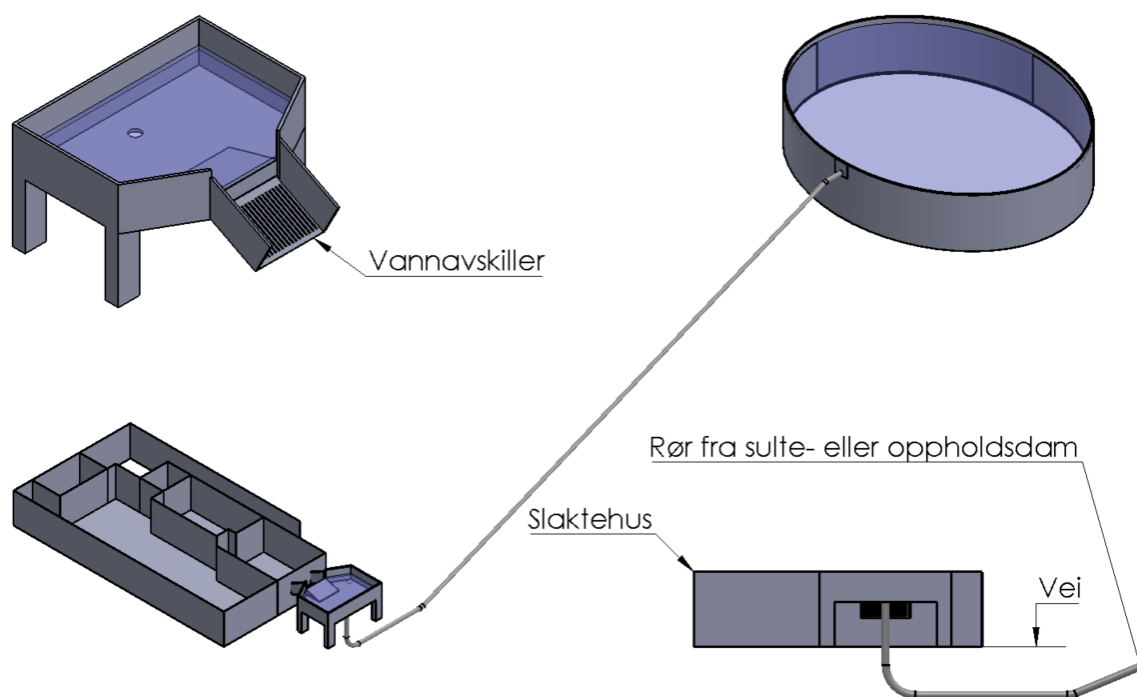
Takhøyden på slakteriet begrenser hvor høyt røret kan legges. Det betyr at metoden ikke gir noen annen fordel enn at den er billigere enn å grave ned røret. Dette skyldes at det nedgravde røret bøyes oppover og dermed minker høydeforskjellen og det hydrostatiske trykket.

### 4.2.2 Nedgravd rør

Et nedgravd rør bidrar til en løsningen på den estetiske og praktiske problematikken. Siden rørets sluttstykke må komme over bakkenivå, vil det gi restriksjoner ved design av mottaksløsning, og byr dermed på større økonomiske utgifter da røret må graves ned. Det må i tillegg tas hensyn til kostnader som leie av gravemaskin og søknad til kommunen for utbygging. Samtidig kreves det flere bend, som kan medføre at fisken pådras skader ved kollisjon i rørstykket (Mattilsynet, 2014).

### 4.2.3 Løsningsforslag 2A - Forhøyet mottakstank

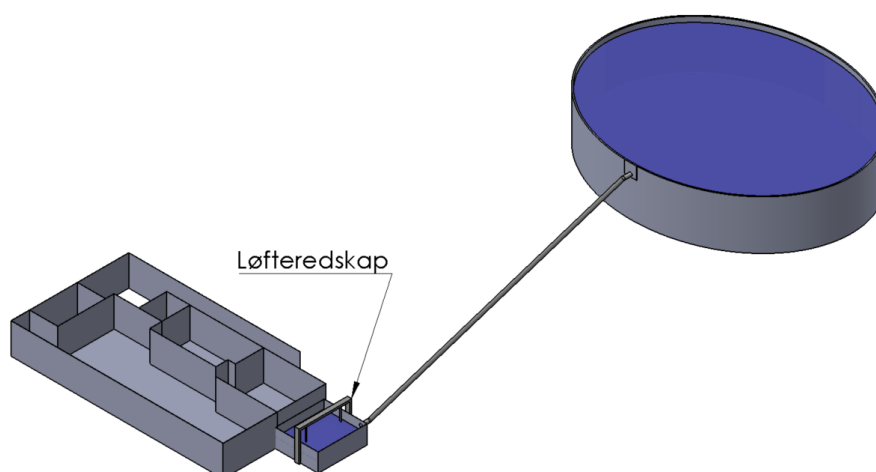
Dersom det benyttes direkterør eller oppholdstank i steg 1, kan fallhøyden på vannet utnyttes for å drive fisken og vannet opp i en tank som ligger over bakken. Det gjør at fisken enklere kan drives ned mot bedøvelsesmaskinen ved bruk av en renne/vannavskiller. Teknikken sparer kostnader da det ikke er nødvendig med løfteutstyr, ettersom det naturlige vanntrykket foretar løftet. Hvis tanken står på egne bein er disse nødt til å dimensjoneres riktig med tanke på blant annet brudd og knekking, hvilket gir et begrenset design, spesielt med tanke på kostnader. Det vil også ha en innvirkning på hvor stor tank det er mulig å bygge, da en tank som rommer 2100 fisk anses som meget kostbart.



Figur 4.13: Modell av mottakstank i slakteri med nedgravd rørledning.

#### 4.2.4 Løsningsforslag 2B - Nedsenket eller planert mottakstank

En nedsenket mottakstank vil eliminere behovet for en 90° retningsendring og redusere risiko for at fisken pådrar seg skader under transport (Mattilsynet, 2014). Tanken får heller ingen bruddmekaniske begrensninger, og har nok kapasitet til å romme 2100 fisk. Det vil likevel være nødvendig å designe eller kjøpe en innretning som henter fisken opp fra tanken, og transportere den videre. Eventuelt kan tanken lages høy nok til at fisken kan trenge opp mot et uttak som ligger høyere enn en ensretter eller bedøvelsesmaskin.

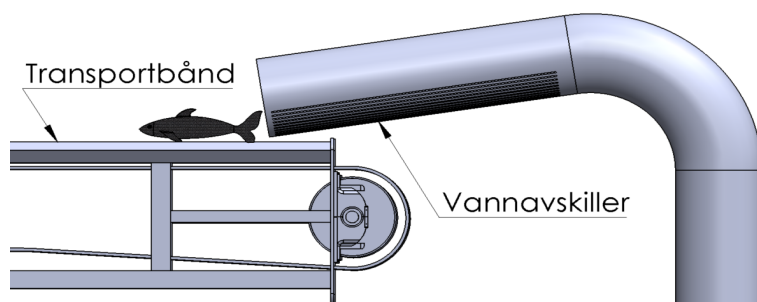


Figur 4.14: Modell av nedsenket tank i slakteri.

#### 4.2.5 Løsningsforslag 2C - Vannavskiller før bedøvelse

Dersom det benyttes en oppholdstank hvor fiskestrømmen ut fra tanken enkelt reguleres, kan fisken transporteres direkte fra oppholdstank til bedøver uten bruk av mottakstank. Løsningen vil spare plass og redusere behovet for utbygging.

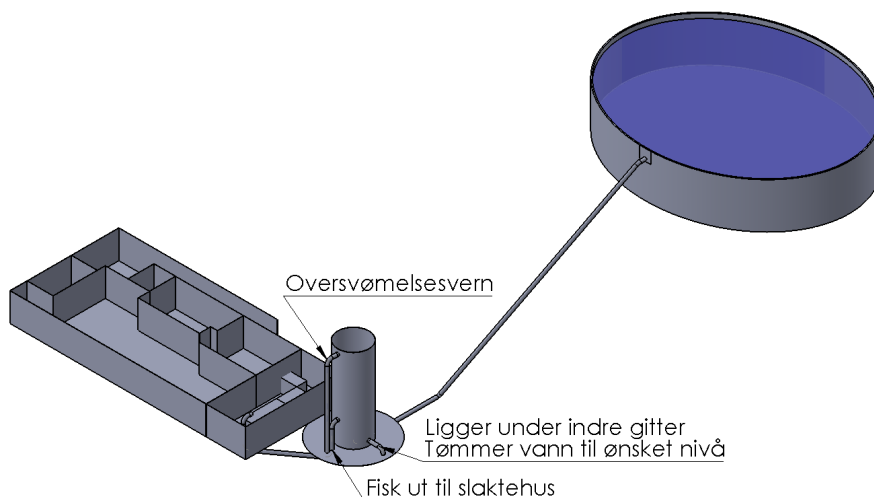
Det kreves god kontroll på fiskestrømmen, slik at overbelastning av bedøver, utsettelse for unødvendig lufteksponering og skader ved store vannhastigheter unngås. Ved å ikke ha en mottakstank kan det bli problemer med å beholde kontinuitet i prosessen, da det antas at fiskestrømmen ut av sultedammen er rask og diskontinuerlig.



Figur 4.15: Forenklet prinsippmodell av vannavskiller og transportbånd.

#### 4.2.6 Løsningsforslag 2D - Høy mottakstank

Fallhøyden kan senkes ved å bruke en høy mottakstank som fylles opp til et satt vannnivå, for eksempel 6 meter over slakterigulvet, før den fylles med fisk fra sultedammen. Fallhøyden blir da kun 3 m, og resulterer i en redusert vannhastighet.



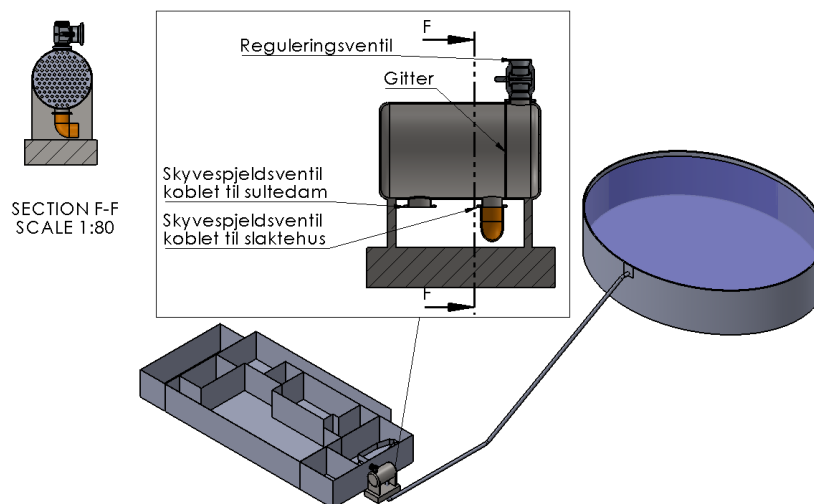
Figur 4.16: Modell av høy mottakstank ved slakteri.

Når fisk hentes ut fra tanken, tappes det vann ut gjennom en egen ventil som ligger under et gitter. På denne måten kan fisken trenge, samtidig som vanntrykket i tanken senkes fra 6 mvs.

til 2 mvs. uten at fisk hentes ut. Når fisken skal transporteres til slakteriet, vil fallhøyden være tilstrekkelig lav, slik at høye vannhastigheter motvirkes. Ved et størrelsesanslag på tanken, kan det tenkes at tanken fylles to ganger i løpet av dagen; ved lunsj og på slutten av arbeidsdagen. Ved en maksimal fisketetthet på  $25 \text{ kg/m}^3$  og et vanntrykk på 6 mvs., tilsvarer dette en diameter på 3 m.

#### 4.2.7 Løsningsforslag 2E - Trykktank

En lukket trykktank kan også brukes for å redusere vannhastigheten. Dette gjøres ved at tanken først fylles opp til trykket som enten sulte- eller oppholdsdammen har. For så å la fisken strømme fra en av dammene ved å åpne en reguleringventil bak et gitter, slik at fisken ikke kommer ut gjennom reguleringsventilen. Når trykktanken er tilstrekkelig full av fisk, vil skyvespjeldet lukkes, slik at den ikke er utsatt for trykk fra dammene. Deretter vil trykket reduseres ved å åpne reguleringsventilen.



Figur 4.17: Modell av trykktankoppsett.

Siden vann er en svært lite kompressibel væske, vil det ikke være nødvendig at mye vann strømmer ut av ventilen før trykket er tilstrekkelig redusert (Finnemore & Franzini, 2001b). Ulempene med trykktank innebærer at reguleringventilen bak gitteret vil ha høy vannhastighet, og øker derfor risiko for at den kan skade fisken (Mattilsynet, 2014; Larsen, 1990). Trykktanker er også ansett som veldig kostbare og kan utsettes for utmatting ved syklisk bruk som dette.

### 4.3 Steg 3 - Ensretting

#### 4.3.1 Melbu Systems

Melbus ensretter benytter det teoretiske prinsippet bak rheotropisme (He & Inoue, 2010; Royce et al., 1968). Systemet baserer seg på at fisken svømmer mot vannstrømmen og ned i

utløpet. Karet er i enkle trekk designet slik at utløpskanalene og vannkilden gjør at fisken ikke finner en gunstig plass å stå mot strømmen (Jensen, 2016). Melbus ensretter har høy grad av ensretting med totalt 96,7 % på forsøk gjennomført av veterinærinstituttet (Mejdell et al., 2006). Ensretteren benytter også enklere design sammenlignet med Baader Group, hvilket reduserer kostnader og nødvendig opplæring. Samtidig gjør det åpne designet det enklere med inspeksjon, reparasjon og rengjøring (Mejdell & Gismervik, 2009). Dersom det er en høyere fisketetthet i ensrettertanken, har dette en negativ effekt på ensrettergraden, men forsøket tok ikke hensyn til fiskens tilstand, så påvirkning av dette må ses på som en mulig feilkilde (Mejdell & Gismervik, 2009).

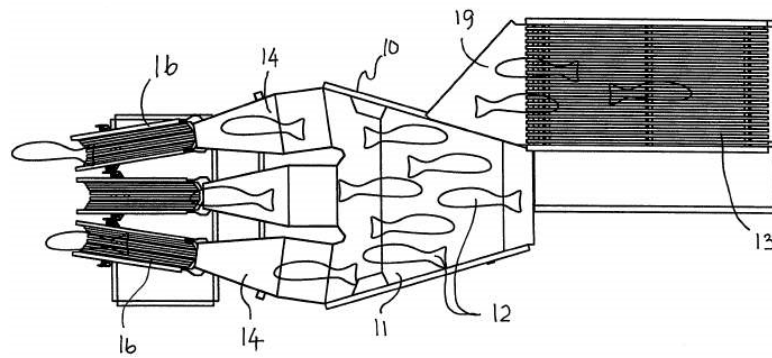


Figur 4.18: Ensretter fra Melbu Systems.

Designet av hva ensretteren prøver å oppnå (Jensen, 2016):

- Skånsom håndtering av fisken.
- Fisken ensretter seg selv.
- Det er ikke mulig for fisken å stille seg på tvers av utløp og blokkere dette.
- Fisken skal ikke finne en plass der det er gunstig å stå imot strømmen.
- Det skal være vanskelig eller umulig for fisken å snu seg når den først har entret utløpskanalen.

”Fiskedistribusjonsbordet (10) omfatter et vannfylt magasin (11) for oppsamling av fisk (12) som skal føres videre, innløp (19) for introdusering av fisk (12), en vannkilde for tilførsel av vann for dannelse av en vannstrøm, og en eller flere utløpskanaler (14) som er i fluidforbindelse med nevnte magasin (11). Fiskedistribusjonsbordet (10) omfatter videre et magasin (11) som er slik utformet at fisk (12) som svømmer fremover ledes inn i en av utløpskanalene (14) med hodet først; at vannkilden er slik orientert i forhold til utløpskanalen (14) at vannet strømmer fra magasinet (11) og mot og ut av utløpskanalene (14), og at vannkilden er slik plassert og



Figur 4.19: Prinsippskisse for ensretter fra Melbu systems (Jensen, 2016).

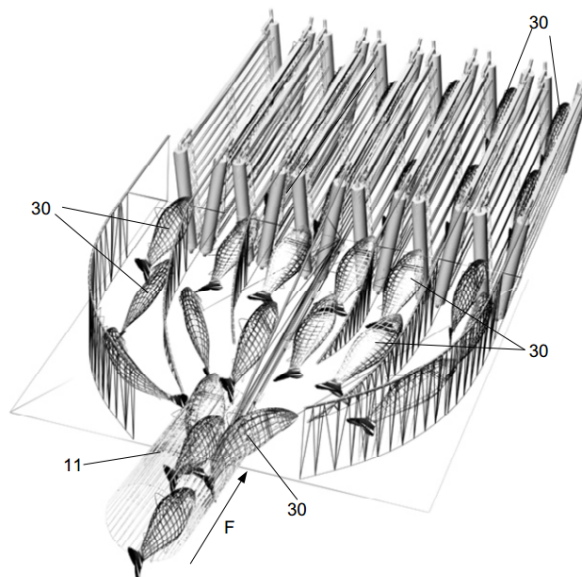
orientert at fisken (12) ikke finner en gunstig plass å stå mot strømmen” (Jensen, 2016).

### 4.3.2 SeaSide AS

SeaSides ensretter har et større fokus på å singulere fiskemengden og rette den med enten ryggen eller buken opp. Den benytter da et rør som gradvis blir elliptisk slik at fisken vris riktig vei, samtidig som det sørger for at det kommer en og en fisk.

Ensretterens mål er å (Kjølås, 2016b):

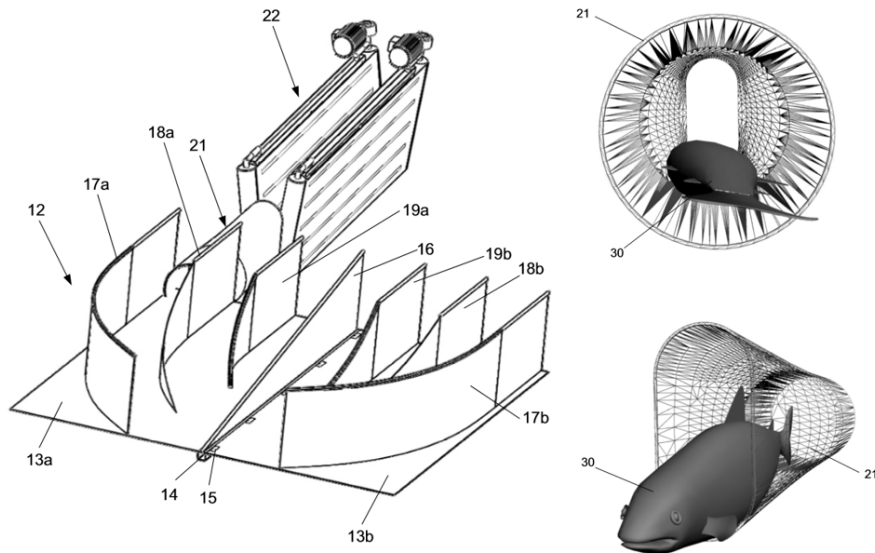
- Beholde fiskens lengdeorientering.
- Lengdeorientere fisk som kommer på tvers av fartsretningen.
- Separere fisk i lengderetningen.
- Separere fisk i bredden.



Figur 4.20: Prinsipp for ensretter fra Seaside (Kjølås, 2016b).

”System for foredling av fisk, hvilket system omfatter midler (12) for fordeling av en strøm av

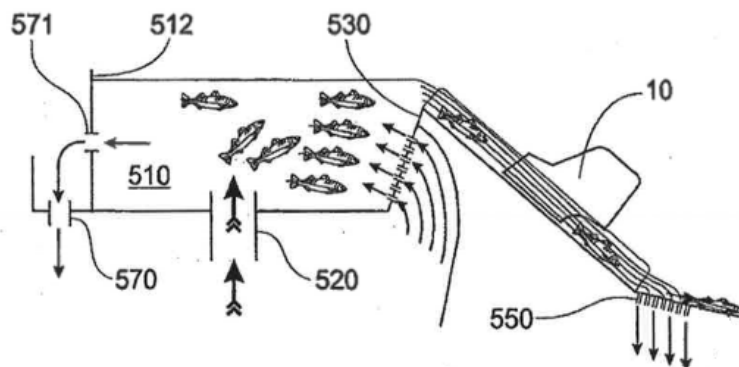
fisk (30), midler (20, 21, 26) for orientering og/eller singulering av fisk (30) og midler (22) for fiksering og transport av levende fisk (30), hvilket system er innrettet til å fordele en strøm av levende fisk (30), orientere og singulere den fordelte strømmen av levende fisk (30), samt transportere og fiksere den orienterte og singulerte fisken (30) for inngripen av eksterne enheter for behandling av den orienterte, singulerte og fikserte fisken (30).” (Kjøllås, 2016b).



Figur 4.21: Prinsipp for ensretter fra Seaside (Kjøllås, 2016b).

### 4.3.3 Baader - Swim-in

Seafood Innovations er blitt integrert inn i Baader Group som har resultert i ny navngiving på dagens produkter. Likevel bærer de preg av likt design som Seafood Innovations SI systemer, hvor SI-7C er navngitt Baader 101 (Baader Food Processing Machinery, 2016). Beskrivelser og forsøk fra SI-5 vil derfor benyttes for å undersøke Baaders produkter. For å ensrette fisken



Figur 4.22: Prinsipp for ensretter fra Baader (King, 2015).

benytter Baaders ensretter det teoretiske prinsippet bak rheotropisme (He & Inoue, 2010; Royce et al., 1968). Dette fører til en mer skånsom behandling av fisken, da det baserer seg på fiskens normale adferdsrespons, som reduserer stressrespons, øker fiskevelferd og kvalitet



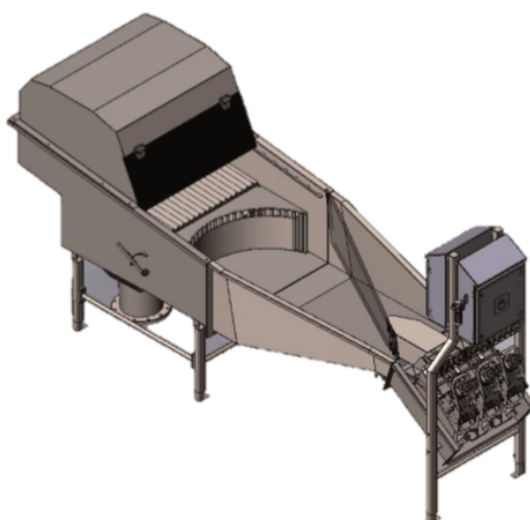
på sluttproduktet (Merkin et al., 2010; G. Bjørlykke et al., 2011). For å benytte seg av Baaders system forutsetter dette at fisken har normale reaksjonsevner, altså ikke svekket, sedert eller opplevd påkjenning fra langvarig trenging og røffe pumpesystemer (Mejdell et al., 2009). Ved lave vannmengder søker fisken mer aktivt å forlate karet, hvilket resulterer i større sikkerhet for at fisk som forlater karet er riktig orientert på vei ut. Den negative effekten av lav vannstand innebærer at fisken kan bli uvillig til å svømme frem. På en annen side vil høyere vannstand gi fisk som mer aktivt søker mot utgangene, men risikerer at svak fisk passerer passivt ut med buken opp (Mejdell et al., 2009).

## 4.4 Steg 4 - Bedøvelse og bløgging

”Pr i dag er slagbedøvelse (slag mot hodet) og elektrobedøvelse mest aktuelt for de tradisjonelle oppdrettsartene (laks, ørret, regnbueørret, røye, torsk)” (Mattilsynet, 2014).

### 4.4.1 Baader 101

Baader leverer komplette løsninger med ensretter, slag og bløgging, der ensretteren enten er automatisk eller manuell. Slagmaskinen benytter en slagbolt med lav vekt, der et trykk inntil 8 bar driver boltene med høy hastighet mot midten av fiskens hode. Maskinen har flere innstillinger for å ta hensyn til variasjon i fiskestørrelse (Mejdell et al., 2009). Hver manuelle enhet har muligheten til å levere fra 30 fisk/min, hvor fisken blir plassert inn i slagmaskinen med hodet først.



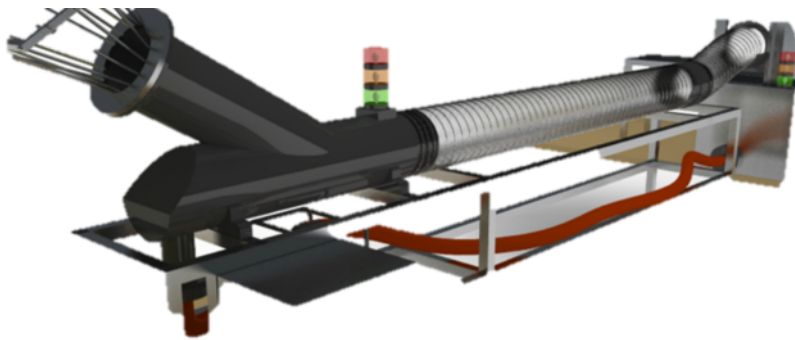
Figur 4.23: Baader 101 slagbedøver med avvanning og manuell mating (Vedlegg B.1).

Det automatiske ”swim-in” systemet tar i bruk fiskens instinkt til å selvstendig svømme motstrøms inn i bedøvelseskammeret (Royce et al., 1968; He & Inoue, 2010; Baader Food Processing Machinery, 2016). Ved å benytte et standard 4-kanal system kan ”swim-in” systemet levere mellom 50-60 fisk/min (Baader Food Processing Machinery, 2016). Forsøk gjort på

bedøvelseseffektiviteten til en prototype for regnbueørret hadde en bedøvelseseffektivitet på 90,7 – 96,3%. Mangelen på bedøvelse antas å komme fra fisk som enten kom med sporden først, opp ned eller noen tilfeller der ekstremt stor fisk ikke ble bedøvet (Summerfelt et al., 2005).

#### 4.4.2 Humane Stunner Universal (HSU)

”Humane Stunner Universal” (HSU), er en elektrobedøver som bedøver fisken i vann i løpet av ett sekund, slik at den imøtekommer EUs reglement om god fiskehelse (Ace Aquatec, 2016). Fordelen med utstyret er at bedøvelsen skjer i rør, hvilket antas å reduserer stress forbundet med transport, ensretting og avvanning, og vil forenkle prosesslayouten (Mattilsynet, 2014). Fraværet av bevegelige deler forenkler vedlikehold og driftssikkerhet, spesielt i kalde omgivelser. Den benytter også en kombinasjon av AC og DC pulser i et bredt spekter av frekvenser, spenninger og tidsintervaller, slik at det oppstår overharmonisk vekselstrøm for best mulig og skadefri bedøvelse. Maskinen er også portabel slik at utleie eller co-investering i utstyret er mulig (Ace Aquatec, 2016).



Figur 4.24: Humane Stunner Universal (HSU) fra Ace Aquatech. (Ace Aquatec, 2016)

#### 4.4.3 Stansas #1 - Elektrobedøver

Stansas elektrobedøver benytter lameller for å sørge for at fisken er eksponert for strømmen så kort som mulig, før bevissthetstap inntreffer. Lamellene leder strømmen direkte til hjerne, og sørger for at fisken blir utsatt for en spenning intill ca. 50 volt i minst 0,1 sekund (Kjølås, 2016a). Bedøvelsesmaskinen er ikke utstyrt med noen form for ensretter på forhånd. Dette gjør at noen fisk kan komme inn med sporden først, og dermed utsettes for strøm en periode før den bedøves, hvilket antas å påføre fisken smerte (Mejdell et al., 2009). Elektrobedøving virker som en pålitelig teknikk med tanke på fiskevelferd dersom fisken ensrettes, men brukbarheten ved rakfiskproduksjon må vurderes da skaderater rundt 14 % kan oppstå (Grimsbø et al., 2014). Det må igjen nevnes at ingen av forsøkene beskriver hva kravene for å klassifiseres som skadet fisk er, dette gjør at skadeomfanget og påvirkningen på sluttproduktet ikke er klar.

Det anbefales daglig vask og ukentlig syrevask av lameller for å hindre belegg som øker den elektriske motstanden (Mejdell et al., 2009).



(a) Stansas #1 med tre bedøvelseskanaler i lukket bedøvelsesmodus.



(b) Stansas #1 i åpen modus for enkel rengjøring

Figur 4.25: Stansas #1 elektrobedøver.

#### 4.4.4 Stansas #12 - Slag- og bløggerobot

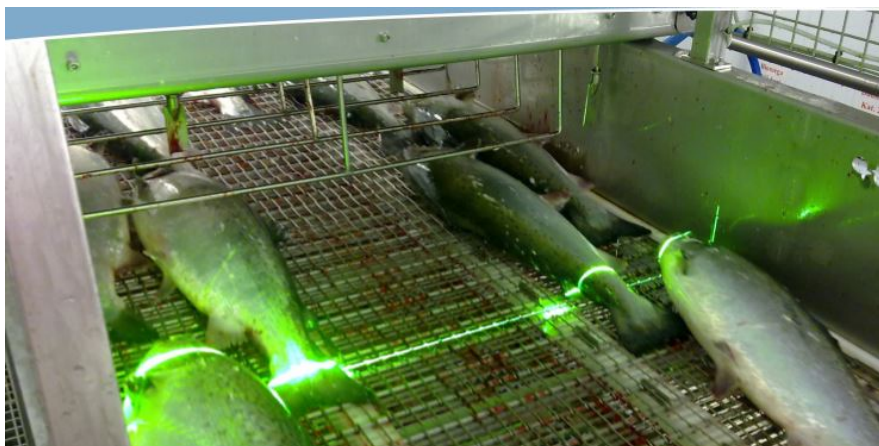
Slag- og bløggeroboten bruker stikk samtidig som slag (Vedlegg B.2). Stansas #12 kan leveres med 3 forskjellige slaghoder: Konisk med butt ende, spiss ende for penetrering av hjernebarken, og avrundet flat hammer. Forsøk viser at den flate hammeren er den mest effektive og resulterer i best fiskevelferd, da den overfører mest kinetisk energi og sikrer at hjernen "ristes" tilstrekkelig. På grunn av det store overflatearealet til hammeren bidrar den til større sikkerhet for at slaget treffer ideelt punkt midt på hjernen, da maskinen ikke kan regnes som helt presis (Roth et al., 2007).



Figur 4.26: Stansas #12 slag- og bløggerobot med stikk samtidig som slag fra SeaSide (Vedlegg B.2).

#### 4.4.5 Stansas #15 - Bløggerobot

Ved bruk av kameraskanning dannes et 3D-bilde av fisken. Et bløggestikk kan da plasseres uavhengig om fisken kommer med hodet eller sporden først (Vedlegg B.2). Maskinens hastighet er 1 fisk/sekund, der den i tillegg til bløgging, teller antall og vekten pr. fisk som har vært gjennom (SeaSide AS, u.d.).



*Figur 4.27: Stansas #15 - Bløggerobot (Vedlegg B.2).*

## 5 Pughs matrise - Sammenligninger og anbefalinger

Sammenligning av løsningene vil benytte en tabell som kvantitativt avgjør den totale scoren til hver enkelt. Gjennom funnene gjort i litteraturstudiet forsøkes det å gi en god begrunnelse for score, vekting og kriterier som er brukt. Dette er gjort for å sørge for tillit til valgene og at evalueringsprosessen er lett sporbar (Jordanger et al., 2010).

### 5.1 Vurderingsparametere

Pughs matrise benyttes for å avgjøre hvilken løsning i hvert enkelt steg som egner seg best. Vurderingskriteriene vektet deretter prosentvis med en score for hver enkelt (Pugh, 1991), og stilles ovenfor følgende kriterier:

- Pris
- Fiskevelferd
- Brukervennlighet
- Hygiene

Den økonomiske evnen til småskala produksjonsanlegg er lavere enn storskala produksjoner. Det er derfor viktig at løsningen som anbefales ikke har for høye kostnader.

Best mulig kvalitet på sluttproduktet er et resultat av tilretteleggelse for god fiskevelferd gjennom produksjonslinjen. Eksempelvis stressutvikling ved transport og behandling, og eventuelle skader som kan oppstå ved rørtransport (Merkin et al., 2010; Greaser, 1986). Fisken selges pr. kg, og drypptapet vil være en faktor som også har en innvirkning på den økonomiske gevinsten. Det vil være avhengig av pre-rigor tiden, som igjen er sammenfallende med fiskevelferden (G. Bjørlykke et al., 2011). Fiskevelferd vil også dekke hvordan løsningene påvirker hvor lett fisken er å selge med tanke på skader og feil. Mattilsynet (2014) sitt ønske om tilretteleggelse for god fiskevelferd gjennom hele slakteprosessen, bidrar også til fokus på å redusere stress og risiko for skader.

En effektiv og kostnadsbesparende produksjonslinje er avhengig av at brukervennligheten til prosessene er god. Kapasiteten til anlegget i forhold til antall arbeidere, krever at utstyr er lett håndterlig. Eksempelvis er det mer tilfredsstillende dersom det er et automatisert system som sparer personell.

Et stort risikoområdet for produksjonsanlegg for mat er bakteriell smittefare, og god hygienepraksis gjennom hele prosessen kan motvirke smitte (Heir & Langsrud, 2013; L.M. Rørvik et al., 1997). Det er derfor viktig med oppdeling av rene og urene soner (Lekang, 1998), og enkel rengjøring av maskinelt utstyr (L.M. Rørvik, 2000).

Det er unødvendig å inkludere utvidelsespotensialet som en faktor, selv om det er stor sannsynlighet for økt konsesjon. Anlegget har kun 28 slaktedager pr. år. En utvidelse vil

dermed bare føre til en økning av antall slaktedager, men påvirker ikke prosesseringskapasiteten til anlegget.

Løsningene vil rangeres på en skala mellom 1-10, der 1 er dårligst og 10 er best. Vurderingskriteriene vil også vektet forskjellig for stegene. Relevansen vil også vektet forskjellig for hvert steg, multipliseres med scoren til løsningen og ha en totalsum på 1.

## 5.2 Vurdering av steg 1 - Transport av fisk

### Relevans

Brukervennlighet er rangert høyest i *steg 1* på grunn av ønsket om et mer automatisert system. Fiskevelferd er også ansett som et viktig kriterium, da transport har en stor innvirkning på stressutviklingen til fisken, og dermed kvaliteten på produktet (Mattilsynet, 2014). Siden variasjonen av kostnader relatert til løsningene er liten, anses ikke pris som en avgjørende faktor. Hygiene er rangert lavest, da faren for bakterieutvikling er liten. Dette er fordi det er jevnlig gjennomskylling av rør, samt at majoriteten av systemene er tildels lukket.

### Pris

Løsningen med fall ned i trakt vil være relativt lik løsningene som bruker oppholdsdam. Trakten krever lite utbygging, er en mindre enhet og gjør at løsningen med oppholdsdam vil være dyrere, med en score på 4 og 5 av 10 (Tabell 5.1).

En enkel oppdeling av rørstrekning med oppholdsdam er billigere enn både kombinert løsning og fall til oppholdsdam. Det skyldes at den kombinerte løsningen krever en vannavskiller, og ved bruk av fall må det være en renne til dammen. Dette medfører ekstra kostnader relatert til utbygging og ekstra komponenter.

Direkterør med vannavskiller er noe dyrere enn direkterør, da det krever en ekstra komponent, i tillegg til utgraving av rørløsning for vannavskilleren.

### Fiskevelferd

Oppdeling av strekningen med oppholdsdam og begge alternativene ved bruk av direkterør er dårligst, med en score på 1 av 10 (Tabell 5.1). Dette kommer av høye vannhastigheter som oppnås, og er ansett som skadelig for fisk ved rørtransport (Mattilsynet, 2014).

Løsningene ved bruk av fall eller vannavskiller, kombinert med oppholdsdam er rangert høyest, da de gir mulighetene for å senke vannhastigheten betraktelig. I tillegg vil løsningene kunne roe ned fisken i oppholdsdammen før de tømmes videre til slakteriet (Landbruks- og matdepartementet, 2002). Da de utsetter fisken for lufteksponering og stress ved bruk av renner, fall og vannavskillere (Veiseth-Kent et al., 2010), rangeres de ned. Traktløsningen vil være den dårligste av disse tre da den ikke har muligheten til å stresse ned fisken før tømning til slakteriet.

### Brukervennlighet

Traktløsningen og bruken av direkterør, både med og uten vannavskiller, er de beste løsningene for brukervennlighet, med en score på 9 av 10 (Tabell 5.1). Det er ingen krav til tilsyn fra arbeidere, siden de ikke har et mellomsteg med "lagring" av fisken. Det eneste manuelle arbeidet relatert til løsningene, er at arbeiderne må stramme not 3 ganger pr. dag. De resterende løsningen ved bruk av et mellomtrinn, må i tillegg sluse fisken til slakteriet. Det vil derfor gi mer arbeid med kontroll av ventiler og eventuelle gitter.

### Hygiene

Alle løsningsalternativene, med unntak av direkterør, scorer likt på analysen av hygiene. Det skyldes at direkterør er det eneste alternativet som ikke har et åpent system, hvilket kan medføre at både dyr og bakterier infiserer systemet.

### Anbefaling

Sammenligning av resultatene fra *steg 1*, viser at løsningen ved bruk av fall ned til trakt scorer best, med en total score på 7,36 av 10 (Tabell 5.1). Ved å ta utgangspunkt i totalvurderingen av *steg 1*, anbefales løsningen ved bruk av trakt som et mellomsteg i transportfasen.

Tabell 5.1: Kvantitativ vurdering av steg 1 - 1A: Direkterør. 1B: Direkterør med vannavskiller. 1C: Oppdeling av transportstrekning med oppholdsdam. 1D: Oppholdsdam med vannavskiller. 1E: Oppholdsdam med fall. 1F: Renne ned til trakt.

Vurderingskriterier	Relevans	1A	1B	1C	1D	1E	1F
Pris	22 %	9	8	5	4	4	7
Fiskevelferd	28 %	1	1	1	8	8	6
Brukervennlighet	32 %	7	8	5	5	7	9
Hygiene	18 %	9	7	7	7	7	7
Total	100 %	6,12	5,86	4,24	5,98	6,62	7,36

## 5.3 Vurdering av steg 2 - Mottaksanlegg ved slakteriet

### Relevans

Fiskevelferd er vektet høyest på grunn av dens påvirkning på kvalitet (Greaser, 1986; G. Bjørlykke et al., 2011). Deretter er brukervennlighet vektet nest høyest, da mottaksinnretningen i stor grad skal samhandle med og har stor betydning for logistikken under slakting. Siden innretningen vil ha jevnlig utskiftning av vann, vil pris vektes noe over hygiene. Samtidig vil det være redusert smittefare da mottaksløsning er tidlig i prosessen (L.M. Rørvik et al., 1997).

### **Pris**

Vannavskilleren gir det billigste alternativet, da nødvendigheten for en mottakstank er eliminert. Vanntrykket foretar det nødvendige løftet, og løsningen krever ikke ekstra utstyr for å hente opp fisken. Samtidig spares plass i tilbygget, og dermed reduseres behovet for utbygging.

De resterende løsningene krever et større tilbygg, som gir økte kostnader. Forskjellen mellom den forhøyde og planerte mottakstanken, baserer seg på løfteutstyret og utforming av tankene. En forhøyd mottakstank trenger ikke en løfteinnretning, da den er plassert høyt nok til at fisken kan sluses til neste steg. På en annen side vil en planert mottakstank eliminere behovet for en 90° retningsendring, og vil ikke ha bruddmekaniske begrensninger. Etter vurdering vil det antas at det er dyrere å ha en forhøyd mottakstank med designbegrensninger som skal romme 2100 fisk, enn for en planert mottakstank.

Både trykktanken og den høye mottakstanken med oversvømmelsesvern er dyrest, da det i tillegg må bygges/kjøpes en tank, ventiler og et stort tilbygg.

### **Fiskevelferd**

Vannavskiller kan føre til dårligere fiskevelferd enn de andre løsningene og er derfor rangert dårligst (Tabell 5.2). Løsningen har ikke mottakstank, og kan gi kontinuitetsproblemer i prosessen. Dersom trengings hastigheten er dårlig regulert, kan det gi opphopinger med fisk på åpent bord, hvilket anses som dårlig fiskevelferd (Mattilsynet, 2014).

De resterende løsningene innehar mottaksløsninger som gjør at fisken kan tildels roe seg ned (Landbruks- og matdepartementet, 2002). Likevel vil en planert/nedsenket mottakstank rangeres dårligere fordi det trengs en teknisk innretning som kan hente opp fisken fra tanken. Det antas at dette fører til økt stressutvikling hos fisken enn det bend gjør, på grunn av risiko for trenging og lufteksponering (Veiseth-Kent et al., 2010). I motsetning har de andre løsningene egenskaper hvor det brukes høydeforskjell eller trykk for å frakte fisken til neste steg.

### **Brukervennlighet**

Forhøyet inntak, vannavskiller og høy mottakstank med oversvømmelsesvern, scorer best i forhold til brukervennlighet. Grunnlaget for vurderingen skyldes at de er plassert høyt nok til at fisken kan sluses til neste nivå uten bruk av en produksjonsarbeider. Likevel vil både en trykktank og den høye mottakstanken kreve arbeidere som regulerer ventiler og spjeld slik at fisken skånsomt kan flyttes ut. En vannavskiller vil også kreve tilsyn for å sikre at det ikke blir opphopinger.

Ved bruk av planert mottakstank må denne fylles etter at den er helt tømt på slutten av arbeidsdagen og gir derfor lengre og mer kostbare arbeidsdager.



## Hygiene

Når det gjelder hygiene vil vannavskilleren være det beste alternativet, da den siler ut vann som går til avløpsbekken, og nødvendigheten for rengjøring er minimal. I motsetning vil de andre løsningene risikere å ha stillestående vann i tankene, samtidig som det er krav for rengjøring av tankene.

## Anbefaling

Den kvantitative vurderingen av *steg 2*, viser at vannavskiller før ensretting eller bedøving scorer best, med en total score på 6,73 av 10 (Tabell 5.2). Den anbefalte løsningen vil være bruken av en vannavskiller i slakteriet. Løsningen byr på en god flyt i prosessering av fisken, og nødvendigheten for tilbygg og manuell arbeidskraft minimeres.

Tabell 5.2: Kvantitativ vurdering av steg 2 - 2A: Hevet mottakstank, 2B: Nedsenket eller planert mottakstank, 2C: Vannavskiller før bedøvelse, 2D: Høy mottakstank, 2E: Trykktank.

Vurderingskriterier	Relevans	2A	2B	2C	2D	2E
Pris	22 %	5	6	8	3	2
Fiskevelferd	31 %	7	6	5	7	7
Brukervennlighet	27 %	7	5	6	6	4
Hygiene	20 %	6	6	9	6	6
Total	100 %	6,36	5,73	6,73	5,65	4,89

## 5.4 Vurdering av steg 3 - Ensretting

### Relevans

Pris er vektet høyest på grunn av den økonomiske begrensningen til småskala anlegg. Deretter er fiskevelferden vektet nest høyest, da et best mulig sluttprodukt ønskes. På grunn av ensretterens automatiske prosess er brukervennlighet rangert høyere enn hygiene, hvor årsaken er skade fisken kan få ved manuell håndtering (Merkin et al., 2010). Siden ensretteren har konstant gjennomskylling, anses ikke hygiene som et problemområde.

### Pris

Prisen for en manuell ensretter rangeres til 10. Kravet til ensretteren er at det tilrettelegges for manuell mating til bedøver, hvilket gjør at en arbeidere må være tilstede (Mattilsynet, 2014). Ensretteren består av et bord/renne, og gir da lave kostnader i forhold til de automatiske ensretterene. Rangeringen er basert på tilbudene på de forskjellige maskinene, og vektet deretter.

### Fiskevelferd

Melbu og Baaders ensrettere tar hensyn til fiskens fysiologiske instinkter om å svømme motstrøms (He & Inoue, 2010; Royce et al., 1968), og er bedre enn SeaSides ensretter. Teknikken til SeaSide basere seg på å få enten buken eller ryggen opp for ensretting, og ender opp med å tvinge fisken (Kjølås, 2016b). Den manuelle ensretteren rangeres dårligst, da den krever manuell håndtering, som er vist å ha en negativ effekt på stressnivået fisken opplever (Merkin et al., 2010).

### Brukervennlighet

For brukervennlighet er det den manuelle ensretteren som kommer dårligst ut. På grunn av krav til manuell arbeidskraft for ensretting av fisken, i motsetning til de andre systemene som automatisk ensretter fisken.

### Hygiene

Den manuelle ensretteren vil være et bord/renne, som er enkelt å rengjøre, og det vil dermed være enkelt å opprettholde god hygiene. Hvis det ses i forhold til de andre ensretterne er det vanskeligere å rengjøre tekniske innretninger (Heir & Langsrud, 2013; L.M. Rørvik et al., 1997).

### Anbefaling

Ved å ta hensyn til den totale oppnådde scoren, anbefales det å gå videre med den manuelle ensretteren, da arbeideren som manuelt ensretter må være tilstede på de automatiske alternativene uansett. Dette er fordi Mattilsynet (2014) tilsier at det må være bemanning som forsikrer seg at fisken er ensrettet og tilstrekkelig bedøvd, og det vil derfor være nødvendig med en bemannet stasjon, uavhengig om det er manuell eller automatisk ensretting

Tabell 5.3: Kvantitativ vurdering av steg 3.

Vurderingskriterier	Relevans	Melbu	SeaSide	Baader swim-in	Manuell
Pris	35 %	2	4	3	10
Fiskevelferd	31 %	9	6	9	3
Brukervennlighet	18 %	7	7	7	4
Hygiene	16 %	8	7	5	8
Total	100 %	6,03	5,64	5,9	6,43

### Anbefaling

Vurderingen viser at ved bruk av en manuelle ensretter fås det beste utbyttet på *steg 3*, da løsningen oppnår en total score på 6,43 av 10 (Tabell 5.3).

## 5.5 Vurdering av steg 4 - Bedøvelse og bløgging

### Relevans

Bedøvelsessteget er det dyreste steget i prosessen, hvilket gjør at vektingen av pris rangeres høyest. Deretter er hygiene ansett som et viktig steg på grunn av at bedøvelsen er såpass sent i prosessen, og øker derfor sannsynligheten for listeriasmitte (L.M. Rørvik et al., 1997). Fiskevelferd er vektet høyere enn brukervennlighet, da alle maskinene er ansett som relativt brukervennlige, men påvirkningen på sluttproduktets kvalitet er stor.

### Pris

Prisen på maskinene er rangert ut fra innhentede tilbud fra leverandører. Den billigste rangeres til 10, og resten skaleres ned i forhold til denne.

For eksempel HSU (Tabell 6.3):

$$10 \times \frac{300\,000}{800\,000} = 3,75$$

### Fiskevelferd

Bedøvelse av fisk er strengt regulert, og det er små forskjeller mellom bedøvelsesteknikkene. HSU er høyest rangert fordi den bedøver fisken i vannet og sparer den for stresset med å hentes ut av vannet og ensrettes (Mejdell et al., 2009). Slag- og bløggemaskinene er en rask og effektiv bedøving (98 - 100 %), og det er ikke risiko for at fisk våkner opp før den er død som følge av blodmangel (Hjeltnes et al., 2010; Mejdell et al., 2009). De rangeres likevel hakket lavere enn HSU da ensretting kreves før bedøving.

Elektrobedøverene rangeres ned på grunn av risiko for at fisken våkner opp. Ved varierende fiskestørelse kreves varierende stryke på strømfeltet. Dette kan føre til at stor fisk lider av strømeksposeringen, da strømstyrken er for svak til å bedøve (Mattilsynet, 2014). Dette er i mindre grad et problem, og kan også forekomme ved slagbedøving (Roth et al., 2007). Elektrobedøving har også en tendens til å forårsake ryggknekk og blodutredelser som reduserer kvaliteten (Grimsbø et al., 2014), og har også en negativ innvirkning på forkorting av pre-rigor tiden (Mejdell et al., 2009).

### Brukervennlighet

HSU scorer best da den ikke krever en ensretter med manuell kontroll (Mattilsynet, 2014), men det må nevnes at det er en relativt ny maskin og at dens resultater dermed er lite dokumentert i Norge. Elektrobedøveren rangeres dårligere enn slag- og bløggemaskinen da den krever syrevask en gang i uken, for å fjerne eventuelt belegg på lamellene som øker den elektriske motstanden (Mejdell et al., 2009).

## Hygiene

HSU rangeres best på hygiene da alt foregår i lukkede vannfylte rør slik at det er konstant utbytting av vann og ingen risiko for forurensning fra eksterne smittekilder. Baader sin slag- og bløggemaskin er så nest best på grunn av et mer tilgjengelig design for vasking enn Stansas #12. Stansas #1 kommer dårligst ut grunnet antagelsen om risiko for at belleget kan inneholde bakterier (Mejdell et al., 2009).

## Anbefaling

Analysen fra *steg 4* viser at det er SeaSides slag- og bløggerobot (Stansas #12) som oppnår høyest score på 7,5 av 10 (Tabell 5.4). Det anbefales bruke av Stansas #12 for bedøving og bløgging av fisken. Årsaken skyldes at Baaders maskin benytter samme hovedprinsipp, men koster mer.

Tabell 5.4: Kvantitativ vurdering av steg 4.

Vurderingskriterier	Relevans	Baader 101	Stansas #12	Stansas #1	HSU
Pris	36 %	5,25	8,57	10	3,75
Fiskevelferd	23 %	8	8	5	7
Brukervennlighet	11 %	7	7	5	10
Hygiene	30 %	7	6	5	9
Total	100 %	6,60	7,50	6,80	6,76

## 5.6 Vurdering av rørlegging

### Relevans

Brukervennlighet vektes høyest, da rørene skal brukes mye under transport, og er en avgjørende faktor for mengde manuelt arbeid relatert til løsningen. På grunn av faren for vannforurensinger i rørene, vekten hygiene nest høyest. Fiskevelferd rangeres over pris på grunn av rørtransportens tendens til å stresse fisk (Veiseth-Kent et al., 2010), og dermed påvirke sluttproduktet (Mejdell et al., 2009). På grunn av små kostnadsdifferanser mellom løsningene, vil pris rangeres lavest.

### Pris

På grunn av gravekostnader relatert til løsningen med nedgravde rør, vil et forhøyet inntak være billigere.

### Fiskevelferd

Rør-bend utgår for løsningen med forhøyet mottak, og vil oppnå best fiskevelferd gjennom transportfasen.

**Brukervennlighet**

Det utslagsgivende punktet for nedgravd rør er brukervennlighet. Et forhøyet inntak vil føre til at rørdelen som går over veien må kobles av mellom hver slakteperiode for å redusere sjenanse. Ved å ha et forhøyet inntak gir det også negativ innvirkning på det estetiske og praktiske designet som er ønsket. I det lange løp påføres løsningen større kostnader da det må tas hensyn til arbeid relatert til av- og påkobling av rør delen.

**Hygiene**

For vurderingsparameteren hygiene er det den forhøyde løsningen som kommer best ut. Årsaken skyldes vann som blir liggende i det nedgravde røret mellom hver tømming, på grunn av vannlåsen som dannes i røret til slakteriet.

**Anbefaling**

Fra totalvurderingen av konseptutredningen vil det anbefales at det brukes nedgravde rør.

*Tabell 5.5: Kvantitativ vurdering av rørlegging for mottak.*

Vurderingskriterier	Relevans	Nedgravd rør	Forhøyet inntak
Pris	20 %	5	8
Fiskevelferd	23 %	5	6
Brukervennlighet	32 %	10	5
Hygiene	25 %	6	8
Total	100 %	6,85	6,58

**Anbefaling**

Sammenligningen av løsningene tyder på at nedgravd rør gir det beste resultatet, med en score på 6,85 av 10 (Tabell 5.5).

**5.7 Vurdering av rørløsninger for fisketømming****Relevans**

Fiskevelferd vektet høyest på grunn av påvirkningen på kvalitet (Greaser, 1986) og antagelsen om at noen av løsningene er direkte skadelig for fisken. Deretter er brukervennlighet viktig da mekanismen i stor grad påvirker logistikken og effektiviteten til anlegget. Pris rangeres over hygiene da alle løsningene har gjennomskylling av vann, og at løsningene kan bli potensielt kostbare, avhengig av leverandør.

### **Pris**

Enkelt rør med gitterløsning er det billigste alternativet, da den i motsetning til det parallelle røret kun trenger én skyvespjeldventil og ett rør. U-bend (svanehals) og stivt rør må ha flere bend, glidelagre og motor eller vinsj for å fungere. Likevel vil ikke dette være de dyreste løsningene, da det i tillegg til er flere ventiler og rør for den parallelle løsningen, så vil det også være større gravekostnader. Den fleksible løsningen vil være en av de billigste, da det kun trengs et fleksibelt rør som sveises på innløpet til sultedammen, og en vinsj som kan heise røret opp og ned.

### **Fiskevelferd**

Den mest skånsomme løsningen for fisken, er stivt rør. Løsningen har kun noen bend, og selv om det antas å skade fisken (Mattilsynet, 2014), vil det være den beste løsningen. Dette skyldes at det i tillegg er mulig å gjennomskylle røret ved bruk av manuelt gitter i sultedam. I motsetning vil begge løsningene med spjeld åpne for fare ved skading av fisken, relatert til lukking av gitter eller spjeld. Det parallelle røret vil likevel rangeres høyere enn det enkle røret, da det er mulig å gjennomskylle røret mellom hver tømning. Da det fleksible røret antas å påvirke trengingsgraden i sultedammen, rangeres den lavere enn det stive røret. Det vil være bedre enn de andre løsningene, da det ikke vil skade fisken ved bend eller spjeld, samtidig som det åpner for gjennomskylling av rør.

### **Brukervennlighet**

Når det kommer til brukervennlighet så vil gitterløsningen med enkelt rør rangeres dårligst. Årsaken til dette kommer av at det vil være et manuelt gitter i sultedammen som vil senkes mellom hver gang røret skal tømmes. I motsetning vil parallelt og stivt rør by på en helautomatisk prosess uten nødvendigheten for manuell arbeidskraft, og vil derfor rangeres høyest. For både opp ned U-bend og fleksibelt rør vil det kreve vinsjer som også styres automatisk, men vil trenge tilsyn fra arbeider. Ved det fleksible røret så vil det også være vanskeligere å trenge fisken, fordi røret stikker lengre ut i dammen.

### **Hygiene**

For å opprettholde god hygiene, er det viktig at det ikke blir vannforurensinger i røret. Dette kan oppstå i alle løsningene med unntak av fleksibelt, stivt og parallelt rør, som aldri vil ha stillestående vann i røret. Derimot vil de resterende løsningene ha vann i røret, da de ikke kontinuerlig skylles gjennom.

### **Anbefaling**

Fra den kvantitative analysen er det klart at løsningen ved bruk av høyderegulerende stivt rør i sultedammen er den beste løsningen, med en total score på 7,62 av 10 (Tabell 5.6). Selv om løsningene ved bruk av fleksibelt og stivt rør scorer best på den kvantitative vurderingen, er det ikke tilgjengelige lagervarer for denne løsningen. Dette vil kreve spesialtilpassing, og vil bli

en kostnads- og tidskrevende prosess. Derfor anbefales bruk av enkelt rør med gitterløsning og ventil.

Tabell 5.6: Kvantitativ vurdering av rørløsning for motvirkning av fisk i rør.

Vurderingskriterier	Relevans	Parallele rør	Enkelt rør	Opp ned U-bend	Fleksibelt rør	Stivt rør
Pris	25 %	4	9	5	8	6
Fiskevelferd	30 %	6	4	6	8	9
Brukervennlighet	27 %	8	6	7	7	8
Hygiene	18 %	6	6	6	7	7
Total	100 %	6,04	6,15	6,02	7,55	7,62

## 5.8 Oppsummering

Gjennom konseptevaluering, er det kommet frem til et valg av løsning. Det anbefales å grave ned rørene, slik at brukervennlighet og estetikk opprettholdes. Det beste alternativet for automatisering av sultedammen var stivt rør. Siden løsningen byr på problemer med standard-sortiment og lagervarer, er det anbefalt at det brukes enkelt rør med manuell gitterløsning. Det kan tenkes at løsningen ved bruk av parallelt rør byr på bedre fiskevelferd og brukervennlighet. Da det er et dyrere alternativ, med tanke på både utgraving- og utstyrs kostnader, er ikke denne løsningen valgt.

Evalueringen kommer frem til at traktløsningen er et godt alternativ, fordi den opprettholder fiskevelferd, samtidig som det er en brukervennlig og billig løsning. Mottaksløsningen benytter den billigere vannavskilleren, siden bedøvelsesmaskinene har tilstrekkelig høy prosesseringskapasitet for å unngå opphoping av fisk. Ensretting benytter manuelt arbeid siden det uansett må være bemanning for å kontrollere at fisk er ensrettet og tilstrekkelig bedøvd. Videre anbefales det å bruke Stansas #12 slag- og bløggemaskin, på grunn av betraktelig økt svinn ved bruk av elektrobedøver (Grimsbø et al., 2014).

Det er også lagt frem en alternativ løsning for å imøtekomme variasjoner mellom avdelinger i mattilsynet. Den gir også et innblikk i en løsning som gir bedre fiskevelferd og mulighet til å levendekjøle, slik at kvaliteten øker (Greaser, 1986; G. Bjørlykke et al., 2011; Skjervold et al., 2001).

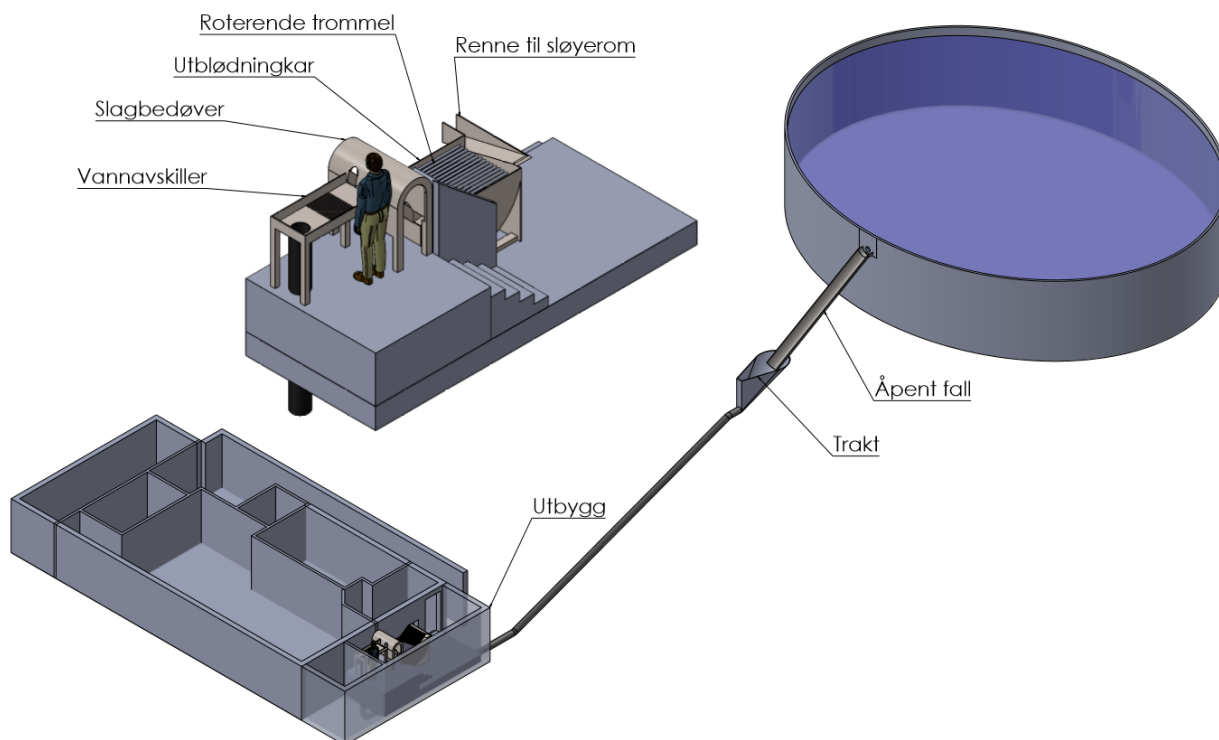




## 6 Konseptillustrasjon - Valgt løsning

Gjennom konseptdrøfting med grunnlag i de kvantitative vurderingene, er det etter diskusjon med oppdragsgiver besluttet å bruke slag- og bløggemaskin kombinert med traktløsningen.

Detaljprosjekteringen forsøker å utrede de beste alternativene, og sørger for at brukte deler er standardsortiment hos leverandørene, slik at tid og kostnader reduseres.



Figur 6.1: Konseptillustrasjon av valgt løsning.

### 6.1 Sjekkpunkter for helhetlig vurdering av slakteprosessen

Konseptillustrasjon forsøker å sørge for at det prosjekterte anlegget godkjennes ved å tiltrettelegge for mattilsynets sjekklister for vurdering av slakteprosesser (Mattilsynet, 2014):

- Er slakteprosessen preget av ro og god flyt?
- Er det god koordinering/kommunikasjon mellom ulike "arbeidsstasjoner"?
- Er det opphopning av fisk ved ulike knutepunkt (f.eks. i rettvender, bedøver, bløggbord før bløgging)?
- Er fisken rolig, stresset eller utmattet ved ulike knutepunkt?
- Har fisken skjellavskrapninger, slagskader eller sår (snute, finner, kropp) som har oppstått i trenging- og transportprosessen før avliving?
- Er det overensstemmelse mellom dimensjonering av utstyr og mengde fisk?
- Er det tegn på liv i utblødningstank eller ved påbegynt prosessering?

- Hvilke rutiner er det ved pauser? Er rørgater, sederingstank, bløggbord etc. tømt for fisk?
- Har bløggesnittet truffet riktig?
- Hvor lang tid tar det før dødsstivhet inntreffer? Brukes informasjon om pre-rigor tid aktivt i internkontroll som mål for stress i slakteprosessen?
- Nedgradering på grunn av ytre (sår, kjevebrudd) og indre (ryggbrudd, blødninger) skader?
- Reklamasjoner fra kunder på grunn av skader (blødninger og lignende)?

## 6.2 Transport

Transport fra sultedammen til slakteriet vil bruke PE-rør. Røret har en ytre diameter på 250 mm og en veggtykkelse på 14,8 mm. Valget av PE-rør skyldes at det er det mest brukt materialet ved vandige løsninger (Ore et al., 2009a) og sikrer mot utskilling av skadelige materialer. I motsetning mistenkes PVC for å skille ut det leverskadende stoffet vinylklorid (Ore et al., 2009b).

For å redusere hastighetene som oppstår ved en fallhøyde på 9 m, er det valgt å legge inn en "trakt" på tilnærmet samme høydenivå som dagens dam 4.

Høydeforskjellen mellom vannhøyden og innløpet i sultedammen er 0,8 m, og vil resultere i en maksimal hastighet på 2,74 m/s. For å sørge for at fisken ikke er utsatt for skade ved et fall ned til trakten, benyttes det en renne. Denne legges langs bakkeplan for å unngå ekstra material- og arbeidskostnader relatert til bruk av stendere.

Høydeforskjellen mellom utløpet av røret som kommer fra sultedammen, og til toppen av vannspeilet i trakten er 6,2 m. Et gradert fall på 30° gjør at fisken aldri "forlater" trakten, men vil eksponeres for luft.

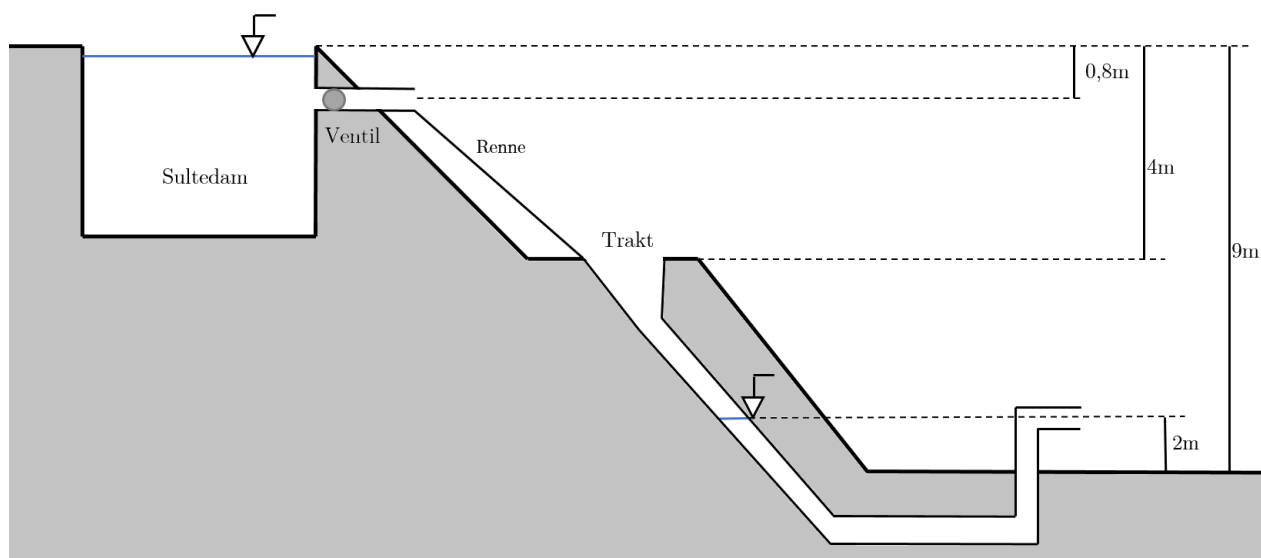
Ved produksjonsstart vil røret som går fra trakten til slakteriet være tørroppstilt (tomt for vann). Trakten er 1,5 m dyp som en sikkerhet for at det ikke renner over ved tømmestart. Høyden må være minimum 0,8 m for å være større eller lik fallhøyden mellom sultedammens vannspeil og utløpet fra røret. En tank på 1,5 m er en konservativ vurdering, men det er da mulig å se bort fra problemstillingen.

Dersom det skulle oppstå produksjonsproblemer ved eksempelvis tette rør, kan det i tillegg være mulig å implementere en avrenningsventil i trakten. Dette sørger for at vannstanden aldri går over et gitt nivå. For å kvitte seg med eventuelt vann som kan oppstå ved produksjonsstopp, dirigeres det til avløpsbekken som befinner seg nedenfor slakteriet.

Det er et alternativ å se på mulighetene for å bruke en mindre godstykkelse på røret som

går fra trakten til slakteriet. Ved å se på trykket som oppstår under bakken, er det mulig å konkludere med at det kan benyttes mindre godstykkelse. Det vil også være et billigere alternativ enn dagens rørstørrelser (Kapittel 6.8). I transporten fra trakten til slakteriet er det likevel bestemt at det skal brukes PE250 rør med en godstykkelse på 14,8 mm.

Fra trakten til slakteriet er det konstant fall, og det må derfor brukes bend under veien for å få røret over bakkeplan. Røret fungerer som en vannlås (Figur 6.2), som vil motvirke faren for at fisken ender opp i et tørroppstilt rør. Årsaken skyldes at den minimale høyden på vannspeilet i røret, ligger under høyden til utløpsrøret, som er på 2 m.



Figur 6.2: Valgt løsning.

Det vil likevel være en andel av den siste fisken fra tømningen som oppholder seg i røret med vann til neste tømning starter. På grunn av det hydrostatiske trykket som oppstår i røret ved neste tømning, byr ikke dette på problemer siden fisken "byttes" ut med "ny" fisk. Ved produksjonsslutt kjøres en "plugg" gjennom røret, og sikrer at all fisk og vann trenges ut av røret og til slakteriet.

### 6.3 Vannhastigheter

Fisken antas å ha nøytral oppdrift og dermed lik tetthet som vann på grunn svømmeblæren som kontrollerer gassvolumet ved hjelp av muskler (Fänge, 1983). Wu (1977) argumenterer at fiskens strømlinjeformede kropp gjør at majoriteten av fiskens strømningsmotstand kommer fra friksjon. Kombineres dette med at regnbueørretens friksjonsfaktor reduseres med omtrent 50 % på grunn av slimet som omgir fiskekroppen, blir bergeningene forenklet til at fiskens tilstedeværelse i rørstrømmen ses bort ifra, selv om fisken vil ha betydning for turbulens og Reynoldstallet (Daniel, 1981).

For best mulig fiskevelferd med rørtransport, er det ønskelig med en hastighet på ca. 1,5

$m/s$ . Det er derfor nødvendig å sammenligne hastighetene som oppstår fra sultedammen med den ønskede hastigheten. Den maksimale høydeforskjellen mellom vannhøyden og innløpet fra sultedammen er  $0,8 m$ . Tar man utgangspunkt i friksjonsfaktoren  $f = 0,0155$  beregnet tidligere (Kapittel 3.2.1) og et singulærtap gjennom ventil ( $k = 0,2$ ) (Pipelife, 2002), kan den nye friksjonsfaktoren og hastigheten beregnes. Bruker dermed Bernoullis ligning (Ligning 3.3), gitt at lengden på røret er  $L = 12 m$ :

$$z_r = \frac{v_j^2}{2g} \left( 1 + 0,0155 \times \frac{12}{0,2204} + 0,2 \right) = 2,04 \frac{v_j^2}{2g}$$

$$v_j = \sqrt{\frac{2 \times 9,81 \times 0,8}{2,04}} = 2,77 m/s$$

Finner deretter nytt Reynoldstall og friksjonsfaktor for den nye hastigheten med ved hjelp av graf (Figur 3.8), Reynoldstall  $Re = 0,40 \times 10^6$  (Ligning 3.4) og friksjonsfaktor  $f = 0,0163$ . Ved  $0,8 m$  fallhøyde vil dette resultere i en hastighet på  $2,74 m/s$ .

Det ble beregnet et tilgjengelig vannvolum i sultedammen på  $248,8 m^3$  (Ligning 3.1). Selv om sultedammen er tilkoblet grunnvannet, vil ikke vannstanden i sultedammen være konstant ved tømming. Det må derfor benyttes iterasjoner for å beregne mengde vann som strømmer ut av sultedammen. Ettersom vannivået i sultedammen synker under tapping, vil også vannhastigheten synke når den er avhengig av det hydrostatiske trykket. For å modellere dette benyttes Eulers metode. Metoden bruker numeriske prosedyrer for å finne en approksimasjon på ordinære differensialligninger, hvor initialverdien er gitt. I dette tilfellet er det laget et uttrykk for endringen i høyde:

$$\dot{h} = V_{inn} - V_{ut} \tag{6.1a}$$

$$V_{ut} = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2gh}{1 + (f \times L/D)}} \tag{6.1b}$$

$$\dot{h}(h) = \left( V_{inn} - \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2gh}{1 + (f \times L/D)}} \right) \times \frac{1}{a \times b \times \pi} \tag{6.1c}$$

For tapping av sultedammen vil funksjonen løses ved å benytte initialverdien  $h_0 = 0,8 m$ . Friksjonsfaktoren forenkles til å være konstant  $f = 0,0165$  da variasjonen er liten. Lengden  $L = 12 m$ , rørdiameteren  $D = 0,2204 m$ , hvor  $a = 9 m$  er lengden og  $b = 11 m$  er bredden på den elliptiske sultdammen, for så å benytte iterasjonen:

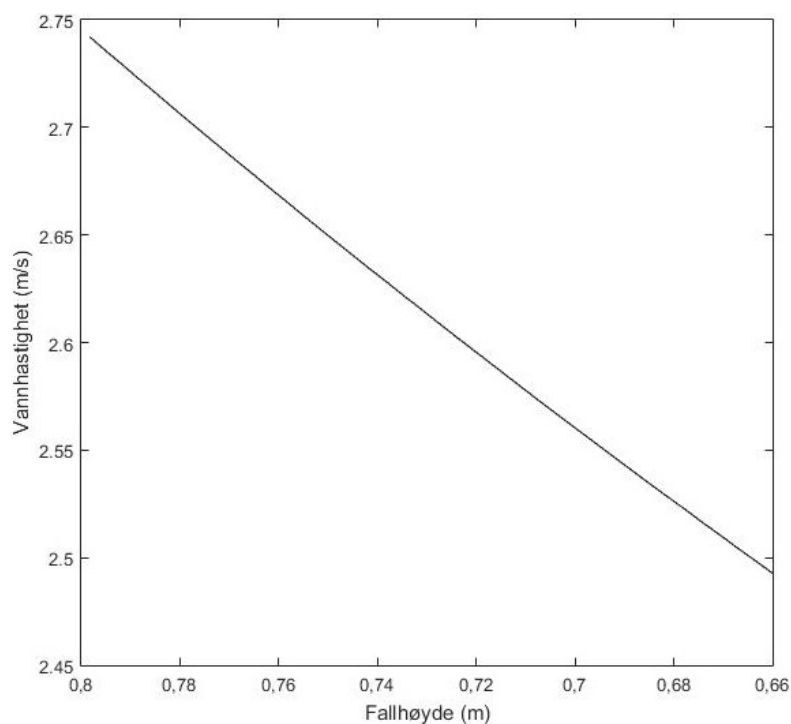
$$h_1 = h_0 + \dot{h}(h_0), h_2 = h_1 + \dot{h}(h_1), h_3 = h_2 + \dot{h}(h_2) \dots h_{n+1} = h_n + \dot{h}(h_n)$$

Ut fra oppgitt informasjon tar det ca. 10 minutter å tømme 350 fisk. Det vil da også være

tømt omtrent  $43 \text{ m}^3$  vann fra sultedammen (Tabell 6.1).

Tabell 6.1: Utdrag fra numerisk analyse for tømning av sultedam.

Iterasjoner	Tid (sekunder)	Fallhøyde (m)	Tømt mengde ( $\text{m}^3$ )	Hastighet (m/s)
0	0	0,8	0	2,742
30	30	0,793	2,301	2,729
60	60	0,785	4,588	2,717
90	90	0,778	6,859	2,704
120	120	0,771	9,114	2,691
150	150	0,763	11,355	2,679
180	180	0,756	13,580	2,666
210	210	0,749	15,791	2,654
240	240	0,742	17,986	2,641
270	270	0,735	20,166	2,629
300	300	0,728	22,331	2,616
330	330	0,721	24,481	2,604
360	360	0,714	26,616	2,591
390	390	0,708	28,736	2,579
420	420	0,701	30,841	2,566
450	450	0,694	32,932	2,554
480	480	0,687	35,007	2,542
510	510	0,681	37,068	2,529
540	540	0,674	39,114	2,517
570	570	0,668	41,145	2,505
600	600	0,661	43,162	2,493



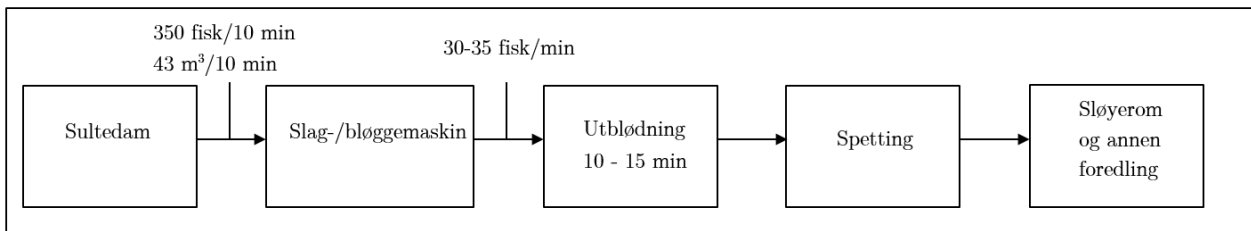
Figur 6.3: Forholdet mellom minkende fallhøyde og vannhastighet fra sultedammen til trakten.

Vannhastigheten fra trakten styres av kontinuitetsprinsippet ved at det er en begrenset volumstrøm ut fra sultedammen, samtidig som trakten står åpen og har samme rørdiameter. Ved lav vannhastighet i trakt-røret, vil vannhøyden bygge seg opp til den når lik volumstrøm som det som kommer ut av sultedammen. Siden det er større trykktap i ”trakt-røret” på grunn av lengre rør og flere bend, vil hastigheten stabilisere seg mellom 2,615 - 2,875 m/s, med en litt høyere vannstand enn oppholdsdammen.

## 6.4 Logistikk

Slakteriet har informert om at de har kapasitet til å slakte 350 fisk/time. En vanlig arbeidsdag på 8 timer med 30 minutter pause, gir 7,5 time med prosessering av fisk pr. dag. Ved å ta utgangspunkt i dagens løsning er det mulig å tappe 350 fisk på 10 minutter. Slakting av 350 fisk pr. time, gir en dagsprosessering på 2100 fisk ( $350 \times 6$ ), med 1,5 time til rådighet som kan brukes på; rydding, vasking, utspyling av fisk i rør og forberedelser av anlegget til neste slaktedag.

Mengde vann som går ut av sultedammen i løpet av en time er lik  $177,5 \text{ m}^3$  (Tabell 6.1). Det ble besluttet at hvert parti skal være på 10 minutter for å kontrollere fiskestrømmen. Dette gir en volumstrøm inn til slakteriet på 350 fisk og ca.  $43 \text{ m}^3$  med vann, og ved bruk av slag- og bløggemaskin, har denne mulighet til å prosessere 35 fisk/min (Vedlegg B.2). Etter at fisken er



Figur 6.4: Logistikk for valgt løsning frem til slakteriet.

bløgget, sklir den ned til utblødningskaret og blir værende i 10-15 minutter. Den som styrer bedøvingen kan dermed forflyttes til utblødningskaret. Der det hentes opp ferdig utblødd fisk, sprette opp og sende dem videre til sløyerommet via renne med fall (Figur 6.4).

Selv om slag- og bløggemaskinen kan gi en mer fleksibel produksjonsarbeider, anses det som uhygienisk da rotasjon øker spredningen av bakterier (L.M. Rørвик et al., 1997). Derfor anbefales det at vedkommende bidrar til stramming av not, vasking og andre prosesser i nær sammenheng med opprinnelige oppgaver.

### 6.4.1 Tidsplan

For å få et overblikk over hvordan produksjonsdagen ved slakting av 2100 fisk foregår, er det lagt frem et alternativ for hvordan en arbeidsdag kan fremstå.

Tabell 6.2: Tidsplan for slakting av 2100 fisk per dag.

Tid (klokkeslett)	Antall fisk tømt fra sultedam
08:00 - 08:10	350
09:00 - 09:10	700
10:00 - 10:10	1050
11:00 - 11:10	1400
Pause, 30 minutter	
12:30 - 12:40	1750
13:30 - 13:40	2100

Tidsforskjellene på 10 minutter er tømmetiden, mens 50 minutter er satt av for slakting av fisken. Neste parti vil deretter tømmes før de som slakter er ferdig med det første partiet. Dette vil gi en god flyt i operasjonen, og bidrar til en kontinuerlig produksjonslinje.

## 6.5 Trenging av fisken

Trenging er en av faktorene som er avgjørende for god kvalitet (Veiseth-Kent et al., 2010). Det må derfor velges en løsning som er mest mulig skånsom for fisken, i tillegg til at det er viktig at fisken kommer ut av dammen med en jevn hastighet for å få en mer kontinuerlig produksjon.

For å trenge fisken ut fra dagens sultedammen, brukes samme teknikk som benyttes i dagens løsning. Det kastes et not i sultedammen, for så å strammes inn gradvis mens tømningen pågår, samtidig som slusen er åpen. Dette vil gi en kontinuerlig fiskestrøm ut av sultedammen, men vil føre til at arbeiderne må stramme inn noten manuelt ca. 3 ganger pr. slaktedag.

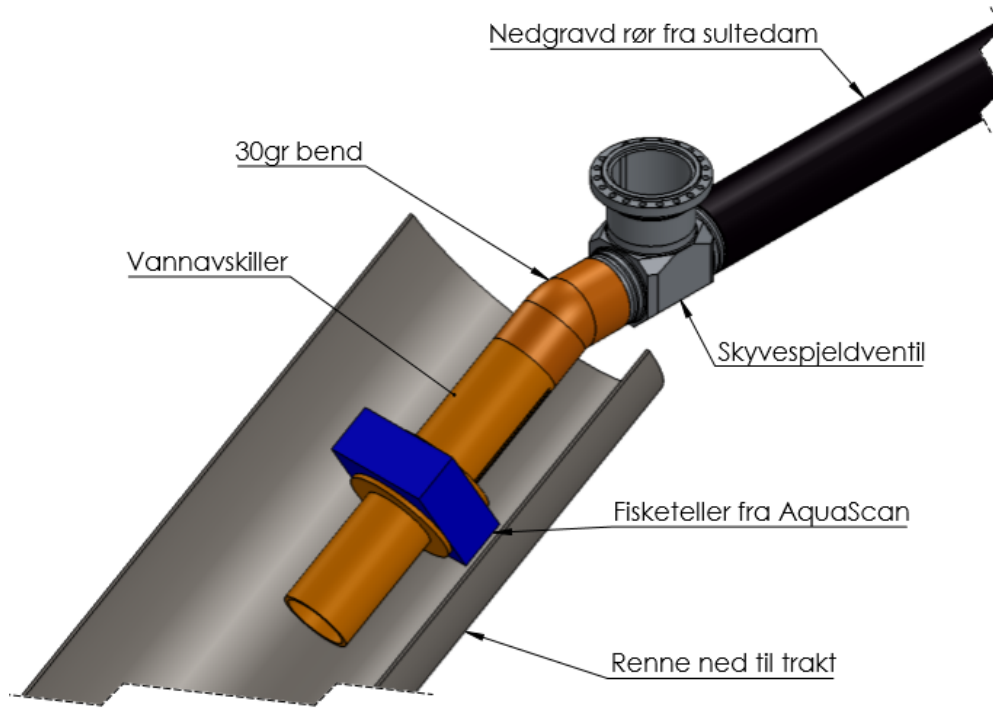
## 6.6 Utstyr

### 6.6.1 Automatisering av sultedam

Ut fra vurderinger i konseptfasen er det "enkelt rør med gitterløsning" som er den mest aktuelle løsningen (Tabell 5.6).

Det er nødvendig med vanngjennomskylling i 17 sekunder ( $44 \text{ m} / 2,6 \text{ m/s} = 16,9 \text{ sek}$ ), som sørger for at fisk ikke blir sittende fast i "trakt-røret". Der fisk ikke kan gå inn i røret. Gjennomskyllingen gjøres ved at det manuelt senkes et gitter foran innløpet i sultedammen. Dette kan også automatiseres, men anses som for kostbart, da gjennomskylling kun gjøres to ganger om dagen: før pause og på slutten av arbeidsdagen. Dette er fordi det er mange tømninger og tiden mellom hvert parti er så kort, at dette vil være en tidkrevende og dyr prosess.

Beregninger kan gjøres for å se om oppholdet i røret utgjør en fare for fiskevelferden. Dersom



Figur 6.5: Utstyr på rør ut av sultedam.

det antas at regnbueørret og laks har likt oksygenforbruk, er det mulig å fastslå hvor lenge fisken kan ligge i et vannfylt rør. Videre forutsettes det en kontinuerlig strømning av fisk, og at det derfor er viktig med gode sikkerhetsmarginer på den beregnede tiden.

#### Antall fisk i rør ved tømningstopp

Det tømmes 350 fisk på 10 minutter, hvilket betyr at fisk tømt pr. sekund blir:

$$n = \frac{350 \text{ fisk}}{600 \text{ sek}} = 0,583 \text{ fisk/sek}$$

Med en hastighet på 2,6 m/s tar det ca. 17 sekunder å krysse den 44 m lange rørlengden, som tilsvarer at omtrent 10 fisk blir liggende igjen i røret.

På grunn av rørleggingen under bakken og røret som går opp til slakteriet (Figur 6.11), er den tilgjengelige vannmengden (vannfylte rørdelen av strekningen):

$$2,7 \text{ m} + 18 \text{ m} + \frac{2,7}{\sin(15)} = 31,13 \text{ m}$$

Dette tilsvarer et vannvolum på:

$$31,13 \text{ m} \times \frac{\pi}{4} (0,25 \text{ m})^2 = 1,528 \text{ m}^3 = 1528 \text{ l}$$

Fiskens volum må fjernes fra det tilgjengelige volumet for å få mengden vann. Det antas at fisken har samme tetthet som vannet på grunn av svømmeblæren (Fänge, 1983). Tilgjengelig



vann blir dermed:

$$1528 l - 10 l = 1518 l$$

Dersom oksygenforbruket for regnbueørret er 0,5 l vann pr. kg fisk (Mattilsynet, 2014), er tiden fisken kan være i røret uten å kveles:

$$\frac{1518 l}{10 kg / 0,5 \frac{l}{kg \times min}} \approx 76 \text{ minutter}$$

Siden fisken kan være i røret i omtrent 76 minutter, er det nødvendig med en løsningen som spyles ut røret ved lunsjpause og på slutten av dagen.

### 6.6.2 Fisketeller

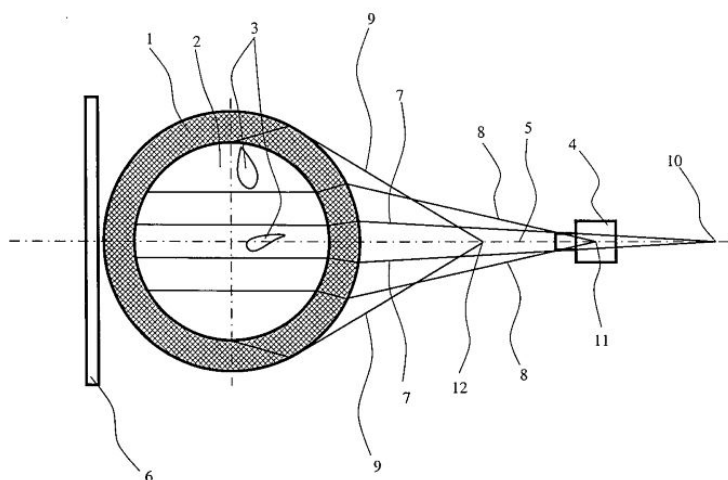
Fisketelling er et verktøy som kan brukes for å få eksakt oversikt over antall fisk i slakteprosessen, og kan enkelt integreres i dagens rørtransport system. Fisketelleren plasseres etter skyvespjeldet for å unngå at fisk svømmer gjennom telleren når spjeldet er lukket, og gjør at tellingen blir feilaktig. Etter fisketelleren er det anbefalt 1 m rør for å sørge for et mest mulig kontinuerlig strømningsbilde, og unngå at utvendig lys feilaktig påvirker tellingen.

#### AquaScan

AquaScan leverer elektroniske tellesystemer for transport av fisk i rør. Systemet baserer seg på beregning av arealet av fisken som går gjennom, og benytter teknologi som ikke benytter lysåpning og antall fisk som er i bevegelse foran sensoren. Beregningsmetoden utstyret til AquaScan tar i bruk er:

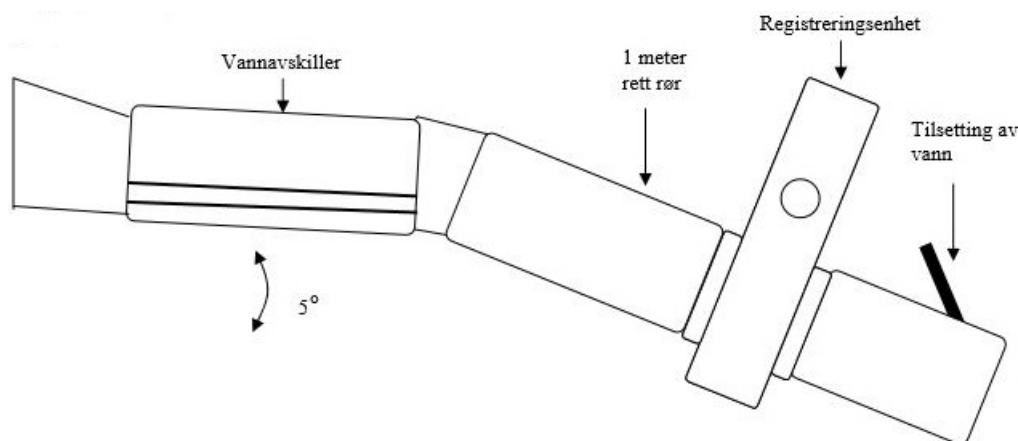
$$\text{Antall fisk} = \frac{\text{Totalt areal av fisk}}{\text{Sist beregnet gjennomsnittsareal av fisk}}$$

Det siste gjennomsnittsarealet av fisken oppdateres automatisk gjennom telleprosessen, og oppnår med dette prinsippet en nøyaktighet opp mot 98 % eller bedre (AquaScan AS, u.d.).



Figur 6.6: Prinsipp for fisketelling fra AquaScan (AquaScan AS, u.d.).

”Anordning ved gjennomiktig rør (1) med sirkulært tverrsnitt for optisk telling og måling av objekter (3) som føres med et fluid (2) i røret (1), og hvor lysstråler som kommer ut gjennom rørets (1) vegg, fortrinnsvis oppfanges av et optisk apparat (4). Rørets (1) ytre radius er lik eller nær lik produktet av rørets (1) indre radius og forholdet mellom lysbrytningsindeksen for fluidet i røret og lysbrytningsindeksen i mediet som omgir røret. Det optiske apparat (4) er plassert i et kamerapunkt (11) i midlere avstand fra røret (1) mellom et fjernt krysningspunkt (10) for lysstråler (7) som treffer rørets (1) indre vegg med vinkel omtrent fem vinkelgrader, og et nært krysningspunkt (12) for lysstråler som treffer rørets (1) indre vegg med vinkel omtrent nitti vinkelgrader i forhold til innfallsloddet” (Kvassheim, 2001).



Figur 6.7: Eksempel på oppsett av fisketelleren fra AquaScan ved tørrtelling (AquaScan AS, u.d.).

Det to ulike måtene å telle fisken på er:

- *Tørrtelling*: Krever en vannavskiller før fisketeller, med kun transportvann.
- *Våttelling*: Krever at vannmengden fyller hele røret når det går gjennom fisketelleren.

Da våttelling krever mer vann enn det som går ut av sultedammen, medfører dette at tørrtelling må benyttes.

Ved bruk av AquaScan er behovet minimum to produkter. En registreringsenhet og en kontrollenhet 6.8. Registreringsenheten er koblet til kontrollenheten, som til enhver tid viser totalt antall fisk som har passert gjennom fisketelleren. Hvilket gir kontinuerlig telling av antall fisk som har passert i løpet av et gitt tidsrom (AquaScan AS, u.d.).

Imidlertid er begrensningen for fisketelleren ”at fisk ikke må ligge oppå hverandre og dekke sikten til målesensoren” (AquaScan AS, u.d.).

### 6.6.3 Ventiler

Ventiler åpnes og lukkes på avstand ved hjelp av fjernstyrte mekaniske ventiler. Sigum Fagerberg leverer pneumatiske skyvespjeldsventiler som kan oppnå en lukketid på 3 - 4,5



(a) CSE 2500 registreringsenhet fra AquaScan (AquaScan AS, u.d.).



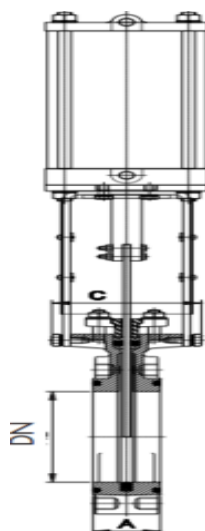
(b) Kontrollenhet fra AquaScan (AquaScan AS, u.d.).

Figur 6.8: Registreringsenhet og kontrollenhet fra AquaScan.

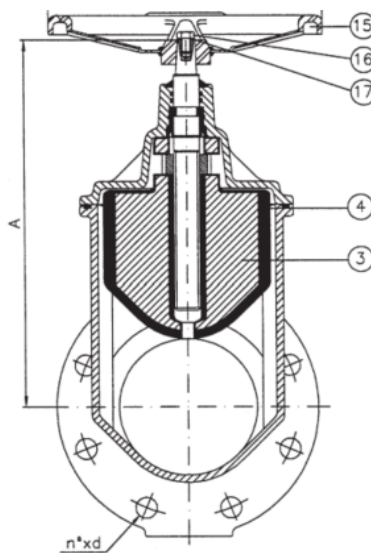
sekunder. Skyvespjeldsventilen velges fordi den har jevnest gjennomstrømnings tverrsnitt, og dermed minst sannsynlighet for å skade fisken som går gjennom ventilen. Ved å montere slusen på toppen av røret ved sultedammen, kan det unngås at fisk blir værende i røret. Dersom



(a) Skyvespjeldsventil med dobbeltvirkende luftsylinder fra Sigmund Fagerberg.



(b) Snittet av en skyvespjeldsventil.



(c) Virkemåte for sluse-/skyvespjeldsventilventil.

Figur 6.9: Skyvespjeldventil

ventilene plasseres på slutten av røret ut fra sultedammen, er det nødvendig å undersøke om det er fare for trykkstøt, selv om det i dette tilfellet er et lavt trykk.

Forplantningshastigheten til en trykkbølge i elastisk rør  $c_p$  er gitt ved:

$$c_p = \sqrt{\frac{\frac{E_v}{\rho}}{1 + \frac{D}{t} \frac{E_v}{E}}} \quad (6.2)$$

- Der  $E$  er kortids elastisitetmodulen til PE100, angitt til  $1000 \text{ N/mm}^2$ . Kortids elastitets-

modul benyttes da trykkestøtet beveger seg såpass raskt at polyetylenen ikke rekker å strekke seg (Pipelife, 2007).

- $E_v$  er elastisitetsmodulen til vann.

$$c_p = \sqrt{\frac{2,07 \times 10^9 / 1000}{1 + \left(\frac{220,4}{4}\right) \left(\frac{2,07 \times 10^9}{1 \times 10^9}\right)}}$$

$$c_p = 134,13 \text{ m/s}$$

Benytter Joukowskis ligning for å beregne maks trykkstøt over driftstrykket  $p_h$ :

$$p_h = \frac{c_p \Delta v}{g} \quad (6.3)$$

$$p_h = \frac{134,13 \times 2,88}{9,81}$$

$$p_h = 39,4 \text{ mvs.} \approx 4 \text{ bar}$$

Sjekker lukketiden  $t_c > 2L/c_p$

$$\frac{2L}{c_p} = \frac{2 \times 12}{134,13} = 0,18 \text{ s}$$

Siden lukketiden  $t_c > 2L/c_p$ , er  $p_h$  gitt av følgende formel:

$$p'_h = \frac{2L}{c_p \times t_c} p_h \quad (6.4)$$

$$p'_h = \frac{2 \times 12 \text{ m}}{134,13 \text{ m/s} \times 4 \text{ s}} \times 39,4 \text{ mvs.} = 1,76 \text{ mvs.}$$

Maksimalt trykk i rør blir dermed  $0,8 \text{ mvs.} + 1,76 \text{ mvs.} = 2,56 \text{ mvs.}$  Altså godt innenfor hva røret er dimensjonert for med 6 bar eller 61,2 mvs. (Pipelife, 2007).

#### 6.6.4 Trakt og renne

Traktløsningen blir god hygienisk hvis den dekkes til, og unngår dermed forurensinger fra eksempelvis dyr eller avfallsstoffer. Trakten kan enten støpes eller bruke en vanntett duk med en rørovergang. Rennen har mange mulige designløsninger. Den lettest tilgjengelige løsningen er et stort rør der det lages hull eller slisser i toppen for å sørge for lufttilgang og atmosfærisk trykk.

#### 6.6.5 Bedøving og bløgging

Gjennom samtaler med leverandør er det spesifisert at slag- og bløggemaskinen må spesialbygges til formålet. Dette er for at maskinen skal fungere godt på fiskestørrelsen. Dersom innstilling av

maskinen er vanskelig ved varierende fiskestørrelse, er det mulig å benytte en oppsamlingstank. Fisken som er for små/store for maskinen samles og bedøves manuelt på slutten. I følge leverandør er den spesialbygde maskinen relativt kompakt, og den blir derfor enkelte steder vanskelig å rengjøre. Spesifikk informasjon for maskinen, se Vedlegg B.2.

Siden maskinen må spesialbygges for fiskestørrelsen, anbefales det en lettere hammer med høyere fart enn tidligere. Dette er fordi den kinetiske energien som overføres til bevegelsen, ”risting av hjernen”, i større grad er påvirket av farten enn massen (Mejdell et al., 2009; Mattilsynet, 2014):

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 \quad (6.5)$$

Dersom man kombinerer Newtons andre lov, impulsloven og at forenklingen av størrelsen på fiskehodet gir en konstant motstående kraft, vil energioverføringen skje raskere. På grunn av at impulsen (den overførte bevegelsesmengden) ikke er like påvirket av hastigheten. Dette forsterkes av Mejdell et al. (2009) sin påstand om at en tung bolt ikke bedøver tilstrekkelig under 8 bar, men at det er tilstedeværelsen av kjevebrudd og utsprengte øyne over 8 bar.

$$I = Ft = \Delta p = mv - mv_0 \quad (6.6)$$

- $I$  er impuls.
- $F$  er kraften.
- $t$  er tiden kraften virker.
- $\Delta p$  er bevegelsesmengden.
- $m$  er partikkelens masse.
- $v_0$  og  $v$  er start- og slutthastighet.

”Ved rørsystemets utløp er det viktig å sørge for at fisken ikke får for stor fallhøyde mot bånd, renner etc (uten vann) eller at fisken går i stor fart rett inn i skott, vegger etc.” (Mattilsynet, 2014). Kombinert med behovet om at fisken skal komme med hodet først uten vann, er det derfor designet et mottaksbord som sørger for å fjerne vannet. Dermed tillates litt opphopping av fisk og gir plass til at produksjonsarbeideren manuelt ensretter fisken.

### 6.6.6 Fisketransport i utbygg

Fisken kan transporteres mellom stegene i tilbygget ved bruk av et stige-transportrør. Transportrøret heiser fisken til et høyere nivå, og er laget av rustfritt stål, slik at rengjøring av maskinen er enklere og risiko relatert til listeriasmitte er redusert (L.M. Rørvik, 2000). Stigen kan kombineres med den eksisterende utblødnings-riggen i anlegget, for så å plassere en styrerenne mellom. Dette vil da kunne lede fisken til utblødningskar 1 eller 2.

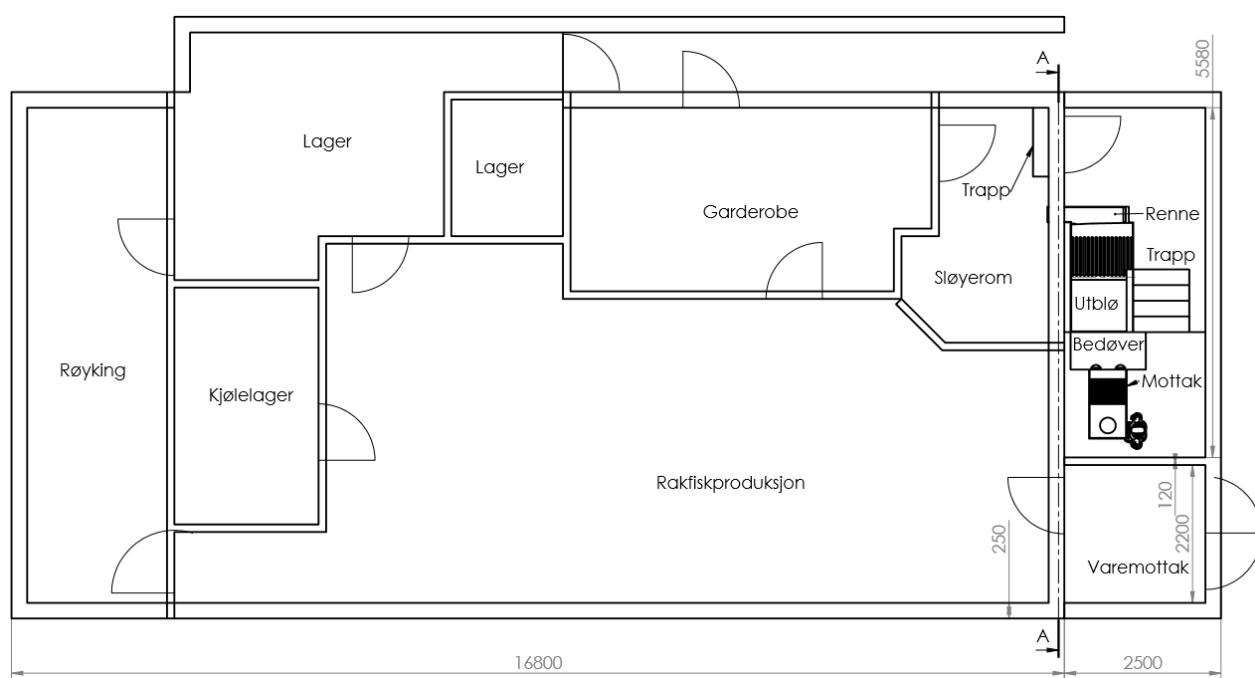
Transportbåndet har høyest sannsynlighet for vekst av *Listeria monocytogenes*. Dermed bør tilbygget designes slik at fisken sklir til neste steg på renner laget av rustfritt stål (Heir & Langsrud, 2013; L.M. Rørvik et al., 1997).

Etter en bedøvelse- og bløggemaskin, vil fisken havne på et lavere punkt. Side transportbåndet er segmentet i fiskeprosesseringen som har høyest smittefare (Schlech III et al., 1983), er det best å unngå bruk av transportbånd i designet av prosessen. Et av områdene der transportbånd kunne blitt brukt, er når fisken skal transporteres fra et lavere punkt. I stedet for å bruke transportbånd, kan bedøvelse- og bløggemaskinen bygges opp til et høyere nivå. Fisken kan dermed skli ned på en rustfri overflate til utblødningsstankene.

### 6.6.7 Utblødningskar

Den eksisterende oppbevaringstanken er egnet til utblødningskar. Oppbevaringstanken holder fisken kjøling mens den blør ut. Samtidig vil en roterende grind sørge for at den mest utblødde fisken kommer opp mot produksjonsarbeideren, som spretter fisken og sender den videre.

## 6.7 Utbygg ved slakteri



Figur 6.10: Plantegning med utbygg og komponenter.

Det opprinnelige slakteriet må bygges ut for å gi plass til de nye prosessene. Tilbygget designes slik at krysskontaminasjon hindres, og produksjon, regelmessig vedlikehold og rengjøring er lett tilgjengelig.

Siden det er lite plass i sløyerommet, bør trappen plasseres i bedøvelsesrommet (Figur 6.10). Det laveste punktet i rommet er ved døren, og et sluk bør derfor plasseres her. På grunn

av risiko for smitte da produksjonsarbeideren må krysse sluket, kombinert med den økte smitterisikoen et sluk har, er det likevel ønsket å unngå denne løsningen. (Heir & Langsrud, 2013; L.M. Rørvik et al., 1997). Trappen bør derfor bygges i sløyerommet, til tross for den begrensede plassen. Da ansatte kommer inn fra utsiden av bygget, plasseres døren slik at den går fra sløye- til bedøvelsesrommet (Figur 6.10), slik at forurensinger unngås. Det vil også motvirkes fra de som går gjennom rommet der det produseres rakfisk, og dermed dra med, eller gir fra seg forurensinger.

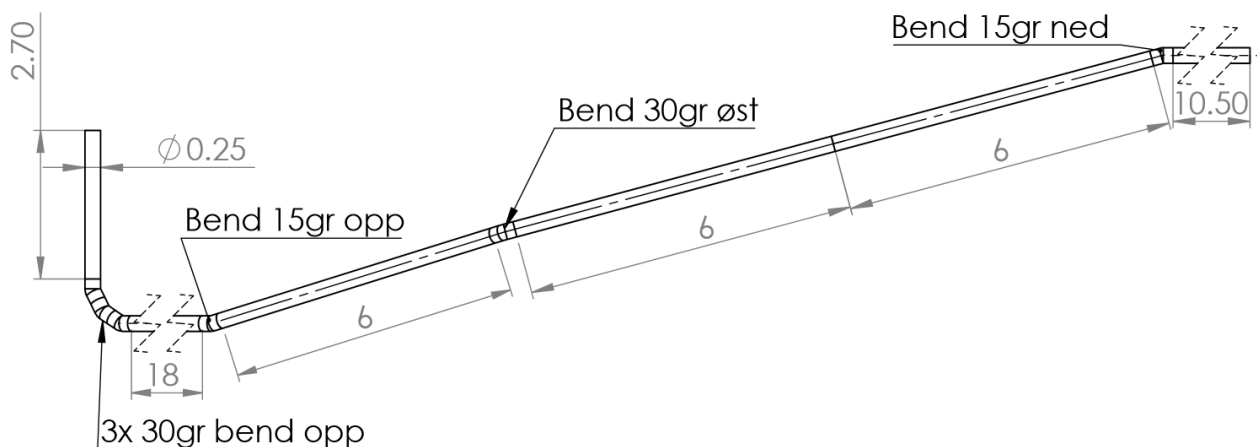
Åpningen mellom bedøvelsesrom og sløyerom vil utstyres med en lukkbar luke som reduserer støyet fra slag- og bløggemaskinen. Dette blir gjort fordi bedøvelsesprosessen ikke pågår når fisken flyttes fra utblødningstanken til sløyerommet. Luken skal også lukkes under vasking av rommene, for å unngå krysskontaminasjon som følge av sprut ved spyling. Luken vil monteres på siden av åpningen, slik at det ikke risikeres kontaminasjon ved at det drypper ned på fisken fra luken når den er åpen. Byggteknisk forskrift (TEK 10) (2016, § 13-20 Våtrom og rom med vanninstallasjoner) tilsier at hele gulvet skal ha et minimum fall på 1:100 mot sluk.

Trappene i designet er i henhold til (Byggteknisk forskrift (TEK 10), 2016, § 12-16. Trapp)

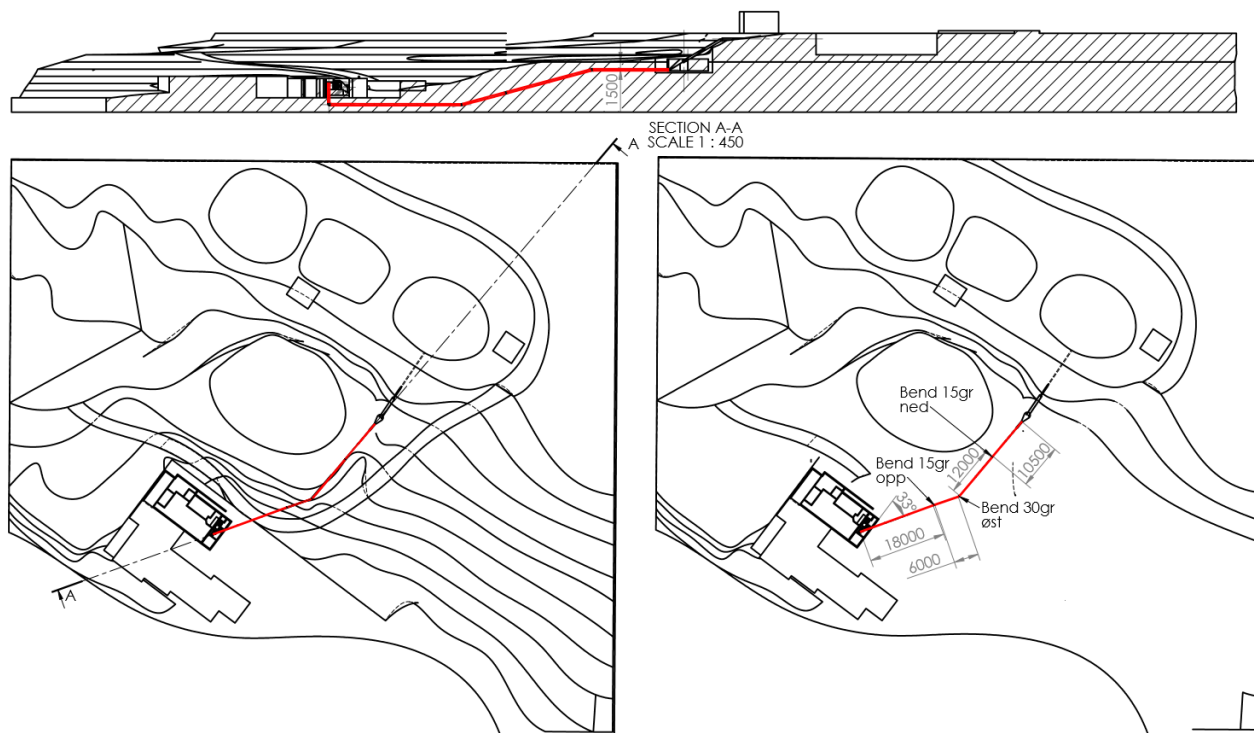
- Den er minst 0,9 m bred.
- Inntrinn er minimum 0,25 m og maksimum 0,3 m.
- Opptrinn er maksimum 0,18 m, i dette tilfellet 0,16 m for å nå opp til nivå på 0,8 m.
- Rekkverk skal være minimum 0,9 m høy (Byggteknisk forskrift (TEK 10), 2016, § 12-17. Rekkverk)
- TEK 10 dikterer kun varmegjennomgangskoeffisienten, så en "normal" veggykkelse på 25 cm antas. For innervegg antas det 12 cm for å gi plass til 2" 4 bjelke og plate.

## 6.8 Rørlegging

"Transportutstyret skal ikke avgi stoffer som er helseskadelige for fisk eller som på annen måte påfører fisken skade eller unødige påkjenninger." Forskrift om transport av akvakulturdyr (2014, §8). "Rørgatene skal være utformet slik at det er minst mulig risiko for å skade fisken. Det er viktig at rørgangene er glatte innvendig. En bør være særlig oppmerksom på utforming av skjøter. Mattilsynet forventer at virksomhetene har forsikret seg om at det ikke er skarpe kanter i rørgatene som fisken kan skade seg på. Bendene på rør bør ha stor vinkel slik at fisken ikke slås mot rørveggen der rørene bøyes" (Mattilsynet, 2014).



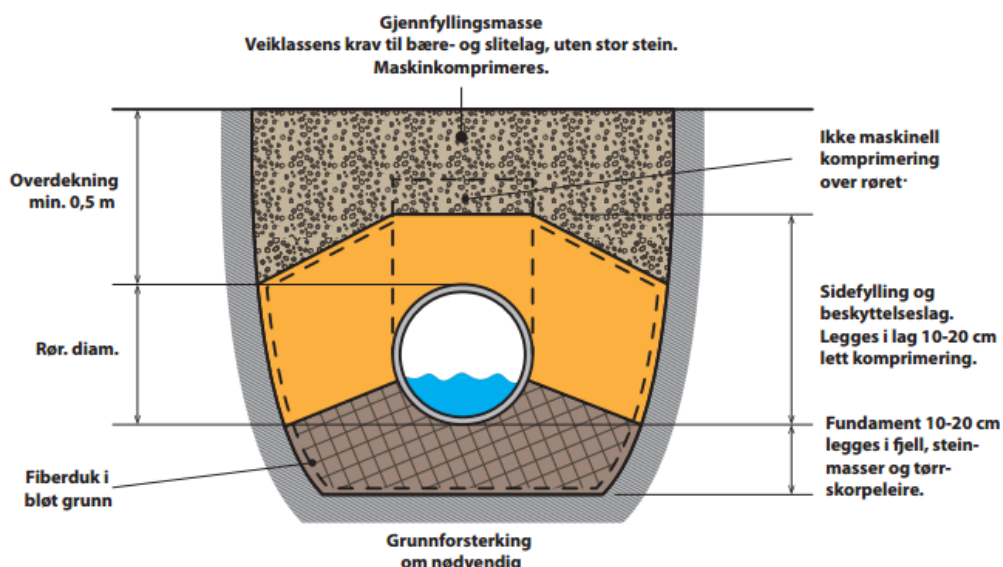
Figur 6.11: Utdrag fra Vedlegg E.1: Detaljtegning av rør med bend.



Figur 6.12: Utdrag fra Vedlegg E.2: Graveskisse.

Røret under landbruksveien må legges minst 0,5 m under bakken med gitt oppbygging, så krav til kulverter, stikkrenner og rør på landbruksveier tilfredsstilles (Landbruks- og matdepartementet, 2013).





Figur 6.13: Sjematisk leggeanvisning for rør (Landbruks- og matdepartementet, 2013).

### 6.8.1 Dimensjonering av rørtykkelse

For dimensjonering av tykkelsen på et rør, er det ofte dets evne til å tåle undertrykk som er relevant for dimensjoneringen.

$$\sigma_t = \frac{p \times d_m}{2 \times e} \quad (6.7)$$

- $\sigma_t$  er ringtrykkspenningen som oppstår ved undertrykk.
- $p$  er trykkforskjell mellom utsiden og innsiden av røret (undertrykk).
- $e$  er veggtykkelsen.
- $d_m$  er rørets middeldiameter, definert som den utvendige diameteren  $d_e$  minus veggtykkelsen  $e$ .

Dersom det innvendige undertrykket økes, vil det oppstå så stor ringtrykkspenning at røret knekker og kollapser, også kalt kritisk undertrykk.

$$\sigma_{kn} = \frac{E}{1 - \nu^2} \times \left( \frac{e}{d_m} \right)^2 \quad (6.8)$$

$$\sigma_{kt} = 2 \times \frac{E}{1 - \nu^2} \times \left( \frac{e}{d_m} \right)^3 \quad (6.9)$$

- $\sigma_{kn}$  er knekkspenningen.
- $\sigma_{kt}$  er det kritiske undertrykket.
- $E$  er materialets elastisitetsmodul.
- $\nu$  er tverrkontraksjonskoeffisienten (Poissons ratio), der vanlige verdier er (Pipelife, 2007):

- Bevegelig nedgravd rør: 0,3 – 0,4.
- Nedgravd rør som er forhindret fra å bevege seg i lengderetningen: 0,5.
- Fritt opplagt fastspent rør uten sidestøtte: 0,5.
- Fritt opplagt bevegelig rør uten sidestøtte: 0.

Dersom det er rør som ligger nedgravd i en grøft som utsettes for et utvendig trykk fra omkringliggende jordmasser, grunnvann og i tillegg trafikk, beregnes det tillatte undertrykket på følgende måte:

Finner først det vertikale trykket som oppstår på røret:

$$q = q_{jord} + q_{vann} + q_{tr} \quad (6.10)$$

- $q$  er summen av det vertikale utvendige trykket på røret forårsaket av jordtrykket  $q_{jord}$ , grunnvannstrykket  $q_{vann}$  og trykket som oppstår fra trafikklast  $q_{tr}$  som hentes ut fra graf (Figur 6.14). Hjultrykket er 7 kN ( $\approx 7,5$  tonn) pluss en dynamisk effekt som er gitt en faktor 1,75.

Beregner deretter vekten av den totale jordmassen:

$$q_{jord} = \rho_{jord} \times h \quad (6.11)$$

- $\rho_{jord}$  er jordens densitet, normalt 18 - 19  $kN/m^3$  over grunnvannstanden og 11  $kN/m^3$  under grunnvannstanden.
- $h$  er overdekningens høyde.

Til slutt finner man vanntrykket fra grunnvannet:

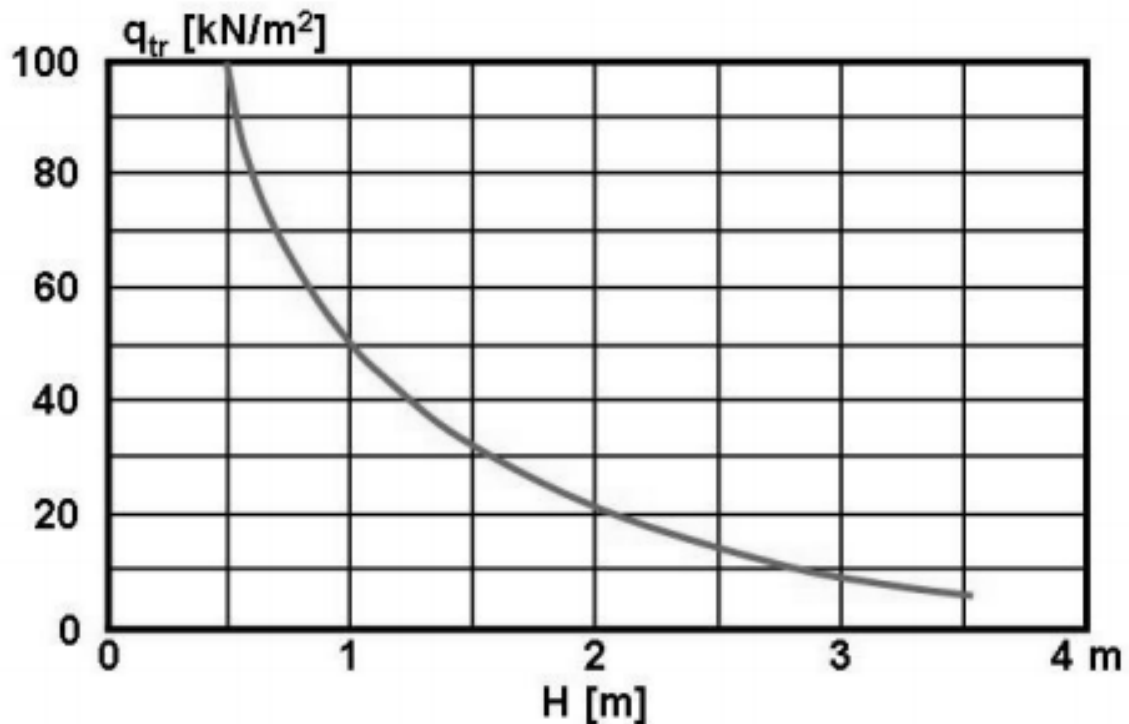
$$q_{vann} = 10 \times h_{vann} \quad (6.12)$$

- $h_{vann}$  er grunnvannstandens høyde over senter rør.

Med en høyde  $h = 0,7$  m gir dette et vertikalt trykk  $q_{tr} = 43$   $kN/m^2$ .

Det antas at røret ligger over grunnvannstanden og vil derfor være mest utsatt der trafikken går over, hvor jordhøyden er 0,7 m:

$$\begin{aligned} q_{jord} &= 11 \times 0,7 = 7,7 \text{ kN/m}^2 \\ h_{vann} &= 0 \Rightarrow q_{vann} = 0 \\ q &= 7,7 + 43 = 50,7 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$



Figur 6.14:  $q_{tr}$  er vertikalt trykk som følge av trafikklast ( $d_e < 500\text{mm}$ ) (Pipelife, 2007).

For rør i grunne grøfter med trafikklast:

$$P_{till} = \frac{64 \times S_R}{(1 + 3,5 \times (\delta/d_e))^3} \quad (6.13)$$

- $P_{till}$  er tillatt totaltrykk.
- $S_R$  er rørets ringstivhet.
- $\delta/d_e$  er den relative deformasjonen.

$$S_R = \frac{E}{12 \times SDR^3} \quad (6.14)$$

- SDR er et forholdstall hvor rørets ytre diameter deles på rørets godstykkelse.

Ved sjelden overkjøring er det tillat med 8 % relativ deformasjon (Pipelife, 2007), og gir uttrykket:

$$P_{till} = \frac{64 \times \frac{E}{12 \times SDR^3}}{(1 + 3,5 \times (\delta/d_e))^3} \geq 50,7 \text{ kN/m}^2$$

Løses dette med hensyn på SDR, får man det minste forholdet som kan benyttes:

$$SDR \leq \sqrt[3]{\frac{64 \times E}{50,7 \text{ kN/m}^2 \times 12 \times (1 + 3,5 \times (\delta/d_e))^3}}$$

Gitt at E-modulen er lik  $200 \text{ N/mm}^2$ , og at det er en relativ deformasjon på 0,08, gir dette det største SDR forholdet som er lik:

$$SDR \leq 19$$

Det kan tenkes ut to løsninger for å benytte et lavere SDR-forhold enn det som brukes pr. i dag ( $SDR = 17$ ):

1. Betongrør som ligger på utsiden av det smalere PE-røret. Dette anbefales ikke da betongrøret øker gravekostnadene drastisk. Røret må graves ned under veien, fremfor montering ved PE-rør der røret normalt stikkes gjennom under veien. Det øker også følsomheten mot ujevnt sig i fundamentet, da PE-røret vil få store stresskonsentrasjoner på endekantene til betongrøret om de siger forskjellig.
2. Benytte en muffeovergang som også endrer godstykkelse. Dette er ikke lagervare Pipelife (2016), så det anbefales å benytte likt rør hele strekningen. Det sørger for enkel montering og rask leveranse.

## 6.9 Økonomisk analyse

Den økonomiske analysen tar for seg investeringen som må til for å gjennomføre den anbefalte løsningen, og inkluderer alle komponentene i prosessløsningen. Analysen inneholder, i tillegg til investeringskostnadene, også aspekter som lån, nedbetaling/nedbetalingstid, produksjonskostnader og fremtidig økonomi relatert til løsningen. Det antas at en dobling av konsesjonen, fører til en dobling av antall arbeidsdager.

Analysene tar ikke hensyn til forbedring av fiskevelferden. Fiskevelferden kan resultere i en kvalitetsøkning, som antagelig fører til større etterspørsel og dermed høyere pris og inntjening (Stoltz et al., 2014). Siden det er vanskelig å opprette en omforent kvantifiserbar sammenheng mellom fiskevelferd, bedre kvalitet og økt slag, er det utelatt fra analysene. Det er heller ikke gjort analyser for å kartlegge den økonomiske gevinsten og reduserte smitterisiko som følger av bedre hygiene ved å flytte produksjonen inn.

Det må også nevnes at bruken av en traktor vil ha kostnader relatert til slitasje, drivstoff og annen bundet kapital. Dette ses bort i fra, da det vil gi en marginal økonomisk påvirkning ved lite bruk, og at traktoren uansett er en nødvendighet for skogbruket. Det tas heller ikke hensyn til detaljerte kostnader i utbygget, som sluk, oppbygging av gulv osv.

### 6.9.1 Personalutgifter

Det benyttes i dag 10 ansatte ved prosessering av fisk. De er lønnet 180,- kr pr. time. Ved å ta hensyn til sosiale utgifter fra altinn (2016), tilsvarer dette en realverdi på ca. 227,- kr pr. time

med sosiale utgifter tilsvarende 26,3 %.

- |  |   |          |
|--|---|----------|
| - Feriepenger: 10,2 %                              | } | ≈ 26,3 % |
| - Arbeidsgiveravgift: 14,1 %                       |   |          |
| - Pensjonskostnader: 2 %                           |   |          |
| - Arbeidsgiveravgift av pensjonskostnad: 0,00284 % |   |          |

Den valgte løsningen gir en mer automatisert tømning av fisk, og kan dermed spare inn én ansatt. Dette tilsvarer en innsparing på 1705,- kr pr. dag (Tabell 6.4). Med 28 produksjonsdager pr. år, gir det 47 740,- kr i sparte kostnader pr. år.

Det antas at det er nødvendig å utvide arbeidsstokken med omtrent 2 ansatte (Midling et al., 2008), for å fortsette lovlig drift uten kjøp av bedøvelsesmaskin. Disse vil stå for manuell slagbedøving av fisken på grunn av den vedtatte utfasingen av CO<sub>2</sub> (Forskrift om slakterier mv. for akvakulturdyr, 2014, §14). Dette tilsvarer en innsparing på 3410,- kr pr. dag ved å ta hensyn til samme differansen pr. dag (Tabell 6.4). Med 28 produksjonsdager pr. år, gir det 95 480,- kr i sparte kostnader pr. år.

I dagens løsning er det totalt 9-10 ansatte som jobber med følgende poster:

- |                      |   |              |
|----------------------|---|--------------|
| - Traktorkjøring - 1 | } | 9/10 ansatte |
| - Bløgging: - 1      |   |              |
| - Spretting: - 1     |   |              |
| - Sløying: - 1       |   |              |
| - Vasking: - 2/3     |   |              |
| - Sortering: - 1     |   |              |
| - Nedlegging: - 2    |   |              |

### 6.9.2 Utbygging-, utstyr og gravekostnader

Etter samtale med lokal entreprenør (Akershus Entreprenør), ble det anslått en kostnad på omtrent 1400,- kr pr. meter nedgravd rør på 1,5 meter dyp.

For å få bygget ut tilbygget antar Proffjobb AS en kostnad på omtrent 15 000,- kr pr. kvm.

## Utstyrliste med pris

Tabell 6.3: Prisliste over tilgjengelig utstyr, 10. mars 2016.

Leverandører	Enhet	Antall	Pris
Aqua Scan	CSE 2500	1	kr 41 400
Aqua Scan	Kontrollenhet KE-type	1	kr 47 000
Aqua Scan	Vannavskiller	1	kr 7 750
Aqua Scan	Flensspiss DN250 L=500mm	1	kr 5 250
Ace Aquatec	Stun maskin	1	kr 800 000
Baader	Slag- og bløggemaskin	1	kr 571 242
Brødrene Dahl	Skyvespjeldsventil, Pneum.Akt. SS3	1	kr 72 312
Brødrene Dahl	Avløpsrør, 250mm PVC, 1m	70	kr 58 625
Brødrene Dahl	PVC Bend 11°	2	kr 10 725
Brødrene Dahl	PVC Bend 90°	1	kr 8 638
Brødrene Dahl	PE-BEND 15°	2	kr 18 900
Brødrene Dahl	PE-BEND 30°	1	kr 12 833
Brødrene Dahl	PE-BEND 90°	1	kr 19 250
Brødrene Dahl	PE-rør, 250 (SDR 17)	44	kr 77 000
SeaSide	Slag- og bløggemaskin	1	kr 350 000
SeaSide	Stun maskin	1	kr 300 000
SeaSide	Ensretter	1	kr 400 000
SeaSide	Renne	1	kr 30 000
Sigum Fagerberg	Skyvespjeldsventil, Pneum.Akt. EB06	1	kr 16 212
Pipelife	Flensovergang PE100 250mm SDR17 x DN250	1	-

## 6.9.3 Nullpunkt, internrente og sammenligning

Beregningene i den økonomiske analysen søker å belyse hvorvidt investeringene knyttet til en mer automatisert drift, er lønnsom opp mot innsparingen i personalutgifter. Nullpunktsanalysen tar hensyn til at hele beløpet er lånt, med en rentefot på 7 %. Internrenten benyttes for å gi et sammenligningsgrunnlag opp mot andre investeringer.

## Internrentemetoden

Internrente benyttes for å sammenligne lønnsomheten til forskjellige investeringsprosjekter. Internrente er et relativt avkastningsmål, og viser hvilken avkastning i % som oppnås på kapitalen som er investert i prosjektet for det gitte tidsintervallet (Store norske leksikon, 2014). En enklere forklaring på internrente, vil være at det er hvor stor lånerente en investering tåler for å gå i null ved det gitte tidsforløpet. Internrenten beregnes ved å sette nåverdien lik null, for så å se hvilken avkastningsrente  $IRR$  som oppnås.

$$CF_0 = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t} \quad (6.15)$$

-  $CF_0$  er investering på tidspunkt 0.

- $CF_t$  er prosjektets avkastning på tidspunkt  $t$ .
- $n$  er totalt antall perioder.
- $IRR$  er kalkulasjonsrenten eller avkastningskravet.
- $t$  er et gitt tidspunkt, i denne sammenhengen angitt som år.

Funksjonen blir komplisert å løse med hensyn på  $IRR$  for  $t > 3$ . Det benyttes derfor problemløser i Excel, som utnytter iterasjoner for å estimere verdien til  $IRR$ . Syntaksen "(IR(verdier:[antatt]))" benyttes. "Verdier" starter med investeringskostnaden, for så å være fortjenesten pr. tidsintervall  $t$ . "Antatt" benyttes dersom det er et langt tidsforløp med mange verdier, og hjelper Excel med å løse funksjonen raskere. Internrenten er beregnet med og uten konsesjonsøkning, i et 20 års tidsforløp.

### Case 1 - Automatisert fisketømming

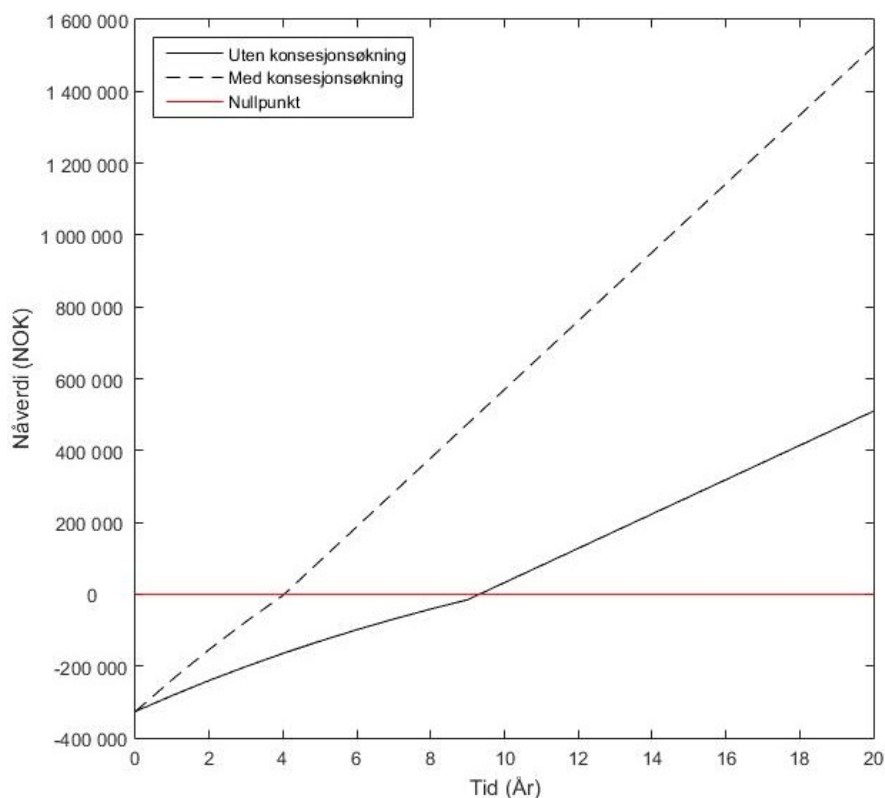
Den første analysen forutsetter investering i en mer automatisert drift. Analysen sammenligner endring i økonomien over en tidsperiode på 20 år, på basis av en mulig konsesjonsøkning (Figur 6.15). Kostnadene forbundet med en mer automatisert drift ligger på 326 444,- kr, med en forventet inntjening på 47 740,- kr pr. år og 95 466,- kr pr. år ved doblet konsesjon.

Tabell 6.4: Produksjonskostnader ved manuelt og automatisert arbeid.

Arbeidstype	Ansatte	Timer per dag	Timelønn	Totalt pr. dag	Differanse pr. dag
Manuelt	9	7,5	227,3	kr 15 343	kr 1 705
Automatisert	8	7,5	227,3	kr 13 638	

Tabell 6.5: Prislister over valgt utstyr og arbeid, 10. mars 2016.

Leverandører	Enhet	Antall	Pris
Akershus Entreprenør	Graving 1,5 meter dypt pr. meter	44	kr 61 600
Aqua Scan	CSE 2500	1	kr 41 400
Aqua Scan	Kontrollenhet KE-type	1	kr 47 000
Aqua Scan	Vannavskiller	1	kr 7 750
Aqua Scan	Flensspiss DN250 L=500mm	1	kr 5 250
Brødrene Dahl	PE-BEND 15°	2	kr 18 900
Brødrene Dahl	PE-BEND 30°	4	kr 51 332
Brødrene Dahl	PE-rør, 250 (SDR 17)	44	kr 77 000
Sigum Fagerberg	Skyvespjeldsventil, Pneum.Akt. EB06	1	kr 16 212
<b>Totalt</b>			<b>kr 326 444</b>



Figur 6.15: Nullpunktanalyse for investering i automatisert fisketømmen med en rentfot på 7%, ved innsparing av 1 ansatt, med og uten konsesjonsøkning.

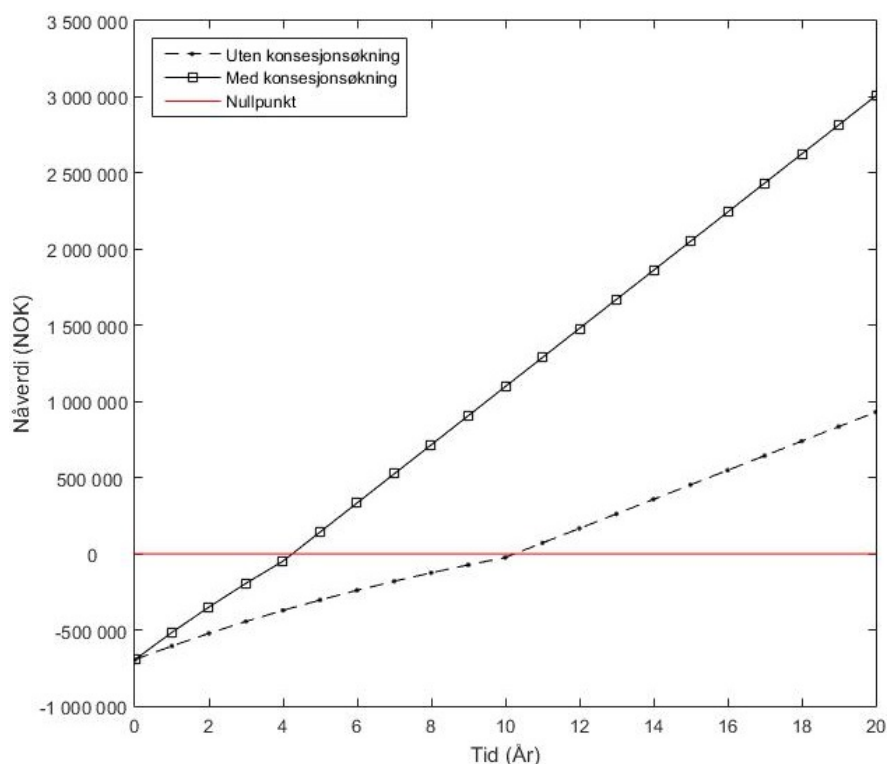
### Case 2 - Bedøvelsesutstyr og utbygg

Den andre analysen forutsetter investering i bedøvelsesutstyr, slik at det ikke er nødvendig å utvide arbeidsstokken med 2 ansatte. Analysen sammenligner endring i økonomien over en tidsperiode på 20 år på basis av en mulig konsesjonsøkning (Figur 6.16). Investeringen er på 695 000,- kr. Analysen gir en innsparing på 95 466,- kr pr. år. og 190 932,- kr pr. år ved konsesjonsøkning (Figur 6.16).

Tabell 6.6: Prislister over valgt utstyr og arbeid, 10. mars 2016.

Leverandører	Enhet	Antall	Pris
Proffjobb	Utbygg på slakteri pr. kvm	21	kr 315 000
SeaSide	Slag- og bløggemaskin	1	kr 350 000
SeaSide	Renne	1	kr 30 000
<b>Totalt</b>			<b>kr 695 000</b>





Figur 6.16: Nullpunktanalyse for investering i bedøvelsesutstyr og utbygg med en rentfot på 7%, ved innsparing av 2 ansatte, med og uten konsesjonsøkning

#### 6.9.4 Sammenligning og anbefaling

Analysene for et investeringsforløp på 20 år gir ved en lånerente på 7 % en nedbetalingstid på ca. 9 år uten konsesjonsøkning, og 4 år med konsesjonsøkning for investeringen i automatisering av sultedam (Case 1) (Figur 6.15). Investering i bedøvelsesutstyr og utbygg (Case 2) vil ved like betingelser være nedbetalt etter ca. 11 år uten konsesjonsøkning og 4 år med konsesjonsøkning (Figur 6.16). Etter dette anses besparelsen i arbeidskostnader som overskudd til bedriften.

Tabell 6.7: Nedbetalingstid ved 7% rente og internrente etter 20 år for de gitte investeringene, med og uten økt konsesjon. Case 1: Automatisert fisketømming. Case 2: Bedøvelsesutstyr og utbygg

Case	Konsesjon	Investering	Årlig fortjeneste	Nedbetalingstid	Internrente
1	Normal	kr 326 444	kr 47 740	9 år	13,45 %
1	Doblet	kr 326 444	kr 95 480	4 år	29,77 %
2	Normal	kr 695 000	kr 95 466	11 år	12,42 %
2	Doblet	kr 695 000	kr 190 932	4 år	27,25 %

Med internrenter på 13,45 og 29,77 % (Tabell 6.7), er det tydelig at investeringen er lønnsom for både dagens konsesjon og ved doubling. En økning i konsesjon vil ha en langt kortere tilbakebetalingstid, lavere risiko og høyere fortjeneste (Figur 6.15). Internrenten for begge

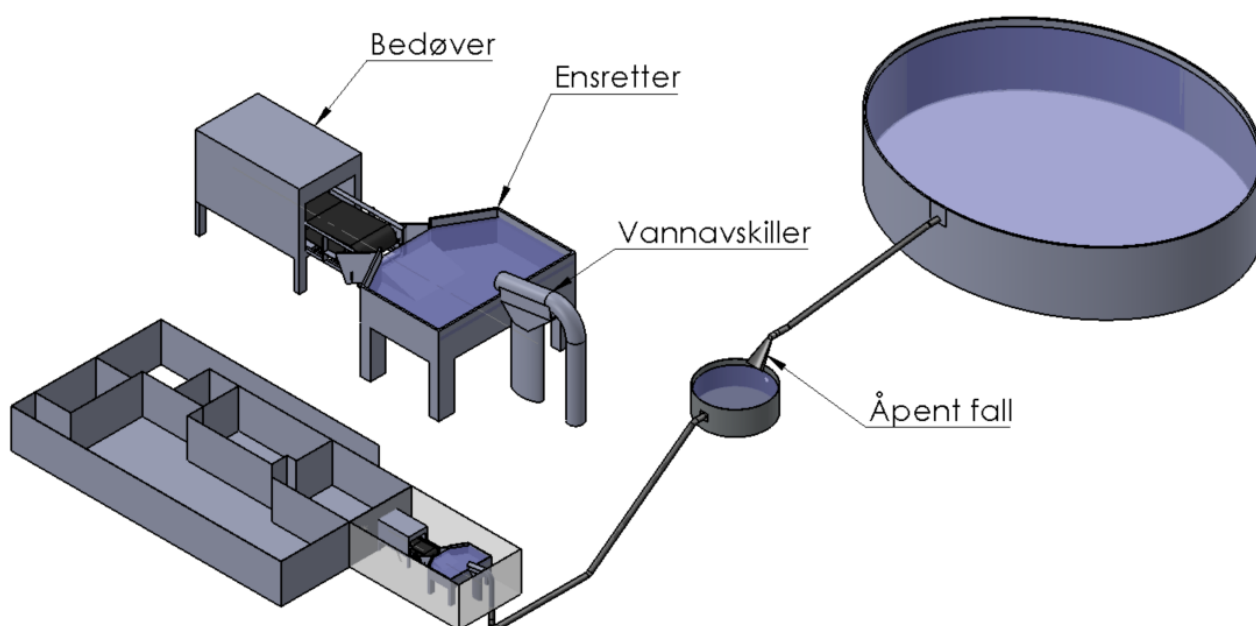
tilfeller er også betraktelig bedre enn renten som kan oppstå i sparekonto hos DNB, der renten er 1,6 % (28.04.2016). Da Noraker Gård har skogdrift, kan videreinvestering i dette være mer aktuelt å sammenligne med. Investeringen i både bedøvelsesutstyr og mer automatisert anlegg kommer best ut av sammenligningen da internrentene etter 20 år ved dagens konsesjon ligger på 13,45 og 12,42 %, opp mot sitkagran for tømmerproduksjons, som anslås til 4-6 % i et tidsforløp på ca 60 år (Øyen, 2012).

## 7 Konseptillustrasjon - Alternativ løsning

Denne delen tar for seg en alternativ konseptutredning. Løsningen baserer seg på mange av hovedprinsippene i den valgte løsningen, med unntak av noen spesifikke prosesser. Grunnlaget for anbefalingen er tatt med hensyn til utbyggingskostnader, kompleksitet og anbefalinger fra lokalt mattilsyn.

Den alternative løsningen er lagt frem for å illustrere tiltak som kan tas dersom lokalt mattilsyn, eller Noraker ønsker å forbedre fiksevelferden. Elektrobædøveren er inkludert fordi det er usikkerhet rundt skadeomfanget som er rapportert, og dersom Seaside skulle få problemer med å spesialtilpasse slag- og bløggemaskinen til fiskestørrelsen.

Alternativet kan brukes som et oppslagsverk dersom arbeidsgiver skulle ønske andre løsninger enn det som er utredet i den valgte konseptillustrasjonen.



Figur 7.1: Alternativ løsning.

### 7.1 Størrelse på oppholdsdam

Akvakulturdriftsforskriften (2015, §46) tilsier at fisketettheten til en produksjonsenhet for regnbueørret ikke skal overstige  $25 \text{ kg/m}^3$ . Ved transport av fisk med brønnbåt har  $125 - 250 \text{ kg/m}^3$  rapportert tilfredsstillende resultater, med forslag om tilleggsoksygenering ved høye vanntemperaturer (Nordtvedt et al., 2012). Dersom det skal være 2100 fisk på omtrent  $1 \text{ kg}$ , gir dette en tank på  $84 \text{ m}^3$  ved  $25 \text{ kg/m}^3$ , eller  $16,8 - 8,4 \text{ m}^3$  ved  $125 - 250 \text{ kg/m}^3$ . Ved å runde opp til  $85 \text{ m}^3$  og bruke en vanndybde på  $1,8 \text{ m}$ , gir det en diameter på oppholdsdammen lik:

$$D = \sqrt{4 \times \frac{85 \text{ m}^3}{\pi \times 1,8 \text{ m}}} = 7,76 \text{ m} \quad (7.1)$$

For å sørge for at fisken holder seg i bassenget ved bruk av åpent fall til oppholdsdammen, er det nødvendig å gjennomføre en beregning av banen som fisken har ut av røret. Ved bruk av bevegelsesligningene, er det mulig å finne ut den minste lengden oppholdsdammen må ha. Tiden  $t$  som fisken befinner seg i luften, der det er sett bort i fra luftmotstanden, beregnes med formelen:

$$h = h_0 + v_{h0}t - \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow t = 0,81 \text{ s} \quad (7.2)$$

- $h_0$  er høyden i oppholdstanken, som settes lik 0 m.
- $h$  er høyden fra vannoverflaten i oppholdstanken og til røret fra sultedammen, som er lik  $-3,2$  m.
- $v_{h0}$  er den vertikale starthastigheten, som settes lik 0 m/s.

Deretter beregnes avstanden  $L$  som fisken beveger seg i løpet av tiden  $t$ .

$$L = L_0 + v_{L0}t \approx 2,33 \text{ m} \quad (7.3)$$

- $L_0$  er startposisjonen til fisken, som settes lik 0 m.
- $v_{L0}$  er den horisontale starthastigheten til fisken, som er lik 2,74 m/s.

Ved beregninger kommer det frem til at tanken må være minst 2,33 m lang for å motvirke at fisken faller utenfor (Ligning 7.2 og 7.3). Rennen fra utløpsrøret til oppholdsdammen må være 2,33 m i vertikal retning, og tilsvarer en helning på ca.  $54^\circ$ , ved en høydeforskjell på 3,2 m.

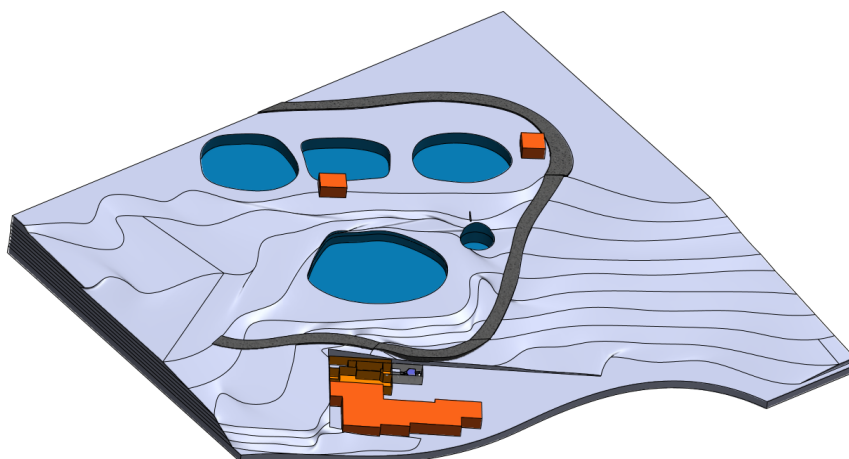
Under oppstart av anlegget, er det ikke tilstrekkelig med vann i oppholdsdammen. Dette krever derfor at den er fylt opp til et gitt nivå, og kan gjøres på to måter:

1. Implementering av løsningen med parallelt rør med gitter (Figur 7.6).
2. Koble grunnvannet til oppholdsdammen.

Det anbefales at parallelle rør benyttes siden varierende vannkvalitet har en tendens til å utløse stressresponser hos fisk (Slinde et al., 2013; Mejdell et al., 2009).

## 7.2 Transport

Det er valgt å beholde prinsippet ved bruk av PE-rør frem til oppholdsdammen. I stedet for en trakt, er det satt inn et mellomlagingssted for fisken. Dette er for å motvirke hastigheten som oppstår ved et fall på 9 m. Oppholdsdammen brukes som mellomlagring og er plassert mellom sultedammen og dam 4 (Figur 7.2). En ideell plassering av oppholdsdammen forutsetter at den må graves ned ca. 2,8 m, slik at det oppnås tilstrekkelige hydrostatisk trykk gjennom rørtransporten til slakteriet. Oppholdsdammen kan også brukes for levendekjøling av fisken



Figur 7.2: Løsning med med landskap og høydekurver.

for beroligelse og forlengelse av rigor mortis tiden (Skjervold et al., 2001; Ådland Hansen et al., 2012, sitert av Slinde et al., 2013).

Høydeforskjellen mellom sulte- og oppholdsdammens vannoverflate vil være på 4,8 m, og mellom vannoverflaten og innløpet til sultedammen 0,8 m. Utløpet fra sultedammen vil også bruke en renne for å dempe fallet ned til oppholdsdammen.

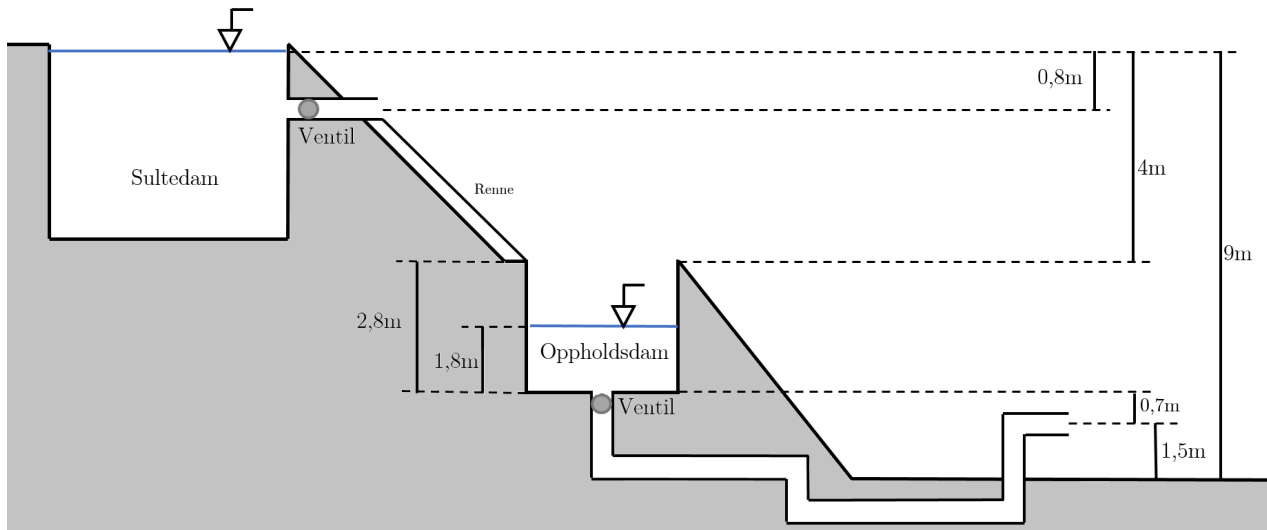
Etter at fisken har oppholdt seg i oppholdsdammen over natten, vil fisken fraktes videre til slakteriet. Høydeforskjellen mellom minimums nivået til vannet i oppholdstanken og bakkenivået ved slakteriet vil være 2,2 m, som tilsvarer at det hydrostatiske trykket vil være tilstrekkelig. Samtidig opprettholdes en relativt lav hastighet som motvirker skader på fisken ved bend i røret, og stressutvikling som oppstår ved høye hastigheter (Mattilsynet, 2014). Her brukes det rør med en ytre diameter på 200 mm og en veggtykkelse på 11,9 mm, og for å opprettholde et estetisk og praktisk design, vil røret graves ned under bakken. Ved å bruke tre stk. 30° bend, kommer fisken og vannet over bakkenivået (Figur 7.3 på neste side).

### 7.3 Vannhastigheter

Store deler av løsningen bruker samme prinsipp som den valgte løsningen frem til oppholdsdammen (Kapittel 6.3). Dermed er også vannhastighetene de samme (Tabell 6.1).

Ved å benytte initialverdien  $h_0 = 2,5$  m løses funksjonen numerisk for tapping av oppholdsdammen. Friksjonsfaktoren forenkles til å være konstant  $f = 0,0165$ , på grunn av liten variasjon. Lengden  $L = 43,5$  m, indre rørdiameter  $D = 0,1762$  m, hvor  $d = 7,76$  m er diameteren på oppholdsdammen. Deretter benyttes differensialligningen for endring av høyde (Ligningssett 6.1) for å finne mengden vann og fisk som tømmes fra oppholdsdammen.

I løpet av 23 minutter konstant tømming vil  $85$  m<sup>3</sup> med vann og fisk være tømt. Dette medfører at størrelsen på tanken ikke er tilstrekkelig stor for kontinuerlig tømming med 35 fisk/min.



Figur 7.3: Oversikt over høydeforskjellene mellom trinnene i transportfasen.

Det kan da brukes to mulige løsninger:

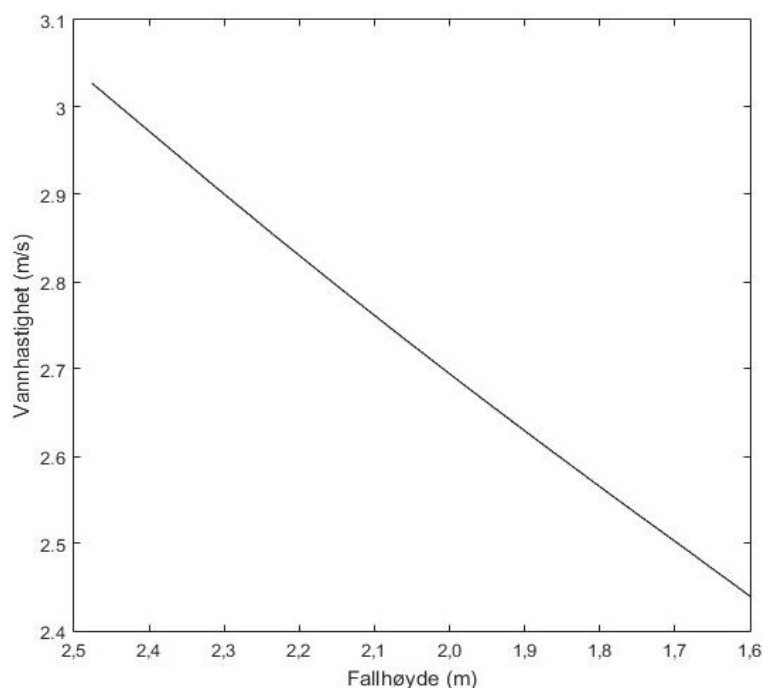
1. Regulering av trengingsgraden underveis.
2. Tilføre vann fra sultedam eller grunnvann.

Det er også et alternativ å utvide tanken så den rommer alt vannet som kommer fra sultedammen. Da dette kun øker vannmengden til 36 minutter tømning, er det nødvendig med samme løsninger som for  $85 \text{ m}^3$  oppholdsdam.

Tabell 7.1: Utdrag fra numerisk analyse for tømning av oppholdsdam.

Iterasjoner	Tid (sek)	Fallhøyde (m)	$\Delta h$ (m)	Hastighet (m/s)	Tømt ( $\text{m}^3$ )
0	0	2,50	0,00	3,03	0,00
1	60	2,41	0,09	2,97	4,43
2	120	2,31	0,19	2,91	8,89
3	180	2,22	0,28	2,85	13,26
4	240	2,13	0,37	2,79	17,54
5	300	2,04	0,46	2,73	21,74
6	360	1,95	0,55	2,68	25,85
7	420	1,87	0,63	2,62	29,86
8	480	1,78	0,72	2,56	33,79
9	540	1,70	0,80	2,50	37,64
10	600	1,62	0,88	2,44	41,39

Opprettholdelse av god fiskevelferd gjennom transportfasen, gjør det nødvendig med visse sikkerhetsløsninger som kan sikre fiskevelferd dersom det skulle oppstå tekniske feil eller avvik med det opprinnelige designet. I hovedsak baserer dette seg på å sørge for at fisk ikke sitter fast i rørt fra oppholdsammen til slakteriet. En løsning kan være å kjøre en "plugg" gjennom røret som sørger for at all fisken kommer ut, og dette kan benyttes i begge rørganger. Det



Figur 7.4: Forholdet mellom minkende fallhøyde og vannhastighet fra oppholdsdammen til slakteriet.

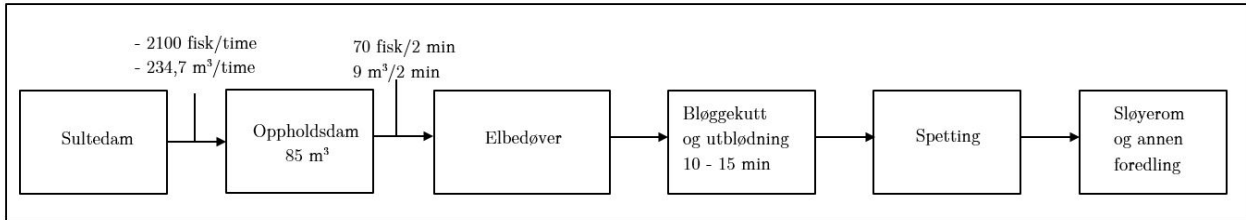
vil ikke være risiko forbundet med at fisken blir tørroppstilt i bendet ved slakteriet, da den fungerer som en vannlås. Likevel er det nødvendig med en rask utskylling av fisken i vannlåsen. Dette kan oppnås ved å tilkoble den nedre rørdelen til grunnvannet og bruke et manuelt spjeld.

## 7.4 Logistikk

Ved tømning av sultedammen, er det valgt å frakte hele dagskvoten med fisk til oppholdsdammen. Dette vil ta én time, der sultedammen tømmes for for 2100 fisk og  $177,5 \text{ m}^3$  vann (Tabell 6.1).

Fallet fra sultedammen kan påføre fisken stress ved lufteksponering og fall (Mattilsynet, 2014). Det er derfor gunstig at fisken får roet seg ned, før neste transportfase (Landbruks- og matdepartementet, 2002). En måte å unngå dette på er å tømme sultedammen dagen før slakting. Fisken får da tilstrekkelig med tid for å gjenoppta normal atferd, samtidig som sultedammen fylles opp med tilført grunnvann. Ved oppstart neste dag, vil oppholdsdammen være fylt opp og tømmes i partier. Dette motvirker opphoping av fisk i slakteriet, og gir en mer kontrollert slakteprosess. Dette kan gjennomføres ved å sette inn en tidsinnstilling på det automatiserte spjeldet, som vil etter en gitt tid lukke/åpne spjeldet. Hver tømning vil vare ca. 2 minutter. Hvilket tilsvarer da at det er mulig å ta ut ca. 70 fisk pr. parti, som vil etter 1 time med slakting, gi 350 fisk. Det brukes 1 time på å slakte fiskemengden, og det er derfor mulig å dele dette opp i 12 minutter slakting pr. parti på 2 minutter, og tilsvarer

en tid på 10 sekunder pr. fisk. For å sørge for at det er tilstrekkelig mengde med vann vil det være nødvendig å fylle opp oppholdsdammen mellom hvert femte parti. Dette tilsvarer et vannvolum på  $43 \text{ m}^3$ , hvilket tar ca 10 minutter å fylle fra sultedam. Etter at det har blitt slaktet 2100 fisk i løpet av dagen, vil tømning av sultedammen til oppholdsdammen settes i gang for å være klar til neste arbeidsdag.



Figur 7.5: Mengde fisk og vann gjennom de to transporttrinnene

### 7.4.1 Tidsplan

Det settes opp en tidsplan for logistikken til den alternative løsningen, for å få et innblik i produksjonsdagens forløp. Det tas hensyn til at oppholdsdammen fylles opp med 2100 fisk dagen før.

Tabell 7.2: Tidsplan for hvordan produksjonsdagen kan gjennomføres ved en slaktemengde på 2100 fisk. Tidsrommet mellom tømning av oppholdsdammen brukes for slaktning av fisken (12 minutter). De grønne tallene indikerer påbegynt påfyll av vann fra sultedam til oppholdsdam.

Tid (klokkeslett)	Antall fisk tømt	Pause	Tid (klokkeslett)	Antall fisk tømt
08:00 - 08:02	70	-	12:30 - 12:32	1120
08:14 - 08:16	140	-	12:44 - 12:46	1190
08:28 - 08:30	210	-	12:58 - 13:00	1260
08:42 - 08:44	280	-	13:12 - 13:14	1330
08:56 - 08:58	350	-	13:26 - 13:28	1400
09:10 - 09:12	420	-	13:40 - 13:42	1470
09:24 - 09:26	490	-	13:54 - 13:56	1540
09:38 - 09:40	560	-	14:08 - 14:10	1610
09:52 - 09:54	630	-	14:22 - 14:24	1680
10:06 - 10:08	700	-	14:36 - 14:38	1750
10:20 - 10:22	770	-	14:50 - 14:52	1820
10:34 - 10:36	840	-	15:04 - 15:06	1890
10:48 - 10:50	910	-	15:18 - 15:20	1960
11:02 - 11:04	980	-	15:32 - 15:34	2030
11:16 - 11:18	1050	-	15:46 - 15:48	2100

## 7.5 Trenging av fisken

Det brukes samme prinsipp som den valgte løsningen (Kapittel 6.5).



Oppholdsammen vil benytte likt prinsipp, hvor det fra toppsiden av tanken vil være et nedsenkbart "gitter". Ved at dette er koblet til kontrollerte vinsjer, vil det ha en regulerbar høyde, som vil resultere i en styrbar trenging av fisken. Alternativt kan vannstanden benyttes til å regulere trengingen, siden oppholdsdammen antas å tømmes raskere for vann enn fisk.

## 7.6 Utstyr

Den alternative løsningen benytter det samme utstyret og rørgatene som den valgte løsningen, med noen mulige variasjoner.

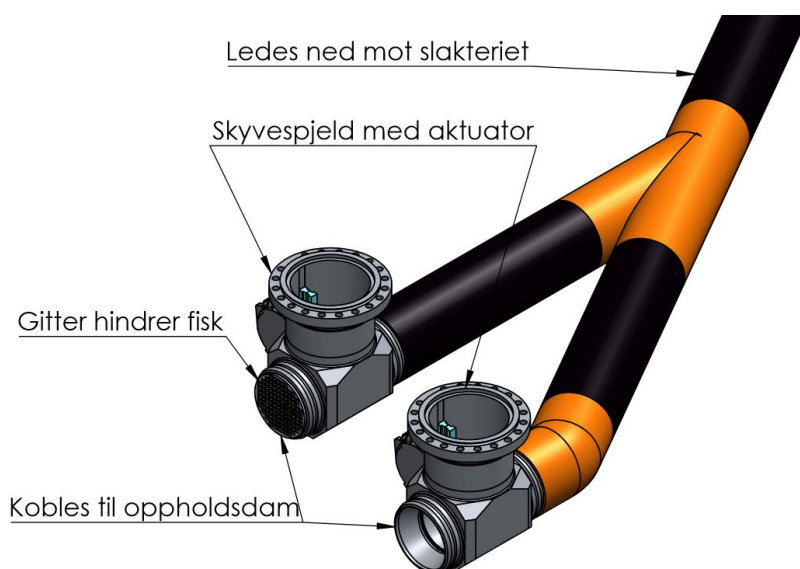
### 7.6.1 Automatisering av sulte- og oppholdsdam

#### Sultedam

Tømmingen av sultedammen bruker samme prinsipp som ble utredet i den valgte løsningen (Kapittel 6.6.1). Siden oppholdsdammen trenger påfylling av vann underveis i prosessen, vil en produksjonsarbeider plassere et gitter foran innløpet, slik at det ikke kommer med fisk i røret.

#### Oppholdsdam

For å tømme oppholdsdammen for fisk vil et parallelt rør med gitterløsning sikre best mulig fiskevelferd. Dette er fordi røret til slakteriet kan skylles gjennom mellom hvert parti, slik at det unngås at fisk blir værende i røret. Det er også mulig å benytte en enkel skyvespjeldventil, med manuell montering av gittter for gjennomskylling ved lunsj og arbeidshagens slutt (Kapittel 6.6.1).



Figur 7.6: Løsning for fisk i parallelle rør. Gitter hindrer fiskegang og skyller ut røret.

Ved gjennomskylling av røret stenges ventilen *uten* gitter, og ventilen *med* gitter åpnes. Fisken

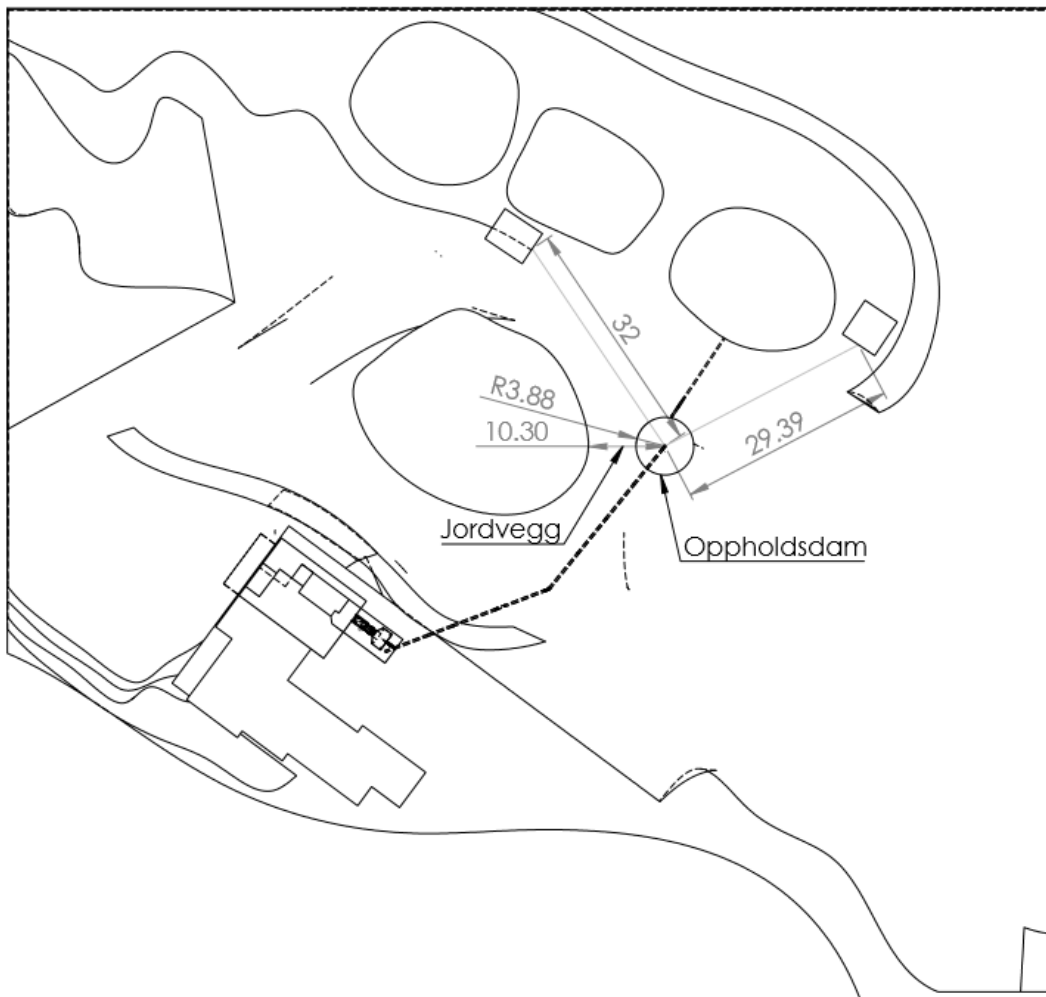
hindres da fra å komme inn i røret, samtidig som det er mulig å sende vann gjennom det parallelle røret. Dette motvirker problemene som forekommer med enkelt rør, da fisken blir værende i røret fra mellomsteget til slakteriet.

## 7.7 Dimensjonering av jordvegg mellom dammer

I henhold til Veileder for fyllingsdammer (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2012), som tar for seg dimensjoneringen av store industrielle fyllingsdammer brukt til vannkraftproduksjon, skal dimensjoneringen følges i henhold til (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2015, Søknad om konsesjon for uttak/regulering av vann til landbasert oppdrett (akvakultur)). Dette gir et konservativt anslag på at minste bredden på toppen av dammen bør være:

$$B \geq 4 + \frac{H}{30} \Rightarrow B \geq 4,12 \text{ m} \quad (7.4)$$

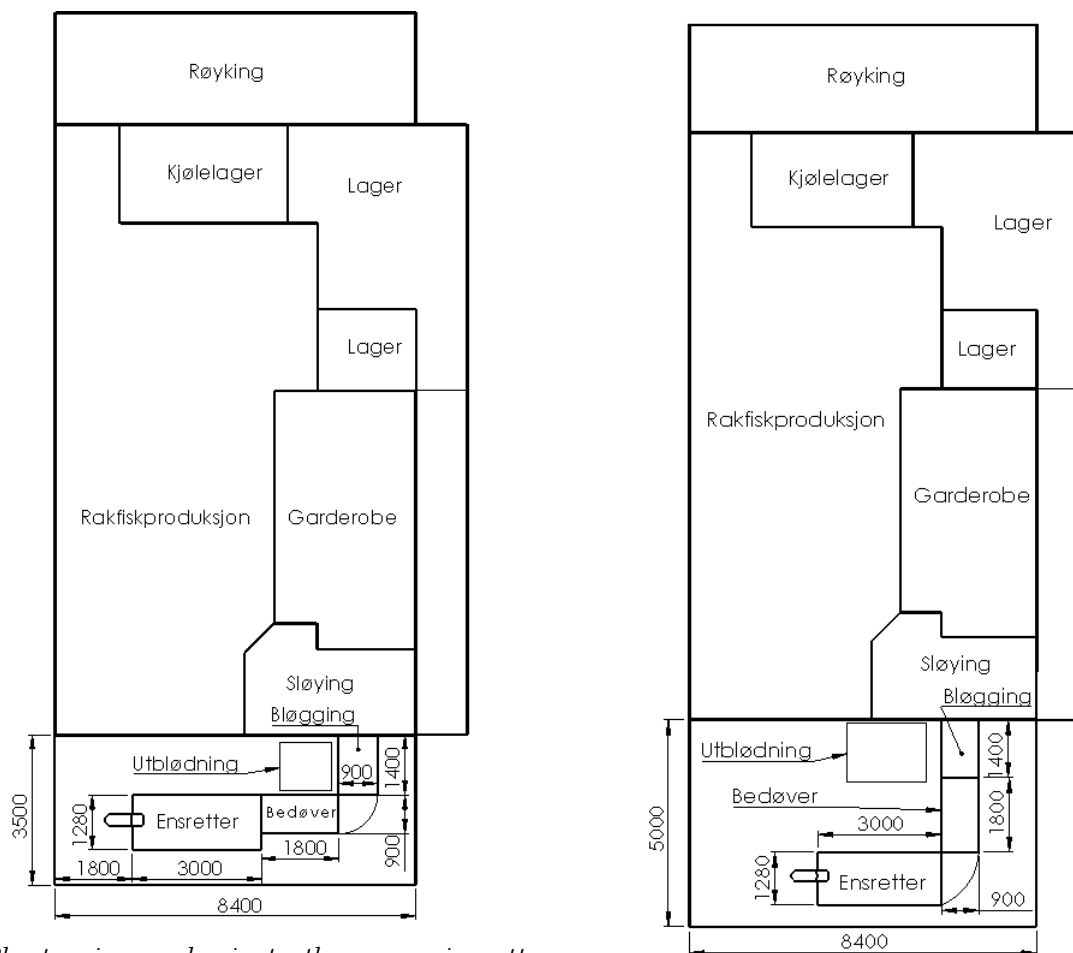
- Der  $H$  er damhøyden, som er lik 1,8 m.



Figur 7.7: Løsning med landskap og høydekurver.

## 7.8 Utbygg

Det kreves at det nåværende slakteriet bygges ut, for å få plass til utstyret fra den alternative konseptutredningen. Designkriteriene baserer seg på at krysskontaminasjon unngås og produksjon, regelmessig vedlikehold og rengjøring er lett tilgjengelig (Lekang, 1998).



(a) Plantegning med minst utbygg og sving etter bedøving.

(b) Plantegning med utbygg og sving etter ensretter.

Figur 7.8: Forklaring av slakteri, med påsatte hovedmål.

## 7.9 Utstyr- og byggkostnader

Løsningen vil inneholde mye av de samme komponentene som for den valgte løsningen. Det vil tas i bruk én CSE 2500 fisketeller, og kontrollenhet KE-type fra AquaScan. Det vil brukes fire skyvespejldventiler med pneumatisk aktuator EB06 fra Sigum Fagerberg for å få kontrollert lukking og åpning av rørene som går fra sultedammen til oppholdsdammen og fra oppholdsdammen til slakteriet. Bedøving av fisken utføres med en elektrisk bedøvelsesmaskin fra SeaSide. Rør og bend (15° og 30°) hentes hos Brødrene Dahl.

Tabell 7.3: Prislister over valgt utstyr og arbeid, 10. mars 2016.

Leverandører	Enhet	Antall	Pris
Akershus Entreprenør	Graving 1,5 meter dypt pr. meter	44	kr 61 600
Aqua Scan	CSE 2500	1	kr 41 400
Aqua Scan	Kontrollenhet KE-type	1	kr 47 000
Brødrene Dahl	PE-BEND 15°	2	kr 18 900
Brødrene Dahl	PE-BEND 30°	4	kr 51 332
Brødrene Dahl	PE-rør, 250 (SDR 17)	44	kr 77 000
Proffjobb	Utbygg på slakteriet pr. kvm	29,4	kr 315 000
SeaSide	Elektrobedøver	1	300 000
SeaSide	Renne	1	30 000
Sigum Fagerberg	Skyvespjeldsventil, Pneum.Akt. EB06	2	kr 32 424
<b>Totalt</b>			<b>kr 1 152 330</b>

## 8 Diskusjon

### 8.1 Prosessevaluering

Når det kun benyttes et litteraturstudie til å evaluere løsninger og påstander, er det viktig at avgjørende påstander forsterkes av flere kilder. For eksempel strider påstanden til Mejdell et al. (2009) om at slagbedøving er kvalitetsmessig best, med bruken av elektrobedøver i industrien.

For at de vannbesparende tiltakene skal imøtekomme ”søknad om konsesjon for uttak/regulering av vann til landbasert oppdrett (akvakultur), kapittel 2.2.9” (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2015), er tilbakepumping av vann et alternativ som burde vært utredet. Dette ble ikke gjort da Noraker besluttet at pumpe og resirkulering ville vært for kostbart for størrelsen på anlegget. Det burde likevel vært fremlagt argumenter med pris for pumpebruk, da det kan tenkes at dette ville styrket den pågående søknaden om økt konsesjon.

En mer erfaren prosjekteringsingeniør ville ikke ha fulgt prosessforløpet kronologisk ved å starte i sultedammen, men heller startet på mer kritiske steder som prosjekteringen av tilbygget. Dette ville gitt muligheten til å sette i gang tidkrevende oppgaver på et tidligere stadie. Det må likevel nevnes at løsningen for sultedammen endte med å ha direkte innvirkning på tilbygget, da det måtte prosjekteres plass til en vannavskiller.

Kommunikasjon med leverandører som student er ikke alltid plankekjøring. Det å først lage en grundig oversikt over nødvendig informasjon, for så å kontakte leverandørene, kunne bidratt til en raskere og mer effektiv innhenting av informasjon. Fremfor den sporadiske ”dødtiden” i avvente på svar fra leverandør. Denne ”dødtiden” gikk ikke spesielt utover mastergradsavhandlingen. Det bel da mulighet for evaluering og videreutvikling av andre steg, men dødtiden hadde negativ innvirkning på hvor raskt et ferdig prosjektoppsett kunne leveres.

Avstanden mellom skrivested og byggested gjorde det vanskelig å komme med detaljerte løsninger på alt som er påvirket av topografi og lokasjonens utforming. Dette gjaldt spesielt utforming og vinkel i dammene, samt eksisterende rørløsning som var utilgjengelige. Konsepter som det nedsenkbare gitteret, montering av fisketeller og skyvespjeldventil er derfor kun retningslinjer og ikke er detaljert på samme måte som de andre løsningene.

Sammenligning av konseptutredningene har fulgt metoden ”Pughs matrise”. Metoden gir muligheten for å vurdere forskjellige løsninger opp mot hverandre, og vekt og scores etter valgte vurderingskriterier (Pugh, 1991). Gjennom kompetanse tilegnet fra litteraturstudiet, er det forsøkt å gi en god forklaring for score, vekt og kriteriene som er brukt. Dette sørger da for tillit til valgene og at evalueringsprosessen er lett sporbar (Jordanger et al., 2010).

Pughs metode er basert på subjektive vurderinger, og ikke direkte forskning. Dette vil derfor påvirke valgene som ble gjort, og åpner for feil, da andre personer kan vekke matrisen

annerledes.

## 8.2 Vannhastighets beregning

Vannhastighetene som oppstår i rørene er forsøkt beregnet så nøyaktig som mulig. Ved bruk av Darcy-Weisbachs ligning er det laget en differensialligning for den varierende høyden, og endringen i høyde er approksimert ved hjelp av Eulers iterasjonsmetode. Feilkilder med teknikken er blant annet at den ser bort fra eksistensen av fisk i vannet. Det kan argumenteres med at den har liten effekt på grunn av fiskens evne til å opprettholde nøytral oppdrift, og dermed lik tetthet som vann ved hjelp av svømmeblæren (Fänge, 1983). Samtidig argumenterer Wu (1977) at fiskens strømlinjeformede kropp gjør at majoriteten av fiskens strømningsmotstand kommer fra friksjonen. Kombineres dette med at regnbueørretens friksjonsfaktor reduseres med omtrent 50 % på grunn av slimet som omgir fiskekroppen (Daniel, 1981), blir beregningene forenklet til at fiskens tilstedeværelse i rørstrømmen ses bort ifra, selv om fisken vil ha betydning for turbulens og Reynoldstallet og generell nedsakking grunnet kontakt med røret. For å inkludere fisken i beregningene er en mulig løsning å se på fisken som bobler av olje i en heterogen strømning, der det modelleres en funksjon for konsentrasjonen av fisk i et gitt rørtverrsnitt. Funksjonen vil ha store variasjoner i et gitt tidsintervall da fisken ikke kommer kontinuerlig. Å skape modellen ville vært svært avansert og tidkrevende, og sammen med antagelsen om liten påvirkning på friksjonsfaktoren i røret, er fisken utelukket fra beregningene.

## 8.3 Konseptutredning

Konseptene som er lagt frem, tar utgangspunkt Gårdens layout, anleggets premisser og generell opprettholdelse av god fiskevelferd gjennom prosessen.

### 8.3.1 Transport

Et av hovedproblemene med lokasjonen er den store høydeforskjellen mellom sultedam og slakteri. Det har skapt utfordringer, da det leder til store vannhastigheter, og anses som stressende for fisken (Veiseth-Kent et al., 2010). Det er derfor utredet løsninger som ivaretar fiskevelferden, og er skånsom ved transport til slakteriet.

Begge de utredede løsningene benytter et mellomledd, i den form av enten en "trakt" eller oppholdsdam, som bidrar til å "punkttere" hastigheten. Det kan tenkes at siden den alternative løsningen benytter en oppholdsdam, fører det til bedre fiskevelferd. Dette skyldes at fisken utvikler stress ed både trenging og frakting i rør senkes, men ved opphof fisken får muligheten til å roe seg ned (G. Bjørlykke et al., 2011; Greaser, 1986; Landbruks- og matdepartementet, 2002).

Ved bruk av en renne fra utløpet og til dammen/trakten, gir det et mer skånsomt fall, da det er store høydeforskjeller. Det antas likevel at denne løsningen kan medføre økt stressnivå hos fisken, som følge av lufteksponeringen (Mattilsynet, 2014). Eksponeringstiden er derimot såpass kort ( $\approx 2$  s) og med omgivende vann, at den antas å påvirke stressnivået i liten grad.

### 8.3.2 Fisk i rør

Den anbefalte løsningen byr på noen problemer, da det legger opp for at fisk kan ende opp med å bli liggende i røret under veien. Dette kan føre til at fisken opplever en høy grad av trenging og oksygenmangel, som ved for lang tid, kan påvirke tilstanden til fisken og ende med død. Det er derfor fremlagt en løsning som tillater utspyling av røret ved lunsj og dagsslutt. Det benyttes da en fjernstyrt pneumatisk skyvespjeldventil for å starte og stoppe fiskestrømmen. Dette er gjort for å spare tid og penger, da fleksible rør og vribare rørledd (svivler) ikke er hyllevarer for 250 mm rør.

Å kun spyle ut røret to ganger pr. dag er ikke optimalt med tanke på fiskevelferd. Rapporten har likevel bevist at fisken ikke tar skade av et opphold i røret under bakken mellom hvert parti, da det er innenfor mattilsynets retningslinjer for tilgjengelig oksygen (Kapittel 4.1.7). En bedret fiskevelferd kan oppnås ved å benytte gitterløsningen med parallelt rør, som automatisk skyller ut rørene for fisk mellom hver tømning. Selv om løsningen ved bruk av parallelt rør er et fiskevelferdsmessig bedre alternativ, kan det argumenteres med at løsningen også medfører større kostnader. Dette er da relatert til større utstyrs-kostnader og mer gravearbeid, ved at røret fra sultedammen på graves opp og modifiseres.

### 8.3.3 Vannkvalitet, temperatur og levedekjøling

Da det driftstekniske på anlegget ville krevd omfattende testing, tar ikke oppgaven spesielt hensyn til parametere som vannkvalitet og temperatur. Siden vannkvalitet har mye å si på fiskevelferden (Mejdell et al., 2009), kan det argumenteres at det kunne ført til en bedret fiskevelferd ved lagring i dammene. Ved analyse av vanntemperaturene, kunne dette gitt en indikasjon på når de beste slakteperiodene ville vært. Dette baserer seg på å slakte fisken i de periodene hvor temperaturen er lavest, hvilket gjør det mulig å utnytte prinsippet med kjøling av fisken. Dette kan også oppnås ved å kombinere den alternative løsningen med oppholdsdam og aktiv kjøling av vannet. Siden anlegget bruker regnbueørret for produksjon av rakfisk, er det likevel en fare ved bruk av levedekjøling. Mejdell et al. (2006) påpeker at det er en sjanse for at opptil 25 % av fisken får vannfylt mage, og vil påvirke stressnivået og dermed kvaliteten på sluttproduktet (Greaser, 1986; G. Bjørlykke et al., 2011).

Selv om levedekjøling kunne resultert i en mindre stresset fisk (Skjervold et al., 2001; Ådland Hansen et al., 2012, sitert av Slinde et al., 2013), er det ikke inkludert i den valgte løsningen, på grunn av arbeidsgivers ønske om å bruke en trakt fremfor oppholdsdam. Det kan argumenteres at levedekjøling kan implementeres i slakteriet, men da det var ønsket et

så lite tilbygg som mulig, ble ikke denne løsningen utredet.

#### 8.3.4 Logistikk

Logistikken i løsningene er basert på informasjon innhentet fra Noraker, og hans erfaring med fisketømmingen på anlegget. Dette kan medføre små feil i tømmehastigheten, og dermed ha en direkte påvirkning på nødvendig tømmetid i forhold til ønsket fiskemengde. For å få et bedre estimat av fiskestrømmen, burde det vært gjennomført forsøk på anlegget. Dette ville gitt en forsikring om at fiskemengden stemte med innhentet informasjon, og det ville gitt et bedre estimat på prosessforløpet.

Den alternative løsningen frakter hele dagsproduksjonen av fisk fra sultedammen til oppholdsdammen dagen før slakting. Beregninger gjort av volumstrømmen ut av oppholdsdammen, tyder på at slusen må åpnes hvert andre minutt (Tabell 7.2), for å ikke overbelaste prosessen i slakteriet. På grunn av store volumstrømmer, medfører dette også at det er nødvendig med etterfylling av vann i oppholdsdammen, for å opprettholde god fiskevelferd. Dette ville igjen resultert i mer ventilkontroll for produksjonsarbeideren.

Selv om den valgte løsningen kan øke stressnivået ved bruk av en trakt, så vil det likevel øke brukervennligheten og produktiviteten i en mer helhetlig grad. Da trakten ikke benyttes som en mellomlagring for fisken, kan det dermed tømmes vann og fisk direkte fra sultedammen, uten tilsyn fra en produksjonsarbeider. Ved beregninger gjort på volumstrømmen, kommer det frem til at det kan tappes kontinuerlig i 10 minutter (Tabell 6.1), uten at slakteriet overbelastes.

Forskjellen i tømmetid, og nødvendigheten for tilsyn, tyder på at prosessforløpet for den valgte løsningen er betraktelig bedre.

#### 8.3.5 Mottak

Da trakten gir en bedre flyt i prosessen, vil det også være lettere å få en mer kontrollert fiskestrøm inn til slakteriet. Dette vil bidra med å forenkle både ensretter- og bedøvelsesprosessen. Siden traktløsningen tar i bruk en vannavskiller i tilbygget, i stedet for en mottakstank, kreves det likevel bedre kontroll over fiskestrømmen. Siden det antas at selve fiskestrømmen er relativt diskontinuerlig, vil dette gjøre det vanskelig å motvirke at det oppstår opphopinger av fisk.

#### 8.3.6 Ensretter

Det er valgt å gå bort fra bruken av en automatisk ensretter, da prisen på en ensretter i forhold til en kvalitetsmessig forbedring ikke var ansett som holdbar av Noraker. Det kan likevel ha en betydning for kvalitetsgraden på sluttproduktet, da manuell håndtering er en stressfaktor for fisken (Merkin et al., 2010).



### 8.3.7 Bedøver

Valget av bedøver er i stor grad basert på prisen på maskinene og risiko for at elektrobedøvere skader fisken. Blodflekker og ryggknekk er spesielt viktig for rakfisk, da rakeprosessen har en tendens til å gjøre flekkene tydeligere. Dette gjør at feilene vil prege produktet i stor grad, men ikke oppdages før kostbar raking og filetering er gjennomført. Det må nevnes at litteraturen ikke definerer hva som klassifiseres som skade, slik at den reelle påvirkningen på salgbarheten ikke er klar. Dette motargumentet forsterkes også av at industrien faktisk benytter elektrobedøveren (Mejdell et al., 2009). Etter samtale med arbeidsgiver, antas risiko i forhold til inntjeningen som for stor, uten bruk av forsøk.

Mejdell et al. (2009) sin påstand om at slagbedøver er bedre kvalitetsmessig på grunn av lenger pre-rigor tid bør vurderes. Da en del av bransjen benytter elektrobedøver, så omfanget av denne kvalitetsforskjellen bør undersøkes.



## 9 Konklusjon

Ut fra litteraturstudiet kommer det klart frem at stress har en eller annen negativ innvirkning på sluttproduktet, ofte ved forkortet pre-rigor tid, som gir redusert prosesseringsintervall og mer drypptap. Litteraturen er derimot ikke klar på hvor mye en gitt mengde stress påvirker kvaliteten. Mattilsynet (2014) ønsker likevel at anlegg designes slik at god fiskevelferd opprettholdes. Rapporten har derfor hatt stort fokus på å utrede og redusere årsaker til at fisken stresses, da spesielt med tanke på hvilket utstyr og løsninger som ble valgt.

Topografien har gitt utfordringer med å kunne frakte fisken på en velferdsmessig måte til slakteriet. Ved å analysere de forskjellige konseptutredningene, er det kommet frem til en løsning. For å fremme god fiskevelferd på en økonomisk gjennomførbar måte, er løsningen med åpent fall via renne til trakt, og mottaksløsning med vannavskiller valgt. Løsningen fremstår som egnet for anlegget, da de andre alternativene var enten for kostbare eller fremmet dårlig fiskevelferd. Dette skyldes lang lufteksponering eller skadelig høy vannhastighet (Mattilsynet, 2014) (Kapittel 5).

Det ble valgt at bruken av ensretter ikke er økonomisk gunstig. Dette er fordi anlegget har en relativt liten produksjon med få produksjonsdager, der flaskehalsen ligger etter utblødningen, ved sløyting og raking. Kombinerer man dette med det faktum at ensrettere og bedøvere krever minst en overvåker for å forsikre god fiskevelferd og tilstrekkelig bedøvelse (Mattilsynet, 2014), konkluderes det med at arbeideren kan stå for både manuell ensretting og overvåkning.

Valget av bedøvelsesmaskin er i stor grad basert på funnene gjort i litteraturstudiet (Kapittel 2.7). Ut fra de alternativene som er lovlig i dag, var det slag/-bløggemaskinen fra SeaSide som kom best ut. Dette var i hovedsak på grunn av at den var billigere en slagmaskinen fra Baader, samtidig som at den ikke hadde samme problem med ryggknekk og blodflekker som elektrobedøveren fra SeaSide.

For mottak av fisk i slakteriet kom det frem at prisgunstigheten til en vannavskiller overveier den lille reduksjonen i fiskevelferd som oppstår (Kapittel 5.3). Vannavskiller er ansett som et godt alternativ på grunn av den høye bedøvelses hastigheten som SeaSides slag/- bløggemaskin har, med en prosesseringshastighet på antatte 35 fisk/minutt (Vedlegg B.2), og vil gi liten oppsamling av fisk i rennen før bedøvelsesmaskinen.

Bedøvelsesmaskinen leverer ut fisken på et lavere nivå enn den tar det inn. Det er derfor besluttet at maskinen skal settes opp på et oppbygd gulv. Dette er gjort for at fisken skal kunne skli ned i utblødningskaret, uten bruk av transportbånd som antas å øke risiko for listeriasmitte (Heir & Langsrud, 2013; L.M. Rørvik et al., 1997). Det er valgt å benytte den eksisterende oppbevaringstanken som utblødningstank, da denne har en roterende grind som sørger for at den mest utblødde fisken dyttes mot arbeideren som står for sprettingen.

De økonomiske analysene viste at den valgte løsningen krever en investering på 1 021 444,- kr, der 326 444,- kr benyttes for å oppnå en mer automatisert prosess. Ved dagens konsesjon gir

dette en innsparing på 47 740,- kr pr. år ved å redusere arbeidsstokken med én. Ved å benytte hele innsparingen til nedbetaling av et lån med 7 % rentefot, kom det frem at nedbetalingstiden kommer på 9 år. Den resterende investeringen på 695 000,- kr var angitt til bedøvelsesmaskin og utbygg. Det ble der beregnet en innsparing på 95 466,- kr ved dagens konsesjon. Da dette eliminerte behovet for to ekstra ansatte, som måtte manuelt slagbedøvd fisken, på grunn av utfasingen av CO<sub>2</sub>-bedøvelse. Investeringen fikk en nedbetalingstid på ca. 11 år med en rentefot på 7 %. Til slutt ble internrente beregnet til 13,45 % for automatisert fisketømming, og 12,42 % for bedøvelsesmaskin og utbygg. Hvilket er mer lønnsom enn andre nærliggende investeringer, som for eksempel skogbruk med internrente rundt 4-6 % Øyen (2012).

## 9.1 Videre arbeid

For videre arbeid bør det videreføres avtaler med leverandører og andre aktører. Prisoverslagene gitt i masteravhandlingen er gitt ut fra leverandørers lignende prosjekter, og er ikke alltid spesifikt til dette prosjektet. Overslagene er også det første tilbudet, som tilsvarer at det antagelig er mulighet for forhandlinger på pris. Det er heller ingen konkrete tilbud for utbygg og gravearbeid. Det må opparbeides dokumentasjon for god fiskevelferd i nytt anlegg ved testing, og for å kunne ta i bruk det nye utstyret vil det være nødvendig med opplæring av ansatte. Ny renholdspraksis må opprettes på grunn av nytt utstyr og nytt arbeidsmiljø. Det er da spesielt fokus på risikoområder som ny maskin og sluk. Det anbefales også videre forskning på området rundt skader på fisk, spesielt regnbueørret ved elektrobedøving, der skadeomfanget defineres tydelig, slik at endelige tall på svinn kan undersøkes.

## Referanser

- Abbaraju, N.V. & Rees, B.B. (2012). Effects of dissolved oxygen on glycolytic enzyme specific activities in liver and skeletal muscle of fundulus heteroclitus. *Fish physiology and biochemistry*, 38(3), 615-624.
- Ace Aquatec. (2016). *Humane slaughter*. Hentet fra <http://www.aceaquatec.com/>
- Ådland Hansen, A., Rødbotten, M., Eie, T., Lea, P., Rudi, K. & Mørkøre, T. (2012). The effect of crowding stress on bacterial growth and sensory properties of chilled atlantic salmon fillets. *Journal of food science*, 77(1), S84-S90.
- Akvakulturdriftsforskriften. (2015). *Forskrift om drift av akvakulturanlegg (akvakulturdriftsforskriften)*. Hentet fra [www.lovdata.no](http://www.lovdata.no)
- altinn. (2016). *Arbeidsgiverguiden*.
- Anderson, J.J., Puckett, K.J. & Nemeth, R.S. (1998). *Studies on the effect of behavior on fish guidance efficiency at the rocky reach dam: Avoidance to strobe light and other stimuli* (Teknisk rapport). Fisheries research institute, University of Washington.
- Andreassen, I.M. (2012). *Umiddelbar bløgging gir best blodtapping og dermed kvalitet*. Nofima. Hentet fra [www.nofima.no](http://www.nofima.no)
- AquaScan AS. (u.d.). *AquaScan AS*. Hentet fra [www.aquascan.com](http://www.aquascan.com)
- Baader Food Processing Machinery. (2016). *Harvesting*. Hentet fra [www.baader.com](http://www.baader.com)
- Bahuaud, D., Mørkøre, T., Østbye, T.-K., Veiseth-Kent, E., Thomassen, M. & Ofstad, R. (2010). Muscle structure responses and lysosomal cathepsins b and l in farmed atlantic salmon (*salmo salar* l.) pre-and post-rigor fillets exposed to short and long-term crowding stress. *Food Chemistry*, 118(3), 602-615.
- Bakkevoll, G. (2015). *Norsk fisk verdt 69 milliarder*. Dagens Næringsliv. Hentet fra [www.dn.no](http://www.dn.no)
- Bjørlykke, G., Kvamme, B., Slinde, E., Roth, B. & Mejdell, C. (2011). Velferd og slakting. *Havforskningsrapporten 2011: Ressurser, miljø og akvakultur på kysten og i havet*, 24-25.
- Bjørlykke, G.A. (2012, 01). *Sedation and slaughter of atlantic salmon (salmo salar, l.) with carbonmonoxide, and a possible regulatory role of neuroglobin*. (Doktorgradsavhandling)
- Bjørlykke, G.A., Kvamme, B.O., Raae, A.J., Roth, B. & Slinde, E. (2012). Slaughter of atlantic salmon (*salmo salar*, l.) in the presence of carbon monoxide and the importance of neuroglobin. *Sendt inn til: Fish Physiology and Biochemistry*.
- Bouck, G.R. & Ball, R.C. (1966). Influence of capture methods on blood characteristics and mortality in the rainbow trout (*salmo gairdneri*). *Transactions of the American Fisheries Society*, 95(2), 170-176.
- Branson, E.J. (2007). *Fish welfare*. Wiley-Blackwell.
- Byggteknisk forskrift (TEK 10). (2016). *Forskrift om tekniske krav til byggverk*. Hentet fra [www.lovdata.no](http://www.lovdata.no)

- Casillas, E. & Smith, L.S. (1977). Effect of stress on blood coagulation and haematology in rainbow trout (*salmo gairdneri*). *Journal of Fish Biology*, 10(5), 481–491.
- Chandroo, K.P., Yue, S. & Moccia, R.D. (2004). An evaluation of current perspectives on consciousness and pain in fishes. *Fish and fisheries*, 5(4), 281–295.
- Damez, J.-L., Clerjon, S., Abouelkaram, S. & Lepetit, J. (2007). Dielectric behavior of beef meat in the 1–1500khz range: Simulation with the fricke/cole-cole model. *Meat Science*, 77(4), 512–519.
- Daniel, T.L. (1981). Fish mucus: in situ measurements of polymer drag reduction. *The Biological Bulletin*, 160(3), 376–382.
- Dunn, J.F. & Hochachka, P.W. (1986). Metabolic responses of trout (*salmo gairdneri*) to acute environmental hypoxia. *Journal of Experimental Biology*, 123(1), 229–242.
- Dyrevelferdsloven. (2015). *Lov om dyrevelferd*. Hentet fra [www.lovdatab.no](http://www.lovdatab.no)
- EFSA. (2009). Species-specific welfare aspects of the main systems of stunning and killing of farmed atlantic salmon. , 2012(1-77).
- Erikson, U., Sigholt, T. & Seland, A. (1997). Handling stress and water quality during live transportation and slaughter of atlantic salmon (*salmo salar*). *Aquaculture*, 149(3), 243–252.
- Evensen, G. (2009a). *Økende etterspørsel etter sjømat i EU*. Hentet fra [www.regjeringen.no](http://www.regjeringen.no)
- Evensen, G. (2009b). *Økende etterspørsel etter sjømat i eu. I Reform av “the common organisation of the markets in the fishery and aquaculture products” (com) – andre rapport*.
- Fänge, R. (1983). Gas exchange in fish swim bladder. I *Reviews of physiology, biochemistry and pharmacology, volume 97* (s. 111–158). Springer.
- Finnemore, E.J. & Franzini, J.B. (2001a). *Fluid mechanics with engineering applications*. McGraw Hill Higher Education.
- Finnemore, E.J. & Franzini, J.B. (2001b). *Fluid mechanics with engineering applications*. McGraw Hill Higher Education.
- Fiskeridirektoratet. (2009). *Fiskeridirektoratets kartverktøy [Kart]*. Avinet. Hentet fra [kart.fiskeridir.no](http://kart.fiskeridir.no)
- Folkehelseinstituttet. (2010, 02.03). *Listeriose - veileder for helsepersonell*. Hentet fra [www.fhi.no](http://www.fhi.no)
- Folkehelseinstituttet. (2015, 23.12). *Botulisme - veileder for helsepersonell*. Hentet fra [www.fhi.no](http://www.fhi.no)
- Forskrift om avliving av dyr. (2013). *Forskrift om avliving av dyr*. Hentet fra [www.lovdatab.no](http://www.lovdatab.no)
- Forskrift om IK-Akvakultur. (2015). *Forskrift om internkontroll for å oppfylle akvakulturlovgivningen (ik-akvakultur)*. Hentet fra [www.lovdatab.no](http://www.lovdatab.no)
- Forskrift om slakterier mv. for akvakulturdyr. (2014). *Forskrift om slakterier og tilvirkningsanlegg for akvakulturdyr*. Hentet fra [www.lovdatab.no](http://www.lovdatab.no)

- Forskrift om transport av akvakulturdyr. (2014). *Forskrift om transport av akvakulturdyr*. Hentet fra [www.lovdata.no](http://www.lovdata.no)
- Ginés, R., Palicio, M., Zamorano, M., Argüello, A., López, J. & Afonso, J. (2002). Starvation before slaughtering as a tool to keep freshness attributes in gilthead sea bream (*sparus aurata*). *Aquaculture International*, 10(5), 379–389.
- Google. (2010). *Google streetview*. Hentet fra [www.google.no/maps](http://www.google.no/maps)
- Greaser, M.L. (1986). Conversion of muscle to meat. *Muscle as food*, 37-102.
- Grimsbø, E., Nortvedt, R., Hammer, E. & Roth, B. (2014). Preventing injuries and recovery for electrically stunned atlantic salmon (*salmo salar*) using high frequency spectrum combined with a thermal shock. *Aquaculture*, 434, 277–281.
- Grimsbø, E., Nortvedt, R., Hjertaker, B.T., Hammer, E. & Roth, B. (2016). Optimal ac frequency range for electro-stunning of atlantic salmon (*salmo salar*). *Aquaculture*, 451, 283–288.
- Hallenstvedt, A. (2015). *Fiskeoppdrett*. Store norske leksikon. Hentet fra [www.sn1.no](http://www.sn1.no)
- Hauge, J.G. (2009). *Glykolysen*. Store norske leksikon. Hentet fra [www.sn1.no](http://www.sn1.no)
- Hawryshyn, C.W., Arnold, M.G., Bowering, E. & Cole, R.L. (1990). Spatial orientation of rainbow trout to plane-polarized light: the ontogeny of e-vector discrimination and spectral sensitivity characteristics. *Journal of Comparative Physiology A*, 166(4), 565-574.
- He, P. & Inoue, Y. (2010). Large-scale fish traps: Gear design, fish behavior, and conservation challenges. I *Behavior of marine fishes* (s. 159-181). Wiley-Blackwell. Hentet fra [www.doi.org](http://www.doi.org) doi: 10.1002/9780813810966.ch7
- Heir, E. & Langsrud, S. (2013). *Smitteveier og smittekilder for listeria i produksjonskjeden for sløyd og røkt laks* (Teknisk rapport). Hentet fra [www.hdl.handle.net/11250/284257](http://www.hdl.handle.net/11250/284257)
- Hjeltnes, B., Erikson, U., Mejdell, C., Olsen, R.E., Slinde, E. & Waagbø, R. (2010). *Risikovurdering knyttet til bruk av gass, slag mot hode og strøm til bedøving av fisk* (Teknisk rapport).
- Jensen, I. (2016). *Bord for distribusjon av fisk* (Patent nr. 329466). Melbu Systems AS. Hentet fra [www.patentstyret.no/](http://www.patentstyret.no/)
- Jensvold, J.L. (2007). *Avlivning og utblødning av torsk*. Universitetet i Tromsø. (Mastergradsavhandling)
- Jordanger, I., Malerud, S., Minken, H. & Strand, A. (2010). Flermålsanalyser i store statlige investeringsprosjekt.
- Kahn, C.M. & Line, S. (red.). (2010). *The merck veterinary manual* (Tiende utg.). MERCK & CO., INC.
- Kestin, S., Vis, J. & Robb, D. (2002). Protocol for assessing brain function in fish and the effectiveness of methods used to stun and kill them. *Reproduction*, 26, 227–237.

- Kierulf, P. (2013). *Glykolyse*. Store medisinske leksikon. Hentet fra [www.sml.snl.no](http://www.sml.snl.no)
- King, G.N. (2015). *System for foredling av fisk* (Patent nr. 20150847). Nordischer Maschinenbau Rud. Baader GmbH + Co. KG (DE). Hentet fra [www.patentstyret.no/](http://www.patentstyret.no/)
- Kjølås, F.H. (2016a). *Framgangsmåte og anordning for å påføre fisk elektronarkose* (Patent nr. 323882). Kjølås Stansekniver AS. Hentet fra [www.patentstyret.no/](http://www.patentstyret.no/)
- Kjølås, F.H. (2016b). *System for foredling av fisk* (Patent nr. 328268). SeaSide AS. Hentet fra [www.patentstyret.no/](http://www.patentstyret.no/)
- Kjos-Hansen, B. (1986). Rakørret - hygiene. *Norsk Veterinærtidsskrift*, 98, 121-125.
- Kristensen, T. (2009). *Adenosintrifosfat*. Store norske leksikon. Hentet fra [www.snl.no](http://www.snl.no)
- Kristiansen, T.S. & Samuelsen, O.B. (2006). Fiskevelferd ved bruk av slaktemerd for oppdrettsfisk. , 4.
- Kvassheim, T. (2001). *Anordning ved gjennomiktig rør for optisk telling og måling* (Patent nr. 314325). Håmsø Patentbyrå ANS (NO). Hentet fra [www.patentstyret.no/](http://www.patentstyret.no/)
- Lambooj, E., Grimsbø, E., Van de Vis, J., Reimert, H., Nortvedt, R. & Roth, B. (2010). Percussion and electrical stunning of atlantic salmon (*salmo salar*) after dewatering and subsequent effect on brain and heart activities. *Aquaculture*, 300(1), 107–112.
- Landbruks- og matdepartementet. (2002). St.meld. nr. 12 om dyrehold og dyrevelferd. , 60.
- Landbruks- og matdepartementet. (2013). Normaler for landbruksveier - med byggebeskrivelse. I (s. Vedlegg 1). Statens landbruksforvaltning.
- Larsen, H.I.R. (1990). *Rørtransport av fisk*. Norges landbrukshøgskole. (Mastergradsavhandling)
- Lekang, O. (1998). *Innlandsfiske*. Otta: Landbruksforlaget.
- Lines, J.A., Robb, D.H., Kestin, S.C., Crook, S.C. & Benson, T. (2003). Electric stunning: a humane slaughter method for trout. *Aquacultural Engineering*, 28(3), 141-154.
- Martinsen, Ø.G., Grimnes, S. & Mirtaheri, P. (2000). Non-invasive measurements of post-mortem changes in dielectric properties of haddock muscle—a pilot study. *Journal of food engineering*, 43(3), 189–192.
- Mattilsynet. (2012). *Hva er haccp?* Statens tilsyn for planter, fisk, dyr og næringsmidler.
- Mattilsynet. (2014). Veiledning om krav til god fiskevelferd ved slakteri for akvakulturdyr. , 18–26.
- Mattilsynet. (2015). *Mattrygghet og tilbakeholdelsestider ved bruk av legemidler til oppdrettsfisk*. Statens tilsyn for planter, fisk, dyr og næringsmidler.
- Mejdell, C.M. & Gismervik, K. (2009). *Dokumentasjon av metode for retningsorientering av laksefisk før slaktebedøving* (Teknisk rapport). Veterinærinstituttet.
- Mejdell, C.M., Midling, K.Ø., Erikson, U., Evensen, T.H. & Slinde, E. (2009). *Slaktesystemer for laksefisk i 2008 – fiskevelferd og kvalitet* (Teknisk rapport). Veterinærinstituttet.



- Mejdell, C.M., Stensvik, I.H., Erikson, U., Akse, L., Midling, K. & Robertsen, R. (2006). *Behandling av laks - viktige momenter relatert til slakting og pre rigor produksjon* (Teknisk rapport). Fiskeri - og havbruksnæringens landsforening.
- Melbu Systems AS. (2005). *Cwc fiskepumpe - trolig markedets beste Pumpe for levende fisk*. Hentet fra [www.melbusystems.no/](http://www.melbusystems.no/)
- Merkin, G.V., Roth, B., Gjerstad, C., Dahl-Paulsen, E. & Nortvedt, R. (2010). Effect of pre-slaughter procedures on stress responses and some quality parameters in sea-farmed rainbow trout (*oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 309(1), 231–235.
- Midling, K.Ø., , Mejdell, C., Olsen, S.H., Tobiassen, T., Øyvind, A., ... Femsteinevik, Å. (2008). *Slakting av oppdrettslaks på båt, direkte fra oppdrettsmerd* (Teknisk rapport). Nofima marin.
- Midling, K.Ø., Akse, L., Mejdell, C., Tobiassen, T., Sæther, B.S. & Aas, K. (2007). *Evaluering av elektrisk bedøvelse til oppdrettsfisk* (Teknisk rapport). Fiskeri - og havbruksnæringens forskningsfond.
- NFD, P. (2016). *Vil ha fortgang i teknologiutviklingen*. Fiskeridirektoratet. Hentet fra [www.regjeringen.no](http://www.regjeringen.no)
- Nordtvedt, T.S., Fossum, J.A., Heide, M.A., Erikson, U., Gjøsund, S.H. & Ladam, Y. (2012). *"state of the art" innen teknologi, fou og dagens drift av rsw-anlegg for pelagisk flåte* (Teknisk rapport). SINTEF.
- Norges vassdrags- og energidirektorat. (2012). *Veileder for fyllingsdammer*. Hentet fra [www.nve.no](http://www.nve.no)
- Norges vassdrags- og energidirektorat. (2015). *Søknad om konsesjon for uttak/regulering av vann til landbasert oppdrett (akvakultur)*. Hentet fra [www.nve.no](http://www.nve.no)
- Næringsmiddelhygieneforskriften. (2010). *Forskrift om næringsmiddelhygiene*. Hentet fra [www.lovdata.no](http://www.lovdata.no)
- Ore, S., Stori, A. & Store norske leksikon. (2009a, 14.02). *Polyetylen*. Hentet fra [www.sn1.no](http://www.sn1.no)
- Ore, S., Stori, A. & Store norske leksikon. (2009b, 14.02). *Polyvinylklorid*. Hentet fra [www.sn1.no](http://www.sn1.no)
- Øyen, B.-H. (2012). *Lønnsomhet ved ulike skog-skjøtselstiltak i ytre kyststrøk* (Teknisk rapport). Norsk institutt for skog og landskap.
- Pipelife. (2002). *Technical catalogue for submarine installations of polyethylene pipes*. Hentet fra [www.pipelife.no](http://www.pipelife.no)
- Pipelife. (2007). *Rørhåndboka*. Hentet fra [www.pipelife.no](http://www.pipelife.no)
- Pipelife. (2016). *Pe deler for speilsveising*. Hentet fra [www.pipelife.no](http://www.pipelife.no)
- Poli, B.M., Parisi, G., Scappini, F. & Zampacavallo, G. (2005). Fish welfare and quality as affected by pre-slaughter and slaughter management. *Aquaculture International*, 13(1-2), 29–49.

- Pugh, S. (1991). *Total design: integrated methods for successful product engineering*. Addison-Wesley.
- Richards, J.G. (2011). Physiological, behavioral and biochemical adaptations of intertidal fishes to hypoxia. *The Journal of Experimental Biology*, 214(2), 191-199.
- Richardson, R., Bull-Berg, H. & Vik, L. (2015). *Nasjonal betydning av sjømatnæringen - en verdiskapningsanalyse med data fra 2013* (Teknisk rapport).
- Riddervold, A.M.F. & Store norske leksikon. (2009, 13.02.2009). *Raking*. Hentet fra [www.sn1.no](http://www.sn1.no)
- Robb, D.H.F. & Roth, B. (2003). Brain activity of atlantic salmon (*salmo salar*) following electrical stunning using various field strengths and pulse durations. *Aquaculture*, 216(1), 363-369. Hentet fra [www.ac.els-cdn.com](http://www.ac.els-cdn.com)
- Rørvik, K.-A., Skjervold, P.O., Fjæra, S.O., Mørkøre, T. & Steien, S.H. (2001). Body temperature and seawater adaptation in farmed atlantic salmon and rainbow trout during prolonged chilling. *Journal of fish biology*, 59(2), 330-337.
- Rørvik, L.M. (2000). *Listeria monocytogenes* in the smoked salmon industry. *International journal of food microbiology*, 62(3), 183-190.
- Rørvik, L.M., Skjerve, E., Knudsen, B.R. & Yndestad, M. (1997). Risk factors for contamination of smoked salmon with *Listeria monocytogenes* during processing. *International journal of food microbiology*, 37(2), 215-219.
- Roth, B., Birkeland, S. & Oyarzun, F. (2009). Stunning, pre slaughter and filleting conditions of atlantic salmon and subsequent effect on flesh quality on fresh and smoked fillets. *Aquaculture*, 289(3), 350-356.
- Roth, B., Grimsbø, E., Slinde, E., Foss, A., Stien, L.H. & Nortvedt, R. (2012). Crowding, pumping and stunning of atlantic salmon, the subsequent effect on pH and rigor mortis. *Aquaculture*, 326, 178-180.
- Roth, B., Imsland, A., Moeller, D. & Slinde, E. (2003). Effect of electric field strength and current duration on stunning and injuries in market-sized atlantic salmon held in seawater. *North American Journal of Aquaculture*, 65(1), 8-13.
- Roth, B., Slinde, E. & Robb, D.H. (2007). Percussive stunning of atlantic salmon (*salmo salar*) and the relation between force and stunning. *Aquacultural engineering*, 36(2), 192-197.
- Roth, B., Slinde, E. & Robb, D.H.F. (2006). Field evaluation of live chilling with CO<sub>2</sub> on stunning atlantic salmon (*salmo salar*) and the subsequent effect on quality. *Aquaculture Research*, 37(8), 799-804.
- Royce, W.F., Smith, L.S. & Hartt, A.C. (1968). Models of oceanic migrations of pacific salmon and comments on guidance mechanisms. *Fishery Bulletin*, 66, 441-462.
- Schlech III, W.F., Lavigne, P.M., Bortolussi, R.A., Allen, A.C., Haldane, E.V., Wort, A.J., ... others (1983). Epidemic listeriosis—evidence for transmission by food. *New england*

- journal of medicine*, 308(4), 203–206.
- Schmidt-Nilsen, S. (1935). B øhmer t. *Zur Kenntnis der wenig gezalzenen Forellen*, 'Rak ørret'. *Kongelige Norske Videnskaps Forhandlinger*, 8, 83-6.
- Schwan, H.P. (1963). Determination of biological impedances. *Physical techniques in biological research*, 6(Part B), 323–407.
- Schwan, H.P. (1984). Electrical and acoustic properties of biological materials and biomedical applications. *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on*(12), 872–878.
- Schwan, H.P. (1994). Electrical properties of tissues and cell suspensions: mechanisms and models. I *Engineering in medicine and biology society, 1994. engineering advances: New opportunities for biomedical engineers. proceedings of the 16th annual international conference of the ieee* (s. A70–A71).
- SeaSide AS. (u.d.). *Stansas # 15 - bløggerobot*. Hentet fra [www.stansas.no](http://www.stansas.no)
- Skåra, T., Axelsson, L., Stefánsson, G., Ekstrand, B. & Hagen, H. (2015). Fermented and ripened fish products in the northern european countries. *Journal of Ethnic Foods*, 2(1), 18–24.
- Skjervold, P.O., Fjæra, S.O., Østby, P.B. & Einen, O. (2001). Live-chilling and crowding stress before slaughter of atlantic salmon (*salmo salar*). *Aquaculture*, 192(2), 265–280.
- Slinde, E., Grimsbø, E. & Kristiansen, T.S. (2013). Slakting av oppdrettsfisk. svar på spørsmål fra mattilsynet knyttet til fiskevelferd i slakteprosessen.
- Sneddon, L.U. (2003). The evidence for pain in fish: the use of morphine as an analgesic. *Applied Animal Behaviour Science*, 83(2), 153–162.
- SSB. (2015). *Akvakultur, 2014, endelige tall*. Hentet fra [www.ssb.no](http://www.ssb.no)
- Stoltz, G., Andresenand, M.E. & Store norske leksikon. (2014, 09.06). *Etterspørsel*. Hentet fra [www.sn1.no](http://www.sn1.no)
- Store norske leksikon. (2014, 18.08). *Internrente*. Hentet fra [www.sml.sn1.no](http://www.sml.sn1.no)
- Summerfelt, S.T., Bebak-Williams, J., Waldrop, T.B. & Goodrick, B. (2005). *Prototype stunner tested on rainbow trout* (Teknisk rapport). Global Aquaculture Advocate.
- Svartdal, F. & Store norske leksikon. (2012, 10.02). *Stress*. Hentet fra [www.sn1.no](http://www.sn1.no)
- Sverdrup, A. (2005). *Bedøving og avliving av store mengder oppdrettsfisk utenfor slakteri* (Teknisk rapport). Stiftelsen Industrilaboratoriet (ILAB).
- Weiseth-Kent, E., Grove, H., Færgestad, E.M. & Fjæra, S.O. (2010). Changes in muscle and blood plasma proteomes of atlantic salmon (*salmo salar*) induced by crowding. *Aquaculture*, 309(1), 272–279.
- Wilson, R. & Egginton, S. (1994). Assessment of maximum sustainable swimming performance in rainbow trout (*oncorhynchus mykiss*). *Journal of Experimental Biology*, 192(1), 299-305.
- Wu, T.Y. (1977). *Introduction to the scaling of aquatic animal locomotion* (Teknisk rapport).

Åge Brabrand. (1988). *Fiskeribiologiske undersøkelser i sildefjorden, oppland fylke: Vyrdering av tilslag på settefisk* (Teknisk rapport). Laboratorium for ferskvannsekologi og innlandsfiske (LFI).

Øyvind Grøn & Store Norske Leksikon. (2009, 14.02). *Hevert*. Hentet fra [www.sn1.no](http://www.sn1.no)

## Vedlegg A. Kontaktpersoner

Tabell A.1: Oversikt over kontaktpersoner med kontaktdetaljer.

Firma	Kontaktperson	Tlf. nummer	E-mail
Baader Group	Kjell Lind-Olsen	957 63 024	Kalo@Baader.com
AquaScan	Torbjørn Kvassheim	916 68 101	Torbjørn@Aquascan.com
Melby Systems	Bent Kristoffersen	990 41 422	-
SeaSide	Frode Håkon Kjølås	901 76 617	Frode@stansas.no
Mattilsynet	Christine Pettersen	936 09 816	Christine.Pettersen@mattilsynet.no
Mattilsynet	Toril Lyng Celius	991 15 544	Toril.Celius@mattilsynet.no
Ace Aquatec /Sternes	Willy Jensen	907 58864	Wj@sterner.no
Brodrene Dahl	Frode Martinsen	46898747	Frode.Martinsen@dahl.no
Sigum Fagerberg	Tommy Tinbod	40 23 46 56	Tti@sifag.no



# Vedlegg B. Produktkataloger

## B.1 Baader Group



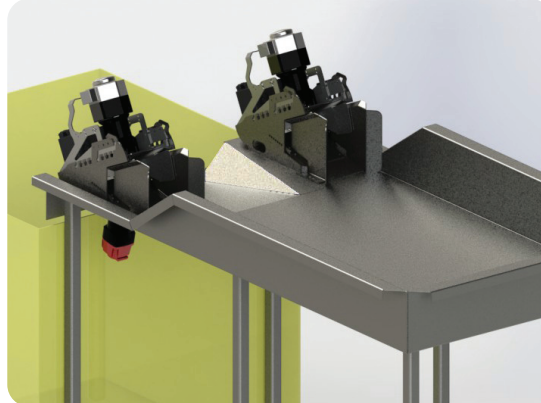
### SI-7MC - "Manual Combo" Manual-Feed Stun & Bleed Machine



Seafood Innovations have developed the SI-7MC "Manual Combo" to compliment its other SI-7 electronic stun and bleed technology.

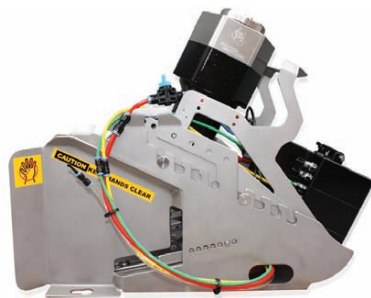


The Combo has great application on harvest vessels and tight factory space locations and may be used in a primary or backup role.



[www.seafoodinnovations.com.au](http://www.seafoodinnovations.com.au)

Nordischer Maschinenbau  
Rud.Baader GmbH+Co.KG  
Tel.: +49/451/5302-0  
Fax: +49/451/5302-492  
e-mail: [baader@baader.com](mailto:baader@baader.com)



### Main Features

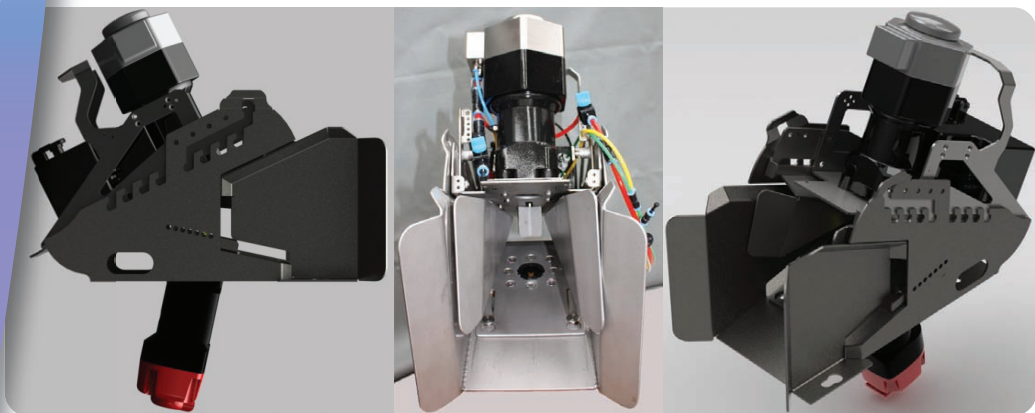
- Interlocking Modules:  
All major components can be dismantled in less than 1 minute to allow for thorough cleaning and sanitizing.
- Efficient and maintenance friendly.
- Product Quality:
  - Accurate stunning and cutting substantially reduces the risk of fillet damage
- Automated bleeder wash cycle
- Inbuilt versatile electronic management and process control allows for very accurate control of the machine operation through an integrated electronic control system.

### Interlocking Modules



### Technical Specs Full Machine

Max Weight: 19.4 Kg  
 Max Length: 480 mm  
 Max Width: 220 mm  
 Max Height: 600 mm  
 Capacity: 40 fish  
                   per minute  
 Operational Voltage: 24V DC





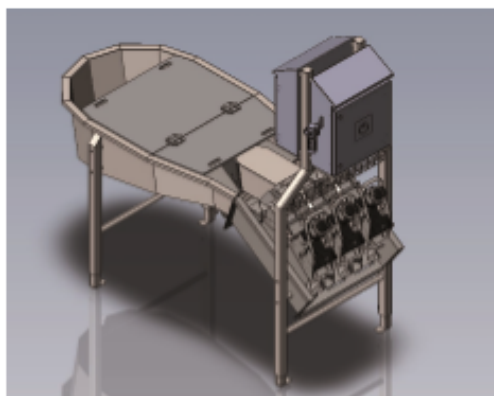
## BAADER 101 | Machine Components + Customized Solutions

---

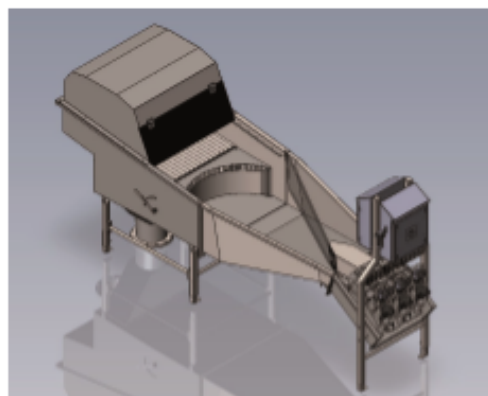
### BAADER 101 | Manual feed solutions

Many of the Baader 101 components are modular in design and can be used in both the Swim In delivery system and Manual feed/Custom solutions

- A Manual feed solution is often preferable for smaller-scale operations or those operations harvesting smaller fish such as rainbow trout or Arctic char.
- Various Entry and Table configurations available with 1 to 6 Stun and Bleed units
- Working range: Harvesting of fish down to 800 g possible
- Capacity: 30+ fish/stunning unit
- Same proven technology as Swim In systems



Simple table, 1-3 units - suitable for brai / dip-net delivery



Dewatering entry, 1-3 units - suitable for fish-pump delivery

#### Note:

manual systems are project specific and can be designed to the individual customer requirements



The indicated limits of the working ranges may vary as a function of the proportion, quality and nutritional condition of the fish. In order to achieve an optimal result, it is recommended to adjust the machine within its working range to the fish sizes mainly to be processed. Live fish and those in the state of rigor mortis cannot be processed. Illustrations and dimensions are approximate and not binding. Subject to design changes in the interest of technical progress. Actual scope of supply is specified in our quotations and order confirmations and may differ from descriptions and photos of this leaflet. Attention!

For the illustration of technical details the safety devices and protection mechanisms are partly not shown in operative condition. When operating the machine, all corresponding devices and instructions referring to the safety of the machine are to be utilized and/or observed!

Nordischer Maschinenbau  
Rud. Baader GmbH+Co. KG  
Geniner Str. 249  
D-23560 Lübeck  
Tel.: +49/451/5302-0  
Fax: +49/451/5302-482  
Mail: [baader@baader.com](mailto:baader@baader.com)  
[www.baader.com](http://www.baader.com)

07-2015



## BAADER 101 | Harvesting Solutions

Automated stunning and bleeding of fish using percussive technology



**“Growing fish is an expensive and complicated process,  
requiring ALL POSSIBLE CARE by trained personnel.**

**Don't destroy your return by poor harvesting techniques – maintain high value!”**

### **Low stress or „rested-harvesting“ provides many benefits including:**

- **Maintenance of Product Quality**
  - Maintain flesh colour, reduce drip loss (maintain yield) and reduce down-grades in secondary processing by keeping the meat structure intact / resistant to processing forces
  - Reduce the intensity of rigor and negative effects on the flesh such as gaping
  - Extends the pre-rigor processing time window and thereby be able to deliver a fresher product, earlier to market
  - Maintain heart activity for good bleeding
  - Accurate stunning & cutting substantially reduces the risk of fillet damage
  - Avoidance of other side-effects that can occur with other harvesting methods e.g. skeletal damages, burst blood vessels etc.
- **Harvest efficiently**
  - Automated Swim In delivery solution
  - Semi, manual and customized feed solutions available
- **Meet your customers / consumers expectations for responsible harvesting**
  - Reach wider markets/Market acceptance by complying with humane harvesting standards
  - Achieve premium market potential
- **Use reliable stun & bleed technique**
  - Proven technology, through on-going improvement and research

## BAADER 101 | Swim In Delivery System

The Swim In Delivery System is a compact solution for automatic fish harvesting.

Fish enter the system via the Entry module which separates the pumping water and, optionally, removes waste fish. The fish then move into the Collector module where they are influenced by a strong water flow. This flow orientates the fish head-first and using their natural behaviour, they continue to swim against the current and pass into one of the channels leading into the Stun & Bleed units. There, the fish are instantaneously stunned and bled and are discharged through a moveable ramp onto an inspection/bleed table.



- Simple operation with user friendly control
  - Direct change of machine settings with graphical visualization via Touchscreen
  - 3x configurable recipe-settings
  - Different User access levels
  - Interfaces with other Baader controls
  - Compatible with optional Monitoring software
- Jam-control, with visual &/or acoustic alarms and modified program sequence to avoid damaging the fish
- Automatically controlled gate system ensures singularization of fish into the Stun and Bleed units
- Simplified maintenance and cleaning
  - Interlocking components of the Stun and Bleed units can be disassembled for cleaning in less than a minute without tools.



## Specifications for a 4 channel System

### Raw Material:

Atlantic Salmon (no mature fish), live fish, exhibiting normal behaviour and vitality, for automatic swim-in operation. Please contact us for other fish species and size ranges.

### Working Range:

2 to 8 kg fish (automatic mode)  
Larger fish up to 15kg via manual feed and system adjustment.

### Capacity:

50-60 fish per minute average

### Stun & Bleed Rate:

Min. 95%, depending on fish size & condition. By using a manual S17C or MC an operator at the bleed table guarantees that all fish is stunned.

### End Product:

Irreversibly stunned fish with bleed cut

### Required Operator(s):

1 x 4 system	1-2 operators
2 x 4 system	2-3 operators
3 x 4 system	3-4 operators

### Power:

The system is equipped for 220 V, 50 Hz

### Air Consumption:

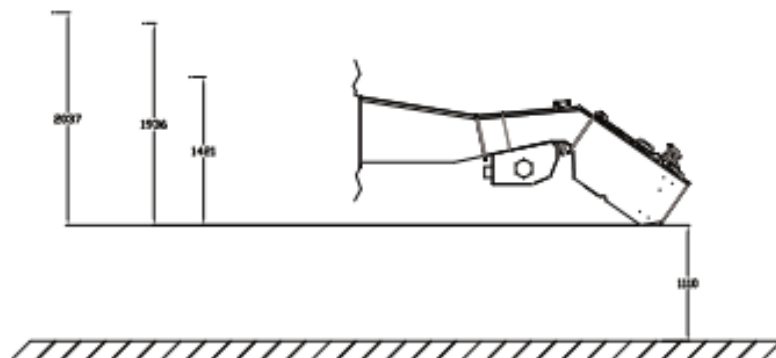
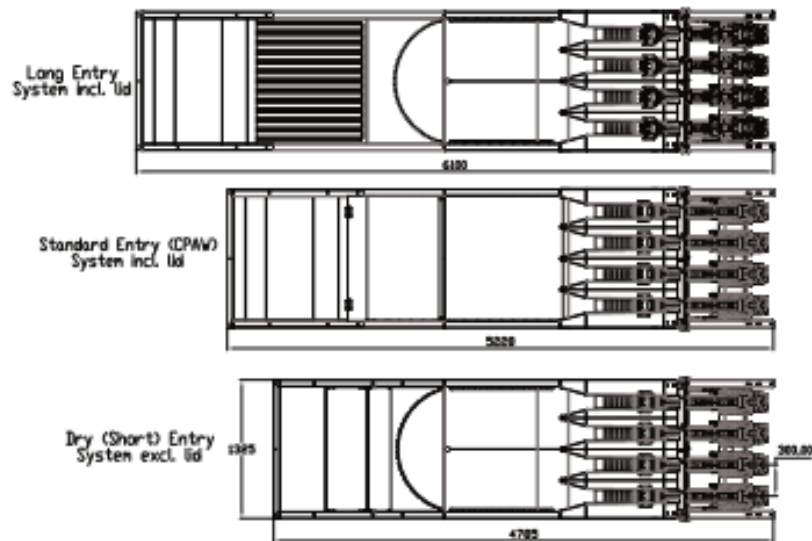
approx. 1000 l/min, @ a min. of 7.5 bar

### Sea Water Consumption:

67 l/sec. (for the orientation module)

### Fresh Water Consumption:

approx. 2 l/min, p-min. 2 bar



(The system is also capable of handling fish in other conditions, however only with manual feed)  
An additional backup stunner (e.g. S17C, S17MC or S17) is recommended as a backup-machine on each bleed table to ensure every fish is properly stunned & bled. No matter how carefully an operation is run, there will be always the chance of fish coming in backwards or upside down.



**SEAFOOD  
INNOVATIONS PTY LTD.**

ABN 67096070932

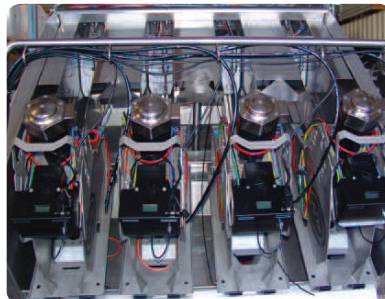
**BAADER**  
Food Processing Machinery

## SI-7C - "Combo" Combined Stun & Bleed Machine



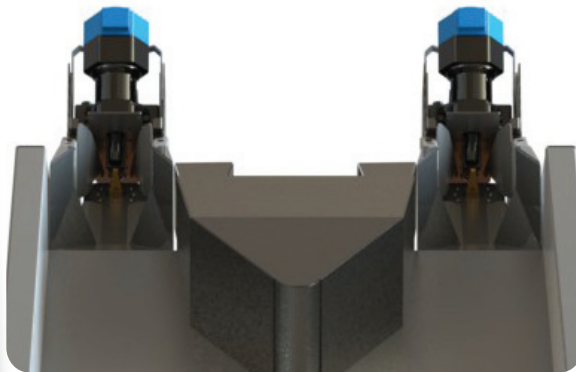
The SI-7C "Combo" leads the field of the new electronic SI-7 generation of stun and bleed harvest technology pioneered by Seafood Innovations Pty Ltd.

The Combo has great application on harvest vessels and tight factory space locations.



[www.seafoodinnovations.com.au](http://www.seafoodinnovations.com.au)

Nordischer Maschinenbau  
Rud.Baader GmbH+Co.KG  
Tel.: +49/451/5302-0  
Fax: +49/451/5302-492  
e-mail: [baader@baader.com](mailto:baader@baader.com)



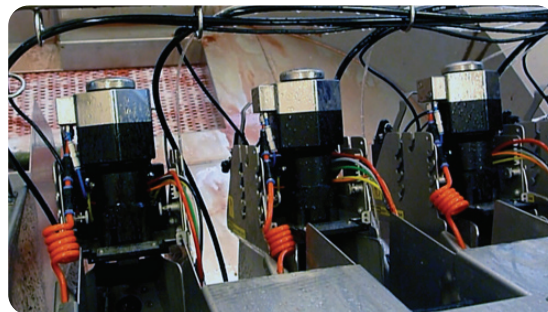
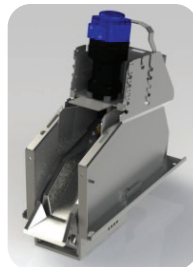
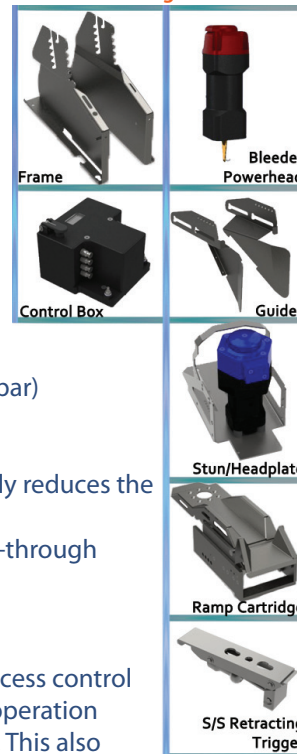
Technical Specs  
Full Machine

Max Weight: 33 Kg  
 Max Length: 615 mm  
 Max Width: 235 mm  
 Max Height: 785 mm  
 Capacity: 20 fish per channel  
 per minute  
 (automatic mode)  
 30fpm+ manual  
 operation  
 Operational Voltage: 24V DC

**Main Features**

- **Interlocking Modules:**  
 All major components can be dismantled in less than 1 minute to allow for thorough cleaning and sanitizing.
- Efficient and maintenance friendly.
- **Noise Reduction:**
  - Cushioned power head and ramp
  - Exhaust air suppression
  - High power, low pressure operation (4 - 6 bar)
- **Product Quality:**
  - Accurate stunning and cutting substantially reduces the risk of fillet damage
  - Retracting trigger system to enhance flow-through operation efficiency
  - Autoclear function
- Inbuilt versatile electronic management and process control allows for very accurate control of the machine operation through an integrated electronic control system. This also provides the opportunity to monitor and adjust the status of the machines and optimize preventative maintenance processes and service schedules directly or remotely.

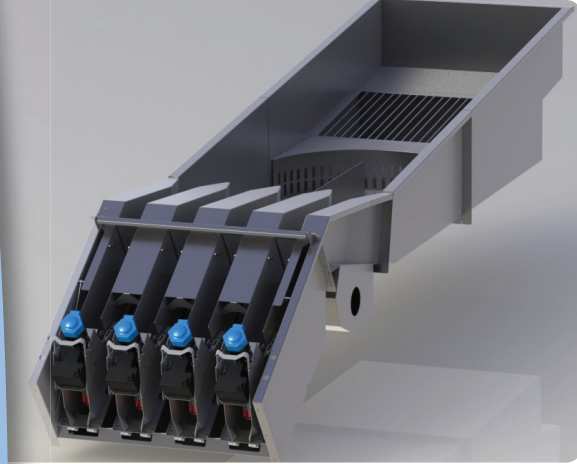
**Interlocking Modules**



# Seafood Innovations



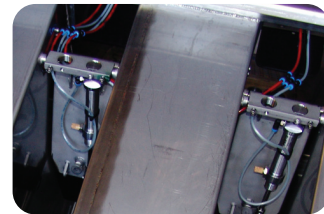
## "Counter Current Behaviour Based Flow Through System"



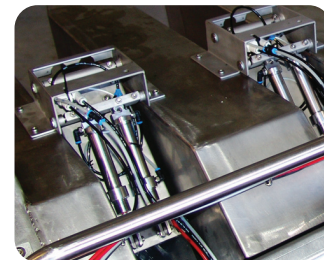
- Stainless steel construction
- Computer linked control gates and switch gates - preventing double up of fish
- Stun/Bleed module - the machine, platform and de-watering
- Bleed Table - Blood drips into the collector below the conveyor belt



*Entry/Grading*



*Switch Gates*



*Control Gates*



*Bleed Table*



*Stun/Bleed Module*

Nordischer Maschinenbau Rud.Baader GmbH+Co.KG • Tel.: +49/451/5302-0 • Fax: +49/451/5302-492 • e-mail: baader@baader.com

## B.2 Stansas



Patent no. 323882

#### UPGRADED FEATURES:

- Hinged top.  
Can be easily lifted by means of gas-operated cylinders. The electrical fingers, steel belt and side covers are easy to keep clean. The power supply is cut when the top is lifted.
- Safety cover on either side of the stunner.  
Does not need to be removed for cleaning.
- Stainless cabinet for service switch and power supply switch.

SEASIDE AS a part of OptimarStette Group  
NO-6200 Stranda // Tel.: +47 70 26 15 00 // E-mail: post@stansas.no

optimar STEITE



STANSAS  
#12

  
SeaSide  
a part of OptimarStette Group



## GILL CUTTER AND STUNNING/BLEEDING MACHINE

Stansas #12 is a very reliable machine, installed and delivered for the first time in spring 1999. Since then, it has been continually developed, and today's model meets the industry's stringent requirements for product quality and humane slaughtering. The machine has been developed for salmon and trout. Each machine has between two and four infeed lines and can be operated by one or two operators. It has a maximum capacity of 35 fish per line. It is easy to operate and maintain. Stansas #12 – pneumatic gill cutter and stunning/bleeding machine has a very robust design.

### PROCEDURE:

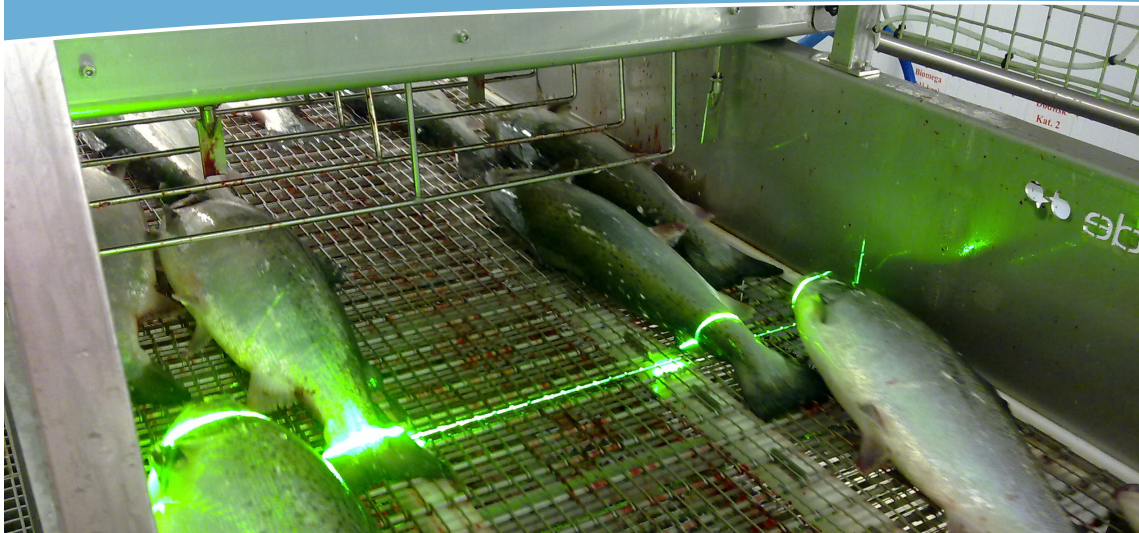
1. The operator lets the fish into the machine.
2. The tip of the fish's mouth comes into contact with a sensor, and starts the cycle.
3. The fish is cut for bleeding by a knife and struck on the head.
4. The hatch opens and the fish slides out.
5. Ready for the next fish.

### DIMENSIONS:

Length .....	600 mm
Width .....	1200 mm
Height .....	1250 mm
Height infeed .....	60 mm
Height outfeed.....	300 mm

SEASIDE AS a part of OptimarStette Group  
NO-6200 Stranda // Tel.: +47 70 26 15 00 // E-mail: post@stansas.no

optimar  STEITE



## BLØGGEROBOT

Bløggeroboten håndterer bedøvet fisk og basert på skanning og 3D-bilde plasserer den bløggesticket korrekt i forhold til størrelsen på fisken. Om fisken kommer med hodet eller sporden først betyr ikke noe. Den nye bløggeroboten er helautomatisk og bløgger mer enn en fisk i sekundet. Maskinen er størrelse-uavhengig og teller hver enkelt fisk. Utviklet i samarbeid med Sintef fiskeri og havbruk.

### BESKRIVELSE

- Bedøvet fisk blir scannet og registrert ved hjelp av et kamera
- Bløggepunkt blir bestemt
- Posisjonering og bløgging blir utført vha pneumatisk styrt føring og sylinder
- Enheten kan kombineres med både elektrobedøving og slagmaskin

### PRODUKTMÅL

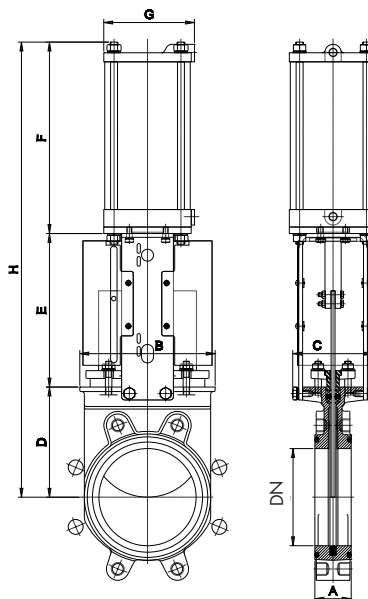
Lengde.....	3000 mm
Bredde.....	1000 mm
Høyde.....	2200 mm
Høyde inn.....	900 mm
Høyde ut.....	900 mm

## B.3 Orbinox



### PNEUMATIC CYLINDER

- The standard pneumatic actuator (double acting on-off cylinder) consists of:
  - Aluminium jacket and end caps
  - Stainless Steel (AISI 304) piston rod
  - Nitrile coated steel piston
- Available from DN 50 to DN 800
- Supply Pressure: minimum 3.5 kg/cm<sup>2</sup> - maximum 10 kg/cm<sup>2</sup>  
Actuator designed with 6 kg/cm<sup>2</sup> air supply
- For valves installed in a horizontal position, we recommend U-type support plates and/or actuator support.
- Options (on request):
  - Hard anodized jacket and covers
  - Over / Undersized cylinder
  - Stainless Steel jacket and covers
  - Manual override
  - Fail safe system
  - Travel stops
- Instrumentation (on request):
  - Positioners
  - Solenoid valves
  - Flow regulators
  - Air preparation units



DN	A	B	C	D	E	F	G	H	Weight (kg.)	Standard Cyl	Connect.
50	43	113	124	105	129	178	115	412	9	C100/54	1/4" G
65	46	128	124	115	146	193	115	454	10	C100/69	1/4" G
80	46	143	124	124	162	211	115	497	11	C100/84	1/4" G
100	52	162	124	140	187	231	115	558	13.5	C100/104	1/4" G
125	56	181	124	150	211	271	140	632	19	C125/129	1/4" G
150	56	209	124	170	237	296	140	703	22	C125/154	1/4" G
200	60	263	142	205	309	358	175	872	47	C160/204	1/4" G
250	68	315	142	250	364	428	220	1042	58	C200/254	3/8" G
300	78	370	142	290	414	478	220	1182	84	C200/304	3/8" G
350	78	420	197	325	500	549	277	1374	130	C250/354	3/8" G
400	102	478	197	360	550	599	277	1509	181	C250/404	3/8" G
450	114	530	270	410	598	680	382	1688	235	C300/454	1/2" G
500	127	584	270	450	658	730	382	1838	302	C300/504	1/2" G
600	110	762	270	510	758	830	382	2098	315	C300/607	1/2" G
700	110	890	380	601	875	985	444	2461	480	C350/713	3/4" G
800	110	1012	320	695	974	1085	444	2754	585	C350/813	3/4" G

A: EN558-1 serie 20 up to DN500

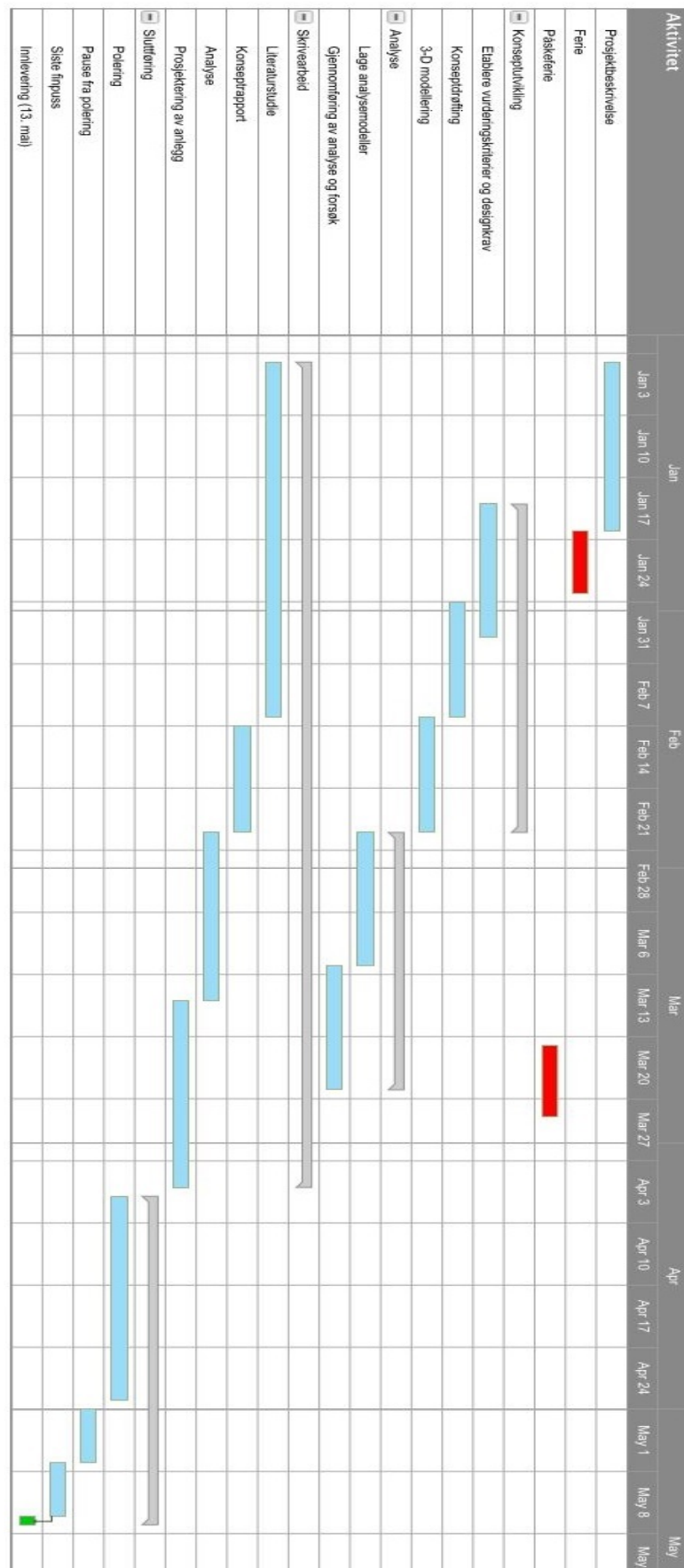
Reserves the right to change specifications without notice

ORBINOX S.A. Pol. Ind. s/n-20270 ANOETA (Spain) Tel.: +34 943 698030 - Fax: +34 943 653066 e-mail: orbinox@orbinox.com  
 ORBINOX CANADA, ORBINOX USA, ORBINOX COMERCIAL, ORBINOX UK, ORBINOX FRANCE, ORBINOX GERMANY, ORBINOX INDIA, ORBINOX CHINA, ORBINOX S.E.A.  
 www.orbinox.com

OBX 09/11 | 8th EDITION | Revision 1  
 EB-9



# Vedlegg C. Fremdriftsplan ved prosjektstart





# Vedlegg D. Prosjektbeskrivelse levert til veileder 18.01

## Omfang

Omfanget av dette dokumentet skal gi nødvendig bakgrunnsinformasjon knyttet til prosjektet. Det vil inneholde følgende opplysninger:

- Bakgrunn for prosjektet
- Problembeskrivelse
- Målsetning for prosjektet

## Bakgrunn

Dagens tilgjengelige utstyr er både for dyrt og stort til bruk. Det vil derfor forsøkes å fremlegge et nytt design for utstyret som skal transportere, ensrette, bedøve og bløgge fisken uten å møte begrensninger med eksisterende patenter, samt forbedre forholdene til fisken med hensyn på stresspåkjenning. Masteroppgaven skal foreslå tekniske løsninger og prosjektere et småskala anlegg for slaktning av regnbueørret, ved hjelp av godkjente teknikker. En suksessfull løsning vil innebære:

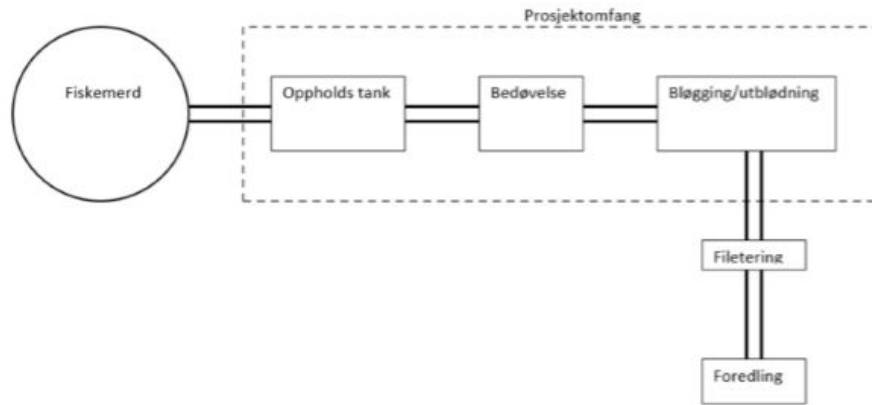
- Unngå strid med tidligere patenter
- Tilrettelegge for god fiskevelferd
- Billigere enn konkurrerende produkter
- God bekreftelse fra litteratur og tidligere forsøk
- Effektiv dimensjonert i forhold til kundens spesifikasjoner

Dette er et prosjekt ment for Noraker Gård, og til forskjell fra konkurrerende produkter som er laget for laks og ørret med justerbart utstyr, kun benyttes til regnbueørret.

## Problembeskrivelse

Noraker gård ønsker en løsning på følgende problemer:

- Nedskalering av utstyr brukt ved lakseoppdrett
- Optimalisering av prosessene som går under problemomfanget
- Utrede alternative tekniske løsninger som senker stresspåvirkning og automatisere systemet, samt gir en totalt økt fiskevelferd



Figur D.1: Prosjektomfang med tilhørende funksjoner.

## Prosjekt mål

Målet for denne oppgaven blir i hovedsak å løse de gitte problemene, samtidig som andre forventede mål holdes:

- Løsningen skal være tilpasset Norakers merkevare; Der det ligger ære i å produsere tradisjonsmat med omhu og samtidig karakterisere rakfisen som mer enn bare mat.
- Løsningen skal imøtekomme Norakers krav til kvalitetssikring

## Hvordan?

### Litteraturstudium

Litteraturstudiet vil ta for seg og enkelt forklare de forskjellige teknikkene som har blitt benyttet frem til nå. Det vil gjøres sammenligninger med grunnlag i tilgjengelig litteratur. Det vil fokuseres på at teknikkene skal være godkjente i Norge samt bidra positivt til kvalitet på sluttproduktet. Det vil også fremlegges produsenter og leverandører av utstyr som utnytter de forskjellige teknikkene, og deres patenter om tilgjengelig. Teknikkene og teorien som vil være under fokus i litteraturstudiet består av:

- Lover og forskrifter
- Stresspåvirkning
- Transport
- Ensretting av fisk
- Levendekjøling
- Bedøvelse av fisk: CO<sub>2</sub>, slag, elektrisk, lufteksponering, frysing, AQUI-S (bedøvelsesmiddel).



- Bløgging/utblødning

### **Designvalg rapport**

En designrapport med valg og hvorfor skal fremlegges og inneholde nøkkelpunkter som:

- Funksjonelt design
- Materialvalg
- Miljøpåvirkning
- Kostnad
- Produksjonsteknikk
- Verkstedhenvisning
- Operasjons-manual
- Enkel styrke, utmattelse beregning og analyse på sentrale deler.
- Energiforbruk

### **Prototype produksjon og forsøk**

For å tilfredsstille krav om at nye teknikker og utstyr utprøves og viser tegn til god fiskehelse, må dette testes. Dette er arbeid masterstudentene ikke har kompetanse til og må utføres av en kompetent tredjepart.

### **Prosjektering**

Det skal foreslås budsjett og timeplan for utbygging av utstyret. Prosjekteringen vil ta utgangspunkt i grunnleggende prosjektledelse og skal blant annet inneholde:

- Omfang
- Gjennomføringsplan
- Kvalitet
- Tid
- Kostnad
- Risiko
- HR
- opplæring
- Anskaffelse av utstyr



## Vedlegg E. Detaljtegninger

E.1 Komplette rørmontering

E.2 Rørlegging i landskap

E.3 Monteringsanvisning: AquaScan og skyvespjeldventil

E.4 Trakt - kun for graveindikasjon

E.5 Fasadetegning

E.6 Ny plantegning

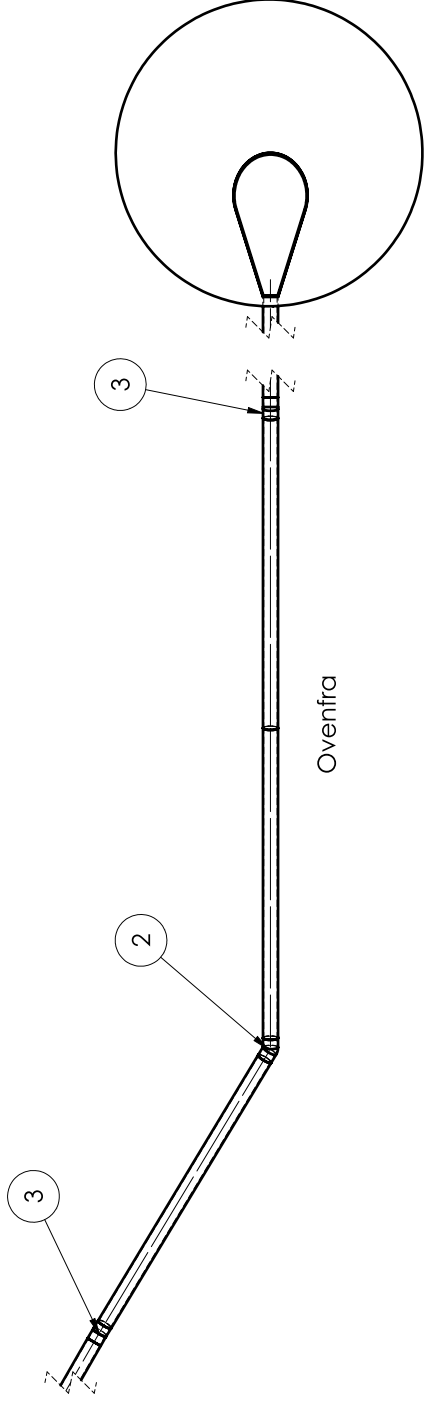
E.7 Plantegning utbygg

E.8 Mottaksrenne

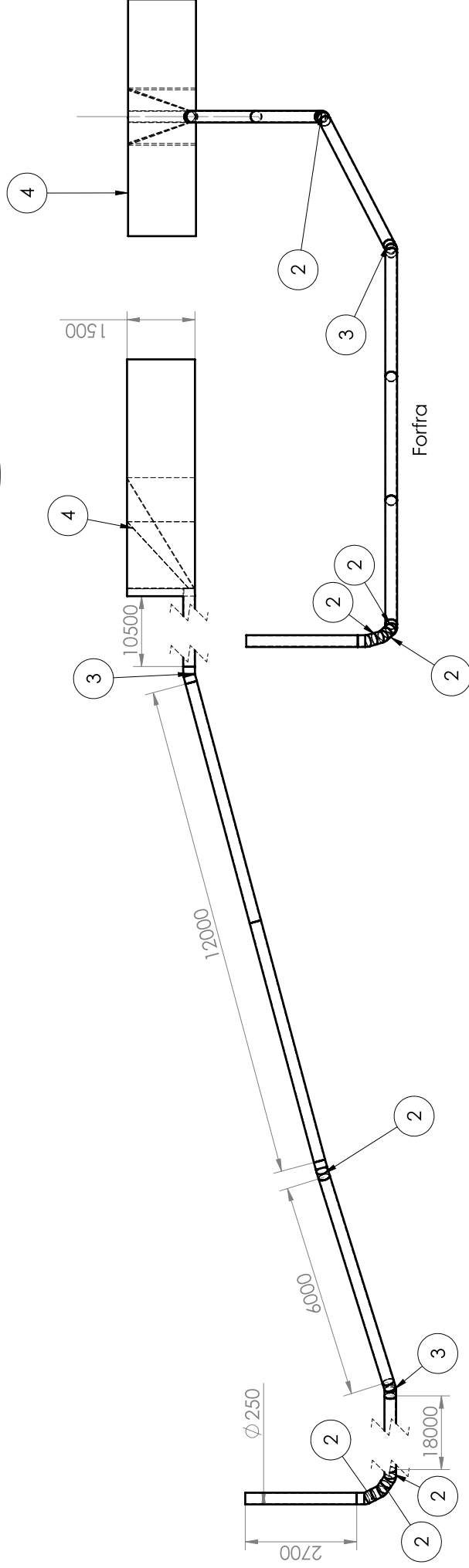
E.9 Slagbedøver, SeaSide

E.10 Utblødningskar

E.11 Plassering av rør og sluk



Ovenfra

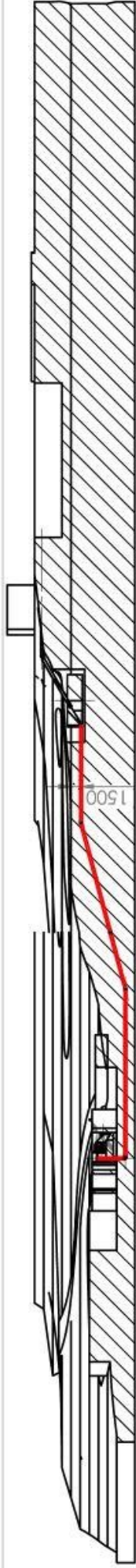


Forfra

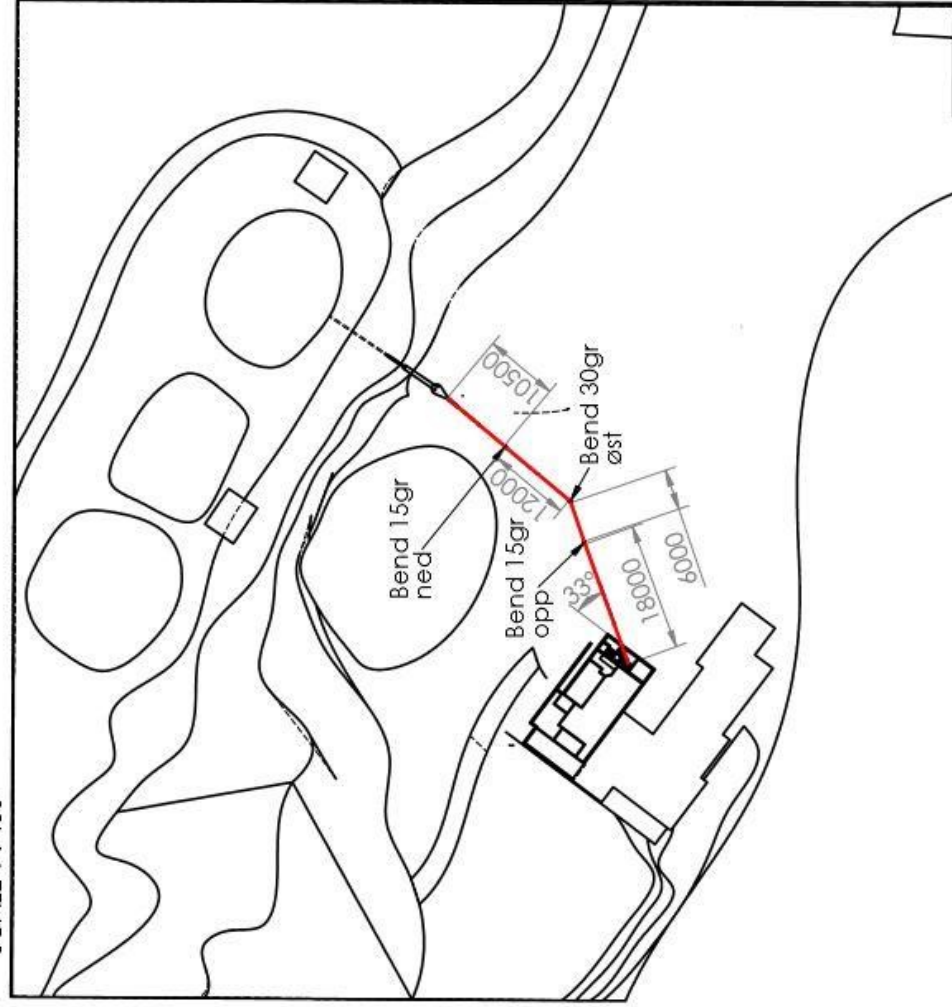
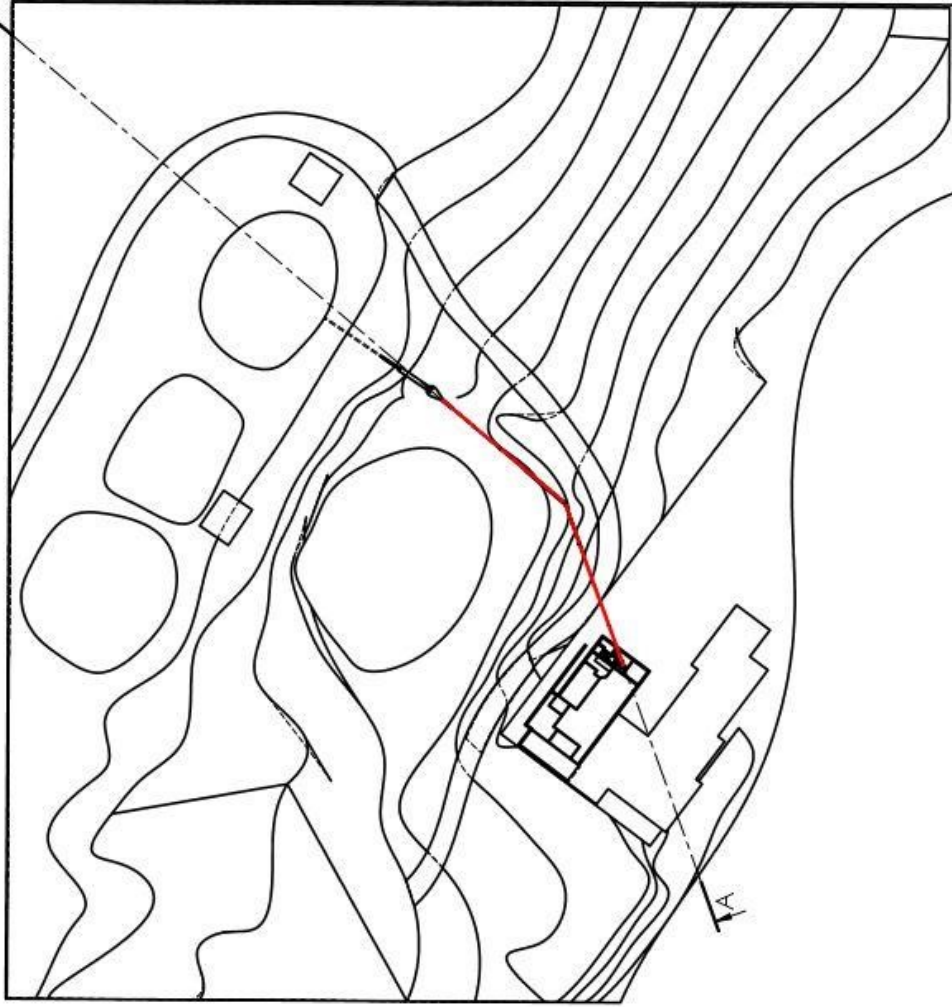
6	1	ror_4.5m
5	1	ror_2.7
4	1	trak142
3	2	bend_15gr
2	4	bend_30gr
1	7	ror_6m
Pos. Ant.	Titfel/benevning/dim.	

**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

Date:	30.04.16	Konstr./Tegnet:	R.B.	Projeksjon:		Målestokk:	1:100	NMBU
		Kontrollert av:	K.R.					Erstatter for:
								Erstatterlet av:
Komplett rørmontering								Tegn. nr. 1
Henvising:								Beregning:
								Størrelse: A3



A



Dato: 01.05.16

Konstr./Tegner: R.B.

Prosjekt: 

Målestokk: 1:750

**NMBU**

Etablering for: Bistatser av:

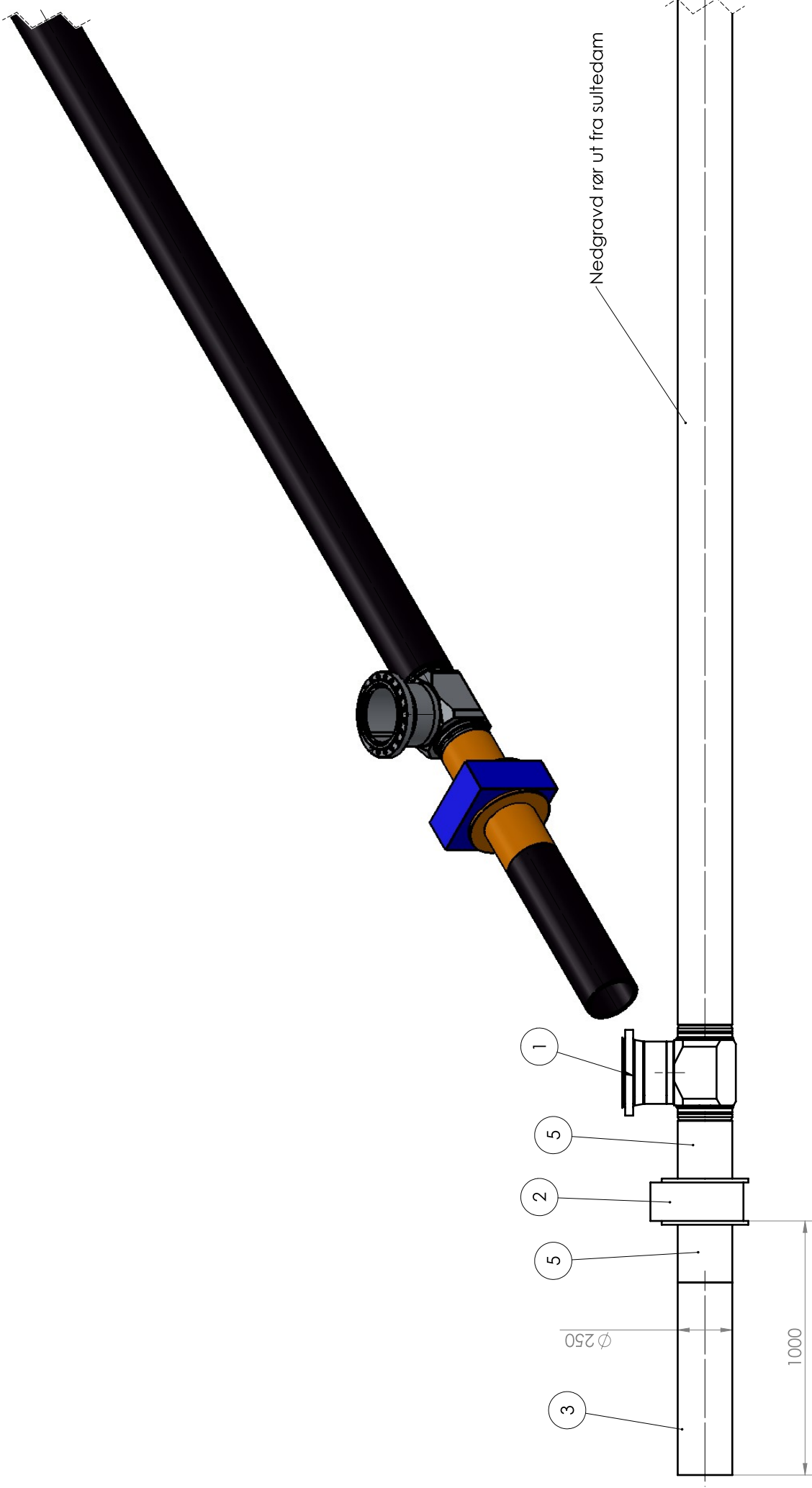
Rørlegging

Tegn. nr. 2

Henviing:

Beregning:

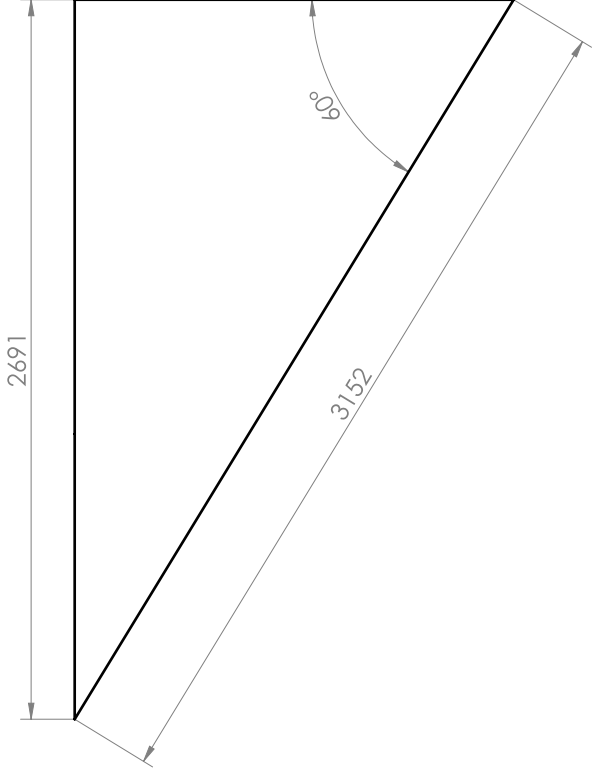
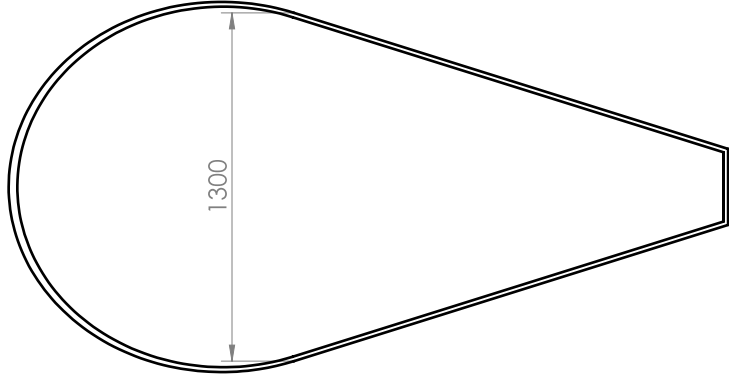
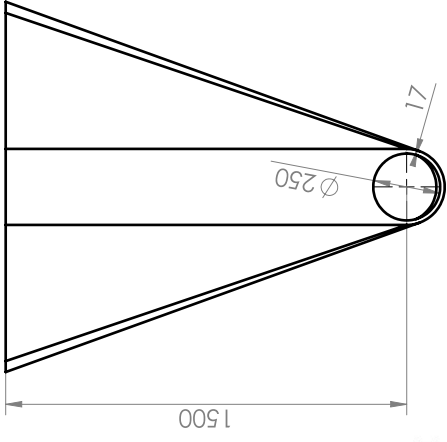
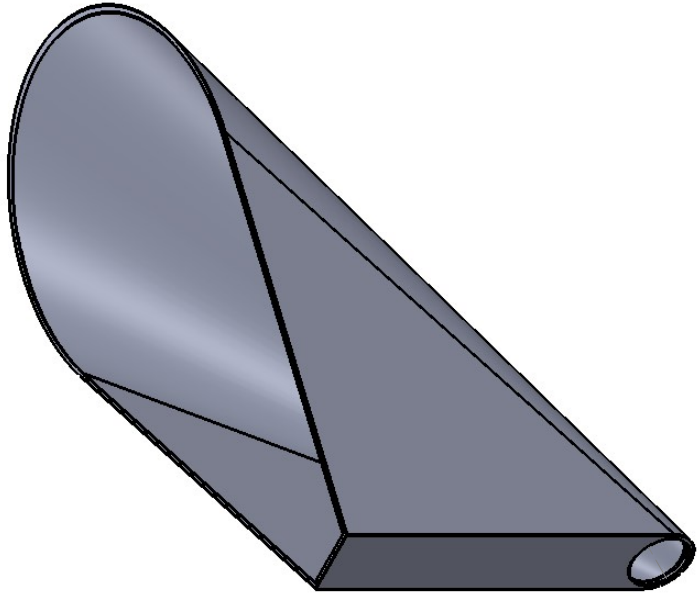
Størrelse: A3




**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

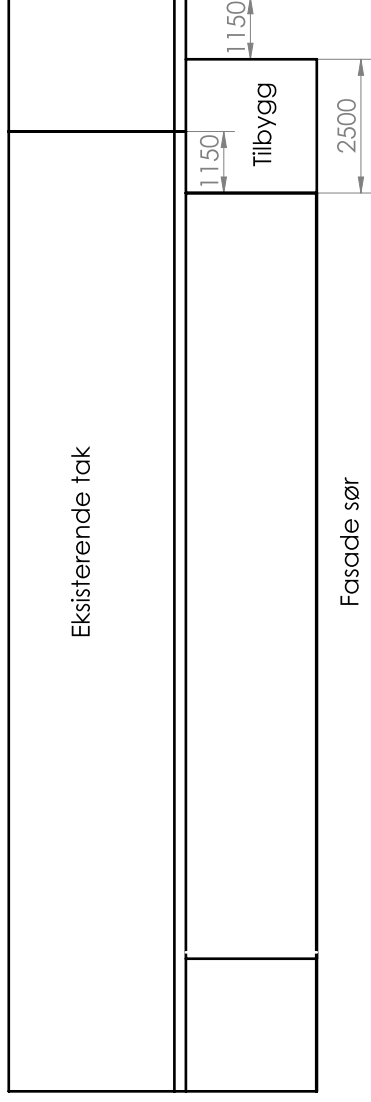
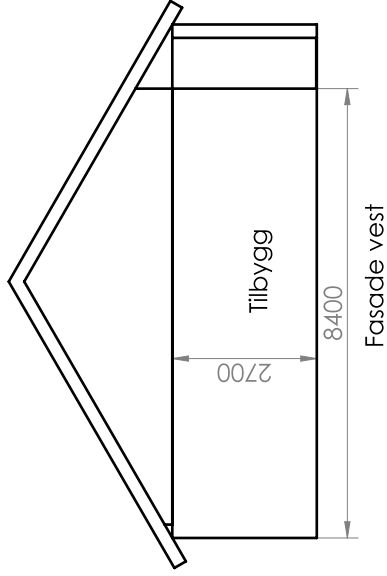
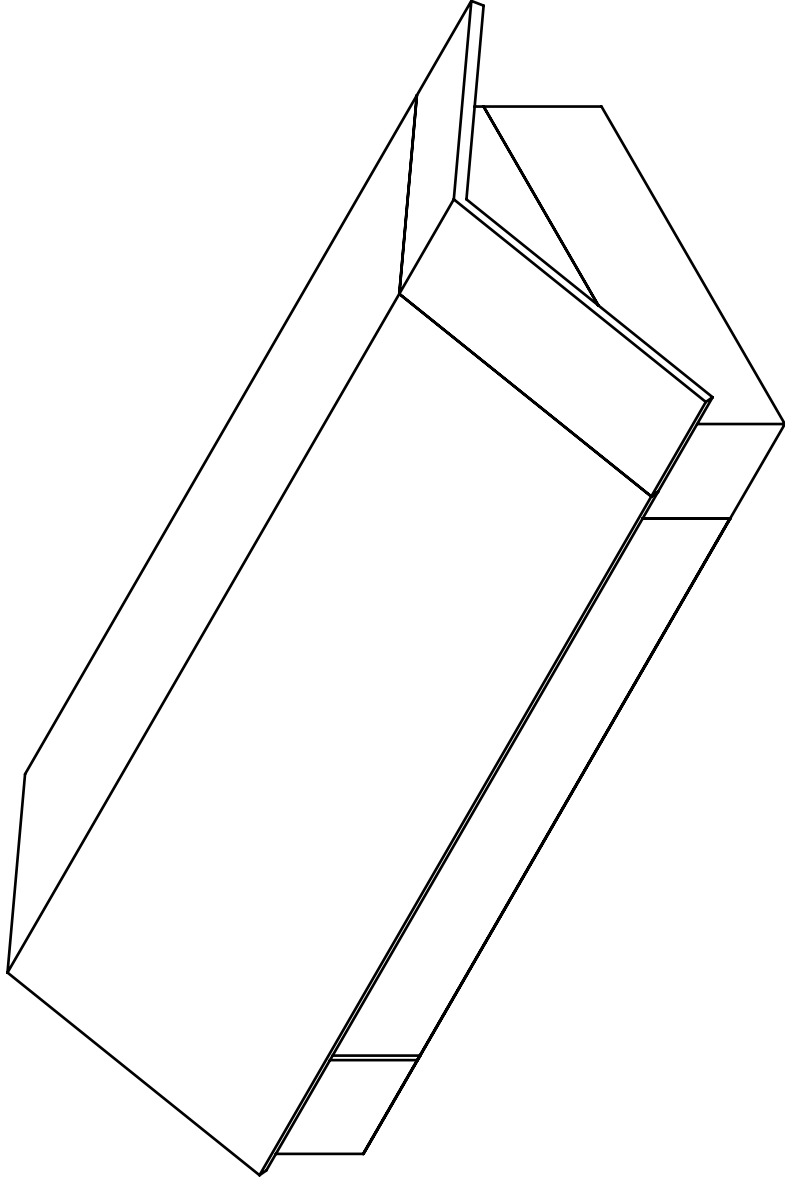
Dato:	03.05.16	Konstr./Tegnet:	R.B	Projeksjon:		Målestokk:	1:20	<b>NMBU</b>		
		Kontrollert av:	R.B					Erstatning for:	Erstatstall av:	
<b>Monteringsanvisning: AquaScan og skyvespeldventil</b>								Tegn. nr. 3		
Henvising:								Beregning:		Størrelse: A3


5	2	Flensovergang_SDR11-250mm_DN250
3	1	rør_1m
2	1	AquaScan
1	1	Pnum. skyvespeldsventil
Pos. Ant.		Tittel/benevning/dim.



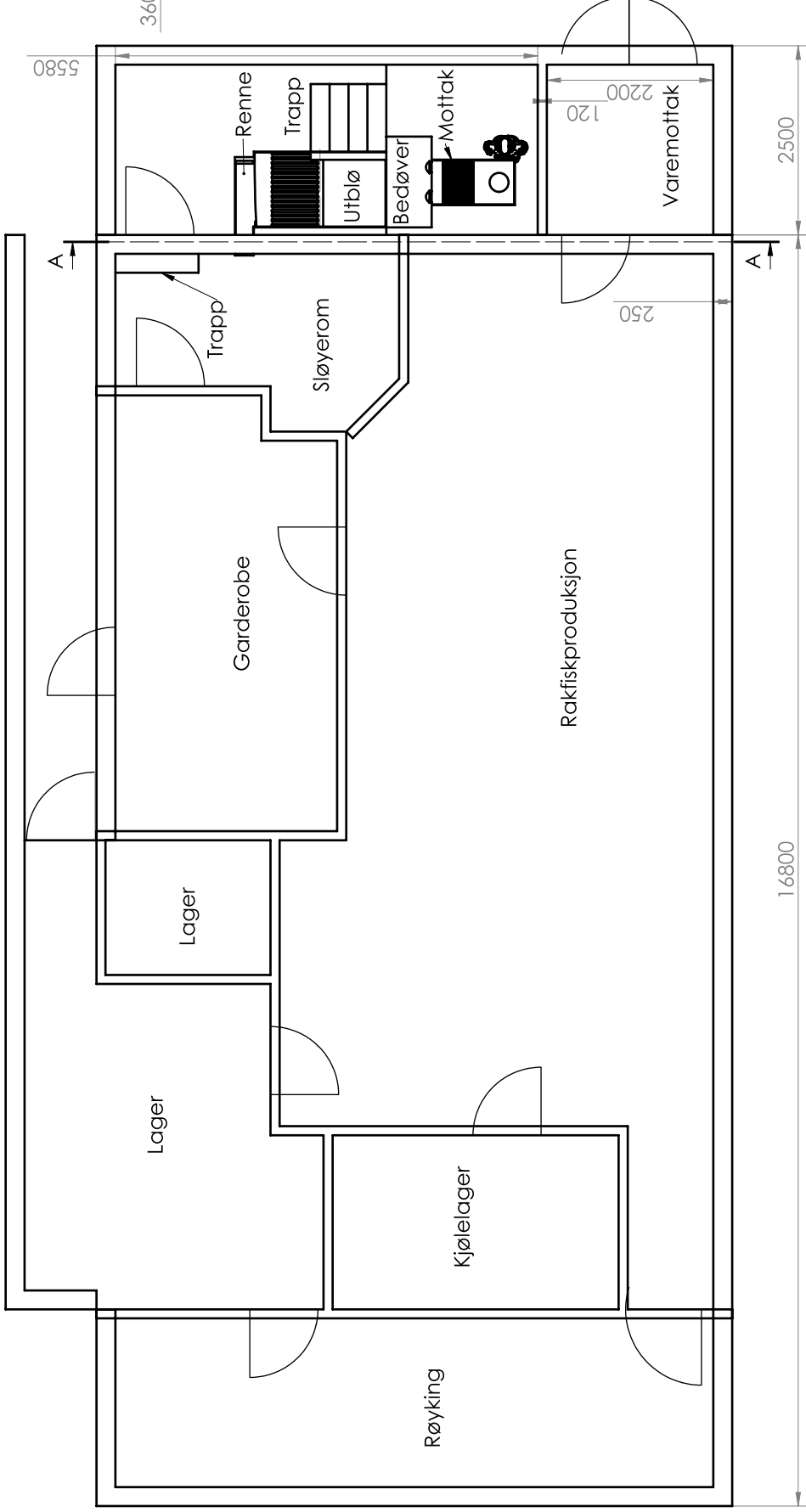
Date: 01.05.16		Konstr./Tegnet: R.B		Projeksjon: 		Målestokk: 1:20		NMMBU	
		Kontrollert av: K.R.						Ertastattlet av:	
								Tegn. nr. 4	
Henvising:				Beregning:				Størrelse: A3	

**Trakt - kun for graveindikasjon**



Dato: 04.05.16		Konstr./Tegnet: R.B.	Projeksjon: 	Målestokk: 1:100	NMBU
		Kontrollert av: K.R.			
Henvising:		Beregning:		Erstatning for: Erstattelet av:	
Fasadetegning				Tegn. nr. 5	
				Størrelse: A3	

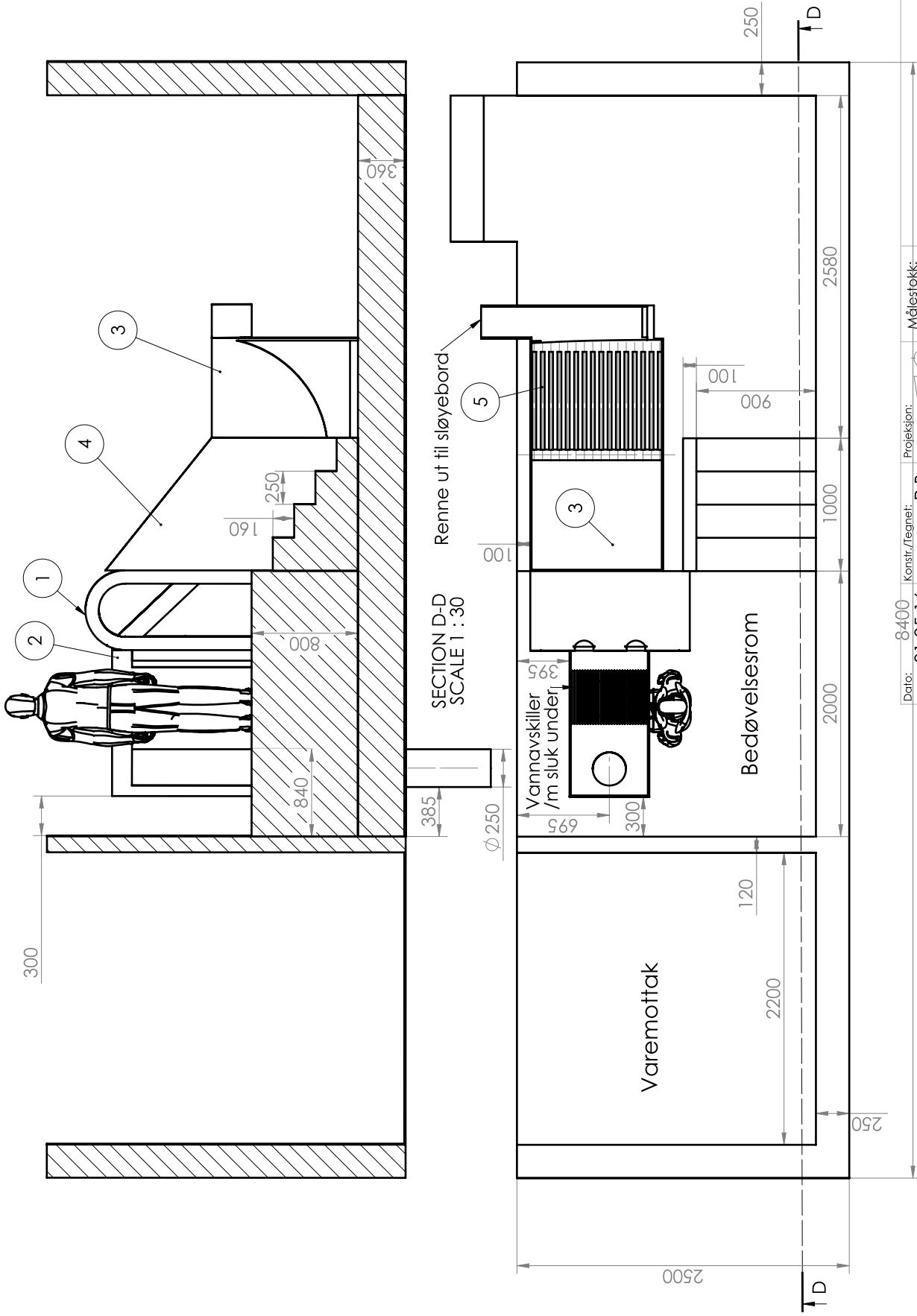




SECTION A-A  
SCALE 1 : 60

Date: 01.05.16		Konstr./Tegnet: R.B.		Projeksjon:		Målestokk: 1:60		<b>NMBU</b>	
Kontrollert av: K.R.				Ersattning for:		Ersattstellet av:		Tegn. nr. 6	
Ny plantegning		Henvising:		Beregning:		Størrelse: A3			

**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**



6	1	ror_2.7
5	1	Roterende grind
4	1	rekkverk
3	1	Utfødningskar
2	1	Mottaksrenne
1	1	Seaside_slag
Pos. Ant.		Tittel/benevning/dim.

Date: 8400  
01.05.16

Konstr./Tegnet: R.B.  
Kontrollert av: K.R.

Projeksjon: Målestokk: 1:30

Erstatning for: Erstatstetl av:

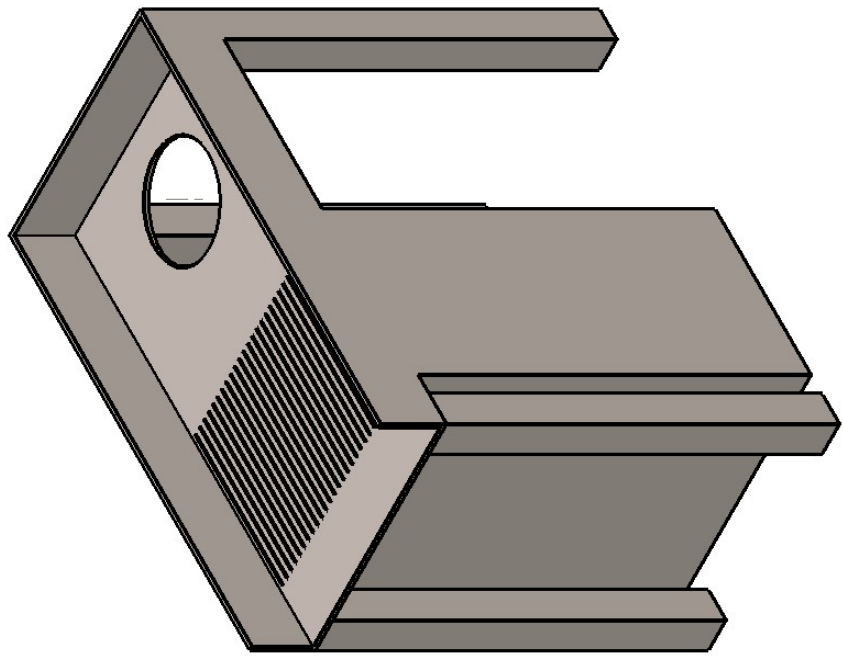
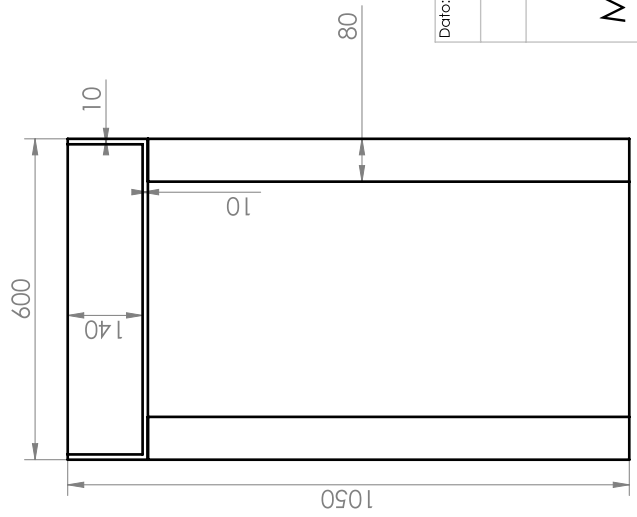
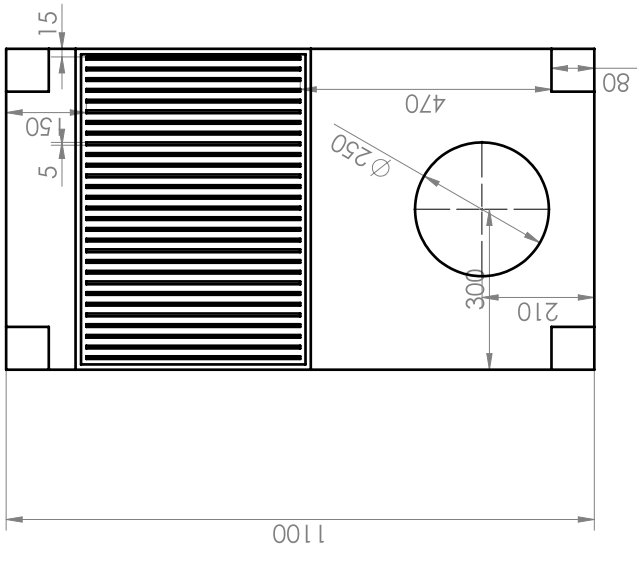
Plantegning utbygg

Henvising: Beregning:

**NMBU**

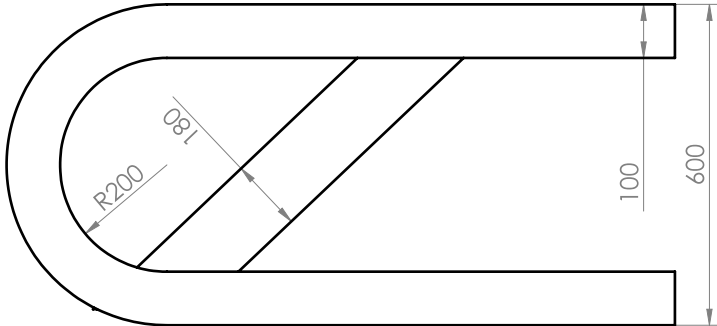
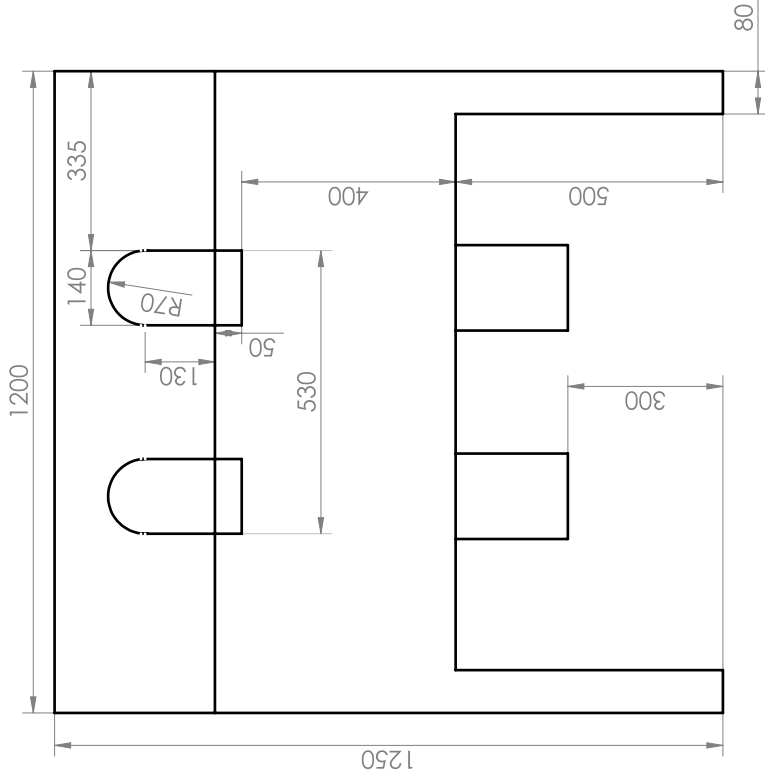
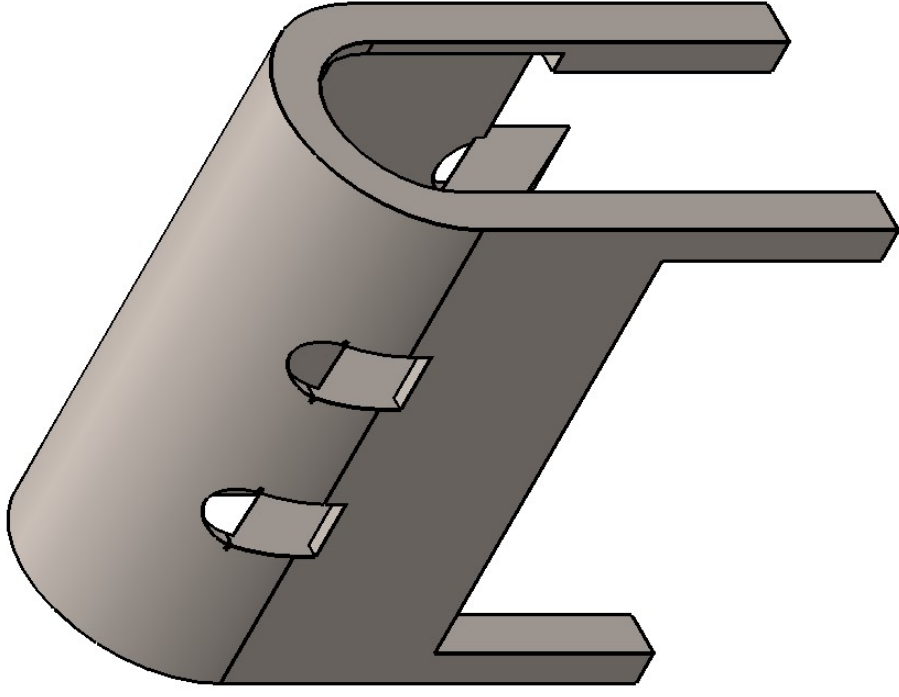
Tegn. nr. 7

Størrelse: A3



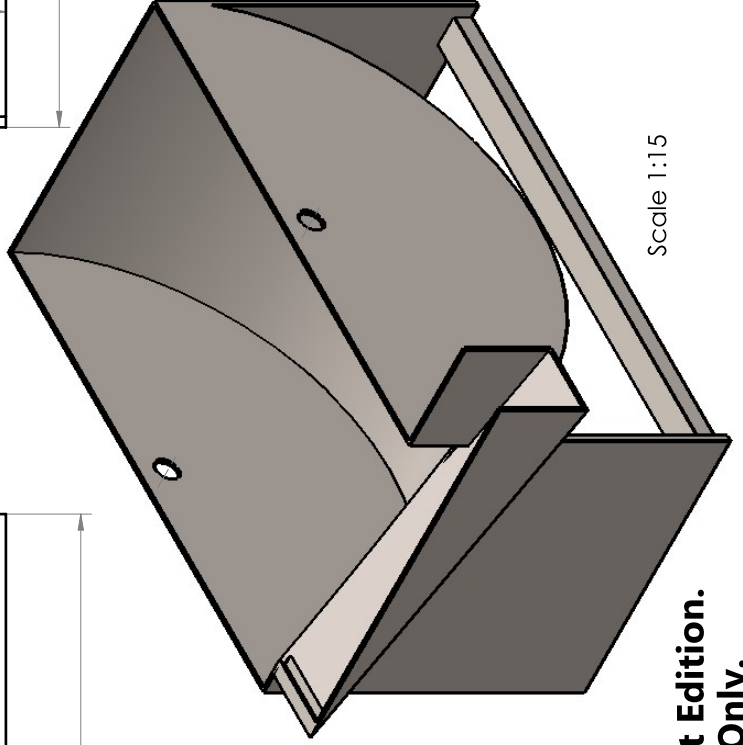
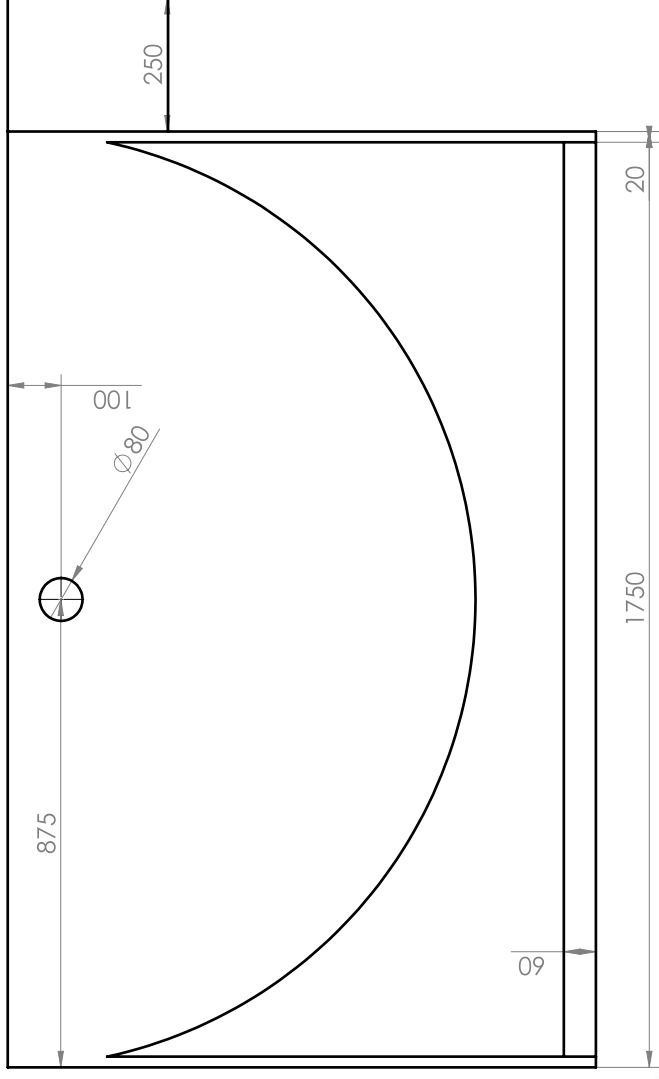
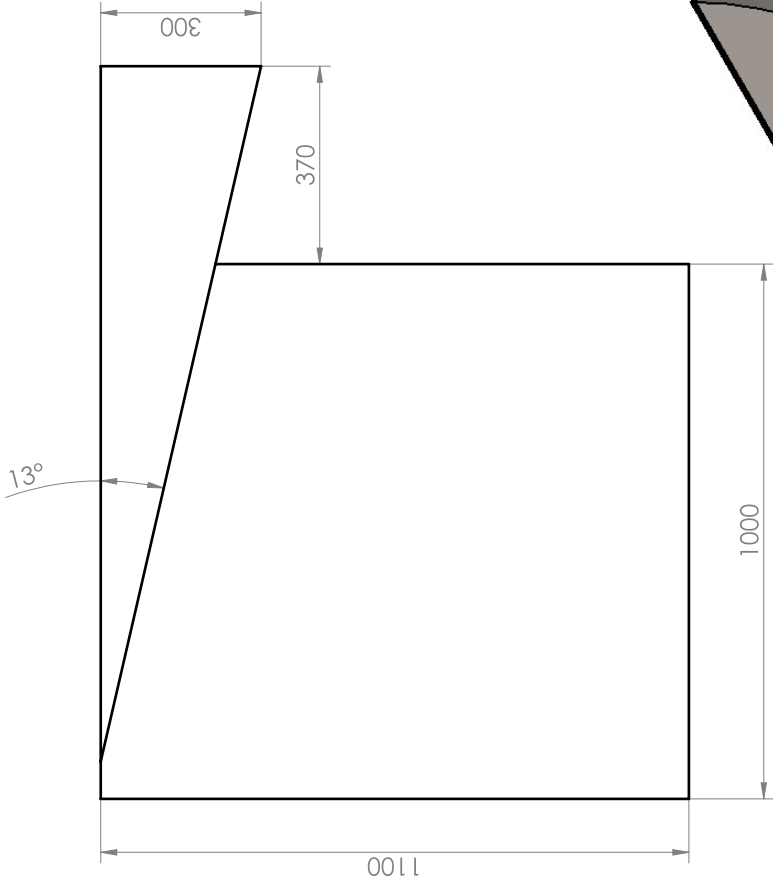
**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

Dato: 01.05.16	Konstr./Tegnet: R.B	Projeksjon:	Målestokk: 1:10	NMBU
	Kontrollert av: K.R			Erstatter for: Erstattelet av:
Mottaksrenne				Tegn. nr. 8
Henvising:				Størrelse: A3
				Beregning:



Dato:	01.05.16	Konstr./Tegnet:	R.B	Projeksjon:		Målestokk:	1:10	NMBU	
		Kontrollert av:	K.R					Erstatter for:	Erstatter av:
Slagbedøver - Seaside								Tegn. nr. 9	
Henvising:								Størrelse: A3	
Beregning:									

**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

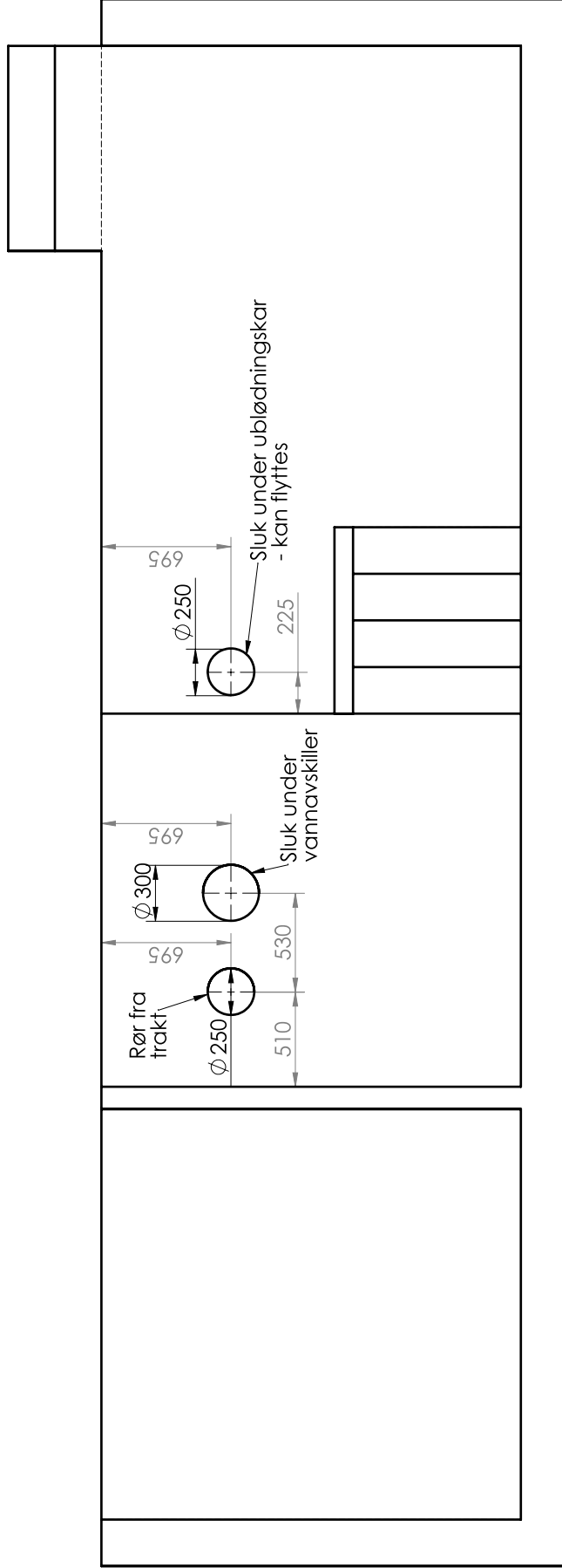


Scale 1:15

**SolidWorks Student Edition.  
For Academic Use Only.**

Date: 01.05.16	Konstr./Tegnet: R.B.	Projeksjon:	Målestokk: 1:10	NMBU
	Kontrollert av: K.R.			Erstatning for: Erstatstittel av:
Hvisvisning:				Tegn. nr. 10
Beregning:				Størrelse: A3

Utblødningskar



Dato:	06.05.16	Konstr./Tegnet:	R.B	Projeksjon:		Målestokk:	1:25	<b>NMBU</b>	
		Kontrollert av:	K.R					Erstatning for:	Erstatning av:
Plassering av rør og sluk								Tegn. nr. 11	
Henvising:								Beregning:	
								Størrelse: A3	











Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
67 23 00 00  
[www.nmbu.no](http://www.nmbu.no)