

# MEERI

## Yleistä

MEERI on VTT:ssä kehitetty Suomen vesiliikenteen pakokaasupäästöjen ja kulutuksen laskentamalli. Malli kehitettiin alun perin vuonna 1997, mutta on uudistettu perusteellisesti vuosina 2012-2014. MEERI on osa VTT:n kehittämää LIPASTO -laskentajärjestelmää. LIPASTO päivitetään vuosittain. Suomen- ja englanninkieliset tulokset ovat nähtävillä sivulla <http://lipasto.vtt.fi>

MEERI on perusversioina ns. baseline malli. Baseline tarkoittaa tässä sitä, että toimenpiteet (biosekoitevelvoite, päästörajoitukset jne.) otetaan ennusteissa huomioon vain niille vuosille, joille toimenpiteet on määrätty. Biosekoitevelvoite koskee huviveneitä, jotka käyttävät samaa polttoainetta kuin maantieliikenne. Laivaliikenteessä päästörajoitukset kiristyivät viimeksi vuoden 2015 alussa rikkidirektiivin myötä. MEERI:n perusteellisen uudistuksen rahoittivat Liikennevirasto, Liikenteen turvallisuusvirasto, Liikenneministeriö, Ympäristöministeriö ja Tilastokeskus. Vuosittaisen päivittämisen rahoittaa Tilastokeskus.

MEERI mallin kokonaisuus jakautuu kahteen erilliseen malliin, laivaliikennemalli ja venemalli. Venemallilla lasketaan kaikki muu kuin laivaliikenne eli huviveneet, risteilyalukset (sightseeing), kalastusalukset, työvenet ja -alukset, lautat ja lossit. IPCC:n laskentaohjeen mukaan Suomen vesiliikenteen päästöiksi lasketaan vain kotimaanliikenteen päästöt. Laivojen ulkomaanliikenne on mallissa ja tuloksissa mukana siltä osin kuin Suomen satamiin suuntautuva liikenne kulkee Suomen talousvyöhykkeen alueella. Talousvyöhyke on puoliväliin naapurimaita ja muualle kuljettaessa Ahvenanmaan eteläpuolella olevaan kolmikantapisteeseen saakka. Tämä rajausta haluttiin aikoinaan MEERI mallia tehtäessä tehdä, koska kotimaanliikenne on hyvin vähäistä ja suurin osa Suomen lähialueilla kulkevasta laivaliikenteestä olisi jäänyt huomiotta. Tämä oli aikoinaan tärkeätä, koska päästöistä merkityksellisiä olivat lähinnä ilmanlaatua pilaavat yhdisteet CO, HC, NO<sub>x</sub>, hiukkaset ja rikkidioksidi.

MEERI malli laskee seuraavien yhdisteiden määrät: Hiilimonoksidi (CO), hiilivedyt (HC), typen oksidit (NO<sub>x</sub>), Hiukkaset, metaani (CH<sub>4</sub>), typpioksiduuli (N<sub>2</sub>O), rikkidioksidi (SO<sub>2</sub>), hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>), polttoaineen kulutus ja energian käyttö.

Laskennan ja tulostuksen aikasarja on 1990 – 2050.

MEERI on toteutettu Excel -laskentaohjelmistolla.

## Menetelmäkuvaus

### Laivamalli

Laivamallin laskenta perustuu suoritteiden ja niitä vastaavien päästökertoimien tuloon. Laivoiksi määritellään tässä yli 300 bruttovetoisuuden alukset, muut alukset lasketaan venemallissa. Suoritteet ovat tässä satamien välillä ajatut laivakilometrit, satamassakäyntimäärät, satamassa-ajoajat ja laiturissaoloajat. Päästökertoimet on määritetty laivakilometriä, satamassa-ajoaika ja laiturissaoloaika kohden. Sekä suoritteet että päästökertoimet on lisäksi jaoteltu operointialueen (kotimaan- tai ulkomaanliikenne), laivan omistussuhteen (suomalainen, ulkomaalainen), laivatyyppin (9 kpl), laivan bruttovetoisuuden (7 luokkaa), nopeusluokan (7 luokkaa), moottorityypin (2 sekä pää- että apukoneille), moottorin teholuokan (7 luokkaa), moottorin kuormituksen, moottorin päästöluokan (5 Tier luokkaa) ja polttoainetyypin (5) mukaan. Kullekin laivatyyppille ja teholuokalle on määritetty lisäksi satamassa-ajoaika ja laiturissaoloaika.

Laivojen satamassakäynnit ja ominaisuudet saadaan vuosittain Liikenneviraston ylläpitämästä, Portnetiin perustuvasta tietokannasta. Tämä noin 70 000 laivatapahtumaa sisältävä tiedosto muokataan MEERI:n laivamallin tarvitsemaan muotoon. Käytettävät tiedot ovat laivan operointialue (kotimaan- tai ulkomaanliikenne), laivan omistussuhde (suomalainen, ulkomaalainen), raportointisatama, määräsatama, saapuminen ja lähteminen satamasta, aluslaji, bruttovetoisuus, koneteho ja suunnittelunopeus.

Laivojen moottorityypit, tehonkäytöt, päästöluokat, polttoaineet, kulutukset, päästökertoimet ja satamassaoloajat perustuvat kirjallisuustietoihin ja Ilmatieteen laitoksen STEAM mallista saataviin tulostuksiin ja STEAM mallin tekijöiden asiantuntemukseen. Uusien tekniikoiden (savukaasupesurit) ja polttoainetyyppien (hybridipolttoaine, LNG) käytön tieto perustuu kansainvälisiin ja kotimaisiin, varustamoille tehtyihin kyselyihin.

Jäänmurtajien päästölaskenta perustuu Arctia Oy:ltä saatuun polttoaineiden kokonaiskulutustietoon ja laivamallista laskettuihin päästökertoimiin.

Aikasarja käsittää vuodet 1990 – 2050. Menneisyys perustuu mallilla laskettuihin tuloksiin. Ennusteet perustuvat arvioon laivakäyntien määrästä ennustevuosina ja päästökertoimien kehityksestä.

Laivojen päästölaskenta on esitetty kaavassa 1.

$$E^c = \sum_{x=1}^2 \sum_{l=1}^9 \sum_{w=1}^7 \left( \frac{\sum_{i=1}^{N_{l,w}} d_{l,w,i}}{v_{l,w}^a} g_{l,x}^d p_{l,w,x}^a \sum_{y=1}^{10} \sum_{f=1}^5 (r_{x,y} s_{x,f} e_{x,l,w,y,f}^{c,d}) \right. \\ \left. + N_{l,w} \left( t_{l,w}^m g_{l,x}^m p_{l,w,x}^a \sum_{y=1}^{10} \sum_{f=1}^5 (r_{x,y} s_{x,f} e_{x,l,w,y,f}^{c,m}) \right. \right. \\ \left. \left. + t_{l,w}^b g_{l,x}^b p_{l,w,x}^a \sum_{y=1}^{10} \sum_{f=1}^5 (r_{x,y} s_{x,f} e_{x,l,w,y,f}^{c,b}) \right) \right) \quad (1)$$

$E^c$	yhdisteen c kokonaispäästö
$c$	yhdiste
$x$	moottorin käyttötyyppi (2 tyyppiä): pääkone / apukone
$l$	laivatyyppi (9 tyyppiä)
$w$	bruttorekisteritonniluokka (GRT) (7 luokkaa)
$N$	satamassakäyntien lukumäärä
$d$	laivan kulkema matka (edellisestä satamasta)
$v^a$	laivan nopeusluokka (suunnittelunopeus)
$p^a$	moottorin teholuokka
$g^d$	moottorin kuormitus väyläajossa
$g^m$	moottorin kuormitus manöveerauksessa
$g^b$	moottorin kuormitus laiturissa
$y$	moottorin tahtisuus (2- ja 4-tahti) ja päästöluokka (Tier) (yhteensä 10 luokkaa)
$r$	moottorityyppien osuudet
$f$	polttainetyyppi (5 tyyppiä)
$s$	moottorityyppien osuudet polttainetyypeittäin
$t^m$	manöveerausaika
$t^b$	laiturissaoloaika
$e^{c,d}$	yhdisteen c päästökertoimen väyläajossa

Jäänmurtaajien päästölaskenta on esitetty kaavassa 2.

$$E^c = \sum_{f=1}^{N^f} S_f e_f^c \quad (2)$$

$E^c$	yhdisteen c kokonaispäästö
$c$	yhdiste
$f$	polttoainetyyppi
$N^f$	polttoainetyyppien lukumäärä
$S$	kokonaiskulutus polttoainetyypeittäin
$e^c$	yhdisteen c päästökerroin

### Venemalli

Venemalli sisältää seuraavien vesikulkuneuvojen päästölaskennan: Huviveneet (perämoottoriveneet, sisäperämoottoriveneet, sisämoottoriveneet, ilmatäytteiset veneet, hydrokopterit, vesiskootterit, moottoripurjehtijat ja purjeveneet), kalastusalukset ja -veneet, työveneet ja -alukset ja risteilyalukset (sightseeing) sekä lautat ja lossit.

Huviveneiden laskenta perustuu suoritettietojen (kWh/vuosi) ja niitä vastaavien päästökertoimien tuloon. Suoritetieto perustuu Liikenteen turvallisuusvirastosta Trafista vuosittain saatavaan rekisteröityjen huviveneiden lukumäärätietoon (venetyyppi, moottorien lukumäärä, moottorien teho, polttoainetyyppi) ja kyselytutkimuksiin perustuvaan arvioon rekisteröimättömien veneiden määrästä. Veneiden käytön määrä (tuntia vuodessa) perustuu kyselytutkimuksiin. Käytön määrässä huomioidaan myös poikkeavien kesän sääolosuhteiden vaikutus. Päästökertoimet (g/kWh) määritetään tutkimustietoon ja huviveneiden suoraan perustuen. Huviveneet käyttävät samoja polttoaineita kuin tieliikennekin eli biopolttoaineiden osuus polttoaineissa on sama kuin tieliikenteessä.

Huviveneiden päästölaskenta on esitetty kaavassa 3

$$E^c = \sum_{l=1}^6 \sum_{y=1}^3 \sum_{r=1}^{10} N_{l,y,r} p_r g_{l,y,r} t_l e_y^c \quad (3)$$

$E^c$	yhdisteen c kokonaispäästö
$c$	yhdiste
$l$	huviveneen tyyppi (6 tyyppiä)
$y$	moottorityyppi ja polttoaine: bensiini 2-/4-tahti ja diesel (yhteensä 3 tyyppiä)
$r$	moottorin teholuokka (10 luokkaa)
$N$	veneiden lukumäärä
$p$	moottorin teholuokan keskiluku
$g$	moottorin kuormitus
$t$	keskimääräinen käyttöaika (tuntia vuodessa)
$e^c$	yhdisteen c päästökerroin

Kalastusalusten ja -veneiden laskenta perustuu EU:n kalastusalusrekisteristä saatavaan alusten lukumäärätietoon (lukumäärä, moottoriteho), arvioon alusten vuotuisesta polttoaineenkulutuksesta ja arvioon päästökertoimista.

Työveneiden ja -alusten laskenta perustuu arvioon alusten määrästä, vuotuisesta polttoaineenkulutuksesta ja päästökertoimista.

Risteilyalusten (sightseeing) laskenta perustuu kotimaan vesiliikennetilastosta saatavaan lukumäärätietoon, arvioon aluskohtaisesta kulutuksesta ja arvioon päästökertoimista.

Sekä työalusten, kalastusalusten että risteilyalusten (sightseeing) päästölaskenta on esitetty kaavassa 4

$$E^c = \sum_{l=1}^3 N_l s_l e^c \quad (4)$$

$E^c$	yhdisteen c kokonaispäästö
$c$	yhdiste
$l$	työaluksen tyyppi (3 tyyppiä)
$N$	työalusten lukumäärä
$s$	työaluksen keskimääräinen polttoaineen vuosikulutus
$e^c$	yhdisteen c päästökerroin

Lauttojen ja lossien laskenta perustuu Suomen lauttaliikenne Oy:ltä saatavaan tietoon lauttojen ja lossien vuotuisesta kokonaispolttoaineenkulutuksesta ja arvioon päästökertoimista. Niihin sovelletaan jäänmurtajien päästölaskentamenetelmää (kaava 2).

Ennuste perustuu arvioon kunkin vesikulkuneuvon suoritekehityksestä ja päästökerroinkehityksestä.