





# Bästa tillgängliga teknik (BAT) för fiskodling i Norden

Kortversion

## **Bästa tillgängliga teknik (BAT) för fiskodling i Norden**

TemaNord 2008:545

© Nordiska ministerrådet, Köpenhamn 2008

ISBN 978-92-893-1698-9

Tryck: Eksamens Tryk & Kopicenter

Upplaga: 0

Tryckt på miljövänligt papper som uppfyller kraven i den nordiska miljösvanemärkningen.

Publikationen kan beställas på [www.norden.org/order](http://www.norden.org/order). Fler publikationer på [www.norden.org/publikationer](http://www.norden.org/publikationer)

Printed in Denmark

### **Nordiska ministerrådet**

Store Strandstræde 18  
DK-1255 Köpenhamn K  
Telefon (+45) 3396 0200  
Fax (+45) 3396 0202

### **Nordiska rådet**

Store Strandstræde 18  
DK-1255 Köpenhamn K  
Telefon (+45) 3396 0400  
Fax (+45) 3311 1870

**[www.norden.org](http://www.norden.org)**

### **Det nordiska samarbetet**

Det nordiska samarbetet är ett av världens mest omfattande regionala samarbeten. Det omfattar Danmark, Finland, Island, Norge och Sverige samt de självstyrande områdena Färöarna, Grönland och Åland.

Det nordiska samarbetet är politiskt, ekonomiskt och kulturellt förankrat och är en viktig partner i europeiskt och internationellt samarbete. Den nordiska gemenskapen arbetar för ett starkt Norden i ett starkt Europa.

Det nordiska samarbetet vill styrka nordiska och regionala intressen och värderingar i en global omvärld. Gemensamma värderingar länderna emellan bidrar till att stärka Nordens ställning som en av världens mest innovativa och konkurrenskraftiga regioner.

## Innehåll

Inledning.....	5
Miljöpåverkan från landbaserade anläggningar .....	6
Tekniker som kan betraktas som BAT i landbaserade anläggningar .....	8
BAT-nivåer.....	13
Miljöpåverkan från havsbaserade anläggningar .....	15
Tekniker som kan betraktas som BAT i havsbaserade fiskodlingar .....	16
BAT-nivåer.....	23
Utveckling i framtiden.....	24
Litteratur.....	25

## Inledning

Fiskodlingsindustrin i Norden producerar i första hand fisk för konsumtion, men även för utsättning i insjöar och farvatten med hotade eller krympande bestånd. Totalt odlas cirka 12 olika salt- och sötvattensarter. Produktionen av dessa arter utgör en betydande del av den årliga produktionen från odlingarna i Europa. Miljöeffekterna beror i första hand på fiskodlingarnas stora förbrukning av energi för uppvärmning, deras höga vattenförbrukning och de stora utsläppen av organiska material samt näringsämnen fosfor och kväve.

Syftet med detta häfte är att rekommendera bästa tillgängliga teknik (BAT) för att minska förbrukningen av vatten och energi, miljöbelastningen från foderspill och fekalier och användningen av läkemedel och kemikalier i havs- och landbaserade anläggningar för fiskodling.

Här definieras BAT som tekniker som utprovats i moderna fiskodlingar och som sänker utsläpp och förbrukning av resurser samtidigt som de skyddar fiskens hälsa och välbefinnande. Teknikerna ska också vara möjliga att tillämpa med hänsyn till driftsmässiga och ekonomiska förhållanden.

Grundmaterialet har samlats in från ett antal utvalda landbaserade och havsbaserade fiskodlingsanläggningar. Information inhämtades också från miljömyndigheter och företag som levererar utrustning för den aktuella tekniken.

De olika tekniker som beskrivs ingår i provanläggningar eller används allmänt bland fiskodlare. Investeringskostnaderna varierar mycket mellan de olika nordiska länderna och angivna belopp får därför bara betraktas som vägledande.

Häftet är en kortversion av rapporten Beste tilgjengelige teknikker (BAT) for fiskeoppdrett i Norden, København, Nordiska ministerrådet, TemaNord 2005:528.

## Miljöpåverkan från landbaserade anläggningar

De landbaserade fiskodlingsanläggningarna i Norden varierar i storlek från jorddammar, där det produceras yngel för utsättning för att stärka vilda bestånd, till stora landbaserade anläggningar för produktion av matfisk. Arter som odlas är atlantlax, regnbågslax, fjällröding, havsöring, inlandsöring, sik, ål, gös, torsk, hälleflundra, piggvar, stenbit och havsborre.

Sättfiskodlingarna med utsläpp till sötvatten producerade 79 miljoner yngel/sättfiskar, medan matfiskanläggningarna med utsläpp till sötvatten producerade 38 500 ton fördelat på sju arter (år 2000/2001).

Bland anläggningarna i saltvatten producerade sättfiskodlingarna 183 miljoner yngel/sättfiskar, medan de landbaserade matfiskanläggningarna producerade 3 094 ton fördelat på fem fiskarter (år 2000/2001).

Anläggningar med utsläpp till sötvatten är landbaserade kläckeri- och sättfiskanläggningar, nätkassebaserad uppfödning i sötvatten, dammbaserad uppfödning och landbaserade tillväxtanläggningar. Dammbaserad odling svarar för den största produktionen. Landbaserade anläggningar med utsläpp till saltvatten omfattar i huvudsak kläckerier och sättfiskanläggningar för lax och regnbågslax.

En landbaserad anläggning med kläckeri- och tillväxtanläggning omfattar följande produktionsfaser: hållande av stamfisk, kramning av rom från stamfisk/naturlig romläggning i tråg, inkubering av ägg, startutfodring, yngelutfodring och tillväxt. Processerna är följande: utfodring, sortering, transport av fisk, vaccinering, medicinering, behandling mot parasiter, rengöring av kar och ledningar, landning och slakt.

Miljökonsekvenserna beskrivs i huvudsak för de processer som äger rum i en landbaserad sättfiskanläggning för lax och regnbågslax, eftersom de anläggningarna utgör merparten av de landbaserade anläggningarna i Norden.

### *Energiförbrukning*

De landbaserade fiskodlingarna förbrukar energi till uppvärmning och pumpning av vatten, belysning, syreproduktion och syresättning samt UV-behandling av intagsvattnet.

Många anläggningar har värmepumpar där förhållandet mellan den energi som avges till intagsvattnet och den som tillförs kompressorer och pumpar (systemets effektfaktor) ligger mellan 10 och 20. Den totala energiförbrukningen i landbaserade fiskodlingar varierar kraftigt inom

och mellan de nordiska länderna. Generellt varierar nivån mellan 0 och 60 kWh/kg producerad fisk beroende på fiskart, stadium i livscykeln, om vattnet värms upp och i vilken grad det recirkuleras.

#### *Vattenförbrukning*

Vattnet tillför fisken syre och transporterar bort avfallsprodukter. Färskvattnet hämtas i första hand från anslutna vattendrag med tillräckligt avrinningsområde.

Anläggningarnas vattenförbrukning varierar dessutom mycket inom och mellan de nordiska länderna. Värdena varierar från 6 till 160 m<sup>3</sup> vatten/kg producerad fisk. Den relativa vattenförbrukningen i land med liten förekomst av sötvatten och/eller höga avgifter på sötvattnet är lägre än i länder med rikligare förekomst av sötvatten.

#### *Användning av läkemedel och kemikalier*

Användningen av läkemedel och kemikalier i landbaserade odlingar omfattar antibiotika, bedövningsmedel, fungicider, antelmintika och andra parasitmedel som formalin.

Användningen av antibiotika varierar från 21 till 760 kg/år mellan de nordiska länderna. En bidragande orsak till detta kan vara behandlingen mot bakteriesjukdomar som det inte finns något vaccin mot, såsom *Flavobacterium psychrophilum* och *Ichthyophthirius multifiliis*, i öringodlingar.

#### **Utsläpp av foder och fekalier**

Avloppsvattnet från landbaserade kläckerier och matfiskanläggningar innehåller foderspill, fekalier, rengöringsmedel och desinfektionsmedel. Foderspill och fekalier sedimenterar i recipienten. Huvuddelen av fosfor tillförs miljön i form av foderspill och fekalier, medan kvävet tillförs miljön i upplöst form, där bara en mindre del är bunden till partiklar. Av totalmängden kväve och fosfor som tillförs via fodret kommer ca. 52 % av kvävet och 63 % av fosfor att hamna i miljön om man utgår från en foderfaktor på 1,04.

Utsläppen av näringsalter varierar mellan 15–70 kg kväve och 1–10 kg fosfor/ton producerade fisk. Variationen beror på graden av recirkulation av vattnet och anordningar för filtrering/opsamling av foderspill och fekalier i egna reningsenheter i anläggningen.

## Tekniker som kan betraktas som BAT i landbaserade anläggningar

Upplysningarna i detta kapitel har hämtats från följande typer av landbaserade fiskodlingar:

- Matfiskanläggningar för regnbågslax med hög grad av recirkulation av vattnet.
- Sättfiskodlingar för lax och regnbågslax med medelhög grad av recirkulation av vattnet.
- Matfiskanläggningar för piggvar med hög grad av recirkulation av vattnet.
- Sättfiskodlingar för lax och regnbågslax med medelhög grad av recirkulation av vattnet (sic!).
- Matfiskanläggningar för regnbågslax med sedimenteringsanläggning.
- Matfiskanläggningar för regnbågslax med anläggning för partiell recirkulation.
- Sättfiskodlingar för lax och regnbågslax med låg grad av recirkulation av vattnet.

### *Sänkning av vatten- och energiförbrukning*

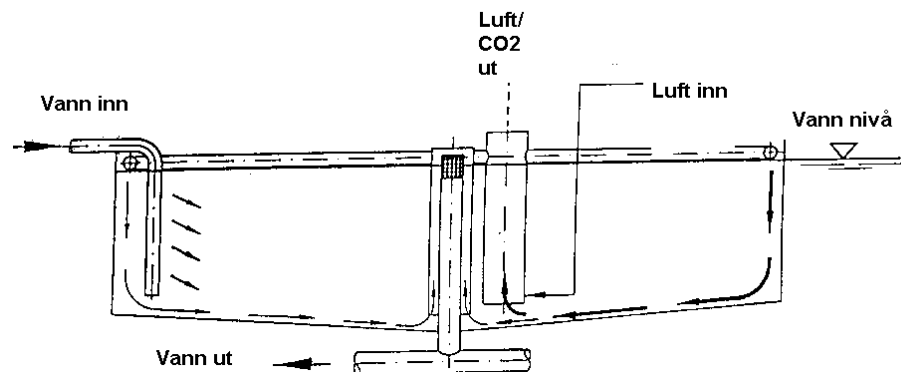
Hur mycket man kan minska vattenförbrukningen beror på fiskens art och livsstadium. Småfisk har högre specifik syreförbrukning och är mindre toleranta för avfallsprodukter från ämnesomsättningen. En reduktion av vattenförbrukningen kommer att minska mängden avloppsvatten, något som förenklar rening av avloppsvattnet. Strömförbrukningen kommer att öka i samband med den interna pumpningen och graden av syresättning.

Vattenförbrukningen i landbaserade sättfiskanläggningar och matfiskanläggningar kan minskas genom följande tekniker:

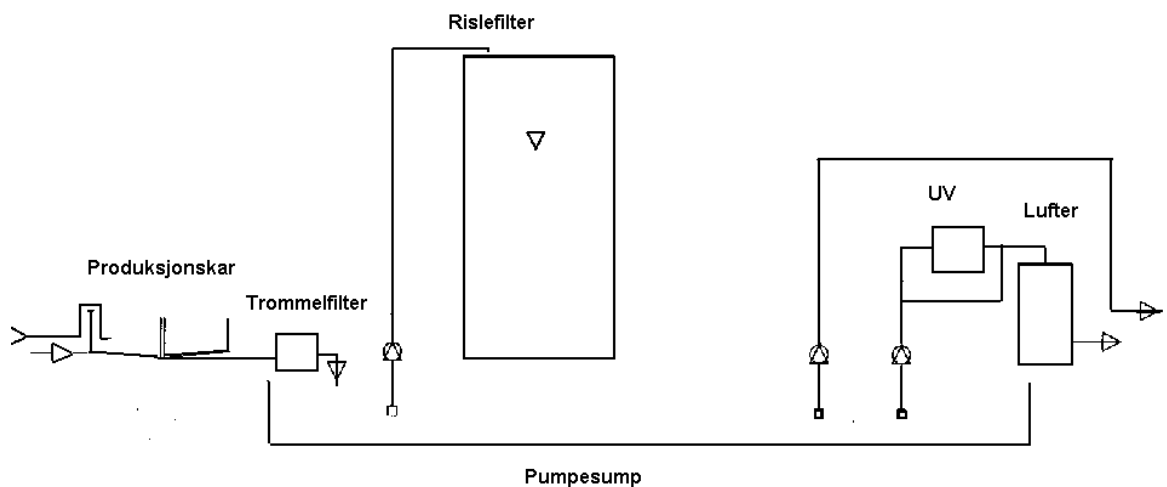
- I sättfiskanläggningar för laxfisk kan en syresättningsanläggning och karbaserad luftare för CO<sub>2</sub> göra det möjligt att sänka förbrukningen av färskvatten från 100 till 53 m<sup>3</sup>/kg producerad smolt (teknik nr. 1, Tabell 1, Figur 1).
- Installation av recirkulationsteknik med partikelfilter, biofilter och syrsättning gör det möjligt att minska sötvattenförbrukningen ytterligare ned till 6,3 m<sup>3</sup>/kg producerad smolt (teknik nr. 2, Tabell 1).
- Den lägsta vatten- och strömförbrukningen vid produktion av laxfisk från 10 till 500 g uppnås genom installation av en återcirkulationsteknik där man använder mikrofiltrering, biofilter och luft för transport och luftning av vattnet. Sötvattenförbrukningen kan då sänkas från 100 till 0,06 m<sup>3</sup>/kg producerad fisk, medan strömförbrukningen kommer att ligga på 1,5 kWh/kg producerad fisk (teknik nr. 5, Tabell 1)



- I landbaserade tillväxtanläggningar för varmvattenarter av havsfisk kan man sänka vattenförbrukningen från 100 till 0,8 m<sup>3</sup>/kg producerad fisk genom att recirkulera vattnet genom partikelfilter, biofilter, denitrifikationsfilter, fosforjonfilter och fosforfällor och genom tillsättning av syre innan vattnet rinner in i fiskbassängerna (teknik nr. 6, Tabell 1, Figur 2). Strömförbrukningen kommer då att ligga på ca. 11 kWh/kg producerad fisk.



Figur 1. Skiss över teknik där vattenförbrukningen sänks genom syresättning och utluftning av koldioxid.



Figur 2. Skiss över teknisk lösning för hög grad av recirkulation av vatten i tillväxtanläggning för varmvattenarter av havsfisk.

### Pumpning av vatten

I fiskodlingar där man ska pumpa relativt stora mängder vatten över små lyfthöjder rekommenderas följande:

- Använd centrifugalpumpar och propellerpumpar.
- Driv pumparna i mitten av pumparnas effektintervall.

### *Reduktion av utsläpp av organiskt material*

#### Åtgärd för att minska förbrukningen av foder

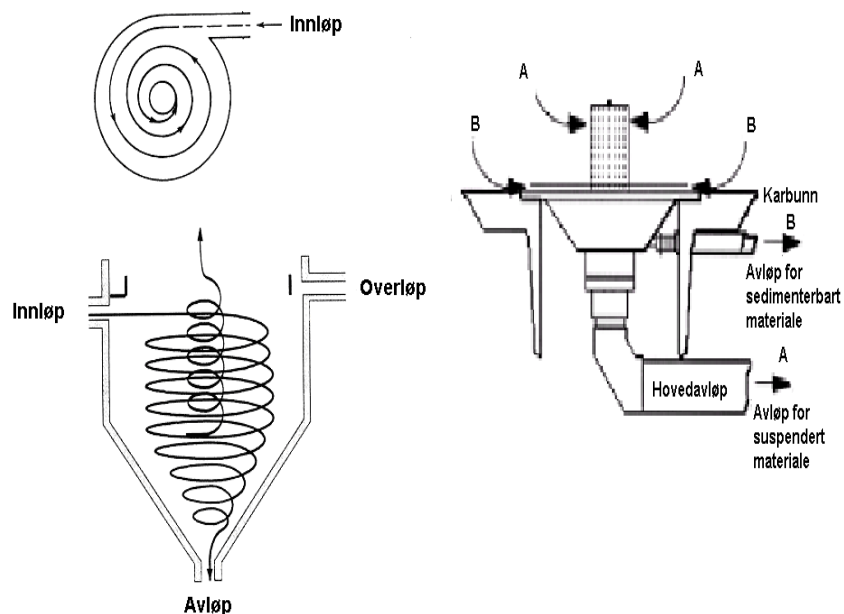
En minskning av foderförbrukningen kommer direkt att påverka utsläppen av näringssalter. Foderförbrukningen i landbaserade anläggningar kan minskas genom följande åtgärder:

- Använd utfodringsanläggningar som bygger på de senaste tillväxtmodellerna för lax eller andra fiskarter.
- Anslut temperatursensorer till utfodringsanläggningen för att mäta vattentemperaturen löpande och för att kunna reglera utfodringen automatiskt efter en i förväg angiven modell. På så vis kommer systemet självt att justera fodertillgången enligt förhållandena i bassängen.
- Montera en tratt i bassängens avlopp för att mäta oförbrukat foder, där foderspill registreras genom att en infraröd stråle bryts när foderpellets sjunker genom tratten.
- Använd en foderlogg knuten till utfodringsanläggningen som tillåter kontinuerlig inläring genom analys av historisk information och som ger information om när fisken äter, hur mycket fisken äter och hur snabbt fisken äter.

#### Uppsamling av foder och fekalier

Följande tekniker kan användas för att minska utsläppen av foder och fekalier:

- Använd virvelseparatorer och partikelfällor i avloppet från varje bassäng för uppsamling av de uppfångade partiklarna (Figur 3, teknik nr. 2, Tabell 1)
- Installation av sedimenteringsbassäng för avlopp (teknik nr. 4, Tabell 1)
- Användning av trumfilter i anslutning till avloppet (sättfiskanläggning för lax) kommer att minska utsläppen av suspenderade ämnen från foderspill och fekalier med upp till 67 % vid rutindrift och 94 % vid tömning eller ”flushing” av bassänger.



Figur 3. Hydrocyklon (t.v.) och partikelfälla (t.h.) fungerar genom att centrifugalkrafter för partiklarna till mitten av separatoren där det koncentrerade vattnet leds till avloppet, medan klarfasen leds bort via ett överlopp.

I en nordisk kläckeri- och tillväxtanläggning för 0,5 kg regnbågslox har man uppnått mycket små utsläpp av partiklar och näringsalter genom att

- använda en recirkulationsteknik med finfiltrering av partiklar, biofilter, nedsänkta luftbrunnar och tryckluft för luftning och transport av vatten (teknik nr. 5, Tabell 1).

#### Minskade utsläpp av lösta eller svagt bundna näringsalter

Lösta eller svagt bundna molekyler av kväve och fosfor i avloppsvattnet kan inte avlägsnas genom mekanisk filtrering eller sedimentering. Vid hög återanvändningsprocent för vattnet kan kväve samlas i recirkulationsanläggningen. Användning av denitrifikationsfilter kommer att omvandla kvävet till kvävgas som fritt kan avledas till atmosfären. Utsläpp av näringsalter kan minskas ytterligare genom att

- montera ett denitrifikationsfilter i recirkulationsanläggningen för att rena vattnet från lösta eller svagt bundna molekyler av kväve (teknik nr. 3, Tabell 1).
- montera en fosforfälla i recirkulationsanläggningen för att rena vattnet från lösta eller svagt bundna molekyler av fosfor; uppgift om uppnåbara nivåer är ej tillgängliga (teknik nr. 6, Tabell 1),
- avlägsna flockade partiklar från fosforfällan med ett bandfilter (teknik nr. 6, Tabell 1).

### Slambehandling

Uppsamling av slam medför hög retention av partikelbundet och löst bundet kväve och fosfor. Slambehandling kan användas på anläggningar där mängden avloppsvatten är liten i förhållande till koncentrationen av avfallsämnen. Men

- uppsamlat slam måste behandlas genom processer som förtjockning (avvattning) och stabilisering innan det kan användas som jordförbättringsmedel.

### *Metoder för att säkra fiskens hälsotillstånd*

I detta kapitel kommer bara de viktigaste metoderna att nämnas, nämligen behandling av intagsvatten, hygienplaner/åtgärder, vaccinering och reglering av fisktätheten.

Kvaliteten på intagsvattnet i nordiska landbaserade anläggningar varierar kraftigt och några fastställda numeriska värden kommer av den anledningen inte att anges.

Följande tekniker och metoder rekommenderas för att säkra hälsotillståndet hos fisk i landbaserade anläggningar:

- Stråldoser av UV som ger 99,9 % inaktivering av fiskepatogena bakterier i intagsvattnet.
- Tillräckliga restkoncentrationer av ozon som ger 99,9 % inaktivering av virus i intagsvatten (färskvatten).
- Avlägsnande av partiklar i intagsvattnet genom mekanisk filtrering för att öka effekten av UV- och ozondesinfektion av intagsvattnet och för att minska gällirritationer hos fiskyngel.
- Utarbetande av hygienplaner för att minska risken för att smitta förs in i anläggningen och överförs mellan fiskbestånden inne i anläggningen. Detta omfattar planer för förflyttning av fisk och medarbetare, byggande av hygienslussar mellan avdelningar, desinfektionsrutiner, rutiner för intag av biologiskt material av okänt ursprung och för utskickande av fisk.
- Individuell vaccinering av all fisk som säljs med aktuella vacciner och tillhörande vaccinationsstrategier. Vaccinering av lax och regnbågslax mot de vanligaste förekommande formerna av bakteriesjukdomar har medfört en minskning av användningen av antibiotika med upp till 99 %. Utgifterna ökar med ca. 11 % av den totala produktionskostnaden per smolt.
- Fiskbeståndet bör hållas under rekommenderade maximala tätheter (kg/m<sup>3</sup>).
- Justering av biomassan till en nivå där fisken i högre grad får sitt syrebehov täckt genom vattengenomströmning än genom syresättning.

### *Teknik för att minska utsläppen av giftiga och potentiellt skadliga kemikalier*

För att minska utsläppen av giftiga och potentiellt skadliga kemikalier, framför allt rengöringsmedel, kan följande åtgärder vidtas:

- Håll alla ytor fria från fiskepatogena bakterier och virus.
- Använd tvättmedel som avlägsnar fetthaltiga lager för att maximera effekten av desinfektionsmedlen.
- Använd blanka ytor i kar, väggar och golv.
- Använd konstbelysning för att minska beväxning på väggar och botten i karen.
- Använd högtrycksspölning med ångfunktion för att uppnå en högre temperatur som gör det lättare att avlägsna fetthaltiga ämnen på karens väggar.

### *Behandling av död fisk*

En vanlig teknik för att konservera död fisk är syrekonservering i tank på anläggningen. Tekniken förutsätter infrastruktur och mottagningsapparat för syrekonserverad död fisk.

Tekniken minskar behovet av mindre miljövänligt omhändertagande och säkrar en hygienisk förvaring av död fisk.

### *Tekniker för att minska rymningsrisken och reducera rymningens skadliga effekter*

Rymning från landbaserade anläggningar förekommer i begränsad omfattning, men följande åtgärder kan vidtas för att minska risken för rymning från landbaserade anläggningar:

- Åtgärder i samband med överföring av sättfisk från kar på land till brunnbåt, till exempel säkring av transportslangar och håvar.
- Installation av robusta bottensilar och installation av hinder vid avloppet för att samla upp eventuell rymmande fisk.

## BAT-nivåer

Sammanfattning av nivåer vid användning av teknikerna och metoderna för landbaserade fiskodlingar som beskrivs i denna rapport visas i Tabell 1. Angivna nivåer kommer att variera i enlighet med lokala förhållanden och får endast betraktas som vägledande. Investeringskostnaderna varierar också mycket mellan de nordiska länderna och angivna belopp måste därför återigen betraktas som vägledande.

**Tabell 1. Nitrogen og fosfor utslipp og vann- og strømförbruk i landbaserte anlegg ved valgte referanseanlegg**

Nr	Teknik	Referensanläggning	Specifik belastning		Vattenförbrukning l/kg producerad fisk	Energiförbrukn. KWh/kg producerad fisk	Referensanläggning Nr
			Kväve Kg/ton producerad fisk	Fosfor Kg/ton producerad fisk			
1	Syresättning och utluftning av CO <sub>2</sub>	Sättfiskodling för laxfisk (0,5–100 g), sötvatten.	53,0	9,0	53 000	I.T.	7
2	Recirkulation med partikelfilter, biofilter och syresättning	Sättfiskodling för laxfisk (0,5–100 g), sötvatten.	40,0	4,0	6 368	20,0	2
3	Recirkulation med partikelfilter, biofilter, denitrifikationsfilter och syresättning	Mattfiskodling laxfisk (10–500 g), sötvatten.	18,0	8,5	123	5,4	1
4	Sedimenteringsanläggning vid avlopp	Mattfiskodling laxfisk (10–500 g), sötvatten.	15,0	1,0	120	I.T.	5
5	Recirkulation med finfiltrering av partiklar, biofilter, luftning och transport med tryckluft	Mattfiskodling laxfisk (10–500 g), sötvatten.	2,8	0,1	56	1,5	6
6	Recirkulation med partikelfilter, biofilter, denitrifikationsfilter, fosforfälla och syresättning	Mattfiskodling för plattfisk (piggrar, 10–500 g), havsvatten.	I.T.	I.T.	840	11,4	3

Vid tillämpning av dessa tekniker bör det påpekas att utsläppsnivåerna kommer att variera med fiskart, vattnets kvalitet, foderansoner etc. Angivna värden är därför enbart vägledande. I.T. = Uppgifter inte tillgängliga.

### Utsläpp av foder och fekalier

Genom att montera partikelfällor på avloppet med uppsamling av slam i sättfiskanläggningar för laxfisk kan man minska utsläppen till 40 kg kväve/ton och 4kg fosfor/ton producerad fisk. Med hjälp av teknik nr 3 kommer man att minska kväveutsläppen från 45 till 18 kg/ton producerad fisk (Tabell 1). En ytterligare minskning av fosforutsläppen kan uppnås genom att tillämpa teknik nr 6, (Tabell 1), men uppgifter om uppnåbara nivåer finns dessvärre inte tillgängliga. I teknik nr 5, (Tabell 1) uppnår man en sänkning av utsläppsnivån för kväve från 52 till 2,8 kg/ton producerad fisk och för fosfor från 9 till 0,1 kg/ton producerad fisk.

Som en jämförelse kan nämnas att de nuvarande genomsnittliga utsläppen från landbaserade fiskodlingar i Norden ligger på 55 kg kväve och 8 kg fosfor/ton producerad fisk.

I samband med de tekniker som nämns i tabell 1 bör det påpekas att utsläppsnivåerna kommer att variera med fiskart, vattnets kvalitet, foderansoner etc. Angivna värden kommer därför bara att vara vägledande.

### *Förbrukning av el och vatten*

I sättfiskanläggningar för laxfisk där man utnyttjar teknik 1 kan man sänka vattenförbrukningen från 100 till 53 m<sup>3</sup>/kg producerad smolt (Tabell 1). Används teknik 2 kan man sänka vattenförbrukningen ned till 6,3 m<sup>3</sup>/kg producerad smolt (teknik nr. 2, Tabell 1). Elförbrukningen kommer emellertid att öka i samband med intern pumpning och hög grad av syresättning. För produktion av laxfisk från 10 till 500 g kan man uppnå en vattenförbrukning på 0,06 m<sup>3</sup>/kg producerad fisk, och en elförbrukning på 1,5 kWh/kg producerad fisk (teknik nr. 5, Tabell 1). I landbaserade tillväxtanläggningar för marin fisk kan man uppnå en vattenförbrukning på 0,8 m<sup>3</sup>/kg producerad fisk (teknik nr 6, Tabell 1). Strömförbrukningen kommer då att ligga på ca. 11 kWh/kg producerad fisk.

## Miljöpåverkan från havsbaserade anläggningar

Av de 7–10 arter som produceras i Norden uppgick den totala produktionsvolymen till 529 000 ton fördelade på 1 162 anläggningar (år 2000). Huvuddelen av produktionen bestod av norsk lax och regnbågslox.

I havsbaserade anläggningar sätter man ut yngel och sättfisk som odlas upp till slakt. Genom denna fas genomförs processer som utfodring, plockning av död fisk, byte av kassar, rengöring av kassar, behandling mot parasiter, behandling mot sjukdomar och landning av fisk för slakt.

Miljöeffekterna från havsbaserade fiskodlingar kommer från utfodring, utsläpp av foder och fekalier, användning av mediciner, användning av giftiga och potentiellt giftiga kemikalier, död fisk samt rymning, avfall, lukt och buller.

### *Foderförbrukning*

Foderförbrukningen i det enskilda landet hänger direkt samman med den årliga produktionsvolymen. År 2001 var foderförbrukningen i Norge 659 311 ton, på Färöarna 81 000 ton och på Åland 6 300 ton.

### *Användning av läkemedel och kemikalier*

Definitionen av läkemedel omfattar enbart antibiotika. Antibiotika används enbart vid akut behandling av fisk som drabbats av bakteriesjukdomar. Användningen av antibiotika i Norden varierar mellan 0,005 och 102 g pr. ton producerad fisk och är lägst på Åland och högst i Danmark.

Kemikalier som används är bedövningsmedel, svampmedel, parasitmedel inkluderat laxlusmedel, koppar, desinfektionsmedel och rengöringskemikalier. Under 2001 förbrukades 201 ton koppar i Norge och 31 ton på Färöarna. Av olika laxlusmedel förbrukades 119 kg i Norge och 13,4 kg på Färöarna.

### *Utsläpp av foder och fekalier*

Organiska utsläpp omfattar foder, fekalier, kväve och fosfor. Utsläpp av partiklar som sedimenterar på botten är beroende av djup och strömförhållanden under odlingsanläggningen.

Storleken på fosforutsläppen är först och främst beroende av mängden foderspill och fekalier. Storleken på utsläppen av kväve är också beroende av mängden foderspill och fekalier, men även av halten av protein i fodret. Huvuddelen av kvävet tillförs miljön i upplöst form, medan huvuddelen av fosforet tillförs genom foderspill och fekalier.

Danmark har det lägsta genomsnittliga utsläppet med 45 kg kväve och 5 kg fosfor pr. ton producerad fisk. Sverige och Finland har det högsta värdet med 59 kg N och 7–8 kg fosfor pr. ton producerad fisk. Några finska anläggningar är nere på 36 kg kväve och 4,3 kg fosfor/ton producerad fisk.

### *Rymming*

Rymming av fisk från anläggningar är ett stort problem. Från norska odlingar rymde det under 2000 cirka 351 000 laxar och regnbågslaxar, medan det från färöiska anläggningar rymde cirka 1 000 000 laxar under 2002.

### *Avfall, lukt och buller*

Avfallsproblematiken är densamma som för landbaserade anläggningar.

Lukten från kassodlingar kommer från foder, död fisk, döda fastsittande organismer på nätkassar som hänger till tork och bristande hygien. Eventuellt buller från anläggningar till sjöss begränsar sig till motorljud från båtar som transporterar personal och brunnbåtar och båtar som levererar foder. Foderanläggningar kan skapa visst buller. Detta är inget konstant ljud, utan det uppkommer sporadiskt beroende på dag och årstid. Strömgeneratorer kan också skapa oljud, men nyare generatorer är väl ljudisolerade och medför inga väsentliga bullerproblem. Vissa anläggningar har tvättmaskiner för tvätt av nätkassar på anläggningen som kan ge upphov till buller, men inte över 40–50 dB(A).

## Tekniker som kan betraktas som BAT i havsbaserade fiskodlingar

Upplysningar och data i detta kapitel har samlats in från följande anläggningar:

1. Matfiskanläggning för lax och regnbågslax med sensorsystem för detektering av ändrade matvanor och fodermängder.

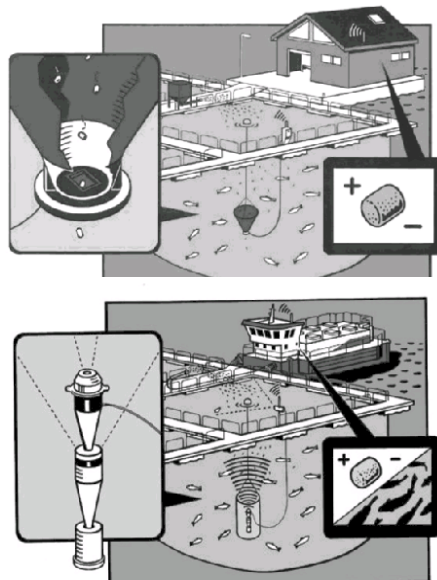


2. Matfiskanläggning för lax och regnbåglax med uppsamlingsystem för foderspill och död fisk.
3. Matfiskanläggning för lax och regnbåglax med användning av läppfisk för avlusning
4. Matfiskanläggning för lax och regnbåglax med automatiskt system för byte av nätkassar.

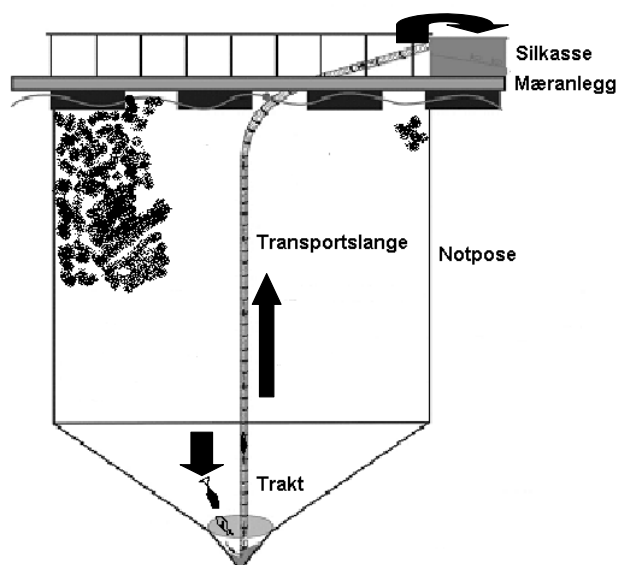
#### *Tekniker som minskar utsläppen av organiskt material*

I havsbaserade anläggningar kommer den största minskningen av miljöutsläpp att uppnås genom att man minskar foderspillet, eftersom foderspillet har en högre sjunkhastighet än fekalier och därför kommer att sedimentera mer koncentrerat under anläggningen. Följande tekniker kan bidra till att minska utsläppen av organiska material och belastningen på recipienten:

- Användning av utfodringsanläggning där man har programmerat in en tillväxtmodell som tar hänsyn till temperatur och dagarnas längd och som har sensorer som är monterade över eller under nätkassans botten och som registrerar oätet foder och fiskens aktivitet (Figur 4)
- Användning av system för uppsamling av foderspill och död fisk som annars kommer att belasta botten/miljön under anläggningen (Figur 5). Kontinuerlig uppsamling av död fisk för att säkra den övriga biomasans hälsotillstånd.



*Figur 4. Principskiss över havsbaserad odlingsanläggning med foderanläggning med infraröd- (över) och dopplersensor (under) för detektering av foderspill.*



#### Tekniker som säkrar god hälsostatus hos den ingående biomassan

Följande tekniker kan bidra till att säkra ett gott hälsotillstånd hos fisken i odlingsanläggningar:

- Anpassning av fisktätheten efter ström- och temperaturförhållanden på olika platser.
- Regelbunden övervakning av koncentrationer av miljöparametrar som ammoniak och syre på eftersommaren och hösten, framför allt på platser med liten vattenväxling.
- Användning av läppfisk (Figur 6) som betar av laxlusen i områden där det finns stora bestånd av läppfisk.
- Synkroniserade, regionala avlusningar, till exempel på våren, för att få bort så mycket som möjligt av den köns mogna lusen innan temperaturen och därmed lusens fortplantningsförmåga stiger.
- Användning av nedsänkt ljus i kassarna i stället för ytbelysning för att bidra till att laxen fördelar sig djupare ner i kassan under hela dygnet, något som minskar lusangreppen.

Figur 5. Principskiss över uppsamlingsystem för foder spill, fekalier och död fisk.

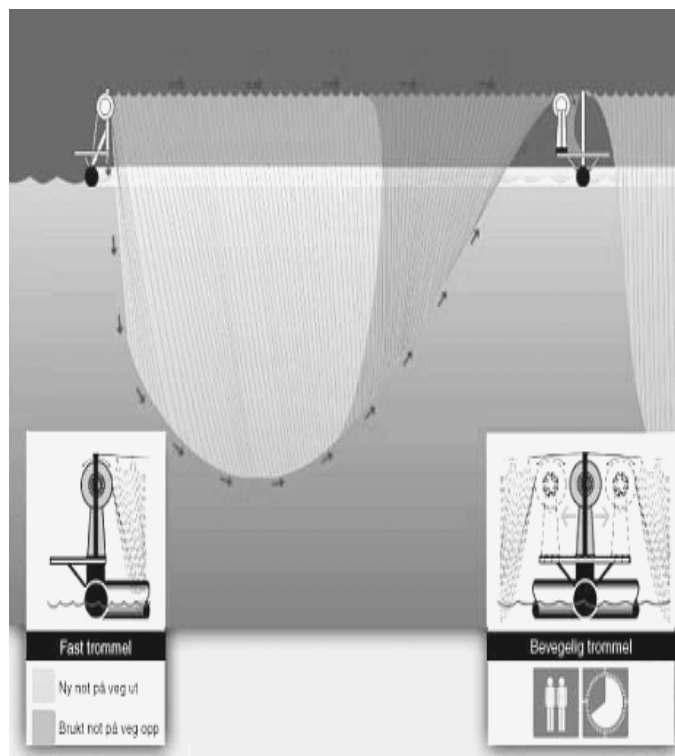


Figur 6. Berggylta.

## Tekniker som minskar utsläppen av kemikalier

Av de kemikalier som används i havsbaserade anläggningar är kopparimpregnering den mest använda. Följande tekniker kan reducera/eliminera användningen av kopparimpregnering:

- Torkning av nätkassar för att avlägsna beväxning genom att använda sig av en dubbel uppsättning nätkassar, där den ena kassen dras upp och torkas, medan den andra är i sjön.
- Användning av eldrivna trummor som är monterade på var sin sida av kassen (Figur 7) på större anläggningar för att förenkla byte av nätkassar och underlätta att större nätkassar byts oftare.
- Högtrycksspolning av de översta 2–3 metrarna av nätkassen medan den står i sjön, med hjälp av specialutrustning som ansluts till vattentillförsel med högt tryck (Figur 8).



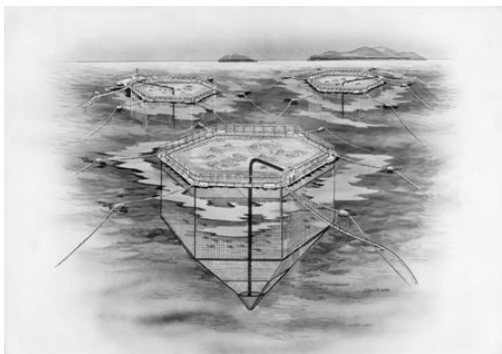
Figur 7. Principskiss över teknik för automatiskt byte av nätkasse i en havsbaserad matfiskodling.



Figur 8. Tvättmaskin för rengöring av nätkassarnas sidor.

### *Tekniker för att minska rymningsrisken och rymningens skadliga effekter*

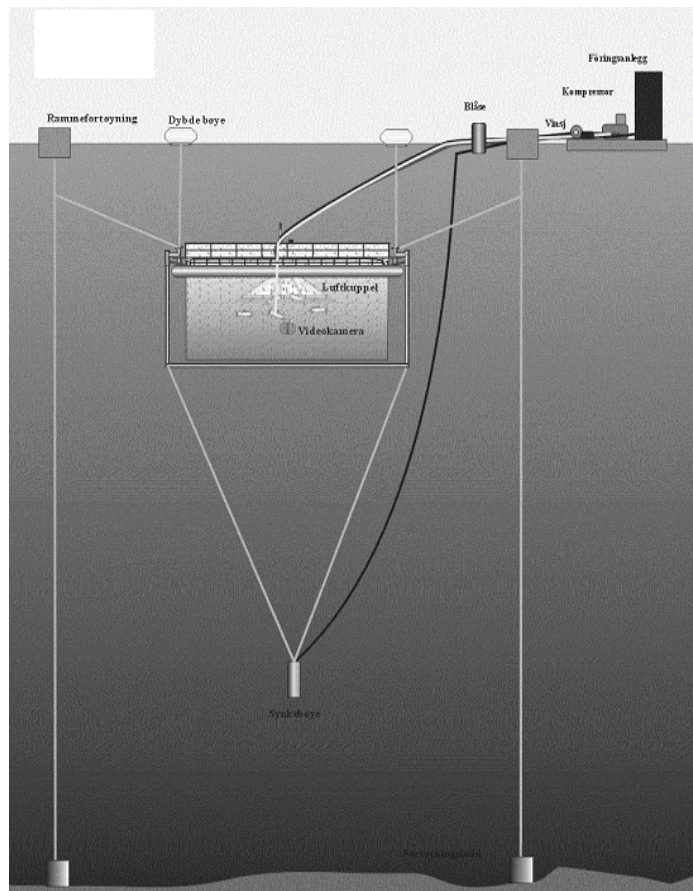
En viss anläggningsteknik väljs på grundval av lokalernas exponeringsgrad, till exempel vindstyrka och våghöjd. I Norge har man infört ett system för godkännande av flytande anläggningar och en nationell standard för flytande odlingsanläggningar (NS9415 – Flytende oppdrettsanlegg. Krav til utforming, dimensjonering, utførelse, installasjon og drift). Standarden antogs 1.4.2004. Syftet med standarden är att minska risken för rymning på grund av tekniska brister och felaktig användning av odlingsanläggningen. All utrustning som ska användas efter det att standarden införts ska vara typgodkänd, medan befintliga odlingsanläggningar kan bli godkända före 2006. Intyget garanterar en rimlig teknisk standard för anläggningen. Exempel på olika anläggningar som används på exponerade platser Figur 9 och Figur 10).



Figur 9. Havskassar av gummimaterial.

I NS 9415 anges också krav på konstruktion, montering, materialstyrka och kontroll/reparation av nätkassar som ska användas i flytande odlingsanläggningar. Dessutom anger standarden de krav som ställs på nätkassarnas användarmanualer. För att minska sannolikheten för att fisken rymmer bör följande åtgärder vidtas i havsbaserade odlingsanläggningar:

- Kontroll av nätkassen och detaljerade rutiner för hantering och kontroll av nätkassar före och efter utsättning, montering i anläggningen och driftsrutiner (till exempel vid angöring av båt).
- Säkring mot haveri genom kollision med nyttotrafik genom tillräcklig belysning på anläggningen, förutom blinkande lyktor, framför allt i samband med dålig sikt.
- Regelbundna inspektioner och underhåll av förtöjningar och nätkassar för att upptäcka hål i nätkassarna och försvagningar i anläggningens förtöjningar och förankringar.
- Regelbundet byte av nätkassar för god kontroll av kassarnas tillstånd.
- Regelbundet kontrollfiske med garn för att snabbt kunna upptäcka rymning.
- Utveckling av rutiner för angöring av båtar vid leverans av sättfisk, avlusning, byte av nätkassar, transport av foder och när fisken landas.



Figur 10. Principskiss över nedsänkbar odlingskasse för produktion av lax- eller torskfisk.

### *Tekniker som minskar buller*

Buller från kassodlingar kan komma från strömaggregat, kvarnar för död fisk och eventuella tvättmaskiner om anläggningen tvättar sina kassar själv. Följande åtgärder minskar bullret från havsbaserade odlingsanläggningar:

- Användning av tystgående och isolerade strömaggregat.
- Torkning av nätkassar i stället för användning av tvättmaskiner på anläggningen, framför allt om anläggningen ligger i närheten av bebyggelse.
- Placering av utfodringsstället under vattnet för att minska bullret vid utfodring med torrfoder, om systemet medger det.

### *Utseende*

Med hänsyn till andra användarintressen i områdena där odlingsanläggningen är placerad, bör följande åtgärder vidtas för att göra anläggningen mindre iögonfallande:

- Den upplåsbara förtöjningsramen bör inte vara av en färg som stör omgivningen.
- Förtöjningar bör vara utförda i ett system som är iögonenfallande (sic!).
- Anläggningens belysning bör vara släckt under natten med undantag för belysning som styr biologiska processer som könsmognad och varningsljus.
- Belysning för att styra biologiska processer bör vara nedsänkt under havsytan.

#### *Tekniker för utplacering av anläggning och övervakning av miljötillstånden*

Optimal placering av odlingsanläggningar är av avgörande betydelse för en lönsam drift. Vid val av odlingsläge bör följande beaktas;

- Det måste göras en fackmässig utvärdering av hur odlingslägets miljöförhållanden varierar under året jämfört med odlingstypens miljökrav.
- Det får inte finnas någon, eller enbart begränsad, odlingsverksamhet inom ett avstånd på 1–5 km.
- Man bör inte placera anläggningar i tröskelfjordar eller strömsvaga tröskelbassänger.
- En strömhastighet på 5 cm per sekund eller mer rekommenderas för att säkra en tillräcklig tillförsel av syre till fisken och spridning av avfallsämnen. Vid låg fisktäthet kan kravet på vattenväxling reduceras något.

#### *Metoder för att skydda bottenförhållanden på ett odlingsläge och för övervakning av sedimenttillståndet*

Generationsdrift och viloperioder för varje odlingsläge betyder att havsanläggningar bör disponera över 3–4 odlingslägen som brukas växelvis. I konceptet hålls generationerna avskilda på olika platser och en plats ligger alltid i träda.

Generationsdriften minskar sjukdomssmittan mellan generationer som sätts i havet och när odlingslägen regelbundet läggs i träda under driftscykeln möjliggörs en återuppbyggnad av bottenfaunan under anläggningen. Man undviker därmed utveckling av syrefattiga förhållanden som ofta resulterar i att det avges gaser som metan och vätesulfid, som är direkt giftiga för fisken.

När faunan av bottenlevande djur har kommit upp på en acceptabel nivå kan fisk sättas ut på det aktuella odlingsläget. För att skydda bottenförhållandena på en viss plats rekommenderas följande:

- Övervakning av sedimenttillståndet genom MOM (Matfiskanläggning – övervakning – modeller), ett system som kan användas till att reglera miljöpåverkan från marina odlingsanläggningar efter odlingslägets bärkraft (NS 9410).
- Värdering av sedimenttillstånden utifrån gränsvärden för halten av koppar och zink enligt givna beräkningsmodeller.
- Användning av generationsdrift och viloperioder för odlingslägen för att reducera smitta mellan generationer och för att undgå syrebrist under en anläggning.
- Beräkning av hur länge en anläggning ska ligga i träda utifrån botten-djursfaunan och totalhalten av organiskt kol (TOC) i sedimenten, eftersom det finns ett nära samband mellan TOC och botten-djursfaunan.

## BAT-nivåer

Nivåerna som anges i detta kapitel kommer att variera i enlighet med lokala förhållanden och får endast betraktas som vägledande. Investeringskostnaderna varierar också mycket mellan de nordiska länderna och angivna belopp måste därför återigen betraktas som vägledande.

### *Utsläpp av foder och fekalier*

Även om enskilda tillsynsmyndigheter i de nordiska länderna anger en begränsad mängd foder för varje tillstånd, sänks förbrukningen av foder i första hand genom användning av tekniker som detekterar foderspill och övervakar fiskens aktivitet och vertikala fördelning. Med sådana system kan man uppnå en foderfaktor under 1,00. Detta kan få ner utsläppen av kväve och fosfor till respektive 45 kg N/ton och 5 kg P/ton producerad fisk. En teknik som samlar upp foderspill i botten av nätkassen och transporterar upp det till ytan tillsammans med död fisk sänker utsläppen ned till motsvarande nivå som vid användning av utfodringsanläggning som detekterar foderspill. Dessutom kommer den sistnämnda tekniken att minska den organiska belastningen på odlingsläget, eftersom både foderspill och fekalier samlas upp.

### *Användning av läkemedel och kemikalier*

Användningen av läkemedel, i första hand antibiotika, är uppe i 102 g/ton producerad fisk i Danmark, jämfört med 0,005–1 g/ton producerad fisk i resten av Norden. Orsaken till den höga användningen av antibiotika i Danmark anges vara det stora antalet utbrott av furunkulos och ERM (rödmunsjuka). I Danmark vaccineras bara 20–25 % av all fisk som sätts ut i havet, medan andelen i övriga Norden är uppe i 100 %. Köp av sätt-fisk som är individuellt vaccinerad mot de fiskepatogena sjukdomar som

är vanliga i Norden kan minska användningen av antibiotika med över 99 %.

Användning av avlusningsmedel i odlingar av lax och regnbågslox kan uteslutas genom användning av läppfisk. Detta är en teknik som enbart tillämpas i Norge. Detta hänger samman med att många av de olika läppfiskarter som används för lusbekämpning enbart finns i Norge.

Torkning av nätkassar minskar behovet av att impregnera med kopparhaltiga medel, och kan därför utesluta användning av koppar. Den ena kassen hänger till tork, medan den andra används. För stora stålanläggningar finns det automatiska system som underlättar arbetet med nätbyte. Den automatiska tekniken kan emellertid inte användas på stora runda plastringar. För sådana kassar finns det högtrycksbaserade tvättmaskiner som tar bort bevaxningen på de översta 2–3 metrarna medan nätkassen står i sjön. Rengöringen kan utföras från kassens kant. För rengöring av nätkassen under tre meters djup krävs hjälp av yrkesdykare.

### *Rymning*

Tekniker som bidrar till att minska rymningen kan vara t.ex. en anpassning av anläggningens konstruktion efter odlingslägets exponeringsgrad och användning av nedsänkbara kassar vid särskilt exponerade platser. Andra tekniker som rutinkontroll av nätkassen, säkring mot trafik, underhåll av anläggningen, regelbundet byte av nätkasse, kontrollfiske med garn och rutiner för angöring av båt kan bidra till att minska rymningen med upp till 100 %.

## Utveckling i framtiden

Den nuvarande forskningen och utvecklingen av ny teknik för att minska miljöpåverkan från fiskodlingar omfattar bland annat:

- Utveckling av rimliga metoder för recirkulation av vatten, uppsamling av fekalier, slamhantering, efterbehandling av slam, reduktion av vattenförbrukning och användning av läkemedel och andra ämnen vid odling av regnbågslox (Danmark).
- Utveckling av en sluten odlingskasse med tillhörande rengöringsenhet som löpande ger en minskning av utsläppen av fosfor på 90 % (Finland).
- Försök med att använda ensilerad död fisk för framställning av färgämnen och gödsel (Finland).
- Utveckling av vattenbehandlingsanläggning vid produktion av marina fiskyngel (Norge).
- Optimalt val av odlingslägen (Norge och Finland).



- Lämplighetsanalyser för odling av lax och regnbågslox med avseende på tidvattenströmmar och vågor (Färöarna).

## Litteratur

Beste tilgjengelige teknikker (BAT) for fiskeoppdrett i Norden, Nordiska ministerrådet, TemaNord 2005:528