

NANOBLER ØKER OKSYGENERING- OG BIOFILTER-EFFEKTIVITET, SAMT STØTTER FORBEDRET FISKEVEKST VED NORSK RAS-ANLEGG



Kundecase: Lødingen Fisk, Norge

Datoer: Desember 2023 – mars 2024	Sted: Vestbygda, Norge	Enhet: Trinity L2
Nøkkel resultater: <ul style="list-style-type: none"> • Forbedret oksygenbruk: <ul style="list-style-type: none"> - Oksygen innløsnings effektivitet (OTE): 94 % - Innløst oksygen (DO) økte med 23 % - Redoks potensialet (ORP) økte med 6,2 % • Forbedret biofilter effektivitet: <ul style="list-style-type: none"> - Nitritt akkumulering redusert med 70 % - Nitrifikasjonsraten økte >60 % 		<ul style="list-style-type: none"> • Bedre fiskevelferd og vekst: <ul style="list-style-type: none"> - Redusert førfaktor (FCR) - Økt relativ vekstindeks (RGI) • Forbedret fjerning av biofilm og redusert turbiditet <ul style="list-style-type: none"> - Vann turbiditet redusert med 30 % - Ozon forbruket redusert med 67 %

Lødingen Fisk: Avansert oppdrettsanlegg for 1,7 millioner atlantisk laks i ferskvannsmiljø

Lødingen Fisk er et veletablert akvakultur-anlegg. I en del av anlegget har de en RAS-startfôringsavdeling med et samlet behandlingsvolum på 1100 m³, som huser 1 730 000 atlantisk laks. Systemet har en maksimal kapasitet på ca. 35 tonn. Tettheten ble opprettholdt på 11 kg/m³, med en total biomasse på ca. 3 870 kg. Anlegget inkluderte 14 sirkulære tanker, hver med en kapasitet på 50 m³ med ferskvannsmiljø. RAS-prosessen er sammensatt av mekanisk filtreringstrinn via trommefiltre (maskestørrelse: 40 mikrometer), et biofilter for biologisk fjerning av ammoniakk, proteinskimmere med ozonering, et avgassingstårn, UV-desinfeksjon og oksygenering. Oksygenering leveres av to separate systemer: hovedkilden til oksygenering leveres av en Moleaer Trinity L2 Nanoboble Generator (figur 1), mens reserveoksygeneringen forsynes av to kjebler, som benyttes ved behov basert på DO i fisketankene.

Forbedring av vannkvalitet og prosesseffektivitet gjennom nanobobleteknologi

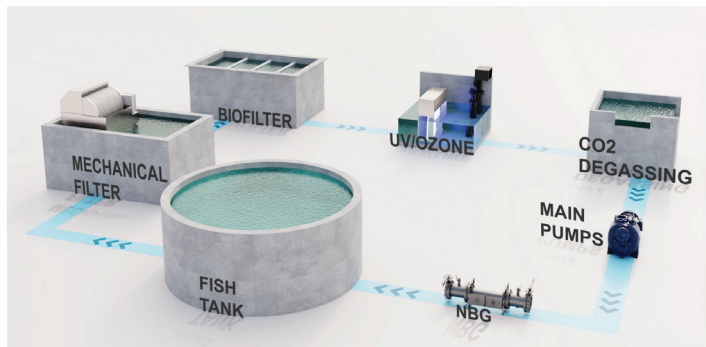
I resirkulerende akvakultursystemer (RAS) er det avgjørende å opprettholde optimal vannkvalitet for å sikre produktivitet, samt fiskens velferd og vekst. Vannkvalitet påvirker direkte fiskens metabolisme, sykdomsresistens og førfaktor. Dårlige vannforhold kan føre til økt stress, mottakelighet for sykdommer og ineffektiv næringsutnyttelse, noe som resulterer i høyere driftskostnader og lavere produktivitet. Innløst oksygen (DO) og ammoniakk (N-NH₄) er to av nøkkelfaktorene som påvirker vannkvalitet og fiskevelferd. Derfor er effektiv vannoksygenering og biologisk nitrifikasjon avgjørende for fiskeoppdrettere og er blant de viktigste driftsutfordringene og kostnadene.

Moleaer nanobobler (NB) er eksepsjonelt små gassbobler, vanligvis mindre enn 200 nanometer i diameter, som viser unike egenskaper som gjør dem svært effektive for ulike bruksområder. På grunn av størrelsen har disse NB-ene et mye høyere forhold mellom overflateareal og volum sammenlignet med større bobler, noe som forbedrer deres evne til å innløse gasser som oksygen i væsker effektivt. En av nøkkelfunksjonene deres er deres stabilitet; i

motsetning til større bobler som har en tendens til å stige raskt til overflate og sprekke, kan NB-er forbli suspendert i væske i lengre perioder, noe som gir mer effektiv, langvarig og jevn oksygenering. Denne stabiliteten er grunnet det høye indre trykket i NB-ene, som motvirker tendensen til at gass slipper ut og boblene smelter sammen. Nanobobler til bruk i akvakultur kan forbedre vannkvaliteten betydelig ved å forbedre oksygeninnløsnings og støtter viktige biologiske prosesser. Nanobobler kan øke aktiviteten til fordelaktige bakterier som gjør skadelig ammoniakk og nitritt til mindre skadelig nitrat ved å sikre at disse bakteriene får nok oksygen. Dette er spesielt nyttig i systemer med høy biomasse og kan forbedre



Figur 1. Installasjon av Moleaer Trinity L2 nanoboble generatorer for hovedoksygenering ved Lødingen Fisk RAS-anlegg. L2 Trinity-enhetene har en gjennomstrømningskapasitet på 230 m³/t (1000 gallons per minutt) hver, og en oksygen injeksjonshastighet på 5 til 50 SLP. De ble installert for å resirkulere vannet fra biofilteret inn i headertanken.



Figur 2. Typisk konfigurasjon av en Moleaer Nanoboble Generator (NBG) i et RAS-system

NANOBLER ØKER OKSYGENERING- OG BIOFILTER-EFFEKTIVITET, SAMT STØTTER FORBEDRET FISKEVEKST VED NORSK RAS-ANLEGG



nedbrytningen av organisk materiale. Bruk av nanobobler i RAS fremmer ikke bare fiskens helse og vekst, men reduserer også driftskostnadene ved å optimalisere oksygenbruken og forbedre effektiviteten til den biologiske filtreringsprosessen, noe som muliggjør høyere biomasse tetthet og øker produktiviteten til anlegget.

Målet med studien var å kvantifisere hvordan bruk av oksygen nanobobler kan forbedre vannkvaliteten, redusere energi- og vannforbruket ved hjelp av forbedret oksygenering, forbedret partikkel fjerning, forbedrede nitrifikasjonsrater og biofilm forhindring, sammenlignet med tradisjonelle oksygeneringssystemer.

Denne case studien undersøker hvordan nanobobleteknologi kan implementeres for å supplere det tradisjonelle kjegle oksygeneringssystemet og dermed forbedre den generelle systemytelsen ved Lødingen Fisks RAS-anlegg i Norge.

Evaluering av nanoboblepåvirkning: Oksygen innløsning, vannkvalitet og biofilm kontroll

Testen ble designet for å evaluere effekten av oksygen nanobobler (NB) på fire hovedområder i prosessen:

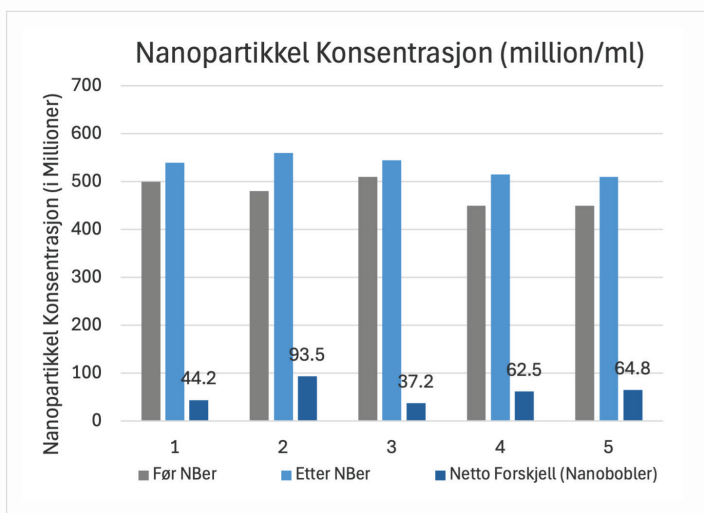
- 1) Oksygen innløsningseffektivitet
- 2) Fjerningsytelsen av faste partikler i trommelfilter og vantturbiditet
- 3) Ammoniakk konvertering (nitrifikasjon) i biofilter og
- 4) Biofilm vekst og avleiring i rør og andre overflater.

Vannkvalitetssegenskaper (DO, ORP, pH, turbiditet,

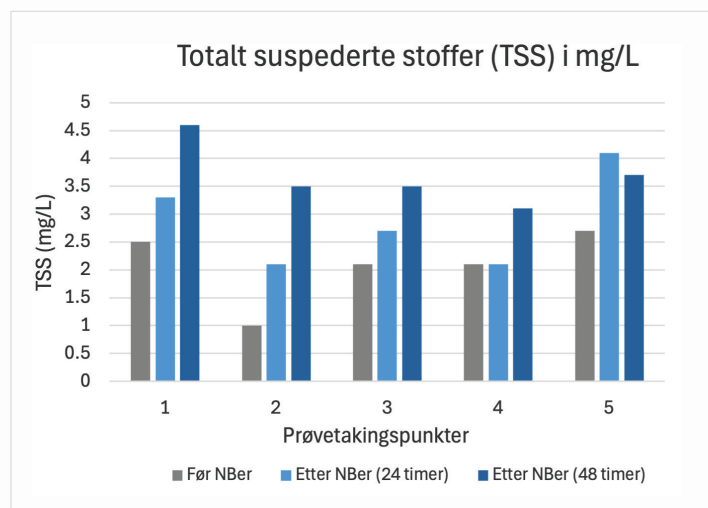
totalt suspenderte faste stoffer og konsentrasjon av forurensninger i resirkuleringsvannet) og NB-konsentrasjonsmålinger ble utført på flere punkter i RAS-slyfen i løpet av 4 påfølgende dager (2 dager før oppstart av Trinity nanoboblegeneratoren (NBG), 2 dager etter oppstart av NBG), 4 ganger om dagen, mens anlegget opererte under sammenlignbare organiske belastningsforhold og biomasse karakteristikk (fiskestørrelse, total biomasse, fôringsrate, vanntemperatur osv.) Alle målinger ble gjort etter 50 dagers drift av NBG, da fisken vokste fra 2 til 12 gram, noe som resulterte i høyere oksygen behov, høyere fôringsrate og organisk belastning til RAS-prosessen.

Umiddelbar effekt: Forbedret oksygenering, nitrifikasjon og fjerning av biofilm med nanobobler

Bruk av nanobobler førte til en betydelig økning i nanopartikkel konsentrasjonen med 61 millioner/ml i gjennomsnitt, med en størrelse på mindre enn 200 nm, innen 3 timer etter drift av nanoboble generatoren (**figur 3**) i hvert trinn av RAS-prosessen. Økningen i nanopartikler kan oversettes som konsentrasjonen av oksygen nanobobler. Det var også en rask og vesentlig økning i både DO og ORP (Oxidation Reduction Potential) som et resultat av injeksjon av oksygen nanobobler. De første 48 timene viste også en skure- og renseeffekt (**figur 4**), noe som indikerer forbedret fjerning av biofilm og bedre desinfeksjon. Effektiviteten til biologisk nitrifikasjon forbedret seg betydelig, med en 70 % reduksjon i nitritt-akkumulering i biofilteret.



Figur 3. Nanopartikkel gjennomsnittlig konsentrasjon ved forskjellige prøvetakingspunkter, målt før og etter oppstart av Moleaer Trinity L2. Netto-forskjellen mellom de prøvetakingene er angitt i figuren og antas å representere antall stabile oksygen nanobobler som finnes i vannet.



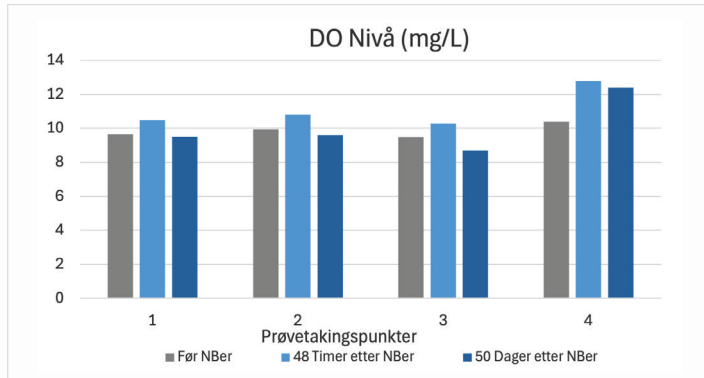
Figur 4. Konsentrasjon av totalt suspenderte faste stoffer før oppstart av NBG og etter 24 og 48 timers drift. Konsentrasjonen av TSS økte lineært som effekt av rense- og skureeffekten på rør og harde overflater på anlegget i alle 5 prøvetakingspunktene.

NANOBBLER ØKER OKSYGENERING- OG BIOFILTER-EFFEKTIVITET, SAMT STØTTER FORBEDRET FISKEVEKST VED NORSK RAS-ANLEGG



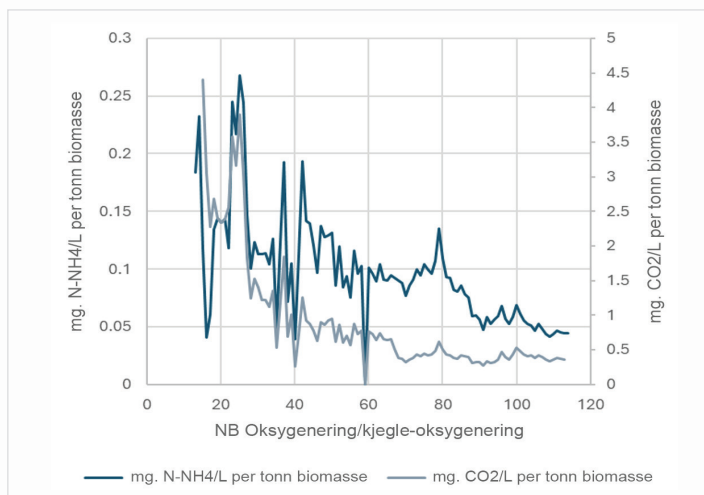
Langsiktig innvirkning: Vedvarende forbedringer i oksygeneffektivitet, vannkvalitet og fiskevekst med nanobobler

Vannkvalitet. Etter 50 dagers drift av Trinity L2 var DO-tilførsel til fisketankene 12 % til 23 % høyere (**figur 5**), oksidasjonsratene av ammoniakk og karbon i biofilteret økte med 68 % (**tabell 1**).



Figur 5. Gjennomsnittlig DO ved hvert prøvetakingspunkt før oppstart av Moleaer Trinity L2, 48 timer etter oppstart og etter 50 dagers drift, oppgitt i milligram per liter.

Konsentrasjonen av skadelige forbindelser som ammoniakk og karbondioksid ble redusert med henholdsvis 82,8 % og 91,6 % (**figur 6**), mens akkumulering av nitritt utslipp fra biofilteret ble redusert med 22,4 % (**figur 7**). I tillegg var turbiditeten i fisketankene 30 % lavere, sammenlignet med perioden uten NB-er, til tross for betydelig høyere lasteforhold. Som et resultat av lavere biofilmdannelse og skureeffekter observert innen 48 timers drift, ble den ozon-spesifikke dosen (i g/t/tonn) som ble påført, redusert med 67,5 %.

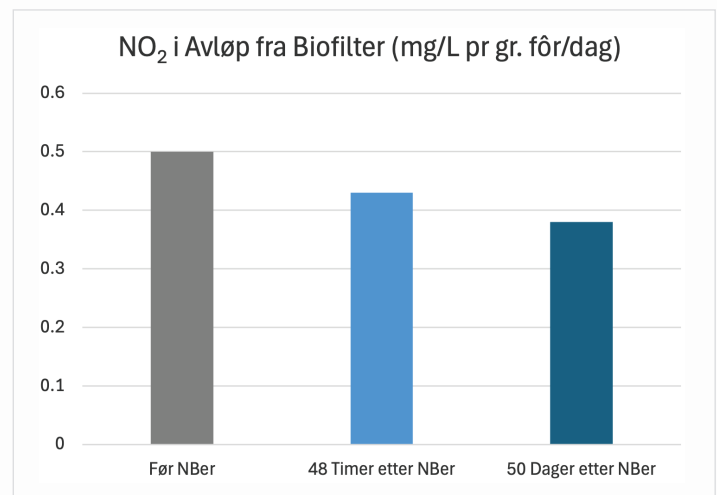


Figur 6. Spesifikk ammoniakk- og karbondioksid konsentrasjon i vann-tilstrømmingen til biofilteret og headertanken, oppgitt i milligram per liter per tonn biomasse som en funksjon av raten av "nanoboble oksygenering" sammenlignet med "kjegle oksygenering."

Oksygenbruk. Oksygen innløsnings effektiviteten (OTE) for Trinity L2 fortsatte å være over 85 %, eller 71 % høyere sammenlignet med de tradisjonelle kjeglesystemene (441 m³ O₂ gass/tonn O₂ innløst for NBG, 1499 m³ O₂ gass/tonn O₂ innløst for kjegler). Denne hypereffektive oksygen innløsnings betyr lavere oksygen- og energibruk og kostnader for fiskeoppdrettere, samt lavere utslipp fra energi- og diesel forbruk.

	Hastighet for fjerning av ammoniakk [kg N-NH ₄ fjernet/dag]	Oksygenbruk i biofilter [kg O ₂ /dag]
Før NB-er	3.6	31.2
48 timer etter NB-er	5.3	40.8
50 dager etter NB-er	7.9	86.4

Tabell 1. Daglig ammoniakk fjerningsrate og oksygenforbruk i biofilter. Økningen i nitrifikasjonskinetikk gjør det mulig å øke fôringsraten til fisken ettersom tilstedeværelsen av NB resulterer i høyere behandlingsskapasitet i biofilteret.



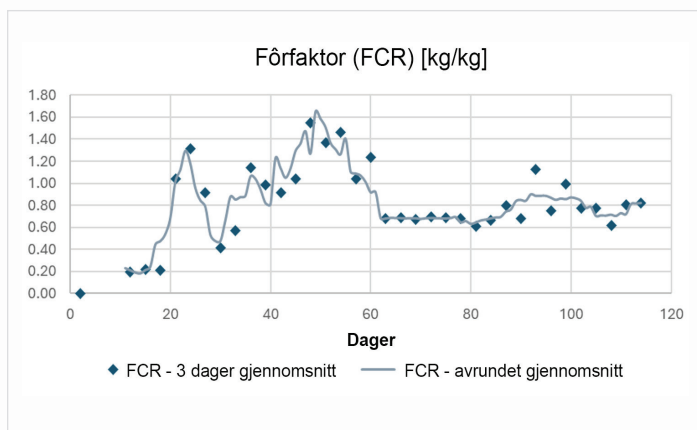
Figur 7. Spesifikk nitritt (N-NO₂) i biofilter utløpet, før og etter oppstart av Moleaer Trinity L2 (48 timer og etter 50 dager med NBG-drift, oppgitt i milligram per liter per gram fôr per dag.

Fiskens vekst. Som et resultat av høyere DO, redusert biofilm, økt nitrifikasjonskinetikk og generelt forbedret vannkvalitet, kan fisk vokse raskere og sunnere, som antydnet av den raske og vedvarende reduksjonen i fôrfaktor (FCR) da oksygen NB først ble benyttet i prosessen (med samme type fôr), og var betydelig lavere gjennom den gjenværende testperioden, uavhengig av fôrtype

NANOBLER ØKER OKSYGENERING- OG BIOFILTER-EFFEKTIVITET, SAMT STØTTER FORBEDRET FISKEVEKST VED NORSK RAS-ANLEGG



($0,75 \pm 0,05$), som vist i **figur 8** og **9**. Å ha en lavere FCR betyr at det kreves mindre fôr for å oppnå samme vekst, noe som gir ekstra kostnadsbesparelser på fôr. I tillegg var den spesifikke vekstraten (SGR), eller prosentvis økning i fiskevekt per dag, høyere sammenlignet med den forrige batchen produsert med periodisk NB-oksygenering (dvs. mindre enn 4 timer per dag med drift av Trinity L2).

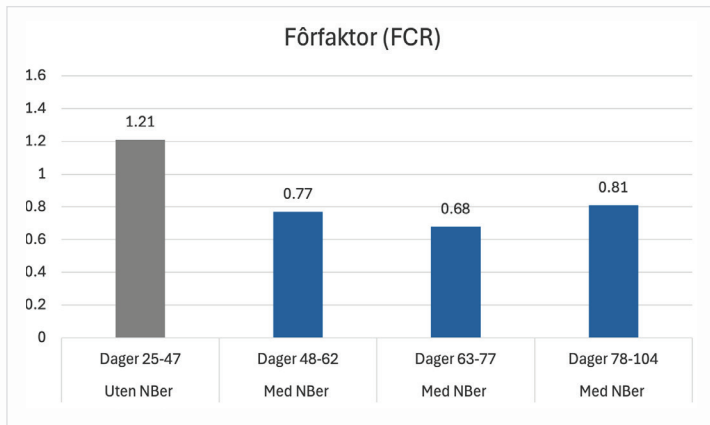


Figur 8. Fôrfaktor (FCR) over 104 dagers drift, hvor gjennomsnittlig kroppsvekt økte fra 0,05 gram til 14,1 gram og total biomasse fra 0,06 tonn til omtrent 20 tonn. Oppstartsdatoen for Trinity L2 NBG er vist i figuren.

Konklusjoner: Nanobobler forbedrer RAS med forbedret vannkvalitet, vekst og effektivitet

Sammenlignet med tradisjonelle oksygeneringssystemer, tilbyr Moleaers nanoboble teknologi flere fordeler. Deres forbedrede innløsnings effektivitet betyr at de kan oppnå høyere nivåer av innløst oksygen med mindre gasstilførsel, noe som gjør dem mer energi- og kostnadseffektive. Videre forbedrer de unike egenskapene til nanobobler fjerning av forurensninger og urenheter fra vann og forbedrer vannets turbiditet.

Implementeringen av nanobobleteknologi i Lødingen Fisks RAS viste flere viktige fordeler:



Figur 9. Gjennomsnittlig fôrfaktor (FCR) i fire ulike driftsperioder i henhold til fiskens faser og fôrtype.

- Betydelig forbedret vannkvalitet, når det gjelder DO, ORP og turbiditet, som er avgjørende for fiskehelsen.
- Forbedret fiskemetabolisme og vekst, som antydnet av reduksjonen i fôrfaktor (FCR) og økningen i spesifikk vekstrate (SGR), sannsynligvis på grunn av den forbedrede vannkvaliteten.
- Redusert biofilm og forbedret biofilter-ytelse, noe som fører til lavere konsentrasjoner av ammoniakk, nitritt og redusert bruk av ozon til desinfisering.

Samlet sett bekreftet studien at nanobobler forbedrer ytelsen til RAS betydelig, noe som fører til høyere vannkvalitet, mer effektiv oksygenbruk og forbedret fiskevekst og helse. Støttende forskning fra [Virginia Tech og benchtop-studier](#) validerte ytterligere den betydelige effekten av nanobobler på biofilm og forbedret mikrobiell oksygenutnyttelse.

Selv om effekten av ytterligere variabler som fiskens genetiske karakteristikk må undersøkes ytterligere for å isolere effekten av NB-er i prosessen, støtter reduksjonen i FCR og det forbedrede oksygenforbruket sterkt potensialet til Moleaers nanobobleteknologi som en kostnadseffektiv løsning for å forbedre økonomisk og miljømessig bærekraft i akvakulturprosesser.



Vil du vite hvordan nanobobler kan forbedre effektivitet i ditt RAS anlegg? Kontakt en ekspert:
www.moleaer.no/no/kontakt/generelle

Informasjonen og dataene i dette dokumentet anses å være nøyaktige og pålitelige, og de tilbys i god tro, men det gis ingen garantier om nøyaktigheten. Moleaer påtar seg intet ansvar for resultater eller skader som oppstår ved bruk av informasjonen i dette dokumentet. Kunden er ansvarlig for å avgjøre om produktene og informasjonen som presenteres her, er egnet for kundens arbeidsplass og avhendingspraksis er i samsvar med gjeldende lover og andre offentlige forskrifter. Spesifikasjoner kan endres uten varsel. Copyright © 2024 Moleaer. Alle varemerker som oppgis her, tilhører de respektive selskapene. Med enerett. Dette dokumentet er konfidensielt og inneholder proprietær informasjon fra Moleaer Inc. Dokumentet og informasjonen det inneholder, kan ikke under noen omstendigheter reproduseres, redistribueres eller fremlegges uten skriftlig tillatelse fra Moleaer Inc. Rev. 27-09-2024 R4 NG