

Beskrivelse Anlegg

Samproduksjon fisk og planter

Tvedestrand Videregående Skole
Tvedestrand



INNHold

| | |
|---|----|
| Sammendrag | 2 |
| Skolen | 2 |
| Bakgrunn | 2 |
| Hydroponi..... | 3 |
| Akvakultur..... | 4 |
| Akvaponi..... | 5 |
| Anlegget | 6 |
| Vannkilde | 7 |
| Lokale utslipp | 7 |
| Smittefare | 7 |
| Rømming | 8 |
| Avløp fisk | 8 |
| Nytt vann inn i anlegget | 8 |
| Vannbehandling | 8 |
| Resirkulering | 9 |
| Produksjon fisk | 10 |
| Optimale miljøparametere..... | 10 |
| Produksjon..... | 10 |
| Angående fisketetthet i anlegget | 12 |
| Referanser | 13 |

LISTE OVER FIGURER:

| | |
|---|----|
| Figur 1: Massebalanse for nitrogen (N) og fosfor (P) i føring av fisk..... | 5 |
| Figur 2: Oversiktskart med plassering av anlegget..... | 6 |
| Figur 3: Plassering av anlegget..... | 6 |
| Figur 4: Målsatt tegning av anlegget..... | 7 |
| Figur 5: Flytskjema for vannbehandling i anlegget..... | 9 |
| Figur 6: Variasjon i biomassen i anlegget, eksempel regnbueørret..... | 10 |
| Figur 7: Produksjon av brunørret i løpet av et skoleår..... | 11 |

LISTE OVER TABELLER:

| | |
|--|---|
| Tabell 1: Konsentrasjon av essensielle næringsstoffer i høyere planter..... | 3 |
| Tabell 2: Oppdrettsvolum i anlegget..... | 7 |
| Tabell 3: Analyser av vann til anlegget..... | 8 |
| Tabell 4: Veiledende verdier for vannparametre..... | 9 |
| (merknader akvakulturdriftsforskriften) | |

SAMMENDRAG

Tvedestrand Videregående Skole søker om konsesjon for oppdrett av tre arter matfisk. Artene det søkes konsesjon for er ørret (*Salmo trutta*), regbueørret (*Oncorhynchus mykiss*) og laks (*Salmo salar*).

Produksjonen vil være en samproduksjon av planter og fisk. I anlegg med resirkulering av vannet og samproduksjon av planter og fisk, må det være balanse mellom biomasse fisk og biomasse planter. Produksjonsanlegget hos Tvedestrand vgs er en liten pilot. Produksjonen i anlegget vil være en del av undervisningen på skolen. Hver produksjonssyklus blir derfor skoleåret fra høst til påfølgende vår. Oppdrettsvolum for fisken er på 1000 liter (1 m³).

SKOLEN

Tvedestrand Videregående Skole er eid av Agder Fylkeskommune. Skolen har ni linjer.

- Bygg- og anleggsteknikk
- Helsefag studieforberedende
- Naturbruk
- Studiespesialisering
- Voksenagronomkurs
- Helse- og oppvekstfag
- Idrettsfag
- Påbygging til generell studiekompetanse
- Hverdagslivstrening

Tvedestrand Videregående Skole skal etablere et lite pilotanlegg for produksjon av fisk i kombinasjon med planter. Anlegget vil bli benyttet i et tverrfaglig undervisningsopplegg.

- Anlegget vil produsere fisk i kombinasjon med planter (akvaponi)
- Anlegget skal benyttes i undervisningen på skolen
- Anlegget ønsker muligheten for oppdrett av flere arter
- Anlegget har full resirkulering av vannet
- Anlegget skal ikke ha utslipp av produksjonsvann fra oppdrettet

BAKGRUNN

Nye Tvedestrand Videregående Skole åpnet og flyttet inn i nytt bygg høsten 2020. I nytt bygg er det satt av arealer til et såkalt Akvaponi anlegg. Tvedestrand vgs disponerer også anleggene til gamle Holt Landbruksskole, med bl.a. nytt fjøs (2016). I dag drives det med hovedvekt på husdyr, og fôrproduksjon til disse.

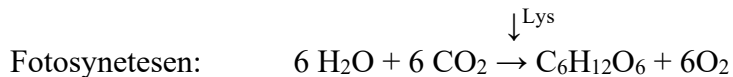
Med bakgrunn i faglig innhold i eksisterende undervisning, og betydningen regionen historisk har hatt innen landbruksopplæring, ser Tvedestrand vgs det som interessant å etablere et pilotanlegg for samproduksjon av planter og fisk.

Samproduksjon av planter og fisk kalles Akvaponi og er et sammenslått ord fra begrepene *hydroponi* og *akvakultur*. Ved å lukke begge systemene med full resirkulering av vannet, vil det eneste vanntapet i systemet være gjennom fordamping og uttak av biomasse (fisk og planter). Ved å kombinere produksjon av fisk og planter i et akvaponi anlegg vil det være mulig å redusere utslipp fra fiskeoppdrettet og planteproduksjonen til null.

Under blir det gitt en gjennomgang av produksjonsformene hydroponi og akvakultur anlegg og kombinasjonen av disse i et akvaponi anlegg.

Hydroponi

Dette er et begrep som blir brukt for å beskrive produksjon av planter uten bruk av jord (vannkultur). Produksjonsformen har blitt utnyttet i kommersiell produksjon de siste 50 årene. Produksjon av grønnsaker i resirkulert vannkultur i veksthus gir muligheter til å ha bedre kontroll med faktorer som kan ha en effekt på miljøet, sammenlignet med produksjon på friland.



I tillegg til C, H og O som plantene får fra vann og karbondioksid, trenger plantene makronæringsstoffer (N, P, K, S, Ca, Mg) og mikronæringsstoffer (Fe, Cu, Mn, B, Mo, Zn, Cl, Ni) (tabell 1). Disse næringsstoffene tilsettes vannet i mengder tilpasset plantene som blir dyrket. Plantene dyrkes i en næringsløsning med eller uten mekanisk støtte av et medium. Uten bruk av et dyrkingsmedie kan plantene dyrkes i såkalt NFT (nutrient film technology) eller på flytende plater i bassenger (deep water systems, DWS).

Tabell 1: Konsentrasjon av essensielle næringsstoffer i høyere planter (et gjennomsnitt) (Benton Jones, 2005)

| Næringsstoff | Symbol | Andel av tørrvekt | |
|----------------------------|--------|-------------------|---------|
| | | ppm | % |
| Makronæringsstoffer | | | |
| Karbon | C | 450 000 | 45 |
| Oksygen | O | 450 000 | 45 |
| Hydrogen | H | 60 000 | 6 |
| Nitrogen | N | 15 000 | 1,5 |
| Kalium | K | 10 000 | 1,0 |
| Kalsium | Ca | 5 000 | 0,5 |
| Magnesium | Mg | 2 000 | 0,2 |
| Fosfor | P | 2 000 | 0,2 |
| Svovel | S | 1 000 | 0,1 |
| Mikronæringsstoffer | | | |
| Klor | Cl | 100 | 0,01 |
| Jern | Fe | 100 | 0,01 |
| Mangan | Mn | 50 | 0,005 |
| Bor | B | 20 | 0,002 |
| Sink | Zn | 20 | 0,002 |
| Kobber | Cu | 6 | 0,0006 |
| Molybden | Mo | 0,1 | 0,00001 |

Siden hydroponi ikke benytter jord, må næringsstoffene tilsettes vannet. Dette oppnås ved å benytte vannløslige næringsmedier. pH påvirker løseligheten til ionene i næringsmediene. Anbefalt pH i hydroponi produksjonen ligger vanligvis mellom 5,5 og 6,5. Ved for høy pH kan enkelte næringssalter felle ut og dermed bli utilgjengelig for plantene. Dette kan inntreffe ved pH over 7.

I en hydroponi næringsløsning er den anbefalte konsentrasjonen av næringssalter (TDS = total dissolved solids) mellom 1000 ppm og 1500 ppm. Dette tilsvarer en ledningsevne i vannet mellom 1,5 mS/cm (1500 μ S/cm) og 3,5 mS/cm (3500 μ S/cm). Ugunstige vekstforhold inntreffer ved TDS høyere enn 2000 ppm (> 3,5 mS/cm). Ved siden av analyser av vann og planter for enkelt-næringsstoffer blir ledningsevnen rutinemessig målt i vannet. Makronæringsstoffene bidrar mest til forandring i ledningsevnen i vannet.

Akvakultur

Vannbehov i et oppdrettsanlegg bestemmes av det vi kaller begrensende vannparametere. Ved gjennomstrømningsanlegg er disse (i rekkefølge):

- Fiskens tilgang på oksygen i vannet
- Konsentrasjon av fritt CO₂ i vannet
- Konsentrasjon av ammoniakk/ammonium (NH₃/NH₄) i vannet. Konsentrasjonen måles ofte som Total Ammonium Nitrogen (TAN) i mg/l.

I et anlegg med lufting av CO₂ og tilførsel av O₂ vil konsentrasjonen av TAN bestemme behovet for nytt vann inn i anlegget.

Ved høy grad av resirkulering må partikulært materiale fjernes fra vannet, metabolitter må luftes av og brytes ned og det må være kontroll på vannparametre som pH, temperatur og oksygen.

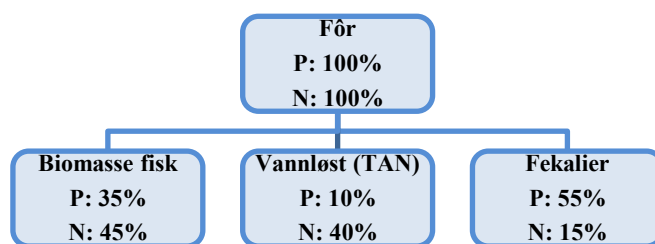
- Lufting, tilsetter O₂ og fjerner CO₂
- Partikkelfjerning fra resirkulert vann
- Biologisk vannbehandling i biofilter
- Kontroll pH
- Temperaturkontroll

I anlegg med svært lavt vannforbruk innføres et biofilter for bakteriell nedbryting av NH₃/NH₄ til nitrat (NO₃) (nitrifisering). For å redusere vannforbruket ytterligere kan det etableres et filter for bakteriell nedbryting av nitrat til nitrogengass (denitrifisering).

Nitrifisering: Nitritt: $2\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$ (aerobt)
(senker pH) Nitrat: $2\text{NO}_2^- + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_3^-$ (aerobt)

Denitrifisering: $6\text{NO}_3^- + 5\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow 3\text{N}_2 + 5\text{CO}_2 + 7\text{H}_2\text{O} + 6\text{OH}^-$ (anerobt)
(hever pH) (ved bruk av metanol som karbonkilde)

I anlegg uten denitrifisering blir det fremdeles sluppet ut like mye vannløslige næringsstoffer som ved et gjennomstrømningsanlegg. Utslipet er mindre i volum og derfor mer konsentrert. Ved denitrifisering i anlegget er utslippet av nitrogen sterkt redusert i forhold til gjennomstrømningsanlegg og anlegg med kun nitrifisering.



Figur 1: Massebalanse for nitrogen (N) og fosfor (P) i fôring av fisk (fôr spist = 100%) (modifisert etter Bergheim & Braaten, 2007).

Akvaponi

Akvaponi er samproduksjon av planter og fisk. Ved intensiv produksjon kobler man hydroponi anlegg med resirkulering av vannet, med akvakultur anlegg med resirkulering. Produksjonen er integrert, og det betyr i denne sammenhengen at disse systemene kombineres på en slik måte at de funksjonerer sammen som en enhet, og hvert system er avhengig av det andre. Om dette systemet er bærekraftig vil være avhengig av om disse systemene kan bruke egne ressurser for å vedlikeholde produksjonen slik at ikke noen av ressursene i systemet blir skadet. For plantene vil det si at produksjonen av fisk leverer tilstrekkelig næring for optimal vekst. For fisken vil det si at vannet blir tilstrekkelig renset for metabolitter av plantene slik at miljøet er best mulig for trivsel og vekst. Essensielt for systemet er det også at andre miljøparametre er optimale. I slike systemer er de største utfordringene partikkelrensing, opprettholde gunstig temperatur og pH. Fordi det i disse anleggene ikke er avtapping av vann må alle partikler fjernes ved filtrering. Ved produksjon av en kaldtvannsarter som brunørret (*Salmo trutta*), regnbueørret (*Oncorhynchus mykiss*) og laks (*Salmo salar*) bør vanntemperaturen ikke overstige 17°C. Optimal pH for nitrifisering ligger mellom pH 7,0 og pH 8,5, mens optimal pH for vannkultur av planter er mellom pH 5,5 og pH 6,5. Kompromisset er en pH mellom 6,5 og 7.

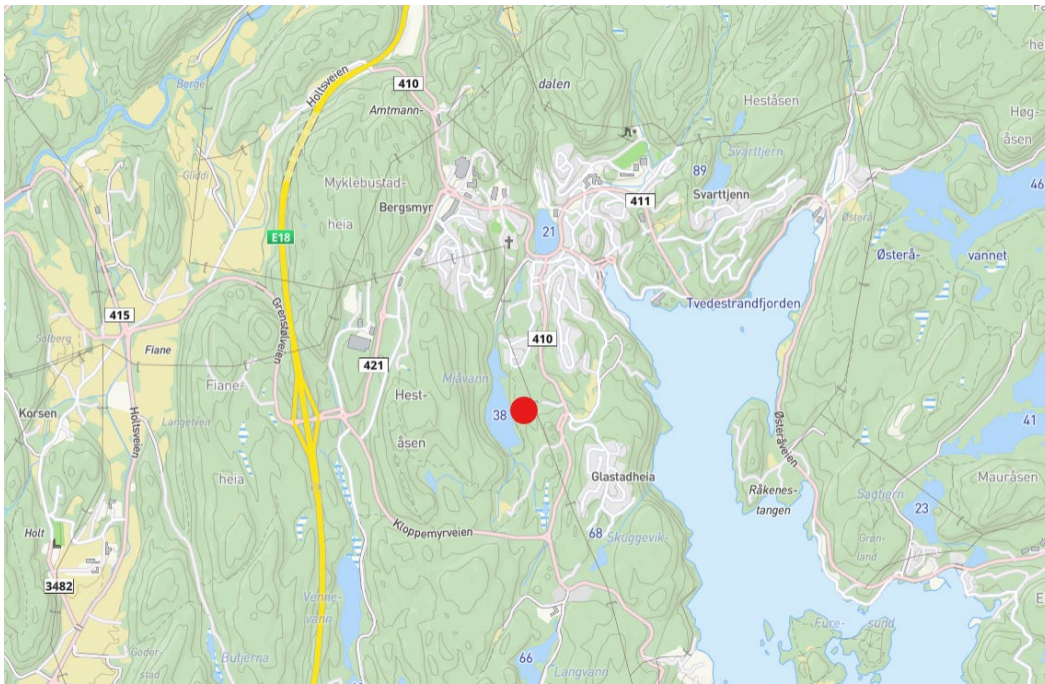
Makro- og mikronæringsstoffene får plantene fra produksjonen av fisk. Input er fiskefôr. God overvåking av vannparametre og vannkvalitet er nødvendig for både planter og fisk. Miljøparametre i produksjonsvannet til fisken som tilfredsstillers fiskens krav til et godt vannmiljø er også gode konsentrasjoner for næringsløsninger til plantene. En god balanse mellom biomasse planter og biomasse fisk er viktig. Returvannet fra plantene skal tilfredsstillere alle vannparametre for et godt innvann til fisken.

Plantene vil spille samme rolle som et denitrifiseringsfilter, ved at de fjerner nitrat fra vannet. Dersom produksjon av planter er i god balanse med produksjonen av fisk, vil det derfor ikke være nødvendig med vannutskifting i anlegget p.g.a. oppbygging av metabolitter fra fiskeproduksjonen. Partiklene i anlegget blir brutt ned ved våtkompostering. Et bærekraftig akvaponi anlegg er derfor et nullutslipps anlegg.

Akkumulering av næringsstoffer i akvaponi systemer vil være et problem ved for høy fôring av fisken i forhold til planter i anlegget. Dette vil raskt føre til akkumulering av næringsstoffer i vannet. Dette vil igjen føre til ugunstig miljø både for planter og fisk. I hydroponi anlegg er gunstig styrke på næringsløsningen (ved tilsetning) 1000 - 1500 ppm (1,5 – 3,5 mS/cm) for best mulig produksjon. I akvaponi er det rapportert at best mulig vekst kan oppnås ved nærings-konsentrasjoner på 200 – 400 ppm (0,2 – 0,4 mS/cm).

ANLEGGET

Akvaponianlegget til Tvedestrand vgs. er lokalisert til skolebygget i Vestervei 97 i Tvedestrand kommune (figur 2 og figur 3).

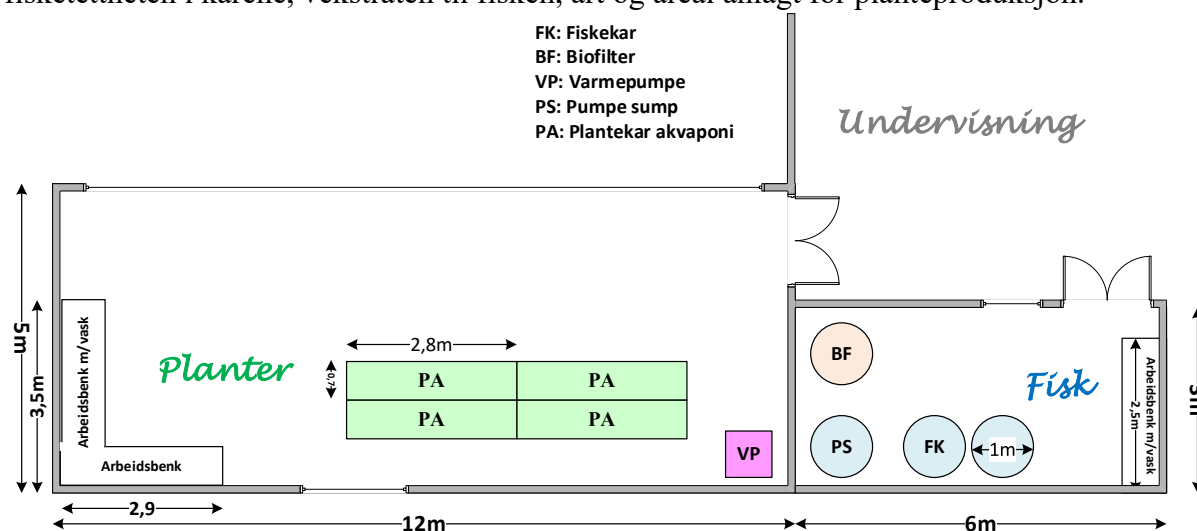


Figur 2: Oversiktskart med plassering av anlegget og Tvedestrand vgs (merket rødt).



Figur 3: Plassering av anlegget i bygget. Anlegget er plassert i 2. etasje.

Anlegget inneholder en oppdrettsdel for fisk. Kapasiteten for årlig produksjon avhenger av fisketettheten i karene, vekstraten til fisken, art og areal anlagt for planteproduksjon.



Figur 4: Målsatt tegning av akvaponi anlegget med innredning.

Tabell 2: Oppdrettsvolum i anlegget

| Utstyr | Mengde pr enhet m ³ | Antall stk | Mengde totalt m ³ |
|--|-----------------------------------|---------------|---------------------------------|
| Fisk | | | |
| Fiskekar | 0,5 | 2 | 1 |
| Planter | | | |
| Plantekar | 0,3 | 4 | 1,2 |
| Vannbehandling | | | |
| Beadfilter | 0,25 | 1 | 0,25 |
| Sump | 0,25 | 1 | 0,25 |
| Diverse utstyr, virvelseparator, rør mv. | 0,5 | 1 | 0,5 |
| Samlet volum hele systemet | | | 3,2 |

VANNKILDE

Vann i anlegget er koblet til kommunal vannforsyning.

Tabell 3: Analyse av vann inn i anlegget (Tvedestrand kommune).

| pH | Kalsium mg/l | Hardhet °dH | Alkalitet mmol Ca/l | Jern mg/l | Aluminium mg/l |
|---------|-----------------|----------------|------------------------|--------------|-------------------|
| 7,6-8,5 | 15-19 | 2,3 | 0,77 | 0,001 | 0,05 |

LOKALE UTSLIPP

Lokale utslipp fra andre i området har ikke relevans for anlegget.

SMITTEFARE

Det vil ikke være utslipp til vassdrag fra anlegget. Inntaksvann er fra kommunalt anlegg. Det vil derfor ikke være smittefare inn i anlegget eller ut av anlegget. Mulig smitterisiko inn i

anlegget er via innsatt fisk. Fiskeforekomster i vassdrag vil ikke representere smitterisiko inn i anlegget.

RØMMING

Det er ikke forbindelse med vassdrag til anlegget. Det eksisterer derfor ikke rømmingsfare fra anlegget.

AVLØP FISK

Det vil ikke være utslipp av produksjonsvann fra anlegget. Produksjonsvannet fra fisken blir ledet inn til produksjon av planter. Vannet returneres deretter til fisken.

NYTT VANN INN I ANLEGGET

Behovet for nytt vann inn i anlegget vil være for å erstatte opptak i planter, fordamping fra systemet og annet vanntap i produksjonen. Dette behovet er anslått til omkring 0,5% pr dag av totalt vannvolum i anlegget. Fra start vil anlegget bli satt opp med et totalt vannvolum på 3,2m³. Anslått vannbehov vil da være 16 liter/dag.

VANNBEHANDLING

Ifølge akvakultur driftsforskriften skal et anlegg drives slik at

§ 22. Vannkvalitet og overvåking

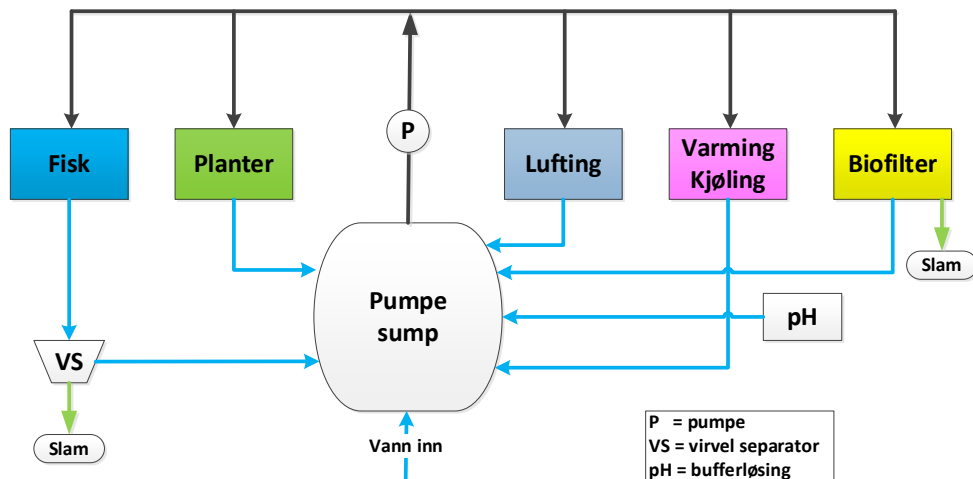
Vannmengden, vannkvalitet, vanngjennomstrømningen og strømhastigheten skal være slik at fisken har gode levekår, basert på fiskens art, alder, utviklingstrinn, vekt og fysiologiske og atferdsmessige behov. Vannkvaliteten og vekselvirkningene mellom ulike vannparametere skal overvåkes basert på risikoen for dårlig fiskevelferd.

Oksygenmetning, temperatur og andre vannparametere som kan ha vesentlig betydning for fiskens velferd, skal måles systematisk.

I anlegget vil det bli installert vannbehandlingsutstyr tilsvarende et akvakulturanlegg med full resirkulering av vannet (se figur 5). Dette innbefatter:

- Tilsetting av O₂
- Fjerning av CO₂
- Partikkelfjerning fra resirkulert vann
- Biologisk vannbehandling i et biofilter (nedbryting av NH₃ til NO₃)
- Justering av pH
- Temperaturkontroll

I anlegg med svært lavt vannforbruk vil det være enheter for å fjerne nitrat fra resirkulert vann (denitrifisering). I stedet for denitrifisering vil vannet i dette anlegget bli sirkulert gjennom et vekstbed med planter for fjerning av næringsstoffer.



Figur 5: Flytskjema for vannbehandling i anlegget.

RESIRKULERING:

Fiskedelen i anlegget er satt opp som et standard RAS anlegg. Det spesielle er at et resirkulert hydroponi anlegg for planteproduksjon er koblet til fiskeanlegget.

Fra pumpesumpen fordeles vannet i totalt fire delstrømmer, til biofilter, varmepumpe, plantekar og fiskekar. Luftingen av vannet utføres i pumpesumpen. Alle miljøparametere vil bli overvåket. Anlegget blir bufret fra egen stamløsning, og buffer blir tilsatt automatisk etter målt pH. Den optimale pH i anlegget når man tar hensyn til biofilter, fisk og planter vil være en pH verdi på 6,5-7,0. Anlegget har alarm for oksygen, temperatur, pH, strømbrudd, pumpestans og vannstand pumpesump. Anlegget er tilkoblet nødstrømsanlegget i bygget.

Mattilsynet legger følgende størrelser til grunn som veiledende måleparametere for landbaserte settefiskanlegg med laksefisk:

Tabell 4: Veiledende verdier for vannparametere, verdier for laksefisk, ferskvann (VKM = vitenskapskomiteen for matsikkerhet, Mattilsynet)

| Parameter | Enhet | VKM ²⁾ |
|--|------------------------|-------------------|
| O ₂ metning | % | 85-140 |
| O ₂ innløp | % | <140 |
| O ₂ avløp | % | >85 |
| Total gass metning | % | <110 |
| CO ₂ | mg/l | 10-20 |
| Temperatur | °C | 6-20 |
| pH inn | -log ₁₀ | >6 |
| Alkalinitet | mg/l CaCO ₃ | 50-300 |
| TAN(NH ₃ -N+NH ₄ -N) | mg/l | |
| Ammoniakk | mg/l | 0,012-0,025 |
| Nitritt | mg/l | |
| Nitrat | mg/l | 150-400 |
| TSS | mg/l | 15-100 |
| TDS | mg/l | |
| Elektrisk ledningsevne | mg/l | |

PRODUKSJON FISK

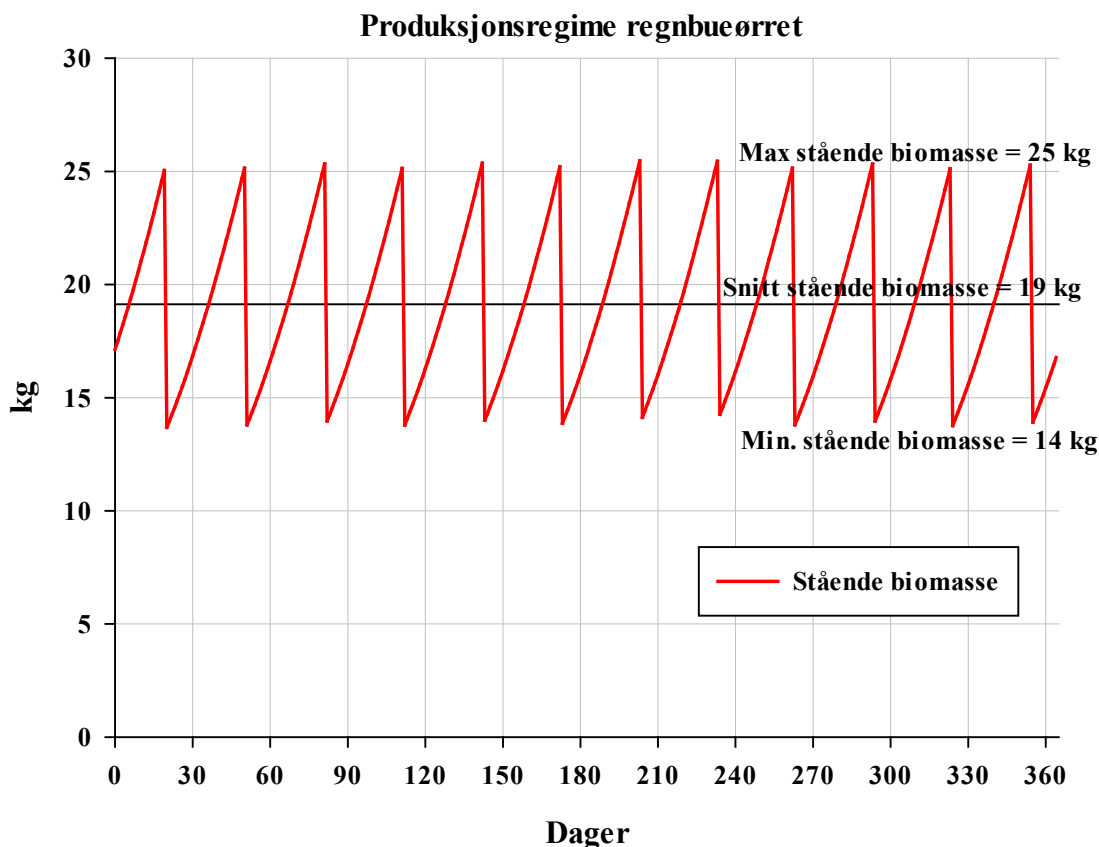
Det søkes om konsesjon for til sammen tre arter. Artene det søkes konsesjon for er brunørret (*Salmo trutta*), regnbueørret (*Oncorhynchus mykiss*) og laks (*Salmo salar*).

Optimale miljøparametere.

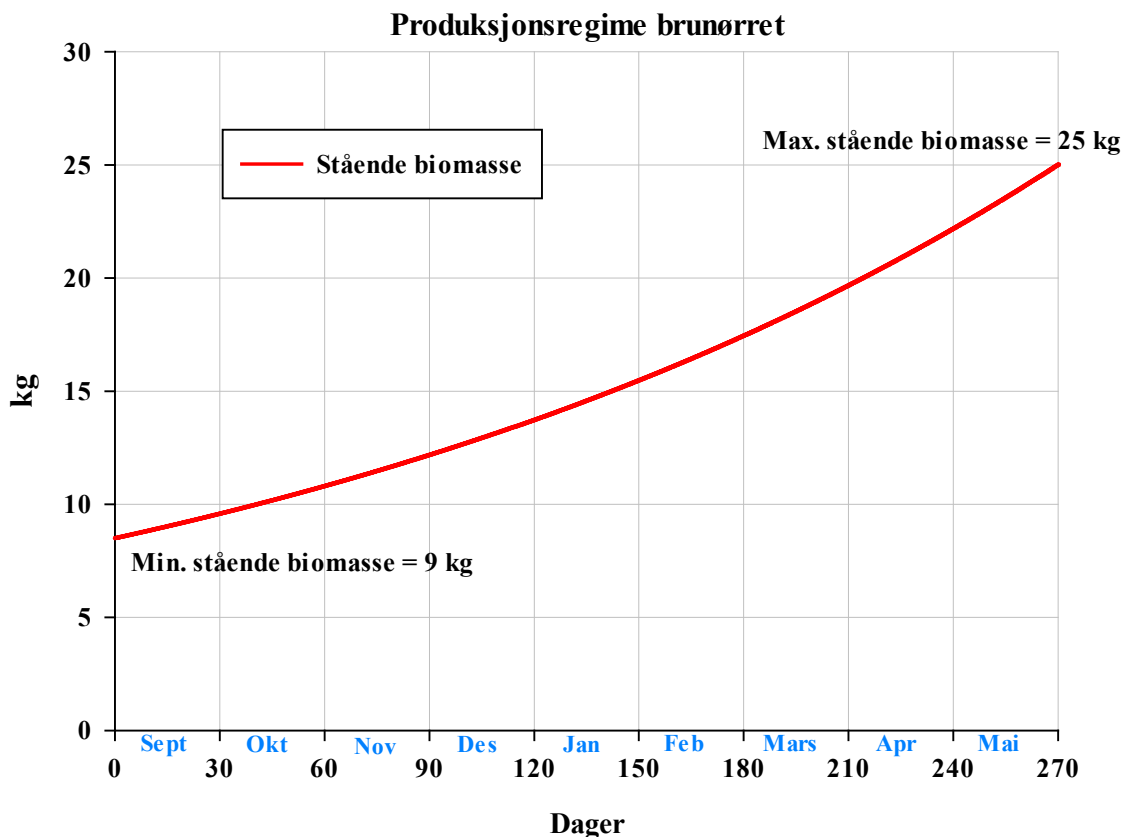
Her vil det bli tatt utgangspunkt i de opplysninger som finnes i litteraturen og krav stilt av myndighetene. Anlegget har resirkulering av vannet, og miljøparameterne kan derfor styres til det best mulige for fisken.

Produksjon

I anlegg med samproduksjon av planter og fisk må det være balanse mellom biomasse fisk og biomasse planter. Denne balansen vil variere med fisk- og planteart. Det som gir vekst hos både planter og fisk er fiskefôret. Vannløselige næringsstoffer fra fiskeproduksjonen er gjødsel for plantene. Anlegget er designet med et plantedyrkingsareal på 8m^2 , og et oppdrettsvolum til fisken på $2 \cdot 0,5\text{m}^3 = 1\text{m}^3$. Desto oftere man setter inn fisk og slakter fisk, jo mer stabil biomasse i anlegget oppnår man. Et eksempel på ofte innsett og slakting er vist i figur 6.



Figur 6: Variasjon i biomassen i anlegget ved en gjennomsnittlig stående biomasse fisk på 19 kg. Total biomasse i anlegget ved dette regimet varierer mellom 14 og 25 kg. Total årlig produksjon ved dette regimet og vekstrate er 140 kg.



Figur 7: Produksjon av brunørret i løpet av et skoleår fra september t.o.m. mai. Biomasse i anlegget er vist. Produksjonen ved dette regimet er 14 kg pr år. (se tekst for videre forklaring).

Produksjon av fisk i et anlegg med gitt karvolum, bestemmes av vekstrate og hvor ofte man setter inn fisk og slakter fisk. I figur 6 er vist et eksempel med regnbueørret. Yngel blir satt inn ved startfôring (0,125g), og fôret frem til 300g porsjonsfisk. Det blir satt inn fisk og slaktet fisk hver måned. Produksjonstiden er 9 mnd (270 dager). Ved dette regimet produseres det 140 kg fisk pr år i et oppdrettsvolum tilsvarende Tvedestrand vgs (=1000 liter). Figuren viser også at ved dette regimet er max fisketetthet 25 kg/m³. Gjennomsnittlig vekstrate for perioden er 3,6% daglig tilvekst.

Ved innsett og slakting som vist i figur 6, krever dette 9 kar ved en vekstperiode på 9 mnd. Dette er ikke praktisk mulig med et samlet karvolum på 1000 liter. For å oppnå en så stabil biomasse fisk som mulig, av hensyn til plantene, er det da mer nyttig å sette inn større fisk som vokser saktere. Et eksempel med brunørret er vist i figur 7. Fisk på 100g blir satt inn i september, og med en vekstrate på 0,4% daglig tilvekst er denne fisken 300g i slutten av mai. Ved dette regimet blir det slaktet 25 kg fisk, men kun 14 kg av dette er produsert i anlegget, fordi det ble satt inn 9 kg fisk ved start.

ANGÅENDE FISKETETTHET I ANLEGGET

Forskrift om drift av akvakulturanlegg gir retningslinjer for fisketetthet i anlegget. I § 25 står det generelt at

§ 25. Tetthet

Fisketetthet skal være forsvarlig og tilpasset vannkvalitet, fiskenes atferdsmessige og fysiologiske behov, helsestatus, driftsform og fôringsteknologi. Fisketettheten pr. produksjonsenhet med stamfisk og matfisk av laks og regnbueørret, unntatt i slaktemerder og lukkede produksjonsenheter, skal uansett ikke overstige 25 kg/m. Når fisketettheten beregnes, skal volumet som fiskene har mulighet til å bevege seg i legges til grunn.

Det søkes her om intensivt oppdrett av matfisk i ferskvann i kar (lukkede enheter) på land. Det søkes om konsesjon på tre arter. Det er ikke nevnt noen spesielle tetthetsbegrensinger for dette utover de generelle hensyn til fiskevelferd i § 25.

REFERANSER

Benton Jones, J. Hydroponics. 2005. A practical guide for the soilless grower. Second edition. CRC Press. ISBN 0-8493-3167-6.

Bergheim, A. og Braaten, B., Å. 2007. Modell for utslipp fra norske matfiskanlegg til sjø. Rapport IRIS, 2007/180.

[Microsoft Word - Rapport IRIS 2007-180.doc \(ancylus.net\)](#)

Hjeltnes, B., Bæverfjord, G., Erikson, U., Mortensen, S., Rosten, T. og Østergård, P. 2012. Risk Assessment of Recirculation Systems in Salmonid Hatcheries. Vitenskapskomiteen for mattrygghet. ISBN 978-82-8259-048-8.

[Risk Assessment of Recirculation Systems in Salmonid Hatcheries.pdf \(vkm.no\)](#)

Junge, R., Antenen, N., Villarroel, M., Griessler Bulc, T., Ovca, A., & Milliken, S. (Eds.) (2020). Aquaponics Textbook for Higher Education. Zenodo.

[aquateach_o4_textbook_en-2.pdf \(wordpress.com\)](#)

Lovdata: Forskrift om drift av akvakulturanlegg

[Forskrift om drift av akvakulturanlegg \(akvakulturdriftsforskriften\) - Lovdata](#)

Rosten, T., Åtland, Å., Kristensen, T., Rosseland, B.O. og Braathen, B. 2004. Vannkvalitet relatert til dyrevelferd. Rapport Mattilsynet, KPMG.

[Rapportering i henhold til avtale på møte 27 \(mattilsynet.no\)](#)

Simon, G., Kotzen, B., Joyce, A., Burnell, G.M. (eds). 2019. Aquaponics Food Production Systems. Combined Aquaculture and Hydroponic Production Technologies for the Future. Springer Nature Switzerland AG.

[Aquaponics Food Production Systems | SpringerLink](#)

Timmons, M.B. and Ebeling J.M. (eds.) 2011. Recirculating Aquaculture, NRAC Publication No.01-007, Cayuga Aqua Ventures, NY, USA.

Winther, U., Prestvik, Ø., Ulgenes, Y., Heide, M., Nilssen, F., Haug, L., Uhlig, C., Jensen, H., Siikavuopio, Sæther, BS. 2010. En mulighetsstudie for økt vekst innen innlandsoppdrett. SINTEF. Rapportnr. SFH80 A106041. ISBN 978-82-14-04951-0.

[NOFIMA vitenarkiv: En mulighetsstudie for økt vekst innen innlandsoppdrett \(unit.no\)](#)