

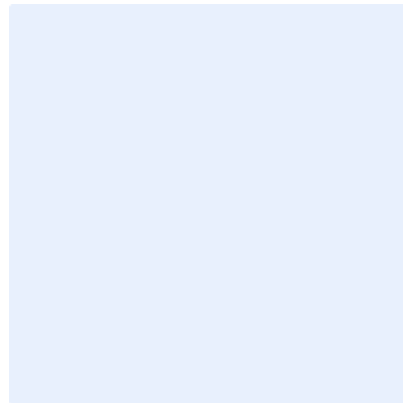
F18718 - Fortrolig

Rapport

Kartlegging av ulike teknologiske løsninger
for å møte de miljømessige utfordringene i
havbruksnæringen

Forfatter(e)

Ingvild Johanne Aarhus
Erik Høy, Arne Fredheim, Ulf Winther



SINTEF Fiskeri og havbruk ASPostadresse:
Postboks 4762 Sluppen
7465 TrondheimSentralbord: 40005350
Telefaks: 93270701fish@sintef.no
www.sintef.no/fisk
Foretaksregister:
NO 980 478 270 MVA

Rapport

Kartlegging av ulike teknologiske løsninger for å møte de miljømessige utfordringene i havbruksnæringen

EMNEORD:
Havbruksteknologi
Fiskeoppdrett
Bærekraft
MiljøVERSJON
5.00DATO
2011-03-06FORFATTER(E)
Ingvild Johanne Aarhus
Erik Høy, Arne Fredheim, Ulf WintherOPDRAGSGIVER(E)
Fiskeri- og KystdepartementetOPDRAGSGIVERS REF.
Ane S. BjørkumPROSJEKTNR
860202ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
38 + vedlegg**SAMMENDRAG**

Utredningen gir en kort oversikt over hvilke teknologiske plattformer for produksjon av matfisk som eksisterer i dag og har betydning for næringens påvirkning av miljøet. Hoveddelen inneholder en redegjørelse for hvilke teknologiske løsninger som kan bidra til å løse havbruksnæringens miljøutfordringer i relativt nær fremtid. Det gis en kort beskrivelse av fordeler og ulemper med teknologien, med særlig vekt på ramming og spredning av sykdom (lakselus).

UTARBEIDET AV
Ingvild Johanne Aarhus m. fl.

SIGNATUR

KONTROLLERT AV
Østen Jensen

SIGNATUR

GODKJENT AV
Ulf Winther

SIGNATUR

RAPPORTNR
F18718ISBN
ISBN-nummerGRADERING
FortroligGRADERING DENNE SIDE
Fortrolig

Innholdsfortegnelse

1	Innledende beskrivelse av oppdraget.....	3
2	Definisjon av utfordringer knyttet til å oppnå et mer bærekraftig fiskeoppdrett.....	3
3	Forskrift og teknisk standard som er relevant for oppdrettsteknologi.....	3
4	Oppdrettskonstruksjoner i sjø	4
4.1	Åpne anlegg i sjø	4
4.1.1	Tradisjonelle merdsystemer	5
4.1.2	Fast utspilte anlegg	12
4.1.3	Delvis fast utspilte anlegg i sjø	14
4.2	Nedsenkbare merdkonsepter	16
4.3	Lukkede merder/kar i sjø	17
4.4	Delvis lukkede systemer i sjø	18
4.5	Driftsformer med kombinasjoner av lukkede anlegg på land og åpne anlegg i sjø	20
4.6	Forankringssystemer	21
5	Oppdrettskonstruksjoner på land.....	22
5.1	Gjennomstrømningsanlegg.....	22
5.2	Gjenbruksanlegg.....	24
5.3	Resirkuleringsanlegg.....	25
6	Håndtering av slam fra akvakultur	28
7	Integrert havbruk.....	30
8	Tilpassing av NYTEK forskriften til nye type anlegg.....	31
9	Sammenligning av ulike anleggstyper opp mot tradisjonelle merdtyper.....	33
	Vedlegg: Oversikt over ulike konstruksjoner for oppdrett av matfisk.....	39

1 Innledende beskrivelse av oppdraget

Utredningen skal gi en kort oversikt over hvilke teknologiske plattformer for produksjon av matfisk som eksisterer i dag og har betydning for næringens påvirkning av miljøet. Hoveddelen skal inneholde en redegjørelse for hvilke teknologiske løsninger som kan bidra til å løse havbruksnæringens miljøutfordringer i relativt nær fremtid, dvs. innen 10-15 år og som kan bli aktuelle å implementere mer allment i havbruksnæringen. Dette kan for eksempel være nye notløsninger eller ulike former for lukkede anlegg i sjø eller på land. Det skal gis en beskrivelse av fordeler og ulemper med teknologien, med særlig vekt på miljøeffekter og havbruksnæringens evne til å konkurrere med andre produksjonsland. Teknologi som bidrar til å redusere forekomsten av rømming og spredning av lakselus skal vies særlig oppmerksomhet. Kartleggingen bør også inneholde en beskrivelse av eventuelle myndighetskontrollerte barrierer mot å ta i bruk ny teknologi.

I tillegg til forfatterne har Yngve Ulgenes, SINTEF Byggforsk bidratt med informasjon i kapittel 5.

2 Definisjon av utfordringer knyttet til å oppnå et mer bærekraftig fiskeoppdrett

Regjeringen har utpekt fem områder der havbruk har en miljøpåvirkning og som skal ha spesiell fokus for at havbruksnæringen skal være bærekraftig. Disse områdene er nærmere beskrevet i [FKD sin egen strategi for bærekraftig fiskeoppdrett](#). FKDs hovedmålsetting for de fem utvalgte områdene er:

Genetisk interaksjon og rømming

Målsetting: Havbruk bidrar ikke til varige endringer i de genetiske egenskapene til villfiskbestandene.

Forurensning og utslipp

Målsetting: Alle oppdrettslokaliteter som er i bruk holder seg innenfor en akseptabel miljøtilstand, og har ikke større utslipp av næringssalter og organisk materiale enn det resipienten tåler.

Sykdom

Målsetting: Sykdom i oppdrett har ikke bestandsregulerende effekt på villfisk, og mest mulig av oppdrettsfisken vokser opp til slaktning med minimal medisinbruk.

I denne rapporten vil parasitter slik som lakselus og sykdomsfremkallende mikroorganismer slik som bakterier og virus omtales under samme avsnitt med mindre lus krever særskilt omtale.

Arealbruk

Målsetting: Havbruksnæringen har en lokalitetsstruktur og arealbruk som reduserer miljøpåvirkning og smitterisiko.

Fôr og fôrressurser

Målsetting: Havbruksnæringens behov for fôrressurser dekkes uten overbeskatning av de viltlevende marine ressursene.

3 Forskrift og teknisk standard som er relevant for oppdrettsteknologi

NYTEK-forskriften trådte i kraft 1. januar 2004¹. Formålet med forskriften er å begrense rømming fra flytende akvakulturinstallasjoner gjennom å sikre forsvarlig teknisk standard på slike installasjoner, samt

¹ <http://www.lovdata.no/for/sf/fi/ti-20031211-1490-001.html#1>

forsvarlig drift og vedlikehold av installasjonene. Forskriften definerer følgende hovedkomponenter i ett flytende sjøbasert oppdrettsanlegg: flytekrage, flåte, lekter, not og fortøyning.

Forskriften stiller krav om

at alle nye anlegg og nye hovedkomponenter, som tas i bruk etter at forskriften trådte i kraft, skal være produktsertifisert i henhold til NS 9415² eller tilsvarende internasjonal standard.

Forskriften stiller videre krav om at leverandøren av fortøyninger skal sertifiseres. Utstyrslleverandøren skal sørge for produktsertifisering av sine produkter. Forskriften stiller krav om at alle anlegg som var utplassert på lokalitet før forskriftens ikrafttredelse skal ha dugelighetsbevis innen 1. januar 2006. Oppdretteren skal sørge for dugelighetsbevis for disse anleggene. Det ble utarbeidet en overgangsordning som regulerer bruk og sertifisering av eksisterende hovedkomponenter frem til 2012.

”NYTEK-forskriften fastsetter at det er akkrediterte inspeksjonsorganer som skal utstede dugelighetsbevis, mens det er akkrediterte sertifiseringsorganer som skal utstede produktsertifikater. Akkreditering gis av Norsk Akkreditering (NA), eller tilsvarende internasjonalt organ. Oppdrettere må overfor fiskerimyndighetene kunne dokumentere at deres flytende oppdrettsanlegg og hovedkomponenter har dugelighetsbevis eller produktsertifikat.”³

Fiskeri- og kystdepartementet foreslår å skjerpe regelverket om tekniske krav og standarder for oppdrettsnæringen for å hindre rømming. Forslaget bygger på eksisterende forskrift, men inneholder noen nye elementer⁴. Blant annet foreslås det nye krav til leverandører av forankring og til innføring av et anleggssertifikat. Forslaget følger opp regjeringens *Strategi for ei miljømessig bærekraftig havbruksnæring*, om skjerping av regelverket knyttet til tekniske krav og standarder.

Forslaget har høringsfrist 15. april 2011.

4 Oppdrettskonstruksjoner i sjø

Det følgende kapittelet inneholder en kort gjennomgang av tekniske løsninger som brukes eller har vært utprøvd i oppdrett av matfisk i sjø. Oversikten inneholder prinsipp for de tekniske løsningene samt hvordan disse løsningene svarer på utfordringene definert i kapittel 2 om bærekraftig fiskeoppdrett med spesiell vekt på genetisk interaksjon, rømming og sykdom (herunder lakselus). Flere eksempler fra de ulike konseptene er beskrevet i vedlegg 1: Oversikt over ulike tekniske løsninger for oppdrett av matfisk.

4.1 Åpne anlegg i sjø

Åpne anlegg defineres her som anlegg hvor vann strømmer inn og ut av enheten uten å gjennomgå noen form for behandling. I Norge drives majoriteten av matfiskproduksjon i åpne oppdrettsanlegg i sjø. Denne teknologien ble først tatt i bruk i Norge på 70-tallet.

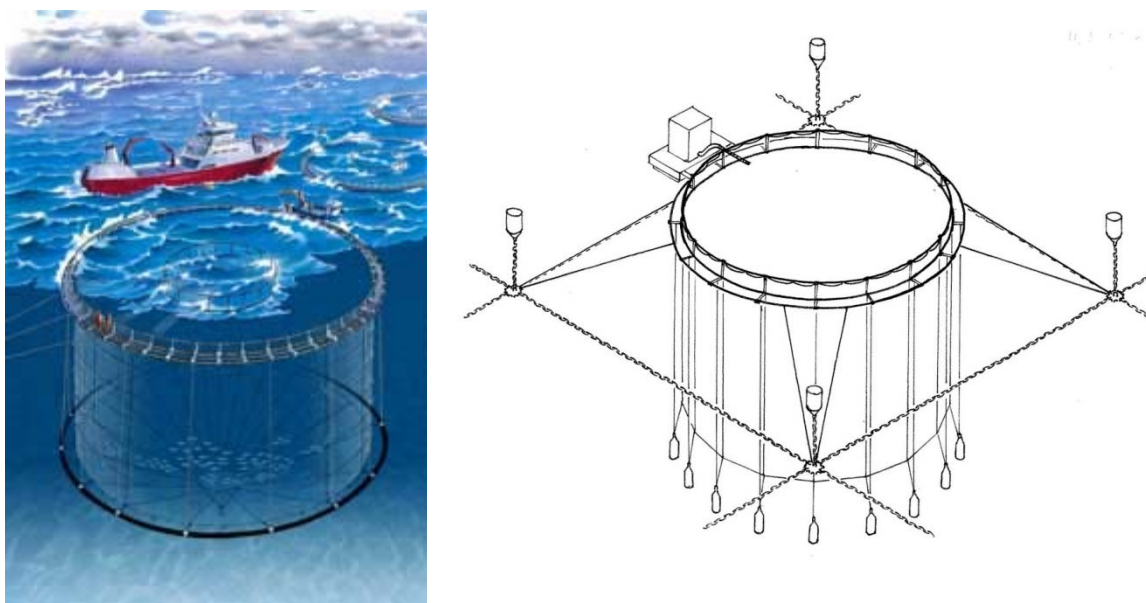
³ <http://www.fiskeridir.no/akvakultur/nytek/orientering-om-nytek>

⁴ <http://www.regjeringen.no/nn/dep/fkd/Dokument/Hoyringar/Hoyringsdokument/2011/hoyring-forslag-til-ny-forskrift-om-krav/hoyringsbrev.html?id=630933>

4.1.1 Tradisjonelle merdsystemer

Prinsipp for tradisjonelle merdsystemer

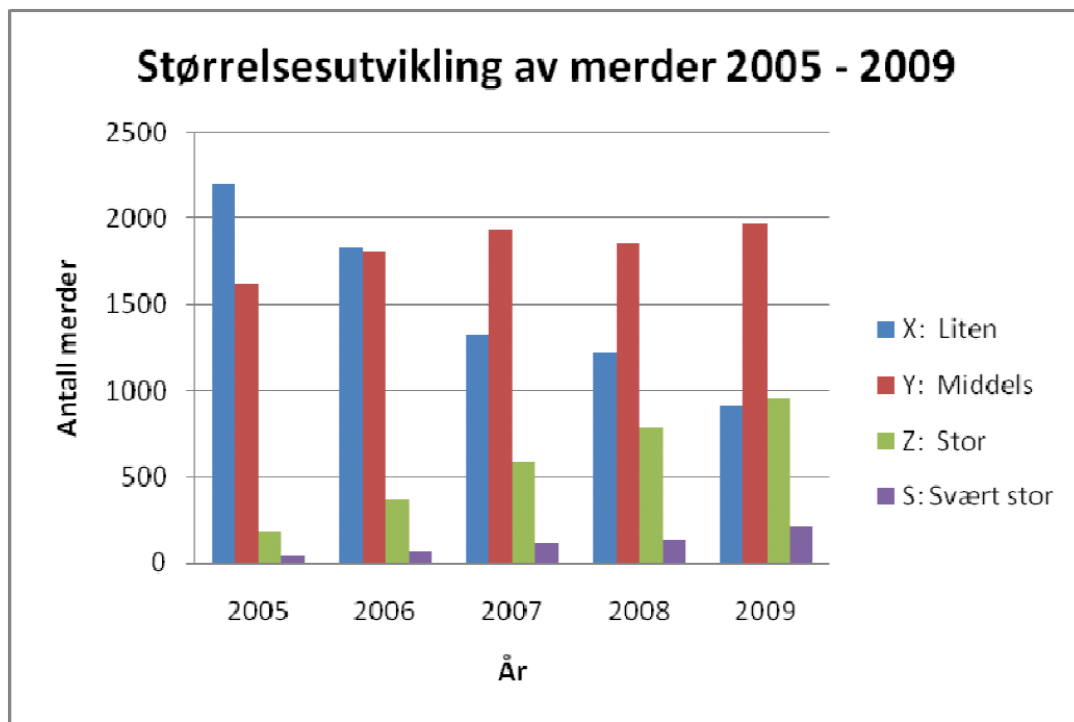
De mest brukte norske oppdrettsanlegg defineres som *gravitasjonsutspilte merdsystemer*. I gravitasjonsutspilte merdsystemer er det flyteelement og vekter som bidrar til å holde notposen utspilt for å motvirke strøm og bølgekrefter og opprettholde volum i nota. Flyteelement ligger i havoverflaten, og vekter for nedlodding er festet mot nedkant av notposen. Systemet for nedlodding skal være dypere enn notposen for å motvirke gnag mellom lodd og not. I Figur 1 er vist et vanlig oppsett av en merd med flytekrage, notpose og nedloddingssystem. Hovedkomponenter i gravitasjonsutspilte merdsystemer er flytekrage, flåte, lekter, not og fortøyning. Det er to hovedkategorier av flytekrager i bruk, enten sirkulære plastringer eller firkantede hengslede stålanlegg. I tillegg finnes det andre varianter av stålanlegg, for eksempel med horisontale stålrør og andre løsninger. Størrelsen på gravitasjonsutspilte merder kan variere fra små merder med volum på 8 000 m³ til de største merdene med volum på nært 60 000 m³ (Figur 2 og Tabell 1).



Figur 1 Gravitasjonsutspilte merdsystemer (anlegg til venstre er fra Aqualine og skisse til høyre er fra SINTEF fiskeri og havbruk)

Utvikling i størrelse på merder og dimensjonering av anlegg

Det er en klar trend at merdene blir større. Hovedandelen av solgte oppdrettsenheter de siste år har hatt en omkrets på mellom 120 -160 m. I Figur 2 og Tabell 1 under er denne utviklingen illustrert. Denne utviklingen har blant annet resultert i at forankringssystemer og konstruksjonselement som brukes på de større enhetene har blitt oppdimensjonert for å sikre at anleggene følger krav i NS 9415.



Figur 2 Utviklingen av oppdrettsvolum per merdenhet for laks og regnbueørret fra 2005 til 2009. Figuren er hentet fra rapporten "For stor merd eller for mange fisk" utgitt av Mattilsynet og Fiskeridirektoratet⁵.

Tabell 1 Forklaring til figur 2

Betegnelse	Størrelse	Eksempler på merdstørrelser
X: Liten	Opp til 8 999 m ³	O=60m og 20 - 30m dyp repr. merdvolum fra 5 700 til 8 600 m ³
Y: Middels	Mellom 9 000 og 19 499 m ³	O=60m og 35m dyp repr. 10 000 m ³ . O=90m og 30m dyp repr. 19 300 m ³ .
Z: Stor	Mellom 19 500 og 38 999 m ³	O=120m og 20m dyp repr. 22 900 m ³ . O=157m og 20m dyp repr. 39 300 m ³ .
S: Svært stor	Over 39 000 m ³	O=120m og 35 m dyp repr. 49 100 m ³ . O=157m og 30m dyp repr. 58 900 m ³ .

Flytekrage i plast

Plastmerder er produsert i High Density Polyethylen (HDPE). En sirkulær plastring produseres ved å sveise sammen rette plastrør som så tvinges til en ring. Klammer brukes til å holde sammen to eller flere ringer. De forskjellige leverandørene av plastmerder tilbyr i stor grad like konstruksjoner. Hovedforskjellen er om klammene for å holde sammen ringene er laget i stål eller plast. I hovedsak har utviklingen av plastmerder på sjø de siste årene stort sett vært i form av økte størrelser på anleggene og økende dimensjoner i rørtykkelse. Økende tykkelse på rør har i stor grad bakgrunn i krav satt i NS 9415 og bruk av mere eksponerte lokaliteter.

Flytekrager i stål

Flytekrager i stål finnes i fire hovedutforminger; brygge element som er hengslet sammen (hengslede stålanlegg), røranlegg som er horisontale stålrør som er sveiset sammen til en firkantet ramme, katamaran-anlegg som er lange stålpongtonger som er hengslet sammen og helt stive stålkonstruksjoner som f.eks. fagverk. Hengslede stålanlegg er den vanligste typen og spesielt på Sør- Vestlandet er dette en vanlig anleggstype.

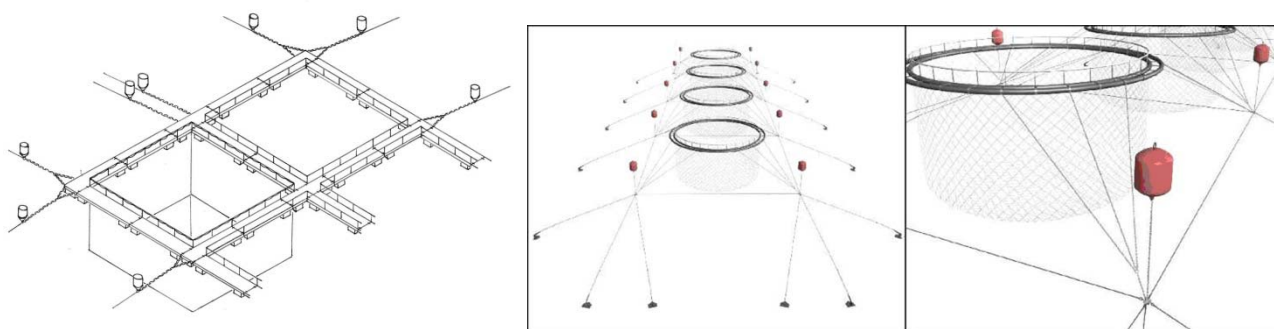
⁵ <http://tinyurl.com/6xngdty>

Av flere grunner har salg av stålanlegg blitt redusert de siste årene, og også i sørlige deler av Norge selges det nå i større grad plastmerder. Sertifisering av stålanlegg i henhold til NS 9415 er mye mer omfattende og kostbart for et stålanlegg og dette kan ha medført et teknologiskift fra stål til plast. I tillegg har plasthanlegg en fordel fremfor stålanlegg på lokaliteter med mye bølger og også etterspørselen etter store anlegg med omkrets på 160 meter ser ut til å favorisere plastmerder fremfor stålmerder på grunn av tekniske utfordringer med stålanlegg når hoveddimensjonene øker. Men det er fremdeles mange stålanlegg i bruk.

Se vedlegg 1 for nærmere beskrivelse av de ulike typene stålanlegg. I forhold til de definerte områdene for bærekraft anses det ikke å være vesentlige dokumenterte forskjeller mellom stålanlegg og anlegg med plastringer.

Endring i forankringssystemer

Plast og stålanlegg forankres noe forskjellig. For hengslede stålanlegg kan man koble forankringslinjer direkte inn i flytekragen. Denne har nok egen oppdrift og horisontal integritet og stivhet til å ta opp forankringskreftene direkte. En plastring har liten horisontal stivhet og integritet og krever et forankringssystem som bidrar til horisontal stivhet av systemet. Forenklet kan man si at for et stålanlegg tas kreftene opp i flytekragen, men for plastringer kobles plastringene inn i et forankringssystem. Forankring av stålanlegg og plastringer er vist i **Error! Reference source not found.**



Figur 3 Hengslet stålanlegg og forankring til venstre og forankring av sirkulære plastmerder til høyre (Ill. SINTEF Fiskeri og havbruk)

På grunn av NYTEK-forskriften og krav i NS 9415 har dimensjonene på forankringslinjer og komponenter i stor grad økt de siste årene. Også trenden med større anlegg og at anlegg ligger på mere eksponerte lokaliteter har bidratt til dette. Krav i NS 9415 har også medført mindre bruk av knytting av tau og i større grad bruk av kjetting, sjakler og kauser. Andre krav i NS 9415 som har hatt betydning er krav om at en ankerline skal kunne ryke uten at det skal medføre rømming og sterkere krav til dimensjonering av koblingspunkt i hjørnene på systemforankring til plastringer. Dette har blant annet medført at enkelte produkter har blitt fjernet fra markedet da de ikke tilfredsstillt kravene.

I forbindelse med revidert NS 9415 har kravene til redundans og koblingspunkt blitt styrket.

Bruk av bunnring

Siden 2004 har det skjedd en vesentlig økning i salget av merdsystemer med bunnring. Det har også skjedd en viss utvikling av selve bunnringen med blant annet økning i vekten i bunnringen. Bunnring holdes på plass ved hjelp av kjetting. Gnag mellom kjetting og notposen har ført til flere rømminger de siste årene. Årsakene til gnag er sammensatt, og noen av årsakene er økt bruk av bunnring, metoder for infesting av bunnring, økt størrelse på merdene og bruk av lokaliteter med sterkere strøm.

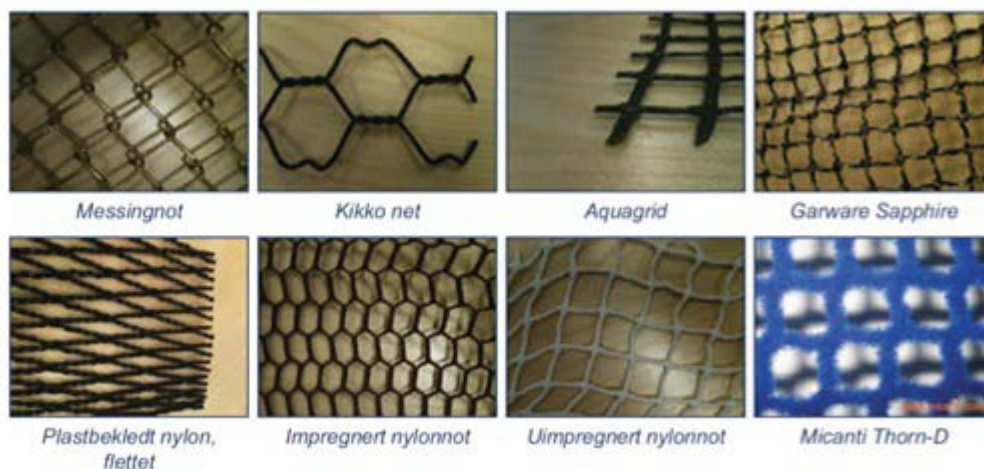
Aqualine planlegger nå en lansering av bunnring med innfesting ved hjelp av tau i stedet for kjetting. Dette har vært testet ut, og det er planlagt å lansere dette alternativet sommeren 2011. Formålet med dette alternativet er å redusere gnag ut ifra en antakelse om at kontakt mellom not og tau vil redusere utfordringene knyttet til skader fra kontakt og gnag mellom kjetting og not. Det er foreløpig usikkert hvor stor effekten av dette er. Det har også blitt utviklet en not med form spesielt tilpasset bruk i merder med bunnring. Formålet med dette er å redusere kontakten mellom not og utspilningssystem.

Nøter og ringer

Hoveddesignet for nøter har i liten grad endret seg på mange år. Det er i all hovedsak nøter produsert i nylon som benyttes. På grunn av krav i NS 9415 har dimensjoner på notlin og rammetau økt, og antall ramme- og krysstau har økt. Det har også blitt satt strengere krav til testing og kontroll av nøter. Kravene i NS 9415 for dimensjonering av nøter er stort sett basert på erfaring og empirisk kunnskap i form av tabeller med krav til styrke i forhold til størrelse og dybde på not.

De siste årene har det i økende grad vært tatt i bruk større og dypere nøter hvor man har lite eksisterende erfaring. Dette har gitt utfordringer for dimensjonering av disse nøtene. Det er i NS 9415 skissert en metodikk for dimensjonering av slike nøter, men denne er nok i liten grad verifisert. Det er de siste årene presentert en rekke nye notmaterialer, basert på notlignende konstruksjoner som gjerne er hentet fra andre bransjer som geostabiliseringsduk, sprengningsmatter, gjerdematerialer osv, som kan erstatte konvensjonelle nylonnøter på kort eller lengre sikt (se Figur 4). Massive tråder i plast eller metall vil kunne danne stivere og sterkere nøter som er mer motstandsdyktige mot den belastningen de blir utsatt for i sjøen og kan tilby lengre levetid med færre feil og skader. Mindre påslag av groe, bedre gjennomstrømning av vann, lettere vask og desinfisering er andre mulige egenskaper som trekkes frem som fordeler.

Nye notmaterialer slik som messingnot er i liten grad i kommersiell bruk i dag. Hovedutfordringen ved å ta i bruk nye notmaterialer er at de i varierende grad er stivere enn nylon og ikke uten videre kan benyttes i eksisterende notkonstruksjoner. Disse materialene og nøtene er ikke tilpasset de drifts- og operasjonsrutiner som i dag er vanlig, slik som f.eks. mulighet til å trenge fisk, heving av not i forbindelse med avlusning, skifte not osv. Det gjenstår en god del utprøving og utvikling før en kan forvente en sikker overgang til andre materialer og notkonstruksjoner. De erfaringsbaserte og empiriske kravene til notdimensjonering i NS 9415 og mangel på gode teste- og analysemetoder for disse nye notmaterialene kan nok også virke bremsende på denne utviklingen. Etter det SINTEF kjenner til finnes det ikke offentlig tilgjengelig dokumentasjon av erfaringer rundt bruk av nye notmaterialer med hensyn til styrke, håndtering, vekt, kostnad osv i produksjon av matfisk i sjø.



Figur 4 Ulike typer notmaterialer, kilde SINTEF Fiskeri og havbruk AS

Fôringssystemer

Fôrflåtene er nå i stand til å betjene flere merder over et større område enn før grunnet lengre fôrslanger i større dimensjoner og kraftigere blåsere. De fleste anlegg har nå gått vekk fra sorte slanger og velger lysere slanger til fôrdistribusjon. Dette bidrar til å holde temperaturen (spesielt i sommermånedene) nede slik at det i mindre grad forårsaker fettavleiringer på innsiden av rørene. Ved for høye temperaturer inne i fôrslangene kan fettlekkasje forekomme og dette kan i sin tur forårsake blokkeringer i fôrslangene (samt redusert utfôringsgrad). Blokkeringer på grunn av støvdannelse er ikke påvirket av fargen og sammen med de økte lengdene er det fremdeles store utfordringer knyttet til blokkering av slanger. Det er også store HMS-utfordringer knyttet til oppbygging av statisk elektrisitet og kraftige utladninger i forbindelse med håndtering av fôrslanger.

Fôringssystem er oftest en fôrflåte eller et fôrlager på land som forsyner merda med fôr via fôrslanger og et fôrdistribueringsystem inne i merda. Fortøyningssystem varierer og er nærmere omtalt i kapittel 4.6

Fuglenettstativ

Det har skjedd en utvikling på fuglenettstativ. Stativene selges nå hovedsaklig i form av såkalte hamsterhjul. Disse har erstattet de tradisjonelle tårnene. Positive effekter av hamsterhjul kontra tårn er:

- Mindre kontakt mellom fôr og hamsterhjul enn mellom fôr og tårn. Dette har ført til mindre knus av fôr.

- Fuglenettet holdes strammere slik at det er mindre problem med fugl, særlig hegre, som slår seg sammen og veier ned nettet slik at de får tilgang til merden.
- Slitasje på fuglenettene er fordelt over et større område slik at det sjeldnere rives og oppstår hull i nettene.

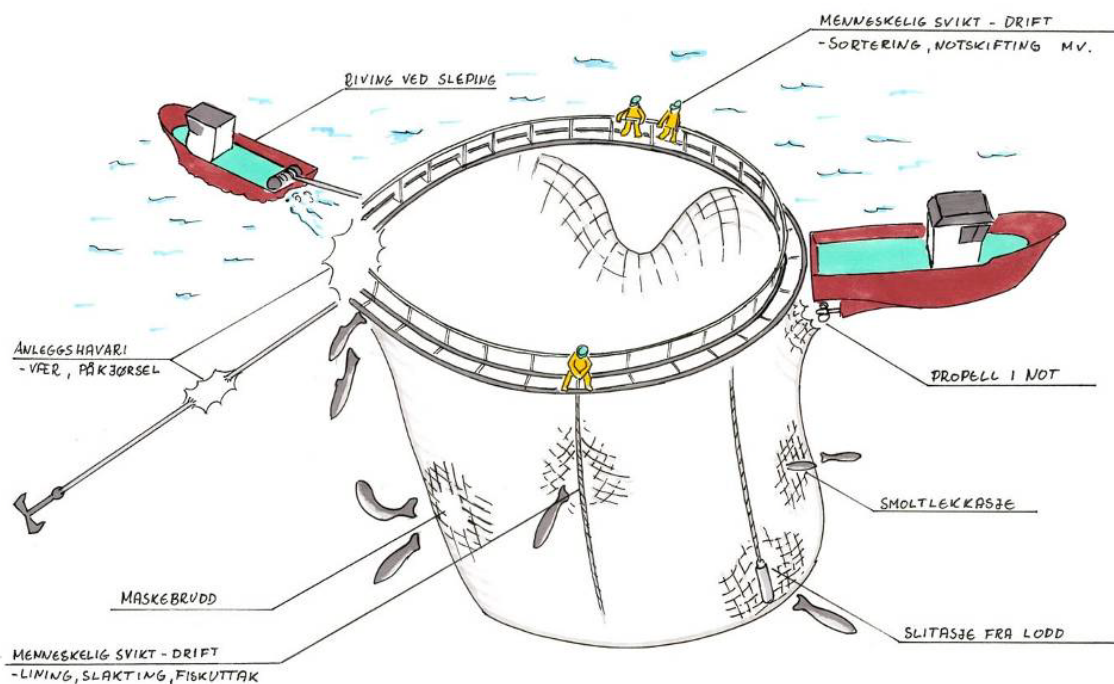
Utvikling av gravitasjonsutspilte merdsystemer sett i perspektiv av bærekraft

Genetisk interaksjon og rømming

NYTEK-forskriften, krav til sertifisering og NS 9415 har helt klart bidratt til økt dimensjon av konstruksjonselement for oppdrettsanlegg og fortøyningskomponenter, og medført at dagens oppdrettsanlegg tåler større miljøkrefter. Det ser ut til at de store havariene har blitt redusert eller eliminert på grunn av NYTEK. Omlag to tredjedeler⁶ av alle rømmingshendelser etter innføring av NYTEK er knyttet til not, f.eks. hull på grunn av propell, drivgods, predator eller slitasje mellom not og andre komponenter i oppdrettsanlegget slik som kjetting til bunnring (se Figur 5). Mange av disse hendelsene kan nok bli hindret ved bruk av andre notmaterialer eller nye notdesign. Samtidig kan introduksjon av ny teknologi gi nye utfordringer og problemstillinger man ikke kan forutse.

Forurensning og utslipp

Dagens lokalitetsstruktur tar hensyn til forurensning og utslipp og fare for sedimentering under anleggene. Havforskningsinstituttet uttaler i rapporten "Risikovurdering – miljøvirkninger av norsk fiskeoppdrett" at det er "lav sannsynlighet for regional eutrofiering av vannmasser pga. utslipp fra matfiskanlegg med dagens produksjonsnivå. Rapporten konkluderer videre med at "en tidsserie fra HI sitt høsttokt tyder ikke på regional overbelastning av organisk stoff fra oppdrett i norske fjorder"⁷.



Figur 5 Vanlige årsaker til rømming men fokus på årsaker til hull i not, SINTEF Fiskeri og havbruk

⁶ Escapes of fishes from Norwegian sea-cage aquaculture: causes, consequences and prevention, AQUACULTURE ENVIRONMENT INTERACTIONS, Vol. 1: 71–83, 2010

⁷ http://www.imr.no/nyhetsarkiv/2011/januar/risikorapport_om_oppdrettsneringen/nb-no

Sykdom

I følge rapporten ”Risikovurdering – miljøvirkninger av norsk fiskeoppdrett” vurderer havforskningsinstituttet sannsynligheten for at lakselus har en bestandsregulerende effekt på vill laksefisk som høy i enkelte landsdeler på enkelte tider av året⁷. Gravitasjonsutspilte merdsystemer hindrer ikke i seg selv smitte og smittespredning i oppdrett, men økt størrelse på anlegg i sjø ser ikke ut til å øke sannsynligheten for sykdom⁸. For å håndtere smitte og smittespredning må oppdrettere ta i bruk andre virkemidler slik som god lokalitetsstruktur, gode prosedyrer for behandling, utslakting og brakklegging, soneinndelinger m.m. Det er utviklet prosedyrer og teknologi som gjør det mulig å gjennomføre avlusing i lukkede enheter også for de største merdene som er i bruk. Dette er likevel krevende operasjoner, enten det gjøres med presenning eller brønnbåt, og et økt antall avlusinger medfører mer håndtering av fisken og større sannsynlighet for at feil kan oppstå, med rømminger som resultat. Løsningene er også avhengige av gode forhold med lite strøm, vind og bølger for å gi en sikker avlusing med hensyn både til fisk, folk og anlegg. Tiltak for å begrense påslag av lus, som å holde fisken dypere i sjøen eller skjerme den fra overflatevann kan være med å avhjelpe situasjonen. Eksponeringen for luseparasittene kan også begrenses ved at produksjonen deles opp der fisken holdes noe lengre i helt eller delvis lukkede anlegg på land eller ved skjermede lokaliteter i sjø. En kortere produksjon i åpne anlegg på mer eksponerte lokaliteter med stor settefisk kan gi flere gevinster i form av sterkere fisk som kan takle sterkere strøm, bedre vannutskiftning, god spredning av næringsutslipp og færre arealkonflikter.

Arealbruk

Gravitasjonsutspilte merdsystemer bruker relativt lite areal hvis man sammenligner denne produksjonsenheten med andre produksjonsenheter for kjøttproduksjon. Samlet ble det slaktet 936 980 tonn laks og regnbueørret i fjor oppdrettet i denne type anlegg. Det samlede arealet som ble brukt var på 40,2 kvadratkilometer⁸. Dette er et areal på størrelse med Nøtterøy utenfor Tønsberg, Helgøya i Troms eller Rennesøy i Rogaland.

Fôr og fôrressurser

Gravitasjonsutspilte merdsystemer med vanlig not er åpne anlegg og det vil forekomme fôrspill. Systemet er avhengig av kompetent arbeidskraft for å unngå unødig fôrspill. For å begrense problemer med blokkeringer i fôrslangene i tillegg til tap ved knus og støv, er fôret utviklet for å være hardere og mer motstandsdyktig mot mekanisk påkjenning. Fettslipp er også en utfordring.

4.1.2 Fast utspilte anlegg

Prinsipp for faste utspilte anlegg

Felles for denne typen anlegg er at de har et skjelett av materiale som holder enheten utspilt uavhengig av gravitasjon. Enheten har dermed et konstant volum og er ikke avhengig av et vektsystem for å holde seg utspilt. Oppdrettsvolumet er heller ikke påvirket av strømforhold eller bølger. I rammen er det festet not eller gitter i metall, plast eller nylon. Denne typen anlegg er ikke i bruk i Norge. Et eksempel på et fast utspilt anlegg er Aquapod som produseres av Ocean Farm Technologies⁹.

⁸ <http://www.regjeringen.no/nb/dep/fkd/pressesenter/pressemeldinger/2011/rapport-fra-utvalget-for-effektiv-og-bar.html?id=632513>

⁹ <http://www.oceanfarmtech.com/>



Figur 6 Aquapod fra Ocean Farm Technology

Konstruksjonen av Aquapod består av trekantrammer laget i plast satt sammen til en globekonstruksjon. Enheten kan opereres både helt og delvis nedsenket og materialet som brukes i konstruksjonen har en tilnærmet nøytral oppdrift. Aquapoden kan leveres med volum fra 115 kubikk meter (8 meter i diameter) til 11 000 kubikk meter (28 meter i diameter). Aquapod leveres med flere typer nett, blant annet nett laget av galvanisert ståltråd som er belagt med vinyl (tensioned vinyl). Dette gjør konstruksjonen sikker mot større predatorer i områder hvor dette er et problem. Fôring kan skje igjennom en eller flere av trekantrammene. Disse er modifisert for å ta imot fôr som spres gjennom trykk fra sentralisert fôrbåt eller fôrflåte. Konstruksjonen er i kommersiell bruk for oppdrett av cobia.

Genetisk interaksjon og rømming

Det er vanskelig å gi en generell vurdering av risiko for havari eller rømming fra en slik type konstruksjon. Det er flere faktorer som spiller inn, blant annet dimensjonering av konstruksjonselementet, forankringsløsning, materialbruk osv. Men det er å forvente at notmateriale av galvanisert stål, messing, massiv plasttråd eller lignende vil ha større motstand mot gnag og slitasje enn nylonnøter. Spesielt ved ytre påvirkning og predatorangrep. Man kan forvente at sannsynligheten for en del vanlige rømmingsårsaker, som gnag fra predator og fisk, slitasje fra lodd, maskebrudd og slitasje på not fra kjetting, er redusert ved bruk av fast utspilte anlegg med nett laget av disse ”nye” notmaterialene. Samtidig vil en slik konstruksjon medføre helt nye typer operasjoner som er annerledes enn de man har erfaring med, og dette vil kunne medføre økt sannsynlighet for feil i en periode.

Denne typen anlegg vil være like utsatt for havari på grunn av hendelser som kollisjon med båter, overbelastning på grunn av feil dimensjoner eller feil beregning av belastning fra miljøkrefter.

Forurensning og utslipp

Denne typen anlegg vil ikke medføre noe redusert forurensning og utslipp til sammenligning med gravitasjonsutspilte merdsystemer.

Sykdom

Denne typen anlegg vil ikke medføre noe redusert fare som smitte og smittespredning av sykdommer og lus til sammenligning med gravitasjonsutspilte merdsystemer.

Arealbruk

Arealbruk avhenger av type forankringssystem og volum per enhet. Generelt vil grunne merder kreve større areal for å få sammen tilgjengelig oppdrettsvolum. Forankringssystemer er nærmere omtalt i kapittel 4.6.

Fôr og fôrressurser

Denne typen anlegg vil ikke i seg selv medføre noe reduksjon i fôrfaktor eller endring i fôrsammensetting sammenlignet med gravitasjonsutspilte merdsystemer.

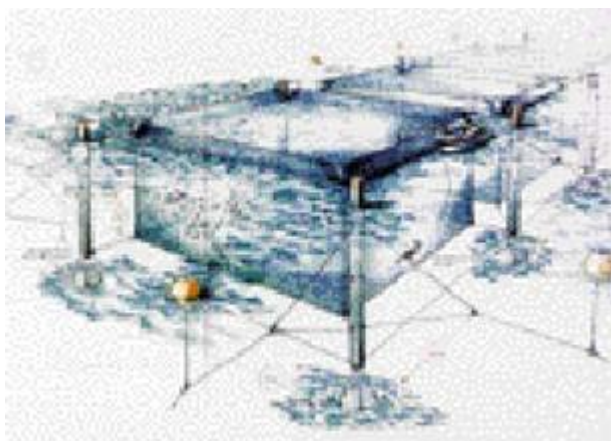
4.1.3 Delvis fast utspilte anlegg i sjø

Prinsipp for delvis fast utspilte anlegg

Deler av merdkonstruksjonen består av en fast utspilingkonstruksjon i stål eller plast, mens andre deler av merdkonstruksjonen består av fleksible materialer slik som not i nylon og tau. Eksempler på dette kan være strekkstagsmerder, slik som vist under, eller Ocean Spar sin merd med fire vertikale stolper som holder merdposen utspilt



Figur 7 Strekkstangsmerd (REFA)



Figur 8 Ocean Spar merd (Open Ocean Technologies)

Genetisk interaksjon og rømming

Det er vanskelig å gi en generell vurdering av risiko for havari eller rømming fra en slik type konstruksjon. Det er flere faktorer som spiller inn, blant annet dimensjonering av konstruksjonslemeret, forankring, materialbruk osv. Men et generelt trekk med disse løsningene er at konstruksjonens integritet er helt avhengig av forankringssystemet og at det er like innebygget redundans. Ved brudd i en forankringsline vil det være stor sannsynlighet for at hele merden kollapser. Det vil derfor være nødvendig med ekstra krav til dimensjonering og analyse av slike konstruksjoner. Begge typene har også helt klare operasjonelle

utfordringer knyttet til skifte av nøter, som potensielt vil kunne gi økt rømmingsrisiko. Disse konstruksjonene vil muligens ha redusert fare for gnag mellom komponenter som kan medføre hull i not.

Forurensning og utslipp

Denne typen anlegg vil ikke medføre noe redusert forurensning og utslipp til sammenligning med gravitasjonsutspilte merdsystemer.

Sykdom

Denne typen anlegg vil ikke medføre noe redusert fare som smitte og smittespredning av sykdommer til sammenligning med gravitasjonsutspilte merdsystemer.

Arealbruk

Arealbruken, eller fotavtrykket, på bunnen er avhengig av hvilken type forankring som velges. Strekkstagsmerder er unike i så måte fordi de kun beslaglegger et område på bunnen som er marginalt større enn selve merden på overflaten. Dette til forskjell fra et anlegg med konvensjonell forankring med standard ankere. Strekkstagsforankringen er avhengig av forholdsvis flat bunn for å fungere og er generelt noe mer krevende å forankre enn konstruksjoner som har rammefortøyninger.

Fôr og fôrressurser

Denne typen anlegg vil ikke i seg selv medføre noe reduksjon i fôrfaktor eller endring i fôrsammensetting sammenlignet med gravitasjonsutspilte merdsystemer.

4.2 Nedsenkbare merdkonsepter

Prinsipp

Nedsenkbare konsepter kan bestå av fast utspilte- eller gravitasjonsutspilte anlegg som kan senkes og heves i vannsøylen. Utvikling og forskning knyttet til nedsenkbare merdkonsepter er motivert med grunnlag i flere av problemstillingene som FKD fokuserer på i sin strategi for bærekraftig oppdrett. Nedsenkbare merder kan skilles i to kategorier avhengig av om de er nedsenket hele tiden eller om det er anlegg med nedsenkingsmulighet for kortere eller lengre tidsrom som en strategi for å takle ulike miljøforhold. Det er enighet om at de øvre vannlagene bærer med seg større konsentrasjoner av patogener, parasitter og er utsatt for algeoppblomstringer og manetinvasjoner. Dette er faktorer som gjør fisken mer utsatt for sykdom og som kan begrenses ved bruk av kontinuerlig eller periodevis nedsenking av anlegg.

Sjøbelastning fra overflatestrøm og bølger, samt ising på anlegg i ekstremvær er også faktorer som gjør nedsenkbare merder til konsept som er interessante for å begrense sannsynligheten for anleggshavari og rømming av fisk. Det samme gjelder muligheten for å senke ned merdene som en strategi for å unngå skader på nøter fra drivgods og isflak.

Når det gjelder direkte velferd og vekst kan det være gevinster å hente på å tilby et dypere oppdrettsmiljø med bedre temperatur og lysforhold. Nedsenkede merder vil ha et mindre visuelt avtrykk på overflaten og kunne bidra til færre arealkonflikter i forhold til konvensjonelle overflateanlegg.

En stor utfordring knyttet til nedsenkbare merder er i dag knyttet til å opprettholde god kontroll med fôring og anleggsintegriteten når merdene er nedsenket. Samtidig er det ikke presentert gode løsninger for håndtering av dødfisk, lusetellinger, helseoppfølging og levering/mottak av fisk i nedsenkede systemer. Det finnes i dag ingen kommersielle anlegg med system for nedsenking.

4.3 Lukkede merder/kår i sjø

Prinsipp

Lukkede merder på sjø har vegger og bunn som består av ugjennomtrengelig materiale slik som plast, betong eller stål. Vann må pumpes inn i enheten. Vann ledes ut av enheten og slam/fôrrester blir separert fra avløpsvann. I eventuelle lukkede anlegg på sjø vil det av tekniske og praktiske hensyn være gjennomstrømningsanlegg, det vil i overskuelig framtid ikke være aktuelt å resirkulere vann i lukkede anlegg i sjø.

Foreløpig finnes det få lukkede anlegg i sjø. Felles for disse løsningene er at de per dags dato er på utprøvningsstadiet. Canada har vært det landet som har gjort flest forsøk med lukkede enheter, foreløpig uten suksess i kommersiell skala. I Norge har man også hatt noen anlegg under utprøving, og det foregår utviklingsarbeid på dette området.

Genetisk interaksjon og rømming

Som tidligere nevnt er det vanskelig å gjøre overordnede generelle vurdering av rømmingsrisiko for en type konstruksjon. Rømmingsrisiko vil avhenge både dimensjonering og mere konseptuelle problemstillinger, i tillegg til drift og operasjon av anlegg. Mange av problemstillingene knyttet til rømming fra eksisterende åpne anlegg, slik som hull i not, slitasje på not osv, vil ikke være aktuelle for lukkede anlegg. En lukket enhet vil oppføre seg på en helt annen måte i sjø og ha helt andre konstruksjonstekniske og dimensjoneringmessige utfordringer. Blant annet vil det påføres mye større strøm og bølgekrefter på en lukket konstruksjon. Det er f.eks. underdimensjonering knyttet til sjøbelastning som har stoppet de store glassfiberkonstruksjonene som er lansert i Canada. Eksitasjon av vannsøylen inne i konstruksjonene og fysiske fenomen som sloshing¹ må håndteres. Også risiko for at fisk kan skylles ut av anlegget på grunn av relativ bevegelse av vannet inne i anlegget.

Videre vil de lukkede systemene kunne få tilleggsårsaker til rømming slik vi kjenner dem fra landbaserte anlegg med utfordringer knyttet til pumping av vann og konstruksjonssvikt slik som brudd på ventiler, filter, ledninger og rørkoblinger. Teknologiske utfordringer på konstruksjons- og driftsiden og en rekke nye utfordringer som ikke ennå er kjent, gjør at det er en lang vei å gå før dette vil være tilgjengelig i kommersiell skala som en sikrere og bedre løsning enn åpne merder.

Forurensning og utslipp

Denne type anlegg vil kunne ha en redusert mengde forurensning og utslipp forutsatt at slam samles opp og at slamhåndtering foregår på en god måte. Slam fra akvakultur har spesielle egenskaper, og må gjennomgå hygienisering og stabilisering før det kan brukes som eksempelvis gjødsel i jordbruk. Næringsutslipp, slam og slamhåndtering fra oppdrett omtales nærmere i 6.

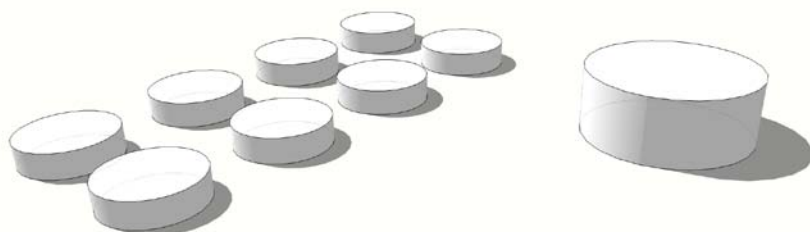
Sykdom

Dersom inntaksvann tas fra de øvre lag, som inneholder høyere andel patogener, vil ikke risiko for spredning av sykdom reduseres med mindre det utvikles og tas i bruk system for å rense inntaksvannet. Dette gjelder også smitte av lakselus, da lusenauplier gjerne oppholder seg i øvre vannsjikt. Forutsatt at et lukket anlegg henter dypere inntaksvann og skiller ut rensert vann fritt for patogener, vil risiko for smitte reduseres. Dersom fisken ikke blir utsatt for smitte, vil sykdomsrisikoen reduseres samt at påvirkning på lokale populasjoner minskes. I prinsippet er det mulig å utvikle måter å behandle inntaksvannet på, men det er vår vurdering at det vil kunne ta tid å utvikle dette til kommersielle systemer som er tilpasset bruken i denne typen oppdrettsenheter.

Arealbruk

Med utgangspunkt i dagens lukkede flytende systemer på sjø som er under utprøving, vil et lukket system kreve et vesentlig større areal (m² havoverflate) for å kunne oppdrette samme volum laks som et

gravitasjonsutspilt merdsystem i sjø. Illustrasjonen i Figur 9 viser antall enheter av det lukkede systemet som kreves for å oppdrette like mye tonn laks som en stor (se Tabell 1) gravitasjonsutspilt oppdrettsmerd i sjø. Illustrasjonen tar utgangspunkt i en utgave av lukket, flytende merdsystem som er under konstruksjon. Lukkede anlegg som er under utprøving er mindre i størrelse enn dette.



Figur 9 Illustrasjon av tradisjonell gravitasjonsutspilt åpen merd (volum: 38 999 m³ per enhet) til høyre og lukket system (volum: 5 500 m³ per enhet) til venstre. Antall enheter i det lukkede systemet er valgt for å skulle ha samme volum som én enhet av et gravitasjonsutspilt merdsystem.

Fôr og fôrressurser

Reduksjon i fôrfaktor vil forutsette et godt utføringssystem, fôrregime samt kompetent personale. Fôrspill i en lukket enhet kan potensielt føre til et dårlig ”karmiljø”, altså miljø inne i oppdrettsenheten. I og med at fôr ikke har mulighet til å forsvinne ut av enheten, kan dette føre til redusert fôrspill og dermed redusert fôrfaktor. Men, det er mange faktorer som spiller inn her, og et dårlig karmiljø vil potensielt føre til dårligere tilvekst og dermed høyere fôrfaktor. Laksefisk tar vanligvis ikke fôret fra bunnen og det må utvikles metoder for resirkulering av fôr og skille dette fra faeces før en kan oppnå en vesentlig bedre fôrutnyttelse i lukkede merder enn i åpne merder.

4.4 Delvis lukkede systemer i sjø

Prinsipp for delvis lukkede anlegg på sjø

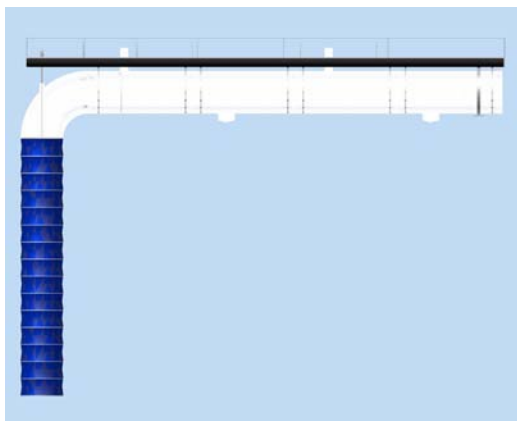
Det finnes noen konsepter som er delvis lukket i sjø. Noen av disse konseptene går ut på å ha lukkede enheter, men med gjennomstrømming av vann uten behandling. Det vil si at alt vann går ubehandlet inn og ut av produksjonsenhetene. Inntaksvann er på noen av disse konseptene pumpet inn i anlegget fra en viss dybde som sikrer jevn temperatur og færre patogener og parasitter. Et eksempel på et slikt anlegg er anlegget til Preline AS (se Vedlegg 1) som er under utprøving i Hardangerfjorden.

Genetisk interaksjon og rømming

Delvis lukkede enheter kan ha en preventiv virkning på rømming, så lenge uttak og inntak av vann er sikret godt (dobbeltsikring) mot dette ved hjelp av eksempelvis sil/filter/not. Delvis lukkede enheter er ikke utsatt for notrelaterte problemstillinger slik som gnag på not av ulike årsaker. Men, et delvis lukket anlegg vil være utsatt for samme type risikofaktorer som beskrevet i kapittelet om lukkede merder i sjø.

Forurensning og utslipp

I anlegg der vannet går ubehandlet ut av produksjonsenhetene, vil ikke næringsutslipp til sjø være redusert til sammenligning med ordinære åpne anlegg i sjø. Preline sitt konsept har mulighet for behandling av partikulære utslipp. Slamfeller og lignende løsninger vil da kunne være med på å redusere partikkelutslipp til sjø fra denne typen anlegg.



Figur 10 Prinsippskisse for Preline Fishfarming sitt anlegg. Fisken står i den horisontale seksjonen av røret (Preline).

Sykdomskontroll

På anlegg der inntaksvannet tas fra dybder hvor forekomsten av patogene bakterier, virus og parasitter (inkludert lakselus) er lav, vil fare for inntak av smitte i anlegget reduseres. Avløpsvannet må skilles effektivt fra inntaksvannet og utslipp plasseres tilsvarende dypt eller dypere for å hindre videre spredning av eventuelle sykdommer og parasitter som likevel måtte oppstå i anlegget. Til forskjell fra ordinære åpne anlegg i sjø, vil et redusert inntak av sykdomsfremkallende agens og parasitter medføre en redusert sannsynlighet for sykdom og da også sannsynligvis en direkte redusert effekt av oppkonsentrering og viderespredning av agens og parasitter. Se også avsnittet om sykdomskontroll i kapittel 4.3

Areal

Her vil de samme forhold gjelde som for lukkede systemer i sjø i avsnitt 4.3

Fôr og fôrressurser

Delvis lukkede anlegg vil ikke i seg selv føre til noen vesentlig endring i fôrfaktor eller bruk av fôrressurser. Med delvis lukkede anlegg kan det være viktig å forhindre fôrspill, da dette potensielt kan føre til forverring av miljø for fisken. I delvis lukkede anlegg er det nødvendig å utvikle gode strategier for å sikre tilstrekkelig utskiftning av vannet og nødprosedyrer ved lave oksygennivåer. Det er nødvendig å opprettholde en god vannkvalitet slik at en unngår opphopning av karbondioksid, ammoniumforbindelser og næringsstoffer som kan danne grunnlaget for skadelig bakterievekst.

Andre konsepter for delvis lukkede oppdrettssystemer

Det har vært lansert ideer om å produsere laks i merder hvor man bruker et såkalt behandlingsskjørt på permanent basis under hele produksjonen i sjø, eller i perioder som for eksempel perioder med stort lusepress. Dette skjørtet består av en presenning som spennes rundt en gravitasjonsutspilt åpen merd i sjø. Presenningen vil kunne forhindre lusepåslag fra luselarver som befinner seg i de øverste vannlagene. SINTEF har vist at skjørtløsninger ikke avstenger merden effektivt slik at det likevel vil skje en innblanding av overflatevann i merdene, om enn i noe redusert omfang sammenlignet med åpne merder. Det har også vært tanker rundt det å bruke helpresenning utenpå gravitasjonsutspilte merdssystem. Helpresenning brukes i

dag kun under avlusing. Helpresenningen vil potensielt kunne hindre lusepåslag og sykdomsspredning. Hvordan man tenker å løse utfordringen med vannutskifting o.l. er foreløpig usikkert. Permanente skjørt av en begrenset dybde er foreløpig kun testet i mindre utstrekning i dag, men med lovende resultater. Helpresenning på permanent basis er ikke prøvd ut.

4.5 Driftsformer med kombinasjoner av lukkede anlegg på land og åpne anlegg i sjø

Forlenget landfase

Prinsipp for forlenget landfase

Fiskeri- og kystdepartementet sendte et forslag på høring 18.1.2011 om å innføre en prøveordning som tillater produksjon av settefisk på land opp til 1 kg. I praksis vil dette bety at fisken vil ha en lengre produksjonsfase i settefiskanlegget før den settes i sjø. Dette forutsetter at fisken går i sjøvann på land i deler av produksjonsperioden og anlegget vil være avhengig av inntaksvann fra sjø. Anlegget kan ellers ha en klassisk oppbygging med gjennomstrømming eller resirkulering.

Genetisk interaksjon og rømming

Størstedelen av svinnet i oppdrett skjer før fisken har nådd 1 kilo. Ved å utvide tiden på land til fisken har nådd ett kilo, vil det potensielt være mulig å ha bedre kontroll med, og eventuelt redusere totalt svinn gjennom produksjonen. Hvis total tildelt MTB er konstant, vil ikke en forlengelse av landfasen påvirke mengden biomasse som til enhver tid står i sjøen, men antallet individer som står i sjøen til enhver tid vil bli redusert da gjennomsnittsvekten per individ øker. Hvis antall operasjoner utført på sjø reduseres, grunnet kortere tid i sjø og redusert behov for behandling (fjerner for eksempel mye av behovet for sortering), vil dette kunne bidra til en ytterligere reduksjon i sannsynligheten for rømming.

Forurensning og utslipp

Ved forlenget landfase i lakseproduksjonen, vil mengden slam fra de landbaserte anleggene øke. I dag har de fleste settefiskanlegg på land tillatelse til å deponere slam fra produksjonen i sjø. Men, ved utvidelse av konsesjonene på land, stilles det krav til settefiskprodusentene om å ha en plan for håndtering som omfatter alternative bruksområder for slammet. Slam fra oppdrett har mange gunstige egenskaper i form av at det er rikt på fosfor og nitrogen. Fosfor er i seg selv en begrenset ressurs, og er blant annet en svært viktig bestanddel i gjødsel. Det arbeides nå med å finne måter å omgjøre slam fra oppdrett til gjødsel, da det i sin opprinnelige form ikke egner seg for direkte bruk som gjødsel. Vitenskapskomiteen for mattrygghet har nettopp uttalt seg om hygieniske sider ved å bruke slam fra klekkeri, settefiskanlegg og oppdrettsanlegg som gjødsel og jordforbedringsmiddel. De har konkludert med at dette ikke utgjør noen risiko for smittespredning til landdyr eller mennesker. Slam kan dermed brukes dersom det foreligger i en stabilisert og hygienisert form slik at det ikke forårsaker luktulempet eller andre miljøproblemer ved lagring og bruk¹⁰. Slam fra oppdrett og mulighetene for å bruke dette til gjødsel omtales i kapittel 6.

Sykdomskontroll

I sjøvannsfasen er dødeligheten størst før fisken når en individvekt på om lag 1 kilo. En forlenget landfase under mer kontrollerte omgivelser vil kunne redusere dødeligheten i fasen opp til 1 kilo. Ved å sette ut en større fisk i sjø vil det også kunne være mulig å redusere dødeligheten i sjøfasen, både fordi man setter ut en mer robust fisk og fordi oppholdstidene for hvert individ i sjøen reduseres¹¹.

¹⁰ Uttalelse vedrørende hygieniske sider ved å bruke slam fra klekkeri og settefiskanlegg, og slam fra oppdrettsanlegg som gjødsel og jordforbedringsmiddel, Vitenskapskomiteen for mattrygghet, 2011

¹¹ <http://www.regjeringen.no/nb/dep/fkd/dok/hoeringer/hoeringsdok/2011/horing-av-forslag-om-okt-individvekt-for/horingsbrev.html?id=630920>

Lus

Ved å forlenge landfasen, er det sannsynlig at antall individer som er i sjøen til enhver tid reduseres hvis den samlede MTB beholdes. Antall verter for lus i sjø er dermed også redusert. Hvordan dette i praksis vil påvirke lusepåslag og spredning av lus til villfisk, er vanskelig å konkludere med.

Areal

Arealbruk på land vil sannsynligvis øke med økt andel av matfiskproduksjon på land. Det er ikke gjort beregninger på hvor mye landareal som vil kreves for eksempelvis å produsere halvparten av dagens volum av slaktet laks (ca 1 million tonn i 2010) på land. Se også vurdering av arealbruk i landbaserte anlegg i kapittel 5.1

Fôr og fôrressurser

På land er det i prinsippet enklere å kontrollere fiskens miljø og skape optimale forhold for tilvekst. Dette kan potensielt føre til en lavere fôrfaktor som igjen bidrar til redusert forbruk av fôrressurser. Imidlertid er ikke kunnskapsgrunnlaget godt nok utviklet til å kunne trekke klare konklusjoner om innvirkning av forlenget landfase på fôrfaktor.

4.6 Forankringssystemer

Over de siste 10 årene har det skjedd en del utvikling på forankring, dette mye i forbindelse med utarbeidelse av NS 9415 og et større fokus på rømmingssikring. Der foreligger blant annet krav til redundans i hovedstrek for å hindre kollaps og havari ved brudd i én forankringsline. Kravet om redundans er utvidet i den siste utgaven av standarden (2009) med krav til dimensjonering mot brudd i rammetau og haneføtter. Strengere krav til restsikkerhet og redundans har ført til forbedring av fortøyningsystemene og at det har vært få rømmingshendelser knyttet til fortøyningshavari de siste årene

Samtidig er oppdretternes fokus endret i forhold til plassering av anleggene for å gi bedre vanngjennomstrømming og friskere vann i merdene. Hovedmengden av anleggene ligger nå med rammefortøyning og med merdene ordnet i en eller to rekker på tvers av den fremherskende strømrretningen. Dette til forskjell fra tidligere anlegg som gjerne ble lagt ut i stigeortøyning og med hovedretningen på anlegget i samme retning som fremherskende strøm. Nord i Norge anvendes det i noe grad en variant som kalles stigeortøyning der oppdrettsringene er koblet direkte til hovedstrekene.

En utfordring med rammefortøyning er at den er arealkrevende med et stort fotavtrykk på bunnen med lange fortøyningsvarp i alle retninger ut fra anlegget slik det er synlig på overflaten. Dette legger begrensninger på enkelte typer fiske i områdene rundt anlegget, i langt større utstrekning enn den generelle fiskeforbudssonen på 100 m fra anlegget. Den store, skjulte utstrekningen som forankringen representerer, gir en rømmingsfare knyttet til bunntåling og det har skjedd en stor rømming knyttet til dette. De fleste merdkonseptene for sjø, enten det er snakk om lukkede eller åpne merder, baserer seg på varianter denne typen forankring.

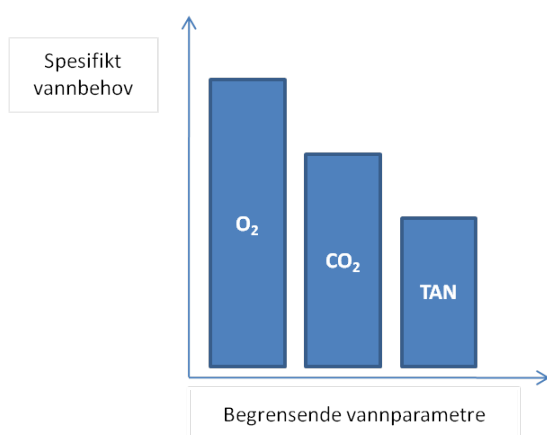
Det finnes i hovedsak to andre typer forankring som anvendes i begrenset utstrekning til fiskeoppdrett i sjø, strekkstagsforankring og svaiforankring, og ingen av disse er i bruk i kommersiell skala i Norge. Strekkstagsforankringen tilbyr en fordel med et begrenset avtrykk på bunnen, og en forholdsvis stabil posisjon med lavt arealkrav i overflaten. Redundans kan bygges inn i dette systemet på lik linje med rammefortøyning. En utfordring med strekkstagsforankring er at den krever andre typer ankerløsninger og i utgangspunktet en forholdsvis flat og ensartet bunn slik at den er uegnet på mange lokaliteter. Svaiforankringen er lansert som en løsning som gir bedre spredning av partikulære utslipp fra oppdrettsanleggene. Denne vil ha redundansutfordringer knyttet til fortøyningsbrudd i og med at anlegget er festet kun i ett eneste punkt. Svaifortøyningen har også høyt arealforbruk i overflaten og uforutsigbar posisjon som kan være en utfordring for skipsfarten. I områder med vekslende tidevannsstrøm av moderat

hastighet vil en kunne oppleve at et anlegg med svaifortøyning vil ligge stille i vannet mye av tiden og dermed kunne oppleve økt sannsynlighet for oksygensvikt og dårlig vannkvalitet for fisken.

5 Oppdrettskonstruksjoner på land

I dette kapittelet omtales kjent teknologi for oppdrett av fisk på land. Det finnes få eksempler av kommersiell produksjon av laksefisk på land basert på sjøvann. Danmark produserer regnbueørret på land i kommersiell skala (produserer ca 31 000 tonn i året), men dette er i stor grad i ferskvann.

Oppdrettskonstruksjoner på land som skal benyttes til matfiskproduksjon av laks er avhengig av tilgang på sjøvann. Det er derfor nødvendig at anleggene ligger slik at sjøvanntilgang er god. Vannforbruk i slike konstruksjoner avhenger av graden av utskifting av vann og/eller hvilke type vannbehandling vannet i anlegget gjennomgår. Det finnes ikke, etter det SINTEF har kjennskap til, noe materiale som sammenligner energikostnader ved punping av vann på land og energikostnader ved punping av vann i lukket anlegg i sjø. Det finnes beregninger av energiforbruk i ulike typer landbaserte anlegg for akvakultur, men det er ikke uten videre mulig å sammenligne disse med energiforbruket i et sjøbasert lukket anlegg. I fiskeoppdrett er det tre vannparametre som påvirker spesifikt vannbehov. Den første begrensende faktoren i landbaserte anlegg er oksygen, deretter følger overmetting av karbondioksid og til sist vil konsentrasjonen av total ammoniumnitrat føre til problemer for fisken.

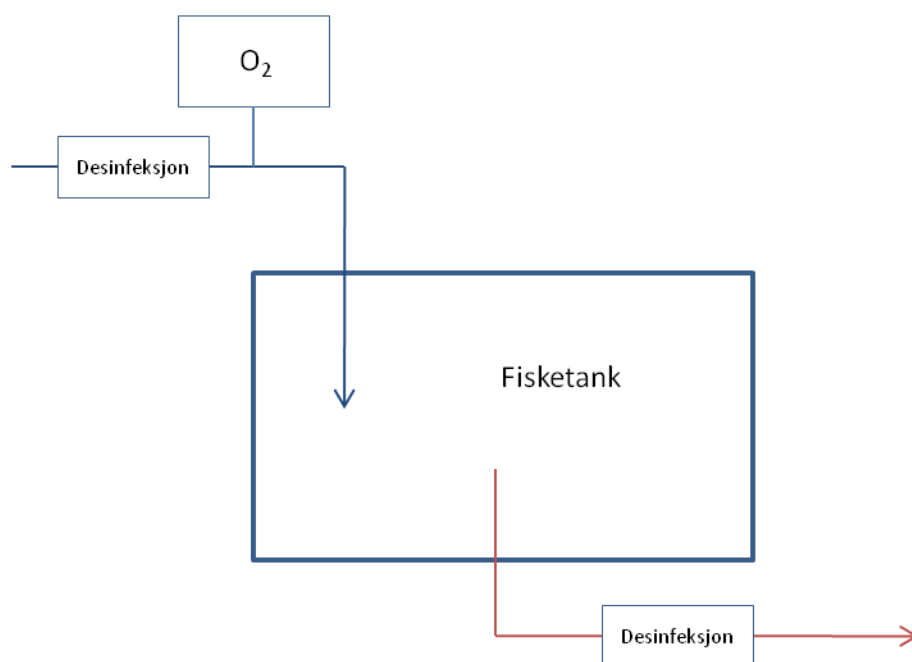


Figur 11 prinsipp for spesifikt vannbehov i landbasert akvakultur

5.1 Gjennomstrømningsanlegg

Prinsipp for gjennomstrømningsanlegg

Gjennomstrømningsanlegg benytter liten eller ingen grad av vannbehandling av inntaks- og avløpsvann. Dette gjør at vannbehovet i denne typen anlegg er større enn for anlegg med større grad av vannbehandling. Begrensende vannparameter i denne type anlegg er oksygen og ofte tilføres dette i denne type anlegg. Oksygenering gjøres for å sikre god vannkvalitet og god fiskehelse og vekst. Avhengig av området anlegget befinner seg i og lokale miljøkrav, brukes/kreves også desinfeksjon av inntaksvann og/eller avløpsvann.



Figur 12 Prinsippskisse for gjennomstrømningsanlegg. Blå pil indikerer inntaksvann og rød pil indikerer avløpsvann. Desinfeksjon er en komponent som ikke nødvendigvis finnes på alle gjennomstrømningsanlegg.

Det finnes gjennomstrømningsanlegg både med og uten oppvarming av vann. Inntaksvann kan gjerne være dypvann, da dypvann er mer stabilt og inneholder færre patogene mikroorganismer og parasitter (lusenauplier) enn overflatevann. Gjennomstrømningsanlegg som ikke har temperaturstyring og der fiskens vekst er bestemt av gjeldende råvannstemperaturer (som varierer gjennom året) vil ha en lengre produksjonstid enn et gjennomstrømningsanlegg med temperaturstyring. For at gjennomstrømningsanlegg uten temperaturstyring skal produsere like mye som et anlegg med temperaturstyring, kreves det et større tilgjengelig produksjonsvolum¹².

Genetisk interaksjon og rømming

Forutsatt at anlegget er godt sikret med flere sperrer mellom anlegget og sjøen eller tilliggende elver (fiskefeller, rister, voll, murverk osv.), så vil et slikt anlegg innebære lavere risiko for rømming enn et åpent anlegg på sjø. Det har ved flere anledninger rømt fisk fra settefiskanlegg på land, men det er nå satt strengere krav til rømmingssikring på settefiskanlegg.

Forurensning og utslipp

Dersom ikke det organiske materialet samles opp, eller dersom slam fra et slikt anlegg deponeres i sjø, vil ikke forurensning og utslipp reduseres sammenlignet med åpne merder. Den totale mengden utslipp av næringssalter i sjø vil potensielt kunne reduseres, om det foreligger krav om håndtering av slam på en annen måte enn deponering i sjø.

¹² Strategier for settefiskproduksjon av torsk i Nord-Norge Akvaplan-niva AS. Rapport APN-630.2627

Sykdom

Forutsatt at inntaksvann er dypvann som inneholder færre patogene mikroorganismer og parasitter (luseauplier) enn overflatevann, vil denne typen anlegg kunne ha en redusert sannsynlighet for sykdom og da også sannsynligvis en direkte redusert effekt av oppkonsentrering og viderespredning av agens og parasitter.

Arealbruk

Arealbruk på land vil øke med økt andel av matfiskproduksjon på land. Det er ikke gjort beregninger på hvor mye landareal som vil kreves for eksempelvis for å produsere dagens volum av slaktet laks (ca 1 million tonn i 2010) på land. Det har tradisjonelt sett vært flere interesser å ta hensyn til på land enn i havet, og dette vil potensielt kunne være en utfordring i forhold til å få en betydelig økning i areal brukt til akvakultur på land. Generelt sett vil alle typer landbaserte anlegg som skal benytte sjøvann måtte ligge nært sjøen, og da i en del av strandsonen som det er kontroversielt å benytte blant annet til næringsformål.

Fôr og fôrressurser

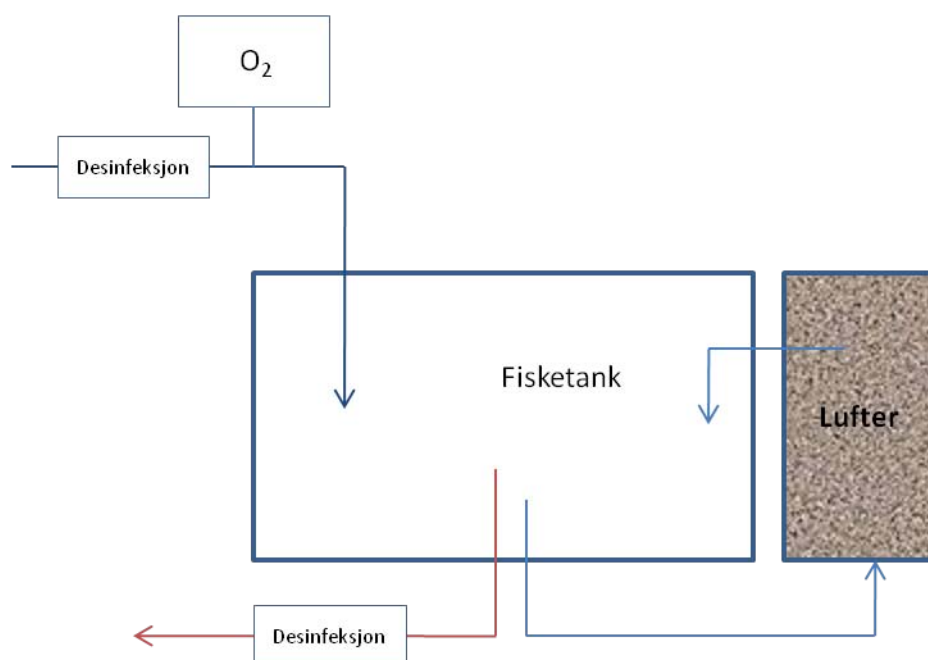
Egnet stabil temperatur medfører rask vekst og kort produksjonstid for matfisken¹³. I gjennomstrømningsanlegg med oppvarming vil det derfor kunne være en viss forbedring i fôrfaktor og dermed en reduksjon i forbruk av fôrråvarer.

5.2 Gjenbruksanlegg

Prinsipp

Gjenbruksanlegg resirkulerer en viss andel av vannet og er derfor avhengig av en viss grad av vannbehandling. I denne typen anlegg er det oksygen og karbondioksid som er begrensende vannparametere. For å kunne gjenbruke en del av vannet trengs derfor tilførsel av oksygen samt at vannet må stripes for overflødig karbondioksid som kan være skadelig for fisken. For å bli kvitt den overflødig karbondioksiden brukes lufte.

¹³ Strategier for settefiskproduksjon av torsk i Nord-Norge Akvaplan-niva AS. Rapport APN-630.2627



Figur 13 Prinsippskisse for gjenbruksanlegg. Mørkeblå pil indikerer inntaksvann, lyseblå piler indikerer vann som resirkuleres/gjenbrukes og rød pil indikerer avløpsvann

Genetisk interaksjon og rømming

Her gjelder de samme forutsetningene som i avsnitt 5.1.

Forurensning og utslipp

Her gjelder de samme forutsetningene som i avsnitt 5.1.

Sykdom

Her gjelder de samme forutsetningene som i avsnitt 5.1.

Arealbruk

Her gjelder de samme forutsetningene som i avsnitt 5.1.

Fôr og fôrressurser

Her gjelder de samme forutsetningene som i avsnitt 5.1.

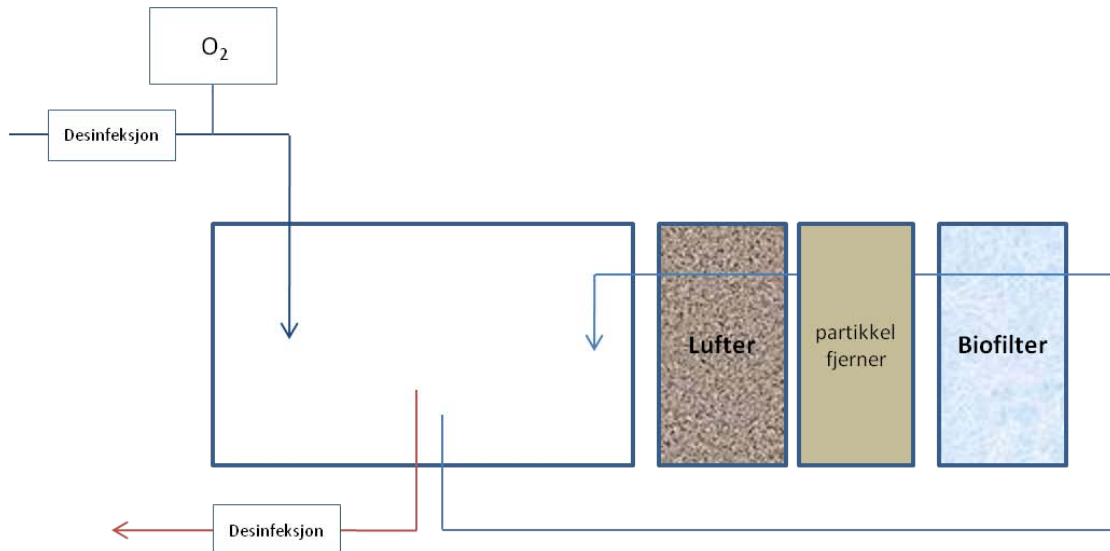
5.3 Resirkuleringsanlegg

Prinsipp for resirkuleringsanlegg

Et resirkuleringsanlegg bygger på prinsippet om gjenbruk av vann. Det er i prinsippet ikke noen nedre grense for vannforbruk i et resirkuleringsanlegg da dette beror på hvor omfattende vannbehandlingen er i systemet. I praksis er gjenbruksandelen opp til 95-99 %¹⁴. Prosent gjenbruk betyr her andel resirkulert vann i forhold til nytt vann i den sirkulerende vannstrømmen i anlegget. Begrensende vannparametere er normalt temperatur, oksygen, karbondioksid, total ammonium og pH. Både karbondioksid og ammonium (egentlig amoniakk) vil potensielt være skadelig for fisken om det oppstår for høye konsentrasjoner av dette i vannet.

¹⁴ Strategier for settefiskproduksjon av torsk i Nord-Norge Akvaplan-niva AS. Rapport APN-630.2627

Teknologien innen resirkuleringsanlegg har gjennomgått en betydelig utvikling de siste år, og resirkuleringsanlegg leveres/bygges i dag på svært mange ulike måter. I prinsippsskissen under omtales kun hovedkomponentene.



Figur 14 Prinsippsskisse for resirkuleringsanlegg. Mørkeblå pil indikerer inntaksvann, lyseblå pil indikerer resirkulert vann og rød pil indikerer avløpsvann.

De største endringene innen resirkuleringsteknologi de siste 25 år

De viktigste endringene de siste 20 årene som har gjort at man i dag kan angi resirkulering som en forutsigbar oppdrettsmetode er:

- Mer viten om effektive hydrauliske utforminger av karsystemer og røropplegg
- Kortere hydraulisk oppholdstid for vann mellom kar og vannbehandling
- Effektive oksygeneringssystemer
- Kompakte og effektive biofiltersystemer
- Bedre kontroll med metning av gasser og spesielt CO₂ i resirkulert vann
- Bedre overvåkings- og styringssystemer
- Bedre forkvalitet

Resirkuleringsanlegg med bruk av sjøvann

I Norge brukes resirkuleringsanlegg i kommersiell bruk mest i ferskvann. Resirkuleringsanlegg kan benyttes både med ferskvann og sjøvann, men det er viktig at anleggene dimensjoneres og utformes i forhold til vannkvalitet som benyttes. Nofima sitt nye forskningsanlegg på Sunndalsøra kan benytte både sjøvann og ferskvann¹⁵. AkvaGroup har også levert resirkuleringsanlegg for produksjon av torsk, hvor saltvann benyttes. Det er ingen prinsipiell forskjell mellom resirkuleringsanlegg som benytter ferskvann og resirkuleringsanlegg som benytter saltvann/sjøvann.. Biologisk nitrifikasjon i et biofilter med sjøvann har gjerne ca 30 % lavere hastighet enn det man oppnår i ferskvann. I tillegg har oksygen lavere løselighet i sjøvann enn i ferskvann. Dette er eksempel på forholdet det er viktig at man tar høyde for når anlegg skal designes for bruk i sjøvann.

¹⁵ <http://www.nofima.no/marin/om-nofima-marin/fasiliteter/nofima-senter-for-resirkulering-i-akvakultur>

Genetisk interaksjon og rømming

Her gjelder de samme forutsetningene som i avsnitt 5.1

Forurensning og utslipp

Som nevnt i avsnittet om forlenget landfase, vil mengden slam fra de landbaserte anleggene øke om andelen fisk oppdrettet på land øker

Den totale mengden utslipp av næringsalter i sjø vil potensielt kunne reduseres, om det foreligger krav om håndtering av slam på en annen måte enn deponering i sjø.

Sykdom

Gjenbruk av vann medfører at det i slike anlegg er lagt til rette for å kunne holde stabil, egnet vanntemperatur med lave oppvarmingskostnader. En vil også kunne opprettholde en mer stabil vannkvalitet, spesielt med tanke på floraen av mikroorganismer. Dette forutsetter at desinfeksjon på inntaksvannet er god slik at det ikke podes inn patogene mikroorganismer i anlegget. Om en lykkes i å vedlikeholde en stabil bakteriefilm og en slamhåndtering i anlegget som øker kapasitet i takt med økende belastning fra større biomasse, vil anlegget kunne oppnå en bedre mikrobiell kontroll med en positiv bakterieflora. Patogene bakterier finner en mest av blant de opportunistiske bakteriene som taper i konkurransen ved stabile forhold. Denne funksjonen sammen med å kontrollere inntaksvann, og ta inntaksvannet fra dybder som inneholder lave konsentrasjoner av patogene organismer, vil man kunne redusere sannsynligheten for sykdom i anlegget.

Arealbruk

Her gjelder de samme forutsetningene som i avsnitt 5.1.

Fôr og fôrressurser

Her gjelder de samme forutsetningene som i avsnitt 5.1.

6 Håndtering av slam fra akvakultur

Definisjoner

Slam

Med slam fra oppdrett menes her organisk materiale som skilles fra avløpsvann ved hjelp av ulike separasjonsteknologi (slamfilter og lignende), dette inkluderer feces, fôrpartikler.

Hygienisering

*"Hygienisering: Behandling som har som hovedmål å redusere faren for overføring av smittestoffer til mennesker, dyr eller planter ved disponering eller annen håndtering av det organiske materialet"*¹⁶

Stabilisering

*"Stabilisering: Behandling som har som hovedmål å redusere luktulempene ved disponering av det organiske materialet."*¹⁶

Næringsutslipp fra akvakultur

Verdier er angitt pr tonn produsert fisk.

Hvis man regner en minimum forfaktor på 1,05 som et gjennomsnitt for produsert matfisk, gir dette spist formengde på 1,05 kg pr tonn produksjon. Av dette er utslipp:

- 355 kg O₂ som BOD¹⁷ og herav 7 % som oppløst (25 kg O₂)
- 35 kg N og herav 77 % som oppløst N (27 kg)
- 7 kg P og herav 14 % oppløst (1 kg)

Hvis man har forspill, vil utslippet øke relativt til mengde forspill. Hvis forspillet er 100 kg pr tonn produsert fisk, vil utslippet pr tonn produsert fisk øke med:

- 150 kg O₂ som BOD og herav inntil 63 % (95 kg O₂) som oppløst
- 6 kg N og herav inntil 16 % som løst (1 kg N)
- 1 kg P og herav inntil 100 % som oppløst (1 kg)

Graden av oppløst materiale fra forspill avhenger mye av hvor lenge forspillet blir værende i vannet før det evt fjernes ved en renseprosess. "Inntil" – verdiene angir hva som blir oppløst fraksjon når det ligger lenge i vann (som ved et åpent merdanlegg).

Verdiene for utslipp og andel løst fraksjon er tatt fra Bergehim og Braathen¹⁸.

Resirkulering av næringsstoffer fra fiskeslam og fiskeensilasje

I utgangspunktet har fiskeslam god gjødselsverdi men balansen mellom gjødselskomponentene er ikke optimal i forhold til tilførsel av næringsstoffer i eksempelvis landbruk. Videre stilles det krav til stabilisering og hygienisering av slam fra akvakultur, dersom dette skal brukes til gjødsel (Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav., FOR-2003-07-04-951). Det stilles også krav om at innholdet av tungmetaller og andre miljøgifter ikke må overstige gitte nasjonale grenseverdier.

¹⁶ <http://www.lovdata.no/for/sf/ho/to-20030704-0951-014.html>

¹⁷ BOD er et mål på materielle forurensningen i vannet spesifisert i mg/l. BOD er den mengde oppløst oksygen som er nødvendig for å bryte ned organiske stoffer, samt oksydering av enkelte uorganiske materialer (f.eks jern)

¹⁸ Bergehim A., Braaten B. 2007. Modell for utslipp fra norske matfiskanlegg til sjø. Rapport IRIS- 2007/180, Blue Planet 2010.

Risiko for smittespredning ved bruk av slam fra oppdrett til gjødsel og jordforbedringsmiddel i landbruket

Miljøriskoen ved bruk av fiskeslam og fiskeensilasje som jordforbedringsmiddel er spredning av patogener, mikroorganismer og parasitter til potensielle resipienter gjennom avrenning **Error! Bookmark not defined.** Vitenskapskomiteen for mattrygghet har nettopp uttalt seg om hygieniske sider ved å bruke slam fra klekkeri, settefiskanlegg og oppdrettsanlegg som gjødsel og jordforbedringsmiddel. De har konkludert med at dette ikke utgjør noen risiko for smittespredning til landdyr eller mennesker, men at det potensielt kan fungere som smittekilde for andre akvakulturanlegg. Slam kan dermed brukes som gjødsel og jordforbedringsmiddel dersom det foreligger i en stabilisert og hygienisert form slik at det ikke forårsaker luktulemper eller andre miljøproblemer ved lagring og bruk¹⁹.

Per i dag er det ikke noen dokumentert effektive metoder for stabilisering og hygienisering av slam fra oppdrett. Dette området har ikke hatt særlig utvikling de siste 20 år. Det finnes metoder for hygienisering og stabilisering av slam fra andre produksjoner enn oppdrett, og det er mulig at lignende teknologi kan anvendes på slam fra oppdrett.

Biogass

Mulighetene for produksjon av biogass fra slam fra akvakultur er ikke i dag fullt utredet med hensyn til økonomi, og kjemisk sammensetting av slammet.²⁰ I en eventuell produksjon av biogass fra slam fra akvakultur pekes det på følgende kritiske faktorer:

- Kritisk minstevolum (det produserers idag ikke nok slam fra oppdrett til å bygge egne biogassanlegg)²¹
- Kombinasjon mot husdyrgjødsel/annet org.materiale
- Avtak gass/energi
- Evt. transformasjon til strøm gjennom generator; volumavhengig økonomi
- Restvolum = inngangsvolum
- Tilgang til spredningsarealer for restvolum

Noen av disse kritiske parameterene vil kunne elimineres dersom mengden av slam fra oppdrett øker. Flatanger Settefisk AS planlegger tilknytting til et biogass anlegg og samarbeid med lokale bønder. De planlegger å spre restprodukt fra biogassanlegg på graseng etter at det dette restproduktet er behandlet slik at det ikke avgir lukt.

¹⁹ Uttalelse vedrørende hygieniske sider ved å bruke slam fra klekkeri og settefiskanlegg, og slam fra oppdrettsanlegg som gjødsel og jordforbedringsmiddel, Vitenskapskomiteen for mattrygghet, 2011

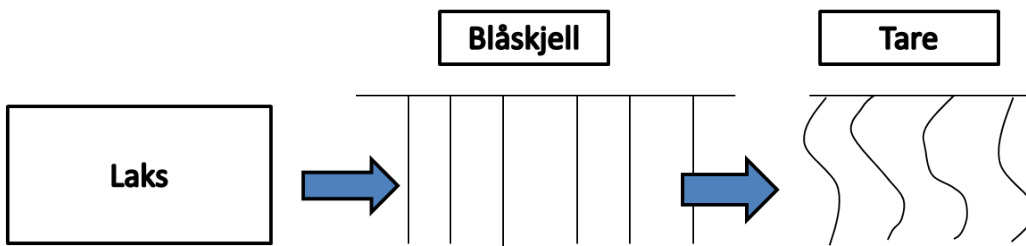
²⁰ <http://www.forskning.no/artikler/2010/juni/254837>

²¹ <http://www.forskning.no/artikler/2010/juni/254837>

7 Integrrert havbruk²²

Prinsipp for integrert havbruk og positive miljømessige effekter

Integrert havbruk bygger på prinsippet om å utnytte alle ressursene som inngår i en akvakulturproduksjon på en helhetlig måte. I praksis kan dette bety at man for eksempel plasserer anlegg for blåskjellproduksjon og anlegg for tareproduksjon sammen med anlegg for produksjon av laks eller ørret, der blåskjellene utnytter organiske partikler og taren utnytter næringsstoffer fra produksjonen av laks eller ørret. Hovedhypotesen for integrert havbruk er at et integrert system vil bidra til en helhetlig produksjon innenfor økologiske rammer og gi en økt helhetlig bærekraftig akvakulturproduksjon.



Figur 15 Prinsippskisse for integrert havbruk. De blå pilene indikerer næringsstoffer fra lakseproduksjonen som blir utnyttet i blåskjell og tareproduksjon.

Flere land har allerede utviklet kommersielt integrert havbruk (Canada, Chile, Kina), mens Norge så langt ikke har etablert slike anlegg. Spesielt i Canada har integrert havbruk gått fra forskning til kommersiell skala de siste to tiårene. I Norge har strenge offentlige reguleringer og foreløpig lite engasjement i næringen hindret en utvikling av integrert havbruk, sammen med forhold som at produksjon av tare og blåskjell har vært på et relativt tidlig stadium i utviklingen. I dag er det startet pilottesting av integrert havbruk i kommersielle systemer i Norge.

Flere ulike løsninger kan tenkes for hvordan anlegg for integrert havbruk utformes

- Konsepter der anleggene ligger helt integrert som én enhet. Dette konseptet blir brukt i Canada.
- Konsepter der de enkelte delene (oppdrett av laks, tare og blåskjell) ligger som enkeltstående anlegg i en viss avstand fra hverandre.
- Mellomformer av disse.

Under norske forhold der havbruksnæringen bruker store enheter som ligger på lokaliteter som er eksponert for vind, bølger og strøm, kan det være naturlig å se for seg at man benytter konsepter der de ulike delene ligger som enkeltstående anlegg. I tillegg vil god forståelse av transport og fordeling av partikler og næringsstoffer på den enkelte lokalitet være svært viktig for å kunne utnytte disse på en optimal måte. Modellering av hydrodynamiske forhold er derfor sentralt for å kunne utvikle integrert havbruk.

Genetisk interaksjon og rømming

I et konsept der de enkelte delene ligger som enkeltstående anlegg med avstand fra hver andre og der fortøyningssystemene er uavhengig av hverandre, skal risikoen for rømming ikke være høyere enn i dagens gravitasjonsutspilte merdsystem. Dette forutsatt at avstanden mellom anlegget med laks og de andre

²² Kalles også Integrated Multitrophic Aquaculture (IMTA) da konseptet inkluderer produksjon av organismer på flere trofiske nivåer.

anleggene er så stor at lakseanlegget ikke skades ved eventuelle skader på de andre anleggene (fra for eksempel deler som brekker løs).

Dersom man ønsker å benytte integrerte konsepter der anleggene ligger samlet som en enhet, er det nødvendig å gjennomføre et betydelig utviklingsarbeid på flere områder for å tilpasse løsningene til norske forhold. En av de viktigste premisene i utviklingsarbeidet vil måtte være hensynet til at det ikke skal rømme fisk.

Forurensning og utslipp

Uorganiske næringsstoffer fra oppdrettsanlegg kan tas opp av primærprodusenter som for eksempel tang og tare. I tillegg til næringsstoffer, vil tare også ta opp CO₂ fra omgivelsene og produsere oksygen. Begge mekanismene, både reduksjon av overflødige næringsstoffer og CO₂, samt produksjon av oksygen, vil kunne bedre vannkvaliteten i lokaliteten. Organiske partikler som stammer fra oppdrettsanleggene kan fjernes fra vannet av filtrerende organismer som muslinger. I tillegg kan arter som spiser detrituspartikler (f.eks. sjøpølser eller andre pigghuder) nyttiggjøre seg det som sedimenteres på bunnen.

Sykdom

En av årsakene til at offentlige myndigheter har vært tilbakeholdne med å gi tillatelse til utprøving av integrert havbruk er usikkerheten knyttet til smittespredning mellom artene i et slikt anlegg. Blant annet har det vært frykt for at blåskjell kunne være vert for agens som gir sykdom hos laks, og at man ved å plassere anlegg for laks og blåskjell nær hverandre kunne få redusert effekten av avstandskravet som er satt for å redusere risikoen for smitte mellom anlegg med oppdrett av laksefisk.

Arealbruk

Arealbehovet for integrerte anlegg vil være avhengig av hvilken produksjonsteknologi som velges, det vil si hvorvidt fisk, tare og blåskjell er integrert i samme anlegget eller om de oppdrettes i separate anlegg. Det er så langt ikke gjennomført gode beregninger av hva arealbehovet for ulike typer anlegg vil være ved produksjon av ulike mengde produkter.

Anvendelser

Tare og blåskjell vil i prinsippet kunne brukes som fôrråstoff til oppdrettsfisk. Her må det imidlertid gjøres en betydelig FoU-innsats for å kunne ta i bruk disse til fôr til laks og ørret i stor skala. Tare er et interessant råstoff for produksjon av bioetanol og det pågår prosjekter med siktemål å utvikle taredyrking uavhengig av integrert havbruk. Tare er også råstoff for alginat som benyttes til høyverdige farmasøytiske produkter og i næringsmiddelindustrien. Den naturlige anvendelsen av blåskjell er til konsum. Her vil markedsmessige og produksjonsmessige forhold i stor grad bestemme potensialet.

8 Tilpassing av NYTEK forskriften til nye type anlegg

Både nasjonalt og internasjonalt er det de siste årene lansert flere forskjellige nye anleggsløsninger for oppdrett av fisk i lukkede anlegg. Det er etter vår mening viktig at disse anleggsløsninger også omfattes av NYTEK forskriften og at det er krav til kontroll av dimensjonering og design. De fleste av disse anleggsløsninger er flytende, har en løsning for å holde fisken samlet (inneslutning) og er forankret og har således likheter med dagens hovedkomponenter definert i NYTEK. NYTEK forskriften omfatter flytende akvakulturanlegg, og definerer dette som flytende eller nedsenkbart anlegg for akvakultur av fisk. Dette bør bety at også nye lukkede anleggstypene er omfattet av forskriften. Det er mulig at det vil kunne oppstå tvilstilfeller hvis det utvikles nye anleggsløsninger som har delvis eller hel bunnkontakt, og ergo ikke er å anses som flytende. Slike anlegg vil fremdeles kunne medføre rømming, men det er uklart om de eventuelt

da vil bli omfattet av andre forskrifter eller standarder. Men det er viktig at det også settes krav til dimensjonering av slike anlegg, spesielt med tanke på belastninger fra bølger og strøm.

Mange av de kravene som stilles til dimensjonering av flytekrage og fortøyning i dagens NYTEK og NS 9415 vil være relevant også for lukkede anlegg i sjø, og det vil også finnes andre relevante standarder og regelverk (f.eks. generelle konstruksjonstandarder og Vertias regelverk) som kan benyttes ved dimensjonering og kontroll. Noe av utfordringen er at disse anleggene kan ha tilleggskomponenter som slik som siler, pumper, rister, osv. , som kan medføre rømmingsfare, men som det nødvendig vis ikke stilles krav til i NYTEK og NS 9415. Det vil være viktig at disse elementene også tas hensyn til, og det er mulig at elementer fra en fremtidig standard for landbaserte anlegg kan benyttes.

9 Sammenligning av ulike anleggstyper opp mot tradisjonelle merdtyper

I det følgende er det gjort overordnede sammenfattende betraktninger av ulike anleggstyper i forhold til rømming, spredning av sykdom og lakselus, samt organisk materiale og næringssalter.

Når det gjelder forholdet til rømming av oppdrettsfisk isolert vil bruk av landbaserte anlegg kunne ha relativt lav risiko for rømming dersom det settes inn tiltak mot rømming etter samme prinsipp som benyttes i settefiskanlegg. Bruk av flytende, lukkede anlegg vil ikke i seg selv redusere risiko for rømming sammenlignet med tradisjonelle merder med nøter. Denne typen anlegg er så langt ikke utviklet for bruk i kommersiell skala for laks og ørret. For at denne typen anlegg skal være rømmingssikre må det skje et betydelig utviklingsarbeid, der kravene i Nytek-forskriften og NS 9415 vil måtte stå sentralt.

Lukkede anlegg beskytter i seg selv ikke mot spredning av sykdom og parasitter som lakselus. Ved å pumpe opp vann fra dypere vannlag vil sannsynligheten for å bringe sykdomsagens og lus inn i anlegget kunne reduseres, men dette vil ikke eliminere en mulig spredning av sykdomsagens og lus fra oppdrettsanlegg. Et mer fullstendig skille mellom oppdrettsfisken og miljøet rundt kan bare oppnås dersom det benyttes aktive barrierer som hindrer utveksling av sykdomsagens og lus mellom miljøet i en lukket enhet og miljøet rundt. For lukkede, flytende anlegg sin del vil det måtte gjennomføres et utviklingsarbeid for å tilpasse denne typen barrierer til drift på anlegg i kommersiell skala.

Organisk materiale vil i prinsippet kunne samles opp fra lukkede anlegg, både landbaserte og lukkede, flytende dersom det er ønskelig å gjøre dette. Man vil imidlertid måtte utvikle anvendelser av en betydelig mengde slam.

Anlegg for integrert havbruk, der man for eksempel produserer tare og blåskjell i tillegg til laks eller ørret, vil kunne benytte organisk materiale og næringssalter som produseres i oppdrettsanlegg. Anleggskonsepter der de enkelte delene (oppdrett av fisk, dyrking av tare og dyrking av blåskjell) ligger i en integrert enhet vil måtte utvikles med tanke på lav rømmingsrisiko. Konsepter for integrert havbruk der de enkelte delene ligger hver for seg som selvstendige enheter, vil i utgangspunktet ikke ha annen rømmingsrisiko enn den typen merder som er i bruk i dag. Konseptet integrert havbruk fokuserer ikke i seg selv på reduksjon av spredning av smitte og parasitter, men dette kan i prinsippet inkluderes i integrerte konsepter.

I tabellen under er de ulike anleggstypene som er drøftet i det foregående sammenstilt og kommentert for genetisk interaksjon og rømming, sykdom (inklusive lus) samt forurensing og utslipp.

Teknologi	Genetisk interaksjon og rømming	Sykdom (lus)	Forurensning og utslipp
Tradisjonelle merdsystemer	<p>Årsaker til rømming:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Havari • Hull i not • Menneskelig svikt <p>Forbedringer siste år:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ny forskrift (NYTEK) har ført til mindre havari • Bedre rutiner har ført til mindre menneskelig svikt • Nøter er relativt uendret 	<p>Denne type teknologi hindrer ikke i seg selv smitte og smittespredning av patogene bakterier og virus og parasitter. Effektiv håndtering av smitte og hindring av smittespredning er avhengig av andre tiltak slik som vaksiner, avlusing, soneinndelinger osv.</p>	<p>Denne teknologien er avhengig av andre tiltak for å minske påvirkning fra forurensning og utslipp. Med dagens lokalitetsstruktur har Havforskningsinstituttet uttalt at det er lav sannsynlighet for eutrofiering av vannmassene grunnet utslipp fra matfiskanlegg med dagens produksjonsnivå.</p>
Fast utspilte anlegg	<p>Årsaker til rømming:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Havari • Menneskelig svikt • Andre ukjente årsaker • Hull i not dersom nylonnot brukes <p>Forbedringer i forhold til tradisjonell merd:</p> <p>I de fleste tilfeller brukes galvanisert ståltråd eller andre mer solide notmaterialer i denne type konstruksjon. Dette eliminerer "hull i not" problematikken</p>	<p>Det er ikke noe redusert risiko for spredning av lus med denne type anlegg sammenlignet med tradisjonelle merdsystemer.</p>	<p>Det er ikke noe redusert spredning av forurensning og avfall (næringsutslipp) fra denne type anlegg sammenlignet med tradisjonelle merdsystemer.</p>
Delvis fast utspilte anlegg	<p>Årsaker til rømming:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Havari • Menneskelig svikt • Andre ukjente årsaker • Hull i not dersom nylonnot brukes <p>Forbedringer i forhold til tradisjonell merd:</p> <p>Ingen vesentlige forskjeller i forhold til tradisjonelle merdsystemer</p>	<p>Det er ikke noe redusert risiko for spredning av lus med denne type anlegg sammenlignet med tradisjonelle merdsystemer.</p>	<p>Det er ikke noe redusert spredning av forurensning og avfall (næringsutslipp) fra denne type anlegg sammenlignet med tradisjonelle merdsystemer.</p>
Nedsenkbare merdkonsepser	<p>Årsaker til rømming:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Havari • Menneskelig svikt • Andre ukjente årsaker • Hull i not dersom nylonnot brukes <p>Forbedringer i forhold til</p>	<p>Nedsenkbare merder kan skilles i to kategorier avhengig av om de er nedsenket hele tiden eller om det er anlegg med nedsenkingsmulighet for kortere eller lengre tidsrom som en strategi for å takle ulike miljøforhold. Det er enighet om at de øvre vannlagene bærer med seg større konsentrasjoner av patogener, parasitter og er</p>	<p>Det er ikke noe redusert spredning av forurensning og avfall (næringsutslipp) fra denne type anlegg sammenlignet med tradisjonelle merdsystemer.</p>

Teknologi	Genetisk interaksjon og rømming	Sykdom (lus)	Forurensning og utslipp
	<p>tradisjonell merd:</p> <p>Sjøbelastning fra overflatestrøm og bølger, samt ising på anlegg i ekstremvær er faktorer som gjør nedsenkbare merder til konsept som er interessante for å begrense sannsynligheten for anleggshavari og rømming av fisk. Det samme gjelder muligheten for å senke ned merdene som en strategi for å unngå skader på nøter fra drivgods og isflak.</p>	<p>utsatt for algeoppblomstringer og manetinvasjoner. Dette er faktorer som gjør fisken mer utsatt for sykdom og som kan begrenses ved bruk av kontinuerlig eller periodevis nedsenking av anlegg.</p> <p>Denne typen anlegg kan derfor medføre redusert risiko for smitte og smittespredning sammenlignet med tradisjonelle merdssystemer.</p>	
Lukkede merder/kar i sjø	<p>Årsaker til rømming:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Konstruksjonstekniske og dimensjoneringmessige utfordringer. (f.eks. underdimensjonering knyttet til sjøbelastning) • Eksitasjon av vannsøylen inne i konstruksjonene og fysiske fenomen som sloshing. • Risiko for at fisk kan skylles ut av anlegget på grunn av relativ bevegelse av vannet inne i anlegget. • Konstruksjonssvikt (brudd på rør, ledninger osv) • Nye, foreløpig ukjente årsaker til rømming <p>Forbedringer i forhold til tradisjonell merd:</p> <p>Sammenlignet med tradisjonelle merdssystemer unngår denne typen anlegg rømming knyttet til hull i not.</p>	<p>Forutsatt at et lukket anlegg henter dypere inntaksvann og skiller ut rensert vann fritt for patogener, vil risiko for smitte reduseres sammenlignet med tradisjonelle merdssystemer. Dersom fisken ikke blir utsatt for smitte, vil sykdomsrisikoen reduseres samt at påvirkning på lokale populasjoner minskes.</p>	<p>Denne type anlegg vil kunne ha en redusert mengde forurensning og utslipp sammenlignet med tradisjonelle merdssystemer, forutsatt at slam samles opp og at slamhåndtering foregår på en god måte. Slam fra akvakultur har spesielle egenskaper, og må gjennomgå hygienisering og stabilisering før det kan brukes som eksempelvis gjødsel i jordbruk.</p>
Delvis lukkede systemer i sjø	<p>Årsaker til rømming:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Konstruksjonstekniske og dimensjoneringmessige utfordringer. (f.eks. underdimensjonering knyttet til sjøbelastning) • Eksitasjon av vannsøylen inne i konstruksjonene og fysiske fenomen som sloshing. • Risiko for at fisk kan skylles ut av anlegget på grunn av relativ bevegelse av vannet inne i anlegget. • Konstruksjonssvikt (brudd på rør, ledninger osv) 	<p>På anlegg der inntaksvannet tas fra dybder hvor forekomsten av patogener, bakterier, virus og parasitter (inkludert lakselus) er lav, vil fare for inntak av smitte i anlegget reduseres. Avløpsvannet må skilles effektivt fra inntaksvannet og utslipp plasseres tilsvarende dypt eller dypere for å hindre videre spredning av eventuelle sykdommer og parasitter som likevel måtte oppstå i anlegget. Til forskjell fra ordinære åpne anlegg i sjø, vil et redusert inntak av sykdomsfremkallende agens og parasitter medføre en</p>	<p>I anlegg der vannet går ubehandlet ut av produksjonsenhetene, vil ikke næringsutslipp til sjø være redusert til sammenligning med ordinære åpne anlegg i sjø. Preline sitt konsept har mulighet for behandling av partikulære utslipp. Slamfeller og lignende løsninger vil da kunne være med på å redusere partikkelutslipp til sjø fra denne typen anlegg.</p>

Teknologi	Genetisk interaksjon og rømming	Sykdom (lus)	Forurensning og utslipp
	<ul style="list-style-type: none"> Nye, foreløpig ukjente årsaker til rømming <p>Delvis lukkede enheter kan ha en preventiv virkning på rømming, så lenge uttak og inntak av vann er sikret godt (dobbeltsikring) mot dette ved hjelp av eksempelvis sil/filter/not. Delvis lukkede enheter er ikke utsatt for notrelaterte problemstillinger slik som gnag på not av ulike årsaker. Men, et delvis lukket anlegg vil være utsatt for samme type risikofaktorer som beskrevet over om lukkede merder i sjø. Det er ikke mulig å konkludere med at delvis lukkede enheter i sjø er mer rømmingssikre enn tradisjonelle åpne anlegg i sjø.</p>	<p>redusert sannsynlighet for sykdom og da også sannsynligvis en direkte redusert effekt av oppkonsentrering og viderespredning av agens og parasitter. Se også avsnittet om sykdomskontroll i kapittel 4.3</p>	
<p>Driftsformer med kombinasjoner av lukkede anlegg på land og åpne anlegg i sjø</p>	<p>Årsaker til rømming landfase:</p> <ul style="list-style-type: none"> For dårlig sikring av utløps og inntaksvann <p>Årsaker til rømming i sjøfase:</p> <ul style="list-style-type: none"> Havari Hull i not Menneskelig svikt <p>Forbedringer sammenlignet med tradisjonell driftsform:</p> <p>Størstedelen av svinnet i oppdrett skjer før fisken har nådd 1 kilo. Ved å utvide tiden på land til fisken har nådd ett kilo, vil det potensielt være mulig å ha bedre kontroll med, og eventuelt redusere totalt svinn gjennom produksjonen. Hvis total tildelt MTB er konstant, vil ikke en forlengelse av landfasen påvirke mengden biomasse som til enhver tid står i sjøen, men antallet individer som står i sjøen til enhver tid vil bli redusert da gjennomsnittsvekten per individ øker. Hvis antall operasjoner utført på sjø reduseres, grunnet kortere tid i sjø og redusert behov for behandling (fjerner for eksempel mye av behovet for sortering), vil dette kunne</p>	<p>I sjøvannsfasen er dødeligheten størst før fisken når en individvekt på om lag 1 kilo. En forlenget landfase under mer kontrollerte omgivelser vil kunne redusere dødeligheten i fasen opp til 1 kilo. Ved å sette ut en større fisk i sjø vil det også kunne være mulig å redusere dødeligheten i sjøfasen sammenlignet med tradisjonell driftsform, både fordi man setter ut en mer robust fisk og fordi oppholdstidene for hvert individ i sjøen reduseres²³.</p> <p><i>Lus</i></p> <p>Ved å forlenge landfasen, er det sannsynlig at antall individer som er i sjøen til enhver tid reduseres hvis den samlede MTB beholdes. Antall verter for lus i sjø er dermed også redusert. Hvordan dette i praksis vil påvirke lusepåslag og spredning av lus til villfisk, er vanskelig å konkludere med.</p>	<p>Ved forlenget landfase i lakseproduksjonen, vil mengden slam fra de landbaserte anleggene øke. I dag har de fleste settefiskanlegg på land tillatelse til å deponere slam fra produksjonen i sjø. Men, ved utvidelse av konsesjonene på land, stilles det krav til settefiskproducentene om å ha en plan for håndtering som omfatter alternative bruksområder for slammet. Slam fra oppdrett har mange gunstige egenskaper i form av at det er rikt på fosfor og nitrogen. Fosfor er i seg selv en begrenset ressurs, og er blant annet en svært viktig bestanddel i gjødsel. Det arbeides nå med å finne måter å omgjøre slam fra oppdrett til gjødsel, da det i sin opprinnelige form ikke egner seg for direkte bruk som gjødsel. Vitenskapskomiteen for mattrygghet har nettopp uttalt seg om hygieniske sider ved å bruke slam fra klekkeri, settefiskanlegg og oppdrettsanlegg som gjødsel og jordforbedringsmiddel. De har konkludert med at dette ikke utgjør noen risiko for smittespredning til landdyr eller mennesker. Slam kan dermed brukes dersom det foreligger i en stabilisert og hygienisert form slik at det ikke forårsaker luktulempen eller andre</p>

²³ <http://www.regjeringen.no/nb/dep/fkd/dok/hoeringer/hoeringsdok/2011/horing-av-forslag-om-okt-individvekt-for/horingsbrev.html?id=630920>

Teknologi	Genetisk interaksjon og rømming	Sykdom (lus)	Forurensning og utslipp
	bidra til en ytterligere reduksjon i sannsynligheten for rømming.		miljøproblemer ved lagring og bruk ²⁴ . Slam fra oppdrett og mulighetene for å bruke dette til gjødsel omtales i kapittel 6.
Gjennomstrømningsanlegg på land	<p>Årsaker til rømming:</p> <ul style="list-style-type: none"> For dårlig sikring av utløps og inntaksvann <p>Forbedringer sammenlignet med tradisjonelle merdsystemer:</p> <p>Forutsatt at anlegget er godt sikret med flere sperrer mellom anlegget og sjøen eller tilliggende elver (fiskefeller, rister, voller, murverk osv.), så vil et slikt anlegg innebære lavere risiko for rømming enn et åpent anlegg på sjø. Det har ved flere anledninger rømt fisk fra settefiskanlegg på land, men det er nå satt strengere krav til rømmingssikring på settefiskanlegg</p>	Forutsatt at inntaksvann er dypvann som inneholder færre patogene mikroorganismer og parasitter (luseauplier) enn overflatevann, vil denne typen anlegg kunne ha en redusert sannsynlighet for sykdom og da også sannsynligvis en direkte redusert effekt av oppkonsentrering og viderespredning av agens og parasitter sammenlignet med tradisjonelle åpne anlegg.	Dersom ikke det organiske materialet samles opp, eller dersom slam fra et slikt anlegg deponeres i sjø, vil ikke forurensning og utslipp reduseres sammenlignet med åpne merder. Den totale mengden utslipp av næringssalter i sjø vil potensielt kunne reduseres, om det foreligger krav om håndtering av slam på en annen måte enn deponering i sjø.
Gjenbruksanlegg på land	Her gjelder de samme forutsetningene som for gjennomstrømningsanlegg	Her gjelder de samme forutsetningene som for gjennomstrømningsanlegg	Her gjelder de samme forutsetningene som for gjennomstrømningsanlegg
Resirkuleringsanlegg på land	Her gjelder de samme forutsetningene som for gjennomstrømningsanlegg	<p>Gjenbruk av vann medfører at det i slike anlegg er lagt til rette for å kunne holde stabil, egnet vanntemperatur med lave oppvarmingskostnader. En vil også kunne opprettholde en mer stabil vannkvalitet, spesielt med tanke på floraen av mikroorganismer. Dette forutsetter at desinfeksjon på inntaksvannet er god slik at det ikke podes inn patogene mikroorganismer i anlegget. Om en lykkes i å vedlikeholde en stabil bakteriefilm og en slamhåndtering i anlegget som øker kapasitet i takt med økende belastning fra større biomasse, vil anlegget kunne oppnå en bedre mikrobiell kontroll med en positiv bakterieflora. Patogene bakterier finner en mest av blant de opportunistiske bakteriene som taper i konkurransen ved stabile forhold.</p> <p>Denne funksjonen sammen med</p>	<p>Som nevnt i avsnittet om forlenget landfase, vil mengden slam fra de landbaserte anleggene øke om andelen fisk oppdrettet på land øker.</p> <p>Den totale mengden utslipp av næringssalter i sjø vil potensielt kunne reduseres, om det foreligger krav om håndtering av slam på en annen måte enn deponering i sjø.</p>

²⁴ Uttalelse vedrørende hygieniske sider ved å bruke slam fra klekkeri og settefiskanlegg, og slam fra oppdrettsanlegg som gjødsel og jordforbedringsmiddel, Vitenskapskomiteen for mattrygghet, 2011

Teknologi	Genetisk interaksjon og rømming	Sykdom (lus)	Forurensning og utslipp
		<p>å kontrollere inntaksvann, og ta inntaksvannet fra dybder som inneholder lave konsentrasjoner av patogene organismer, vil man kunne redusere sannsynligheten for sykdom i anlegget.</p>	
<p>Integrert havbruk</p>	<p>I et konsept der de enkelte delene ligger som enkeltstående anlegg med avstand fra hver andre og der fortøyningsystemene er uavhengig av hverandre, skal risikoen for rømming ikke være høyere enn i dagens gravitasjonsutspilte merdsystem. Dette forutsatt at avstanden mellom anlegget med laks og de andre anleggene er så stor at lakseanlegget ikke skades ved eventuelle skader på de andre anleggene (fra for eksempel deler som brekker løs).</p> <p>Dersom man ønsker å benytte integrerte konsepter der anleggene ligger samlet som en enhet, er det nødvendig å gjennomføre et betydelig utviklingsarbeid på flere områder for å tilpasse løsningene til norske forhold. En av de viktigste premissene i utviklingsarbeidet vil måtte være hensynet til at det ikke skal rømme fisk.</p>	<p>En av årsakene til at offentlige myndigheter har vært tilbakeholdne med å gi tillatelse til utprøving av integrert havbruk er usikkerheten knyttet til smittespredning mellom artene i et slikt anlegg. Blant annet har det vært frykt for at blåskjell kunne være vert for agens som gir sykdom hos laks, og at man ved å plassere anlegg for laks og blåskjell nær hverandre kunne få redusert effekten av avstandskravet som er satt for å redusere risikoen for smitte mellom anlegg med oppdrett av laksefisk.</p>	<p>Uorganiske næringsstoffer fra oppdrettsanlegg kan tas opp av primærprodusenter som for eksempel tang og tare. I tillegg til næringsstoffer, vil tare også ta opp CO₂ fra omgivelsene og produsere oksygen. Begge mekanismene, både reduksjon av overflødige næringsstoffer og CO₂, samt produksjon av oksygen, vil kunne bedre vannkvaliteten i lokaliteten. Organiske partikler som stammer fra oppdrettsanleggene kan fjernes fra vannet av filtrerende organismer som muslinger. I tillegg kan arter som spiser detrituspartikler (f.eks. sjøpølser eller andre pigghuder) nyttiggjøre seg det som sedimenteres på bunnen.</p>

Vedlegg: Oversikt over ulike konstruksjoner for oppdrett av matfisk

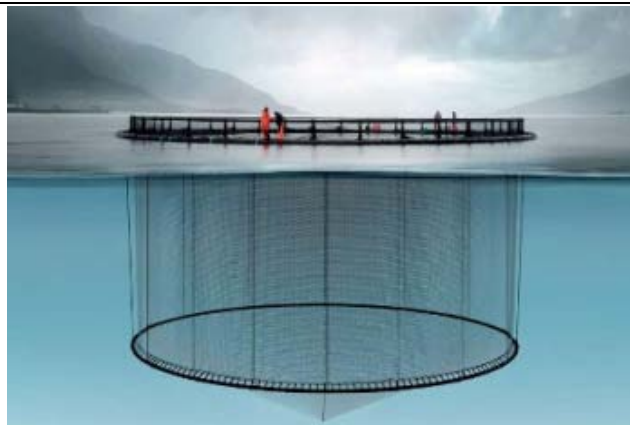
Gravitasjonsutspilte åpne anlegg i sjø

Vanlig fra midten av 1980- tallet

- Dobbel eller trippel flyterør i polyetylen plast.
- Integrerte notfester
- Rekkverk
- Bindelenker/klammer i galvanisert stål
- Gangbaner
- Bunnring svært vanlig
- Fuglenett.
- Hamsterhjul eller tårn.

Leverandører:

- Aqualine AS
- AkvaGroup ASA
- Ocea AS
- Preplast Industrier AS



Figur 1. Gravitasjonsutspilt plastmerd fra AkvaGroup ASA



- Alle stålkomponenter er som regel i varmegalvanisert stål
- Flyteelementer (potonger) i polyetylen (fylt med polystyren) innfestet med stålbånd eller bolter
- Gangbører i varierende bredder
- Rekkverk
- Kan leveres i størrelser opp til 40X40 meter
- Tåler sterk strøm, men egner seg best på skjermede lokaliteter



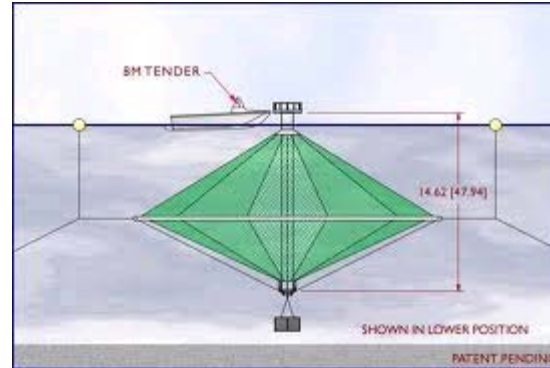
Figur 2. katamaranmerd fra Ocea



Figur 3. hengslet stålanlegg fra Ocea

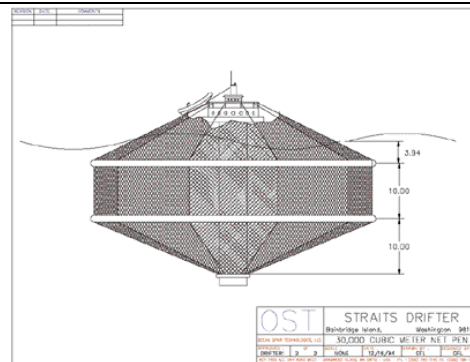
	<ul style="list-style-type: none"> • Rammen består av potongelementer • Har ikke rekkverk • Loddet ned • Forankret på flere punkter • Produsent: Kina 	
<p>Fast utspilte åpne anlegg i sjø</p>	<p>Aquapod:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Konstruksjonen består av trekantrammer laget i plast satt sammen til en globelkonstruksjon. • Kan opereres både helt og delvis nedsenket • Materialet som brukes i konstruksjonen har en tilnærmet lik nøytral oppdrift. • Konstruksjonen har et konstant volum. De kan leveres med volum fra 115 kubikk meter (8 meter i diameter) til 11 000 kubikk meter (28 meter i diameter). • Nettet er laget av galvanisert ståltråd som er belagt med vinyl (tensioned vinyl). • Føring kan skje igjennom en eller flere av trekantrammene. 	 <p>Figur 4. Produsent: Open Ocean Technologies</p>

- Består av en stang som går i midten av merden
- Utspilt ved hjelp av stramme stålvaiere.



Figur 5. Ocean Spar Sea Station cage, produsert av Ocean Spar

- Ocean Drifter:
- Består av stang som går ned gjennom midten av merden. Denne stangen holder merden utspilt sammen med to ringer av stål i midten og vaiere.
 - Kan senkes og heves



Figur 6. Ocean Drifter produsert av Net systems Inc

Delvis fast utspilte åpne anlegg i sjø

Aqua Spar:

- Frittflytende
- Består av stålstenger og notmaterialer samt tauverk
- Kan slepes med båt
- I bruk i Canada



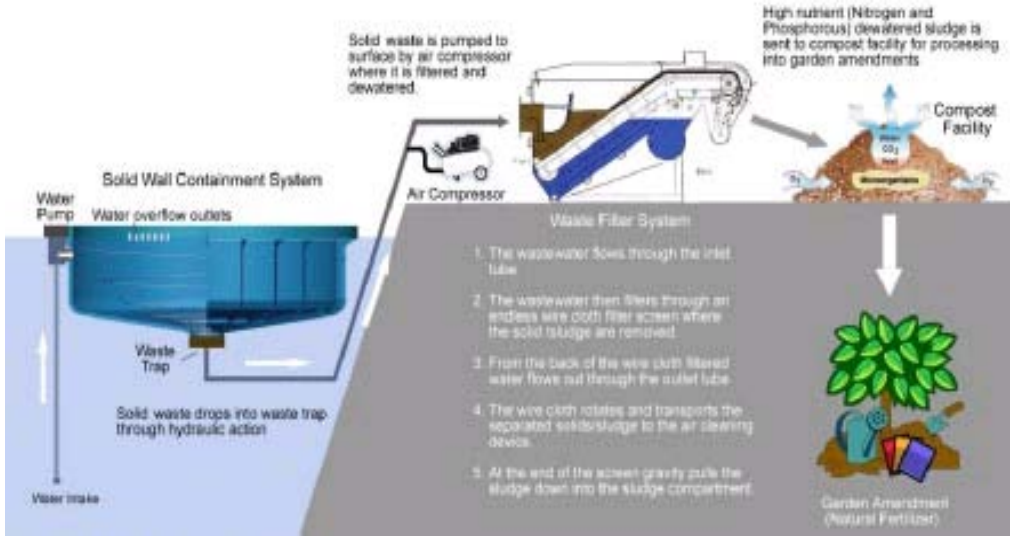
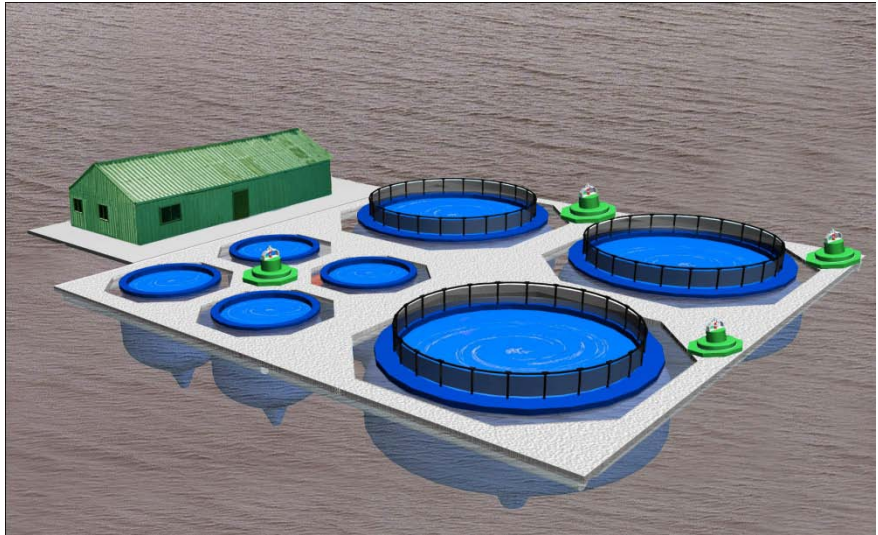
Figur 7. Aqua Spar produsert av Ocean Spar technologies

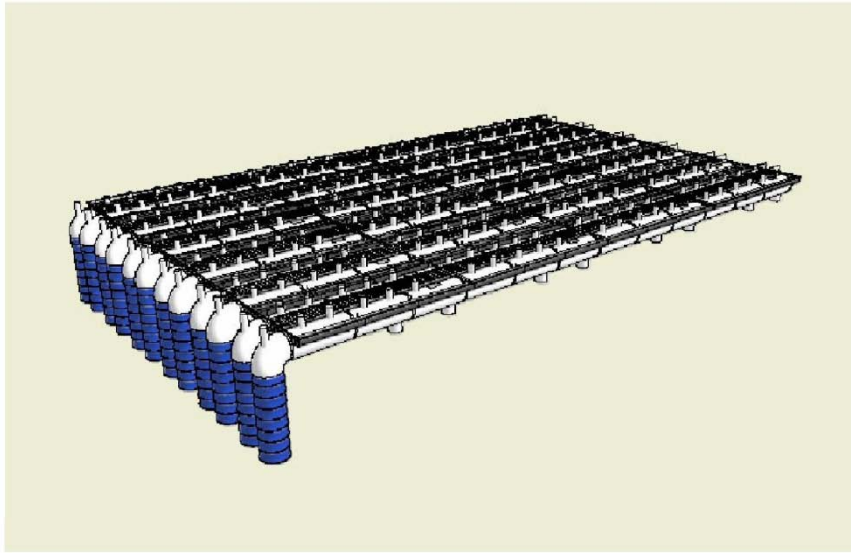
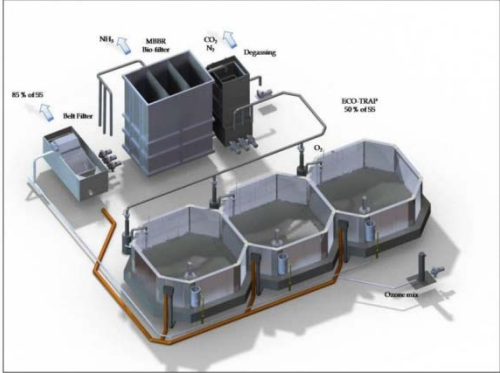
Sadko Shelf Cage:

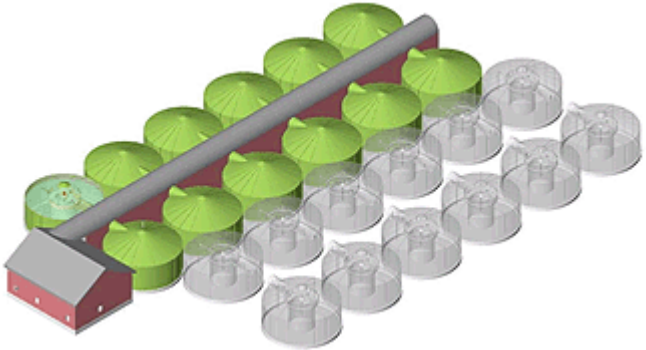

- Halve buret er fast utspilt og halve buret avhenger av loddssystem for å holde seg utspilt.
- Svært arbeidskrevende da det kreves mye dykking for vedlikehold og tilsyn med anlegget



Figur 8. Sadco Shelf bur produsert av Sadko Shelf

<p>Lukkede anlegg i sjø</p>	<p>Agri Marine:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Flytende lukket anlegg i sjø bygget i palsmaterialer. • Tilgjengelig i størrelser med volum 3,000m³. Større utgaver er under konstruksjon • Materialer med nøytral oppdrift • Inntaksvann kan tas fra ønsket dybde • Slamseparator fjerner slam fra avløpsvann • Automatisk oksygenmålesystem • Ikke i kommersiell bruk per idag, men er under uttesting i Canada 	 <p>Figur 9. AgriMarine's solid-wall containment systems</p>
<p>Delvis lukkede anlegg i sjø</p>	<p>Sea System 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Består av store poser i sjø laget av plasmaterialer • Slamseparatoringssystem som separerer slam fra avløpsvann • Oksygenering i enhetene • Ikke i bruk per idag 	 <p>Figur 10. The Sea system 2. Produsert av: Future Sea Technology</p>

	<p>Preline:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Består av rørsystem i plastmateriale. Fisken går i disse ”rørformede” tankene. • Vann <i>kan</i> behandles før det slippes ut • Vannet pumpes fra en justerbar dybde (25-30m) med et rør. • Vannstrøm/forsyning er justerbar for optimal oksygenforsyning og vannføring. • Fôrrester og slam (fecus) fanges opp av slammfilteret. Slammfilter sikrer IKKE mot patogene bakterier og virus 	 <p>Figur 11. Produsert av Preline AS</p>
<p>Lukkede anlegg på land</p>	<p>Resirkuleringsanlegg fra Aquaoptima. Består av fisketanker og vannbehandlingssystem med komponenter som:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oksygenering • Biofilter for å fjerne TAN • Ozonering (desinfeksjon) • Partikkelfeller • Luftere for å fjerne karbondioksid 	 <p>Figur 12. Resirkuleringsanlegg fra AquaOptima</p>

<p>Resirkuleringsanlegg fra EcoFarm. Består av fisketanker og vannbehandlingssystem med komponenter som:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oksygenering • Biofilter for å fjerne TAN • Ozonering (desinfeksjon) • Partikkelfeller • Luftere for å fjerne karbondioksid 	 <p>Figur 13. Resirkuleringsanlegg for landbasert akvakultur fra EcoFarm AS</p>
<p>Resirkuleringsanlegg fra Niri AS. De skal nå etablere et anlegg i Irland og satser på å produsere laks på land.</p>	 <p>Figur 14. resirkuleringsanlegg for produksjon av matfisk (laks) fra Niri AS</p>

ⁱ Sloshing: **sloshing** er et hydrodynamisk uttrykk som betegner bevegelse av væske inni et objekt.