

Norsk testing av teknologi for rensing av ballastvann

Av Stephanie Delacroix, Bjørn Faafeng og Helge Liltved

Stephanie Delacroix er forsker, Bjørn Faafeng er seniorrådgiver og Helge Liltved er forskningsleder ved Norsk institutt for vannforskning (NIVA).

Innlegg på seminar i Norsk vannforening 19. september 2012.

Sammendrag

For å redusere risikoen med å importere skadelige fremmede arter med ballastvann gjennom internasjonal skipstransport, har International Maritime Organization (IMO) vedtatt en konvensjon i 2004 som angir maksimal akseptabel tetthet av organismer i ballastvann ved utslipp. Derfor må godkjent renseteknologi for ballastvann installeres om bord i skipet. For å bli godkjent, må renseteknologien testes både på land og om bord i skip ifølge IMOs retningslinjer. Derfor har NIVA etablert et landbasert testanlegg ved Drøbaksundet i Oslofjorden i 2005 og utviklet testmetoder for brakkevann og saltvann. Effektiviteten av renseteknologien må tilfredsstille både internasjonalt regelverk og skipseiers krav. Derfor har NIVA nylig utviklet og tilpasset testmetodene til nye krav som omfatter testing av ferskvann, en stresstest og den nye amerikanske testprotokollen. NIVA bidrar også med forskning for mer

robuste og hurtige analyse metoder, i IMO for Port State Control retningslinje og for å etablere en internasjonal testanleggruppe for harmonisering av testmetoder.

Innledning

Ifølge IMO transporteres mer enn 80 % av verdens handelsvarer med skip. Med disse skipene flyttes også mellom 3 og 12 milliarder tonn ballastvann hvert år. Anslagsvis 7 000 forskjellige organismer transporteres daglig med dette ballastvannet over verdenshavene, og i de fleste kyst- og havområder finner vi i dag "fremmede arter" som har sitt opprinnelige vokseområde et helt annet sted i verden (www.imo.org).

Arter fra ett område, som flyttes til et annet område med tilsvarende vokseforhold, truer den økologiske balansen, og kan skade for eksempel lokalt fiskeri og turisme. Et kjent eksempel er at små maneter av typen ribbemanet utilsiktet ble transportert med skip fra Amerika til Svartehavet og Det kaspiske hav på 1980-tallet. De formerte seg eksplosivt og tok

nesten knekken på den lokale fiskebestanden fordi de konkurrerer om samme mat som fisken, og spiser fiskens rogn og yngel. Bare i USA har IMO beregnet de årlige økonomiske konsekvensene av slike fremmede arter til 138 milliarder US\$.

Internasjonalt regelverk

For å møte denne utfordringen, etablerte IMO i 2004 en internasjonal konvensjon om ballastvann for å kontrollere utslippene og redusere skadevirkningene (IMO, 2004). Det betyr at 57 000 handelsskip må installere godkjent utstyr for behandling av ballastvannet innen utløpet av 2020 (Royan, 2010). Konvensjonen vil gjelde når land som representerer minst 35 % av verdens handelsflåte har ratifisert den. I dag har 36 medlemsland som representerer 29 % ratifisert avtalen (IMO, hjemmeside).

For å implementere konvensjonen, har IMO etablert 14 retningslinjer (IMO, 2011). Blant annet definerte IMO retningslinjen G8 (IMO, 2008a) om hvordan en renseteknologi for ballastvann skal testes både på land og om bord i skip for å etablere en tilstrekkelig risikovurdering av

effekter av behandlet vann både på miljøet, menneske og mannskapet om bord som skal bruke utstyret. IMOs krav for vannkvalitet ved utslipp etter desinfisering er definert i vedtekt D-2 av konvensjonen (IMO, 2008a). Disse kravene fastslår maksimale mengde av levende organismer for tre størrelsesgrupper av organismer, tabell 1; organismer over 50µm, organismer mellom 10 og 50 µm og noen patogene bakterier for mennesket (*E. coli*, intestinale enterokokker og *Vibrio cholerae*). For å fjerne eller inaktivere organismer som IMO krever fra ballastvannet, bruker leverandørene forskjellige kombinasjoner av filtrering, trykkbehandling, ultrafiolett stråling, elektrolyse, ozonering eller klorering. Hvis teknologien bruker aktivt stoff for desinfisering, for eksempel klorering eller ozonering, må utstyret også testes mot retningslinjer G9 i tillegg (IMO, 2008b).

Godkjenningsprosess

IMOs prosess for godkjenning av renseteknologi for ballastvann er tidskrevende og ressurskrevende. Først skal utstyret testes i mindre skala (laboratorieskala eller pilotskala) for å overbevise en IMO-

Organisme grupper	Maksimum antall organismer i behandlet vann ved utslipp (Vedtekt D-2)
≥50 µm minimum størrelse	<10 levende organismer per m ³
≥10-50 µm minimum størrelse	<10 levende organismer per ml
<i>Escherichia coli</i>	< 250 cfu/100 ml
Intestinal <i>enterococci</i>	<100 cfu/100 ml
<i>Vibrio Cholerae</i> (O1 og O139)	<1 cfu/100 ml

Tabell 1. Biologisk krav for behandlet ballastvann ved utslipp ifølge vedtekt D-2 av konvensjonen.

gruppe om at utstyret ikke presenterer uakseptabel risiko for miljø og mennesker, før en får lov til å teste utstyret videre i full skala om bord i skip. Deretter skal utstyret testes i full skala både ved landbasert testing og om bord i skip. Landbasert testing blir godkjent etter 10 tilfredsstillende testsykluser med 2 av de 3 testvannkvalitet definert i IMO guidelines. Ombordtesting blir godkjent etter 3 påfølgende vellykkede tester gjennomført over en 6 måneders periode. En vellykket ombordtesting innebærer at det både var nok levende organismer i sjøen før pumping til ballasttankene, som definert i G8 guidelines, og at det var mindre levende organismer enn D-2-krav ved utslipp.

Norsk landbasert testanlegg

For å bli godkjent, må utstyret først testes med biologisk og kjemisk utfordrende vannkvalitet som definert i IMOs retningslinjer. Deretter må vannet etter behandling tilfredsstillende både biologiske og kjemiske krav ved å levere en vannkvalitet med en maksimum tetthet av levende organismer og uten noen betyde-

lig gifteffekt for miljøet og mennesker ved utslipp til sjøen.

Utstyret for vannbehandling skal godkjennes i henhold til IMOs krav ved testing på et godkjent testanlegg. For å møte disse kravene, etablerte NIVA i 2005 et testanlegg for renseteknologi som skal rense ballastvann om bord i skip. Testanlegget er etablert ved NIVAs marine forskningsstasjon Solbergstrand i Drøbaksundet 20 km sør for Oslo. NIVA var først i verden med å etablere en godkjent teststasjon for både saltvann og brakkevann i 2005 for testing både i laboratorieskala, landbasert pilotskala, landbasert fullskala og ombordtesting i skip, figur 1.

NIVAs testanlegg er også det eneste anlegget i verden som gjennomfører testing hele året rundt til tross til kald vinter. Testing av renseteknologi krever da et anlegg med pumpekapasitet som kan variere fra noen liter per time ved laboratorieskala til 200 m³/h for landbasert skala og over 2000 m³/h om bord i skip. Både testanlegg og testmetodikk må stadig utvikles for å tilfredsstille nye krav. Nå tilpasser NIVA metodene sine



Figur 1. Bilder av NIVAs landbaserte anlegg for testing av renseteknologi for ballastvann: fullskala (venstre), pilotskala (høyre). Foto: Joachim Tørum Johansen.

til testing med organismer fra ferskvann og for også å tilfredsstille de nye amerikanske kravene (ETV).

Siden 2005 har NIVA testet 12 forskjellige fullskala renseteknologier for å møte utslippskravene til IMO. Disse representerer 6 av de 23 teknologiene som allerede har fått endelig godkjenning og som nå er tilgjengelige på verdensmarkedet (Lloyd's, 2012). De andre teknologiene som er ferdig testet hos NIVA, er i en godkjenningsprosess hos IMO.

Norske utviklere av vannbehandlingsteknologi har vært veldig kreative og NIVA har testet de fleste av dem, blant andre teknologier fra Optimarin AS, Oceansaver AS, MMC Green Technology AS, Knutsen Shipping OAS og Redox Maritime Technologies AS. Men også andre internasjonale aktører har testet sitt utstyr hos NIVA, blant annet AlfaWall fra Sverige, Auramarine fra Finland, Qingdao Headway Technology fra Kina, JFE Engineering Corporation fra Japan og RWO Veolia fra Tyskland.

For å gjennomføre test av denne type anlegg trengs et sterkt tverrfaglig team. Dette har NIVA bygd opp over 50 år; med eksperter på vannbehandlingsteknologi, zooplankton, fyttoplankton, bakterier, kjemi og økotoksikologi, i tillegg til et dyktig teknisk team for vedlikehold av tankene, styring av ventiler, pumper, osv. Stasjonen har i tillegg en enestående posisjon med tilgang til alle slags vannkvaliteter som kreves; vann med høy salinitet fra dypt vann i fjorden, medium salinitet og partikkelrikt brakkevann fra fjordens overflate og ferskvann fra både elva og grunnvann.

Stadig utvikling av nye metoder

Interne prosedyrer for testing er kontinuerlig i utvikling for å tilpasses nye regler og nye teknologier. Dette krever stadig mer forskning og utvikling, som for eksempel mer robuste og hurtige analysemetoder som virker på alle renseteknologier og alle organismegrupper. Spesielt gjelder dette for testing om bord i skip med en ny retningslinje under utvikling (Port State Control) som skal kreve at en havneoffiser kan holde tilbake et skip for å ta prøver av ballastvannet og kontrollere at kvaliteten tilfredsstiller kravene om en maksimal mengde levende organismer.

Et annet eksempel på stadig behov for videreutvikling av metodene er at en mye brukt metode for å påvise om algecellene i ballastvannet er levende eller døde, kan gi falske positive resultater for UV-teknologi. Det er fordi lav dose av UV-stråler kun skader DNA, men ikke cellemembraner, slik at cellene ser intakte ut i mikroskop med noen enzymatiske aktiviteter i flere timer etter at organismene ble UV-behandlet. Så NIVA må også tilpasse analysemetoden til typen teknologien.

Nye amerikansk krav

Nye amerikanske krav som ble kunngjort fra United States Coast Guard (USGC) med «Ballast Water Discharge Standard» i mars 2012, ble allerede iverksatt i juni 2012 (USGC, 2012). USGC-standarden baserer seg på de samme maksimale biologiske krav som IMO D-2 standard (Tabell), men refererer til en amerikansk

testprotokoll, Environmental Technology Verification (ETV) fra Environmental Protection Agency (EPA), for å definere hvordan en renseteknologi burde testes

på land (EPA, 2010). For ombordtesting, er det nå en annen amerikansk protokoll under utvikling. USGC har nylig godkjent den første uavhengige laboratorie-

ETV Protocol				IMO Guidelines		
Chemical water quality requirements						
Water quality	Freshwater	Brackish	Marine	Freshwater	Brackish	Marine
Salinity (PSU)	<1	10-20	28-36	<3	3-32	>32
Total suspended solids (mg/l)	>24			>50	>50	>1
Mineral matter (mg/l)	>20			-		
Dissolved organic concentration (mg/l)	>6			>5	>5	>1
Particulate organic concentration (mg/l)	>4			>5	>5	>1
Biological water quality requirements						
Source water						
≥50 µm organism group	10 ⁵ org/m ³ 5 species across 3 phyla			10 ⁵ org/m ³ 5 species across 3 phyla		
10-50 µm organism group	10 ³ org/ml 5 species across 3 phyla			10 ³ org/ml 5 species across 3 phyla		
Heterotrophic bacteria	10 ³ CFU/ml			10 ⁴ CFU/ml		
Control water						
≥50 µm	>100 org/m ³			>100 org/m ³		
≥10 and <50 µm	>100 org/ml			>100 org/ml		
Heterotrophic Bacteria	>500 CFU/ml			-		
Testing protocol						
Minimum treated water volume	≥200 m ³ per tank for Biology Efficiency ≥10.000 m ³ for Operation and Maintenance (O&M)			≥200 m ³ per tank -		
Minimum test cycles number	3 cycles per salinity for 2≠ salinities Total = 6 cycles			5 cycles per salinity for 2 ≠ salinities Total = 10 cycles		
Minimum holding time between ballasting and discharge	≥1 day			≥5 days		
Sampling volume						
≥50 µm organism group	≥30 m ³			≥1 m ³		

Tabell 2. Noen av de kjemiske, biologiske og testkravene for henholdsvis ETV-protokoll og IMOs retningslinjer.

testen av renseteknologi for ballastvann (se artikkel: http://www.nsf.org/business/newsroom/press_releases/press_release.asp?p_id=26530).

Derfor må NIVA også kontinuerlig tilpasse sine metoder til den amerikanske landbaserte testprotokollen som inkluderer annerledes vannkvalitet, prøvetakingsmetoder og analysemetoder enn det som er definert av IMO. Derfor må NIVA her også stadig vekk utvikle og begrunne sine metoder med statistisk verktøy for å tilpasse seg til de amerikanske kravene. Tabell 2 oppsummerer noen av forskjellene mellom ETVs og IMOs krav for renseteknologi ved landbasert testing. I store trekk, krever ETV kun 3 vellykkede tester for hver vannkvalitet istedenfor 5 tester etter IMOs krav. Begge anbefaler å teste renseteknologi for minst 2 av 3 saliniteter; ferskvann, brakkvann og saltvann. ETV krever at man skal samle opp minst 30 m³ av vann per prøve, mens IMO krever kun 1 m³ for de store organismer. Men av disse 30 m³, anbefaler ETV å analysere kun 1L av det oppkonsentrerte prøven, mens NIVA analyserer hele 1m³, som gir et mer robust resultat. ETV anbefaler kun farge-metode som analysemetode for alger, som tidligere nevnt gir falske positive med UV-teknologi. For prøvetaking, aksepterer de kun on-line sampling under pumping, mens IMO aksepterer også in-tank sampling etter pumping. ETV-protokollen fokuserer i tillegg på operasjonell side av utstyret med å kreve at 10 000 m³ vann skal pumpes gjennom utstyret for å sjekke at hver tekniske del er robust nok.

Nye fokus om testing med ferskvann

Spredning også til ferskvann

Testing av utstyr for ferskvann er viktig fordi mange havner i Europa (Antwerpen, Bremerhaven, Hamburg), Asia (Shanghai) og USA (de store sjøene) ligger i ferskvann.

Sebramusling er en ferskvannsart som finnes naturlig i Aralsjøen, Kaspihavet og Svartehavet. Denne arten har gjort betydelig skade i vassdrag i Europa og i USA fordi den etablerer seg i vannrør og blokkerer vannforsyning og kjøleanlegg. Denne arten er foreløpig ikke observert i Norge, men det fryktes at den kan spres med fiskeutstyr og annet som er brukt i vassdrag lenger sør i Europa.

Ullhåndskrabben er et eksempel på en ny og uønsket art i våre vassdrag. Den kom trolig til Europa med ballastvann fra Østen. Ullhåndskrabben graver ganger i elvebredden og kan føre til alvorlig erosjon. Dessuten kan den konkurrere ut andre arter og påvirke fisket. Det spesielle med denne krabben er at den normalt lever i elver, men gyter i brakkvann i elvemunningen. Derfor kan larvene spres videre i sjøvann. I Norge er den observert ved utløpet av flere vassdrag på Sørlandet og langs Oslofjorden.

Utvikling av testprosedyrer for testing i ferskvann

For typegodkjenning av renseanlegg for ballastvann har det til nå vært tilstrekkelig å tilfredsstille kravene til to av de tre aktuelle vannkvalitetene: havvann, brakkvann og ferskvann. I dag er det kun to anlegg i verden som tester renseutstyr for

ferskvann. Naturligvis har alle de fleste testet sin teknologi for brakkvann og sjøvann, men veldig få for ferskvann.

Nå viser det seg også at utstyret som var konstruert for én type vannkvalitet ikke nødvendigvis fungerer tilfredsstillende for andre vannkvaliteter. For eksempel, er det nødvendig med et visst saltinnhold i vannet for systemer som bruker elektrolyse for å kunne produsere desinfiserende oksidanter.

For å kunne teste renseteknologier i ferskvann, har NIVA sommeren 2012 utviklet metoder for å høste egnede organismer i innsjøer og elver nær teststasjonen ved Solbergstrand. Dessuten har NIVA også tilpasset analysemetoder for å teste giftighet for fisk, krepsdyr og planter fra ferskvann som allerede er brukt i rutiner ved instituttet for drikkevann og ferskvann.

Stresstestutvikling: definere grense til renseteknologien

I tillegg til internasjonale krav for typegodkjenning, bør utstyret tilfredsstillende skipseiers krav som er ganske annerledes. Skipseiere er bekymret for at sertifikatet for typegodkjenning ikke nødvendigvis garanterer at teknologien virker på all slags vannkvalitet. De er mer interessert i å definere en teknisk grense for utstyret ved å teste det i enda mer krevende testvannkvalitet enn det IMO krever. For UV-teknologi for eksempel, ser vi at ved lavere UV-transmisjon i vannet, og dårlig vannkvalitet, trenger mindre UV-lys ned i vannet. For å få effekt på de aktuelle organismene må UV-dosen opp. Dersom

vannkvaliteten er særlig dårlig klarer ikke UV-strålene lenger å nå organismer gjennom vannet. De fleste UV-teknologiene ble testet mot IMO-testvannet med rundt 50-90 % UV-transmisjon. Men skipseiere trenger også å vite hvordan systemet oppfører seg i vannet hvor mindre enn 10-30 % av lyset går gjennom, som er vanlig vannkvalitet i ferskvannshavner, som for eksempel i Great Lakes. Derfor hjelper NIVA også utviklere av rensutstyr med å definere relevante kritiske parametere og teknologiens grenser for å sikre seg en tilfredsstillende effekt ved testing i mer utfordrende testvannkvalitet enn IMO krever.

NIVAs rolle og internasjonal bidrag

NIVA har ikke myndighet til å godkjenne selv renseteknologier. Det er Det Norske Veritas (DNV) som godkjenner renseteknologi for Norge ved å inspisere at NIVAs testanlegg tilfredsstiller IMOs krav, på vegne av Sjøfartsdirektoratet. De sender rapporten videre til IMO, som leverer det endelige sertifikatet for godkjenning.

NIVAs rolle for godkjenning av renseteknologi er å levere en tilstrekkelig faglig rapport om desinfiseringssystemet med en biologisk, kjemisk og økotoksisk vurdering. Under testingen, skal også NIVA registrere alle relevante kritiske operasjonsdata for å sikre riktig dosering under desinfisering, som skal tilsvare operatørs operasjon manuelt. Dette krever en god forståelse for komplekse tekniske enheter. Dessuten er land-basert testing og ombordtesting kun en liten del av dokumentasjonen som IMO krever for typegodkjenning.

Dette innebærer i tillegg korrosjonstester og andre fysiske tester av materialet. For eksempel skal alle elektroniske deler av utstyret eksponeres til krevende forhold ifølge standard testmetoder for å kontrollere at utstyret kan fortsette å fungere om bord i skip ved høy fuktighet, høye eller lave temperaturer eller ved for eksempel kraftige vibrasjoner på grunn av bølger.

NIVA har nå bygget opp høy kompetanse innen testing av renseteknologi både ved landbasert testing og ombordtesting de siste 7 årene. Derfor bidrar også NIVA ved noen faglige anbefalinger for nye IMO-retningslinjer, som for Port State Control retningslinjen for eksempel, som var presentert i BLG-møtet i januar/februar 2012. I tillegg er NIVA aktiv i en internasjonal gruppe etablert i 2010 etter initiativ fra IMO for harmonisering av testmetoder mellom forskjellige testanlegg over hele verden. Gruppen kalles Global TestNet og samler alle aktører innenfor testing av renseteknologi fra Asia, USA og Europa 1 eller 2 ganger hvert år. NIVA bidrar også i et europeisk forskningsprosjekt for ballastvann som heter North Sea Interreg prosjekt. Gjennom dette europeiske prosjektet, har NIVA utvekslet erfaring ved flere workshops. For bare året 2012, var det en workshop om toksikologisk testing av ballastvann i Nederland i juni og en annen i USA i september for analyse av organismer <10 µm. Organismer <10 µm er egentlig ikke inkludert i IMOs krav, men kan representere de fleste av de giftige algene for miljøet og mennesker. NIVA deltar også i andre interne og

nasjonal forskningsprosjekter for å utvikle nye analysemetoder og fordype forståelsen av kjemiske mekanismer ved desinfisering (se artikkel: <http://www.forskning.no/artikler/2012/juni/323613>).

For mer informasjon: <http://www.ballasttech-niva.no>

Referanser

EPA (2010). Generic protocol for the verification of ballast water treatment technology. EPA/600/R-10/146. September 2010.

IMO (2004) International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments, the International Maritime Organisation (IMO), adopted 13 February 2004.

IMO (2008a). Guidelines for approval of ballast water management systems (G8), MEPC 58/23, Annex 4, Resolution MEPC 174 (58), 2008.

IMO(2008b). Procedure for approval of ballast water management systems that make use of active substance (G9). MEPC 57/21 Annex 1, Resolution MEPC 169(57), 2008.

IMO (2011). BWMS and associated guidelines. MEPC 63/2/15. December 2011.

Lloyd's BWMS type approval list. September 2012. (http://www.lr.org/Images/BWT2012v2b_tcm155-242898.pdf)

Royan F. (2010). Frost & Sullivan report. Shipping Industry Sets Sail: Multi-billion

Dollar Ballast Water Treatment System Market. June 2010. <http://www.frost.com/sublib/display-market-insight-top.do?id=203055815>

USGC (2012). Standards for Living Organisms in Ship's Ballast Water Discharged in U.S. Waters. Federal Register U.S. Coast Guard. Vol. 77, No. 57. March 2012.

Presentasjonen til dette innlegget finner du her: <http://www.tekna.no/ikbViewer/Content/853648/Stephanie%20Delacriox%20NIVA.pdf>