

## Suomen vesiliikenteen päästöjen laskentajärjestelmä

### MEERI 2001

MOBILE<sup>2</sup> raportti M2T9916-16

Kari Mäkelä & Anu Tuominen  
VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Esa Pääkkönen

# **Suomen vesiliikenteen päästöjen laskentajärjestelmä MEERI 2001**

**Kari Mäkelä & Anu Tuominen  
VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Esa Pääkkönen**

VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Tutkimusraportti RTE 3166/02  
Espoo 2002



# MOBILE

VTT ENERGIA , Moottoritekniikka  
PL 1601, 02044 VTT, puh. (90) 4561, fax (90) 460 493

Julkaisun sarja, numero tai raporttikoodi:

MOBILE 2 M2T9916-16  
VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka,  
tutkimusraportti RTE 3166/02

Projektin tunnus:

**M2T9916**

Julkaisuaika:

2002

Julkaisun tekijä(t):

Kari Mäkelä, Anu Tuominen &  
Esa Pääkkönen

Projektin nimi:

Julkaisun nimike:

Suomen vesiliikenteen päästöjen laskentajärjestelmä MEERI 2001

Tiivistelmä:

Suomen vesiliikenteen päästöjen laskentajärjestelmä MEERI on ensimmäinen vuosittain päivitettävä vesiliikenteen laskentamalli Suomessa. Järjestelmän ensimmäinen versio MEERI 96 valmistui vuonna 1997. Tämä tutkimusraportti käsittelee kuudetta, vuoden 2001 tiedoilla päivitettyä versiota MEERI 2001. Projekti kuuluu osana LIPASTO 2001, MOBILE<sup>2</sup> -hankkeeseen, jossa selvitetään kaikkien liikennemuotojen päästöt Suomessa. MEERI 2001 projektissa valmistui tämän raportin lisäksi tietokoneohjelma MEERI 2001. Malli laskee vesiliikenteen aiheuttamien pakokaasujen määrän ja energiankulutuksen perusvuonna 2001. Laskentatulokset saadaan sekä valtakunnallisesti että satamakohtaisesti. Laskentajärjestelmä koskee meri- ja sisävesiliikennettä sekä huvi-veneilyä, työaluksia ja kalastusta Suomessa. Suomen armeijan veneet ja alukset eivät sisälly laskentaan. Karkealla tasolla päästömäärät on ennustettu vuodesta 1980 vuoteen 2021.

Mallin avulla voidaan laskea Suomen vesiliikenteen aiheuttamat päästöt seuraavista yhdisteistä: hiilimonoksidi (CO), hiilivedyt (HC), typen oksidit (NO<sub>x</sub>), hiukkaset (PM), rikkidioksidi (SO<sub>2</sub>) sekä hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>). Laskentaan sisältyy myös polttonesteenkulutus. MEERI 2001 laskentajärjestelmä on tarkoitettu lähinnä liikenneministeriön, Merenkululaitoksen ja VTT:n käyttöön. Tietoa LIPASTO 2001 ja MEERI 2001 laskentajärjestelmästä on nähtävissä VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan Web sivulla: <http://lipasto.vtt.fi>

Suomen vesiliikenteen aiheuttamat päästöt Suomen talousalueella vuonna 2001 olivat seuraavat: hiilimonoksidia (CO) 28 700 t, hiilivetyjä (HC) 10 500 t, typen oksideja (NO<sub>x</sub>) 73 800 t, hiukkasia 2 140 t, rikkidioksidia (SO<sub>2</sub>) 18 900 t ja hiilidioksidia (CO<sub>2</sub>) 3 310 000 t. Polttonesteitä kulutettiin yhteensä 1 110 000 t ja kokonaisenergiankulutus oli 45.7 PJ.

Vesiliikenteen päästöjen kehityksessä ei näyttäisi tulevaisuudessa tapahtuvan suuria muutoksia nykyhetken verrattuna muiden yhdisteiden paitsi rikkidioksidin osalta, jonka määrässä tapahtunee laskua vähärikkisempien polttonesteiden sekä jyrkempien satamamääräysten myötä.

Julkaisija: VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Avainsanat:

Rautatieliikenne, pakokaasupäästöt, malli

ISSN

1237-5721

ISBN

Tilausosoite:

Raportti on tulostettavissa kokonaisuudessaan pdf muodossa Web-osoitteesta:  
<http://lipasto.vtt.fi/lipasto/meeri>

Luokitus (UDK):

Kieli: Suomi

Sivuja: 42+liit.13



# MOBILE

VTT ENERGY, Engine Technology  
P.O.Box 1601, FIN-02044 VTT, FINLAND  
tel. +358-0-4561, fax +358-0-460 493

MOBILE<sup>2</sup> raportti M2T9916-16  
VTT Building and Transport  
Contractor Report RTE 3166/02 (in Finnish)

Project code:  
**M2T9916**

Published:  
2002

Author(s):

**Kari Mäkelä, Anu Tuominen &  
Esa Pääkkönen**

Project name:

Name of the  
publication:

**MEERI 2001. CALCULATION SYSTEM FOR THE FINNISH WATERBORNE TRAFFIC  
EMISSIONS**

Abstract:

MEERI 2001 is a sub model of the calculation system LIPASTO 2001 concerning waterborne traffic. This calculation system developed in VTT Building and Transport is the first annually updated waterborne calculation model in Finland. The model calculates the amount of emission and energy consumption caused by waterborne traffic in base year 2001. Calculation results are presented both countrywide and on individual port level. Calculation system includes sea and inland water traffic, leisure boating and fishing, and icebreaker traffic in Finland. Boats and vessels of the Finnish army are not included. MEERI 2001 is an update of the version MEERI 2000.

MEERI calculation system is based on port traffic service data. The system calculates emission amounts and energy consumption caused by waterborne traffic in shipping channels and in ports during base year 2001. Data is specified according to a type of ship (passenger ship, freight ship), its traffic service area (domestic traffic, international traffic), its origin (Finnish, international) and its tonnage (gross registered tons). In countrywide calculation it is possible to make an even more detailed choice of vessel type (e.g. passenger car ferry, tanker). Finnish waterborne traffic emissions can be calculated by the model from the following compounds: carbon monoxide (CO), hydrocarbons (HC), nitrogen oxides (NOx), particles (PM), sulphur dioxides (SO<sub>2</sub>) and carbon dioxides (CO<sub>2</sub>). Calculation includes fuel consumption as well. Web pages concerning MEERI model will be find on site:  
<http://lipasto.vtt.fi/lipastoe/meerie>

Publisher:

**VTT Building  
and Transport**

Keywords:

**Railway traffic, exhaust gas, emissions, model**

ISSN  
1237-5721

ISBN

Address for orders:

**VTT Building and Transport  
P.O.Box 1800  
FIN-02044 VTT  
Finland**

Classification (UDK):

Language: **Finnish**

Pages: **42+app.13**

## TIIVISTELMÄ

Suomen vesiliikenteen päästöjen laskentajärjestelmä MEERI on ensimmäinen vuosittain päivitettävä vesiliikenteen laskentamalli Suomessa. Järjestelmän ensimmäinen versio MEERI 96 valmistui vuonna 1997. Tämä tutkimusraportti käsittelee kuudetta, vuoden 2001 tiedoilla päivitettyä versiota MEERI 2001. Projekti kuuluu osana LIPASTO 2001, MOBILE<sup>2</sup> -hankkeeseen, jossa selvitetään kaikkien liikennemuotojen päästöt Suomessa. MEERI 2001 projektissa valmistui tämän raportin lisäksi tietokoneohjelma MEERI 2001. Malli laskee vesiliikenteen aiheuttamien pakokaasujen määrän ja energiankulutuksen perusvuonna 2001. Laskentatulokset saadaan sekä valtakunnallisesti että satamakohtaisesti. Laskentajärjestelmä koskee meri- ja sisävesiliikennettä sekä huviveneilyä, työaluksia ja kalastusta Suomessa. Suomen armeijan veneet ja alukset eivät sisälly laskentaan. Karkealla tasolla päästömäärät on ennustettu vuodesta 1980 vuoteen 2021.

Mallin avulla voidaan laskea Suomen vesiliikenteen aiheuttamat päästöt seuraavista yhdisteistä: hiilimonoksidi (CO), hiilivedyt (HC), typen oksidit (NO<sub>x</sub>), hiukkaset (PM), rikkidioksidi (SO<sub>2</sub>) sekä hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>). Laskentaan sisältyy myös polttonesteenkulutus. MEERI 2001 laskentajärjestelmä on tarkoitettu lähinnä liikenneministeriön, Merenkululaitoksen ja VTT:n käyttöön. Tietoa LIPASTO 2001 ja MEERI 2001 laskentajärjestelmistä on nähtävissä VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan Web sivulla: <http://lipasto.vtt.fi>

Suomen vesiliikenteen aiheuttamat päästöt Suomen talousalueella vuonna 2001 olivat seuraavat: hiilimonoksidia (CO) 28 700 t, hiilivetyjä (HC) 10 500 t, typen oksideja (NO<sub>x</sub>) 73 800 t, hiukkasia 2 140 t, rikkidioksidia (SO<sub>2</sub>) 18 900 t ja hiilidioksidia (CO<sub>2</sub>) 3 310 000 t. Polttonesteitä kulutettiin yhteensä 1 110 000 t ja kokonaisenergiankulutus oli 45.7 PJ.

Vesiliikenteen päästöjen kehityksessä ei näyttäisi tulevaisuudessa tapahtuvan suuria muutoksia nykyhetkeen verrattuna muiden yhdisteiden paitsi rikkidioksidin osalta, jonka määrässä tapahtunee laskua vähärikkisempien polttonesteiden sekä jyrkempien satamamääräysten myötä.

Kari Mäkelä, Anu Tuominen & Esa Pääkkönen 2002. Suomen vesiliikenteen päästöjen laskenta-järjestelmä MEERI 2001. *Calculation system for the Finnish waterway traffic emissions MEERI 2001* Technical Research Centre of Finland, Building and Transport, Research Report RTE 3166/02. 41 p. + apps. 13 p.

## ABSTRACT

MEERI 2001 is a sub model of the calculation system LIPASTO 2001 concerning waterborne traffic. This calculation system developed in VTT Building and Transport is the first annually updated waterborne calculation model in Finland. The model calculates the amount of emission and energy consumption caused by waterborne traffic in base year 2001. Calculation results are presented both countrywide and on individual port level. Calculation system includes sea and inland water traffic, leisure boating and fishing, and icebreaker traffic in Finland. Boats and vessels of the Finnish army are not included. MEERI 2001 is an update of the version MEERI 2000.

MEERI calculation system is based on port traffic service data. The system calculates emission amounts and energy consumption caused by waterborne traffic in shipping channels and in ports during base year 2001. Data is specified according to a type of ship (passenger ship, freight ship), its traffic service area (domestic traffic, international traffic), its origin (Finnish, international) and its tonnage (gross registered tons). In countrywide calculation it is possible to make an even more detailed choice of vessel type (e.g. passenger car ferry, tanker). Finnish waterborne traffic emissions can be calculated by the model from the following compounds: carbon monoxide (CO), hydrocarbons (HC), nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>), particles (PM), sulphur dioxides (SO<sub>2</sub>) and carbon dioxides (CO<sub>2</sub>). Calculation includes fuel consumption as well. Web pages concerning MEERI model will be find on site:

<http://lipasto.vtt.fi/lipastoe/meerie>

# ALKUSANAT

MEERI 2001 on kaikkien liikennemuotojen LIPASTO 2001 -laskentajärjestelmän alamalli. Koko LIPASTO 2001 -laskentajärjestelmän (ml. alamallit) päivityksen on rahoittanut MOBILE<sup>2</sup> -tutkimusohjelma, jossa tämän projektin rahoittajana on liikenne- ja viestintäministeriö.

Projektin vastuullisena johtajana on toiminut erikoistutkija Kari Mäkelä VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikasta. Työhön on osallistunut tutkija Anu Tuominen VTT rakennus- ja yhdyskuntatekniikasta. Ohjelmointityön on tehnyt Esa Pääkkönen.

# Sisällysluettelo

1	JOHDANTO .....	8
2	LASKENTAMALLIN RAKENNE .....	9
2.1	Yleistä .....	9
2.2	Valtakunnallinen laskenta .....	9
2.2.1	Rakenne .....	9
2.2.2	Satamapäästöt .....	9
2.2.3	Väyläpäästöt .....	11
2.3	Satamakohtainen laskenta .....	12
2.4	Aikasarjat ja ennusteet .....	13
3	LÄHTÖTIEDOT .....	14
3.1	Laskenta-alueen rajausta .....	14
3.2	Liikennöintitiedot .....	15
3.2.1	Satamakohtaiset liikennöintitiedot .....	15
3.2.2	Liikennöintitietojen muokkaus, jalostus ja luokittelu .....	16
3.2.3	Tietokantojen luonti .....	18
3.2.4	Liikennöintimäärien kehitys .....	20
3.3	Etäisyystiedot .....	20
3.4	Polttonestetiedot .....	20
3.4.1	Kulutus .....	20
3.4.2	Rikkipitoisuus .....	21
3.5	Päästökerrointiedot .....	23
3.5.1	Tutkitut yhdisteet .....	23
3.5.2	Päästölähteet .....	23
3.5.3	Päästökertoimien määrittäminen .....	24
3.5.4	Päästökertoimien kehitys .....	25
4	JÄRJESTELMÄKUVAUS .....	26
4.1	MUST malli .....	26
4.1.1	MUST-ohjelmistokehittäjän rakenne .....	26
5	LASKENTATULOKSET .....	29



5.1 Päästö määrät .....	29
5.2 Päästöjen vertailu .....	33
6 HERKKYYSTARKASTELU .....	37
7 YHTEENVETO .....	39

## LIITTEET

# 1 Johdanto

Yhä lisääntyvät kansainväliset velvoitteet ympäristökuormituksen vähentämisestä edellyttävät eri liikennemuotojen kansallisen päästötason tuntemista. Viranomaisiin ja liikennöijiin kohdistuu velvollisuus osoittaa toimintansa aiheuttama ympäristökuormitus.

Vesiliikenteen katsotaan perinteisesti olevan vähän ympäristöään kuormittava kulkumuoto. Päästömääristä riippumatta jokaisella kulkumuodolla tulee olla tieto päästömääristä ja -paikoista sekä päästöjen kehityksestä. Eri kulkumuotojen vertailu edellyttää yhtenäisten laskentaperusteiden olemassaoloa ja päästöprosessin tuntemusta.

Liikenteen suurin ympäristökuormitus tulee pakokaasupäästöistä. Vesiliikenne on yksi neljästä liikennemuodosta, joista suurin pakokaasupäästöjen aiheuttaja on tieliikenne. Sen ympäristökuormituksen selvittämiseksi on ryhdyttykin toimenpiteisiin huomattavasti ennen muita liikennemuotoja. Vuonna 1997 valmistui ensimmäinen vuosittain päivitettävä, kaikkien liikennemuotojen päästöt ja energiankulutuksen sisältävä laskentajärjestelmä LIPASTO. MEERI laskentajärjestelmä on LIPASTO:n alamalli vesiliikenteen päästöjen osalta. Tämä raportti sisältää laskentaperusteet sekä -tulokset vuoden 2001 tiedoilla päivitetystä laskentajärjestelmästä MEERI 2001. Liikenteen päästölasennan jatkuva kehittäminen ja seuranta edellyttävät päivitetävän järjestelmän olemassaoloa. Laskentajärjestelmä mahdollistaa ajantasaisen päästömäärien seurannan sekä erilaisten tulevaisuuden tilanteiden arvioinnin ja testauksen.

Vesiliikenteestä, samoin kuin rautatie- ja ilmaliikenteestä on vuoteen 1997 mennessä tehty vain päästöjen ja energiankulutuksen kertalaskentoja. Lähtötietojen saatavuus on laskentajärjestelmän luonnin kannalta olennainen asia. Vesiliikenteen liikennemääriä koskeva tieto (satamassakäynnit jne.) onkin Suomessa erittäin hyvin tilastoitua. Sen sijaan päästökerrointietoa on vähäistä mittausten kalleuden vuoksi.

## 2 LASKENTAMALLIN RAKENNE

### 2.1 Yleistä

MEERI 2001 -laskentajärjestelmän perustan muodostavat satamien liikennöintitiedot. Järjestelmä laskee vesiliikenteen aiheuttamien pakokaasujen määrän ja energiankulutuksen perusvuonna (2001) väylillä ja satamissa, jaoteltuna laivan tyyppin (matkustajalaiva, rahtilaiva), liikennöintialueen (kotimaanliikenne, ulkomaanliikenne), alkuperän (suomalainen, ulkomaalainen) ja koon (bruttorekisteritonnit) mukaan. Valtakunnallisessa laskennassa on laivatyyppi mahdollista valita vielä tarkemmin (esim. matkustajautolautta, säiliöalus). Mallin avulla voidaan laskea Suomen vesiliikenteen aiheuttamat päästöt seuraavista yhdisteistä: hiilimonoksidi (CO), hiilivedyt (HC), typen oksidit (NO<sub>x</sub>), hiukkaset (PM), rikkidioksidi (SO<sub>2</sub>) sekä hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>). Laskennassa on mukana myös poltonesteenkulutus. Päästötiedot saadaan sekä valtakunnallisesti että satamakohtaisesti. Päästömäärät lasketaan päästökerrointen ja laivojen energiankulutuksen tulona. Valtakunnalliseen laskentaan on lisäksi liitetty huviveneiden, kalastusalusten ja -veneiden, työalusten ja -veneiden sekä jäänmurtajien aiheuttamat päästöt ja energiankulutus. Suomen armeijan veneet ja alukset eivät sisälly laskentaan. Laskentajärjestelmä sisältää karkeat arviot vuosien 1980-1995 päästömääristä, tarkat laskennat vuosilta 1996, 1997, 1998, 1999, 2000 ja 2001 sekä ennusteet vuodesta 2002 vuoteen 2021.

### 2.2 Valtakunnallinen laskenta

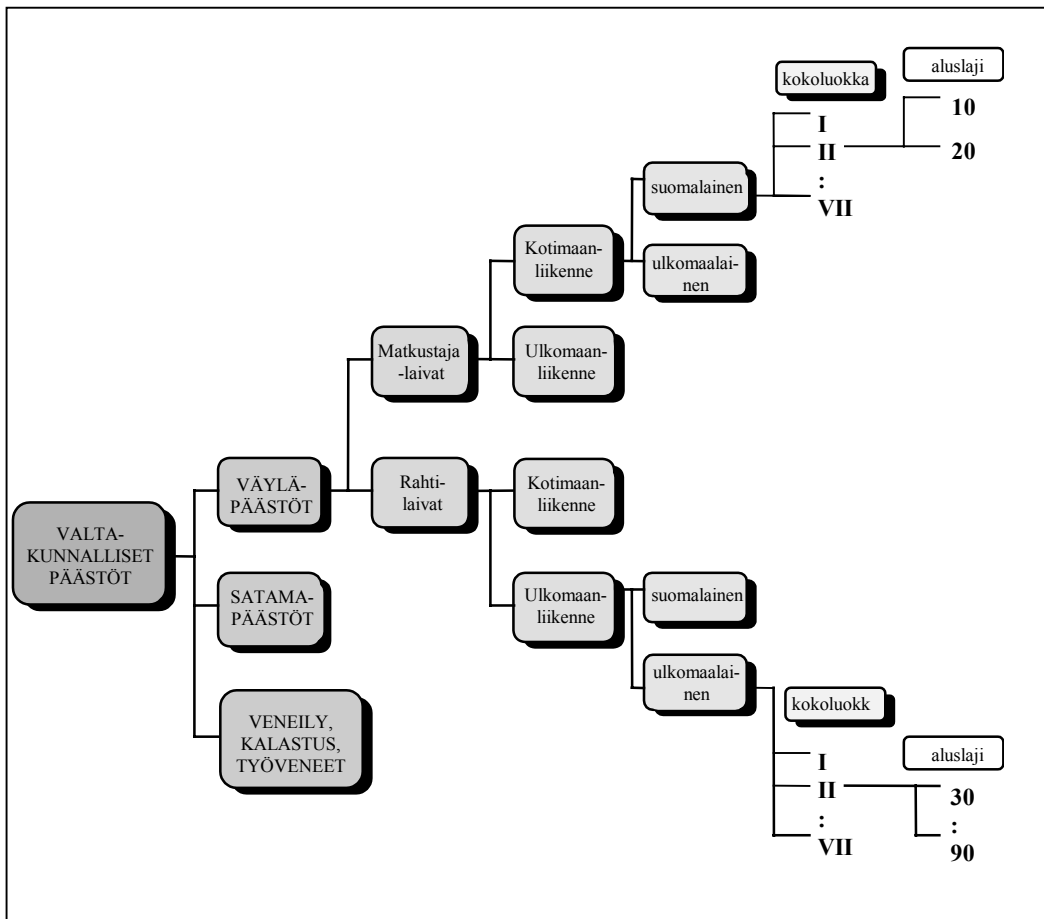
#### 2.2.1 Rakenne

Valtakunnallinen laskenta koostuu kahdesta osasta: **satamapäästöistä** ja **väyläpäästöistä**. Satamapäästöihin lasketaan kuuluviksi kaikki laivojen satama-alueella aiheuttamat päästöt (sekä liikkeessä että seisonta-aikana laiturissa), väyläpäästöihin kaikki väylällä ajon aikana aiheutetut päästöt. Veneliikenteen, kalastusalusten ja -veneiden, työalusten ja -veneiden sekä jäänmurtajien päästöt on laskettu omana kokonaisuutenaan. Työaluksiin ja -veneisiin on laskettu kuuluvaksi mm. merenkulkulaitoksen väylä-, mittaus- ja yhteysalukset, rajavartiolaitoksen ja tullilaitoksen alukset sekä Suomen Meripelastusseuran alukset. Kuvassa 1 on esitetty laivaliikenteen jaottelu valtakunnallisessa laskennassa.

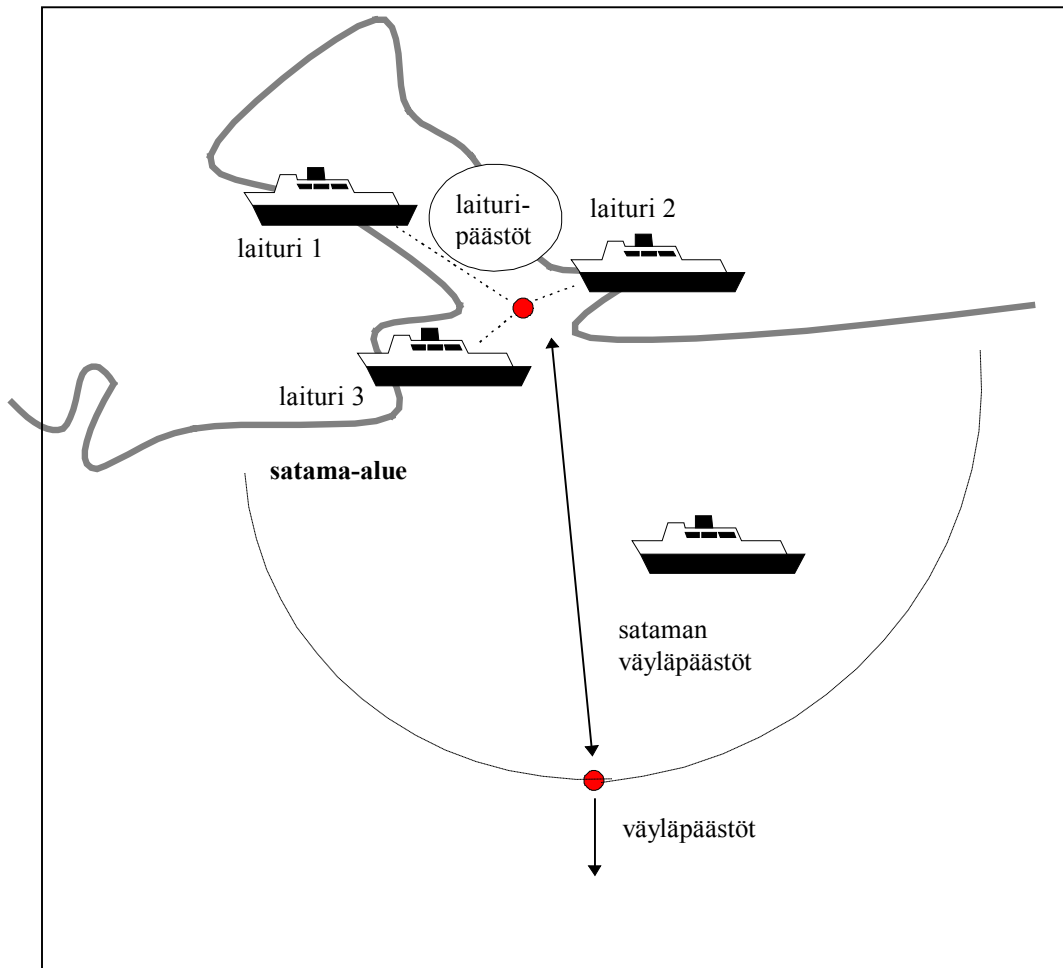
#### 2.2.2 Satamapäästöt

Satamapäästöjen laskenta perustuu satamassa käyneiden laivojen lukumäärään. Laskentamallissa määritellään laivojen energiankulutus satamaväylällä sekä seisonta-aikana laiturissa. Satamaväylällä liikennöintiin (sisääntuloväylien nopeusrajoitusjaksot + satamamanööverit) kuluva ajaksi on kaikkien laivojen osalta käytetty sekä lähtö- että saapumistilanteessa 20 minuuttia. Näiden aikojen osalta pääkoneistoa on kaikilla laivatyypeillä oletettu käytettävän 20 % kuormituksella. Apukoneistoa on oletettu käytettävän 80 % kuormituksella. Seisonta-aikana laiturissa on apukoneistoa oletettu käytettävä-

vän 60 % teholla, paitsi kokoluokassa VII, jossa käytettäväksi tehoksi on arvioitu 80 %. Rahtilaivojen seisonta-ajat laiturissa on määritelty ruotsalaisen tutkimuksen perusteella (Alexandersson et al. 1993). Ajat vaihtelevat kokoluokasta ja laivatyyppistä riippuen 43 tunnista 13 tuntiin. Matkustajalaivojen keskimääräiseksi seisonta-ajaksi on oletettu 7 tuntia. Satamapäästöt on saatu kertomalla energiankulutukset laiturissa ja satamaväylällä koneistojen kuormituksia vastaavilla päästökertoimilla ja laskemalla saadut päästöt yhteen (kuva 2).



Kuva 1. Laivaliikenteen jaottelu valtakunnallisessa laskennassa.



Kuva 2. Satamapäästöt = sataman väyläpäästöt + laituripäästöt

### 2.2.3 Väyläpäästöt

Väyläpäästöjen laskenta perustuu laivojen lukumäärän lisäksi niiden väylällä, satama-alueen ulkopuolella, kulkemaan matkaan (km). Kullekin satamassa käyneelle laivalle on laskettu määränpäästötietojen avulla sen väylällä kulkema matka ja energiankulutus. Pääkoneiden keskimääräiseksi kuormitukseksi väylällä on oletettu 80 % ja apukoneiden 30 %. Väyläpäästöt on saatu kertomalla laivojen energiankulutukset väylällä koneistojen kuormituksia vastaavilla päästökertoimilla.

Huviveneiden päästöjen laskenta perustuu niiden lukumäärään sekä vuosittaiseen käyttöaikaan (h/a/vene). Huviveneet on jaettu moottorityypin perusteella ryhmiin (perämoottoriveneet, sisäperämoottoriveneet, sisämoottoriveneet, hydrokopterimoottoriveneet, muut moottoriveneet, purjeveneet), joille kullekin on määritetty tyypillinen vuotuinen käyttöaika. Käyttöaikatiedot perustuvat aikaisempiin tutkimuksiin kotimaassa sekä Ruotsissa (Lundén 1993, Naturvårdsverket 1992). Veneiden keskimääräiseksi käyttötehoksi on arvioitu 50 % nimellistehosta.

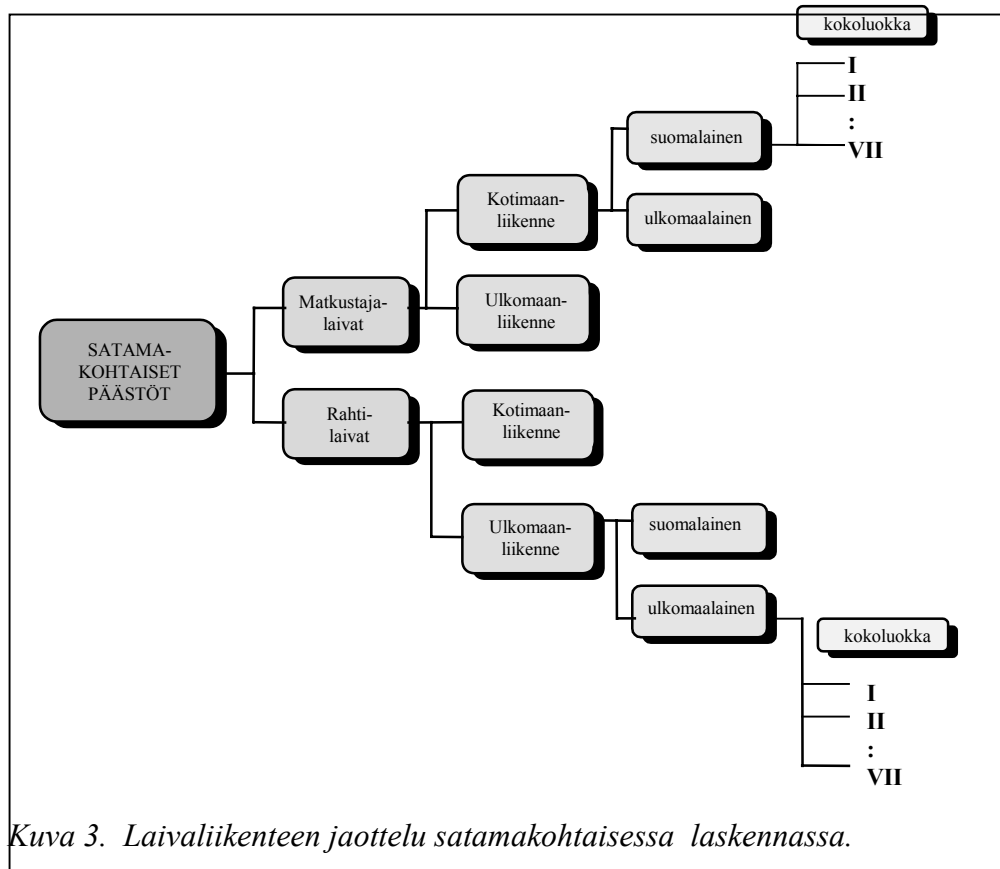
Kalastusalusten ja -veneiden sekä työalusten ja -veneiden päästöjen laskenta perustuu niiden lukumäärään sekä vuosittaiseen polttonesteen kulutukseen (kg/a/vene). Polttonesteen kulutus on arvioitu moottoritehon perusteella. Arviot perustuvat vastaavaan ruotsalaiseen tutkimukseen (Naturvårdsverket 1992).

Lukumäärät on saatu moottoriveneiden osalta venerekisteristä. Pienimpien, rekisteröimättömien moottoriveneiden sekä purjeveneiden lukumäärät on arvioitu aiemmin tehdyn kyselytutkimuksen perusteella (Lundén 1993). Kalastusalusten lukumäärä perustuu maa- ja metsätalousministeriön kalastusalusrekisteriin. Työveneiden ja -alusten lukumääräksi on arvioitu paremman tiedon puuttuessa 2/3 vastaavien työveneiden ja -alusten lukumäärästä Ruotsissa. Työaluksiin on laskettu kuuluvaksi myös alle 300 BRT:n rahti- ja matkustajalaivat, joita ei ole huomioitu muussa laskennassa. Ainoastaan tullilaitoksen, rajavartiolaitoksen, merenkululaitoksen sekä Suomen Meripelastusseuran veneistä ja aluksista oli saatavissa tarkkoja lukumäärätietoja.

Huviveneiden, kalastusalusten ja -veneiden sekä työalusten ja -veneiden päästöt on laskettu omana kokonaisuutenaan. Kullekin veneelle on laskettu sen vuotuinen energiankulutus. Päästöt on saatu kertomalla veneiden energiankulutukset moottoreiden päästöjä vastaavilla päästökertoimilla. Jäänmurtajien päästöjen laskenta perustuu niiden käyttämän polttonesteen määrään (Merenkululaitoksen tilastot).

## 2.3 Satamakohtainen laskenta

Satamakohtainen laskenta sisältää kaikkien Suomen satamien **satamapäästöt**. Laskennassa ei ole huomioitu satamien erityispiirteitä, vaan käytetyt lähtöoletukset ovat kaikille satamille samat. Satamakohtaiset tulokset ovat siten melko karkeita ja vain suuntaa antavia. Laskenta tapahtuu valtakunnallista laskentaa hiukan karkeammalla tasolla, laivatyypiksi on mahdollista määritellä ainoastaan rahti- tai matkustajalaiva. Veneliikenteen, kalastus- ja työalusten sekä jäänmurtajien päästöt eivät sisälly satamakohtaiseen laskentaan. Kuvassa 3 on esitetty laivaliikenteen jaottelu satamakohtaisessa laskennassa.



## 2.4 Aikasarjat ja ennusteet

Laskentajärjestelmä laskee perusvuoden 2001 lisäksi pakokaasupäästöt vuosilta 1980-2001 sekä ennustevuosilta 2002-2021. Sekä kuluneiden vuosien että ennustevuosien laskenta perustuu kehityskertoimiin, joilla perusvuoden pakokaasujen määrää korjataan. Suoritteiden kehityskertoimen kuvaava laivojen satamassakäyntien määrää perusvuoteen 2001 verrattuna. Aikasarjojen päästökertoimien kehityskertoimet (kullekin yhdisteelle omansa) kuvaavat päästökertoimien arvoja perusvuoden 2001 päästökertoimiarvoihin verrattuna. Vuoden 2001 kehityskertoimet ovat kaikissa tapauksissa 1.00. Laivaliikenteen suoritteiden kehitysennusteet perustuvat Merenkulkulaitoksen ja suurimpien varustamoiden (matkustajaliikenne) arvioihin. Päästökertoimien muutosennusteet taas ulkomaisiin tutkimustuloksiin ja arvioihin (G. Demker et al. 1994, Thune-Larsen et al. 1997). Liitteessä 1 on esitetty laskentajärjestelmässä käytetyt vuosittaiset suoritteiden kehityskertoimet eri laiva- ja venetyypeille ja liitteessä 2 vuosittaiset kehityskertoimet eri yhdisteille. Vertailuvuosi on molemmissa tapauksissa 2001.

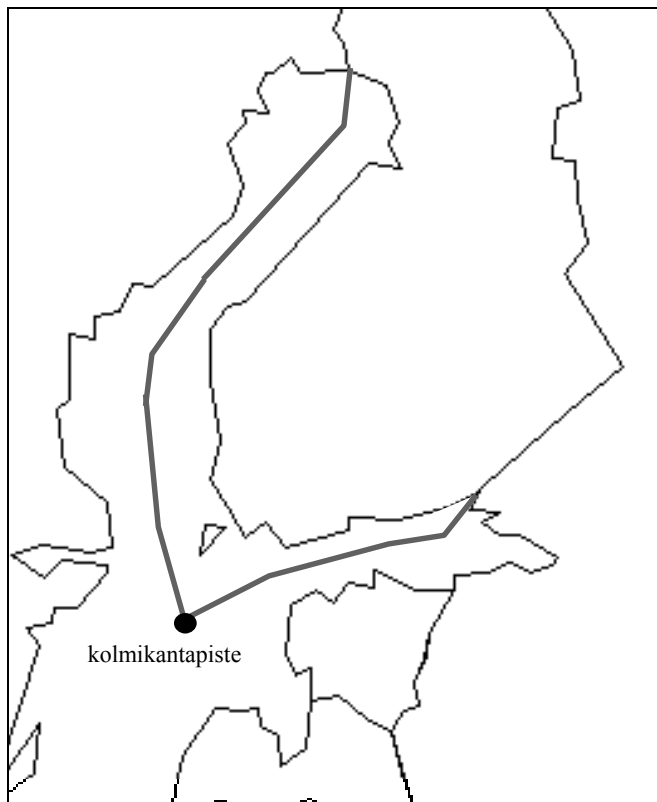
## 3 Lähtötiedot

### 3.1 Laskenta-alueen rajaus

Kansainvälisissä inventoinneissa (esim IPCC) kullekin maalle lasketaan polttoaineenkulutus ja päästöt vain kotimaanliikenteestä. Ulkomaanliikenteen osalta ilmoitetaan vain Suomesta ulkomaille meneviin laivoihin tankattu (bunkrattu) polttonesteen määrä. Suomen ulkomaanliikenteestä tämä luku ei kerro juuri mitään, koska ei ole tiedossa missä polttoneste kulutetaan. Tämän kansainvälisen tavan mukaan lasketut päästöt ja energiankulutus on nähtävissä IPCC:n mukaisella jaotuksella taulukossa 18 sivulla 35. Jotta kansallisesti saataisiin laivaliikenteen päästöt laskettua myös ulkomaanliikenteen osalta, on MEERI 2001 järjestelmässä menetelty seuraavasti.

MEERI 2001 laskentajärjestelmä kattaa suomalaisiin satamiin suuntautuvan laivaliikenteen päästöt Suomen talousalueella. Laskenta-alueeseen kuuluvat sekä rannikon satamat että sisävesisatamat. Kotimaanliikenteessä matkat on laskettu todellisena etäisyytenä kahden sataman välillä. Ulkomaanliikenteessä matkoiksi on oletettu etäisyys satamasta Suomen talousalueen uloimpaan pisteeseen, Ahvenanmaan eteläpuolella sijaitsevaan ns. "kolmikantapisteeseen" (Kuva 4). Kaiken ulkomaanliikenteen on oletettu suuntautuvan tähän pisteeseen, lukuun ottamatta matkustajaliikennettä väleillä Helsinki-Pietari, Helsinki-Tallinna, Kotka-Pietari, Kotka-Tallinna, Kotka-Viipuri, Lappeenranta-Pietari, Lappeenranta-Viipuri, Pietarsaari-Skellefteå, Pietarsaari-Umeå ja Vaasa-Umeå. Näiden satamien välillä on käytetty todellisia etäisyyksiä talousalueen rajalle. Välimatkojen määrittämiseen on käytetty Merenkululaitokselta saatuja etäisyystietoja.





*Kuva 4. Laskenta-alueen rajausta ja Suomen talousalueen uloin piste (“kolmikantapiste”) Ahvenanmaan eteläpuolella. Väyläpituudet kaikista satamista on ulkomaanliikenteessä laskettu tähän pisteeseen.*

## **3.2 Liikennöntiedot**

### **3.2.1 Satamakohtaiset liikennöntiedot**

Suomen satamissa rekisteröitiin vuonna 2001 yhteensä n. 76 000 liikennöintitapahtumaa. Tilastoissa on mukana kaikkiaan n. 80 satamaa. MEERI 2001 –laskentajärjestelmän suoritettuna on käytetty laivojen satamassakäyntien lukumääriä sekä näistä etäisyystietojen avulla laskettuja väyläkilometrejä. Satamassakäynnillä tarkoitetaan tässä yhteydessä laivan tulo- ja lähtötapahtumien yhdistelmää. Liikennöintitietoaineisto sisältää liikennöintitapahtumien lisäksi suuren määrän tilastotietoa kustakin saapuneesta ja lähteneestä laivasta. Näitä tietoja on hyödynnetty MEERI 2001:n syöttötietojen laskennassa.

Kaikkien Suomen satamien yhteenlaskettu satamassakäyntien lukumäärä vuonna 2001 oli 38 000 kpl. Tästä 4 % oli kotimaanliikennettä ja 96 % ulkomaanliikennettä. Rahti-

laivojen osuus kaikista satamassakäynneistä oli 57 % ja matkustajalaivojen 43 %. Rahtiliikenteestä kotimaanliikennettä oli 7.4 % ja matkustajaliikenteestä 0.01 %.

Huviveneiden sekä kalastus- ja työveneiden ja -alusten päästöt on laskettu omana kokonaisuutenaan. Laskennan perustan muodostavat lukumäärätiedot. Huviveneiden (moottoriveneet ja purjeveneet) lukumääräksi Suomessa vuonna 2001 on arvioitu n. 363 000 kpl. Arvio perustuu Länsi-Suomen lääninhallituksen koko Suomen kattaviin venerekisteritietoihin sekä arvioon rekisteröimättömien veneiden määrästä. Kalastusalusten ja -veneiden lukumäärä vuonna 2001 oli 3 600 kpl (Merenkulkulaitos & Maa- ja metsätalousministeriö, 2001). Tulliveneiden, rajavartiolaitoksen alusten, merenkulkulaitoksen alusten sekä Suomen Meripelastusseuran alusten yhteenlaskettu lukumäärä oli 151 kpl (Merenkulkulaitos & Maa- ja metsätalousministeriö, 2001). Näiden lisäksi muita työveineitä on arvioitu olevan 450 kpl ja työaluksia 1266 kpl.

Jäänmurtajien päästöjen laskenta perustuu niiden polttonesteen kulutukseen. Suomessa oli vuonna 2001 käytössä yhdeksän jäänmurtajaa, joiden polttonesteenkulutus oli yhteensä 13 000 tonnia (Merenkulkulaitos).

### 3.2.2 Liikennöintitietojen muokkaus, jalostus ja luokittelu

Liikennöintitiedot on jaettu kahteen pääryhmään: matkustajaliikenteeseen ja rahtiliikenteeseen. Näitä ryhmiä on käsitelty erillisinä muokkaus ja laskentaprosessien kaikissa vaiheissa. Laskentaa varten pääryhmiin jaetut liikennöintitapahtumat on jaoteltu seitsemään luokkaan laivojen bruttorekisteritonniin perusteella taulukoiden 1 ja 2 mukaisesti. Kullekin luokalle on laskettu liikennöintitietoihin perustuen keskiarvot pääkoneiden moottoritehoista ja nopeuksista. Apukoneiden keskimääräiset moottoritehot perustuvat Ruotsissa tehtyyn tutkimukseen (Alexandersson et al. 1993).

Kuvissa 5 ja 6 on esitetty Suomen satamissa vuonna 2000 käyneiden rahti- ja matkustajalaivojen lukumäärät ja väylillä ajettu kilometrit brt-luokittain. Kuvaajien muodot noudattelevat suhteellisen hyvin toisiaan. Lukumäärätietoja on käytetty satamapäästöjen laskennan, laivakilometrejä väyläpäästöjen laskennan lähtötietoina.

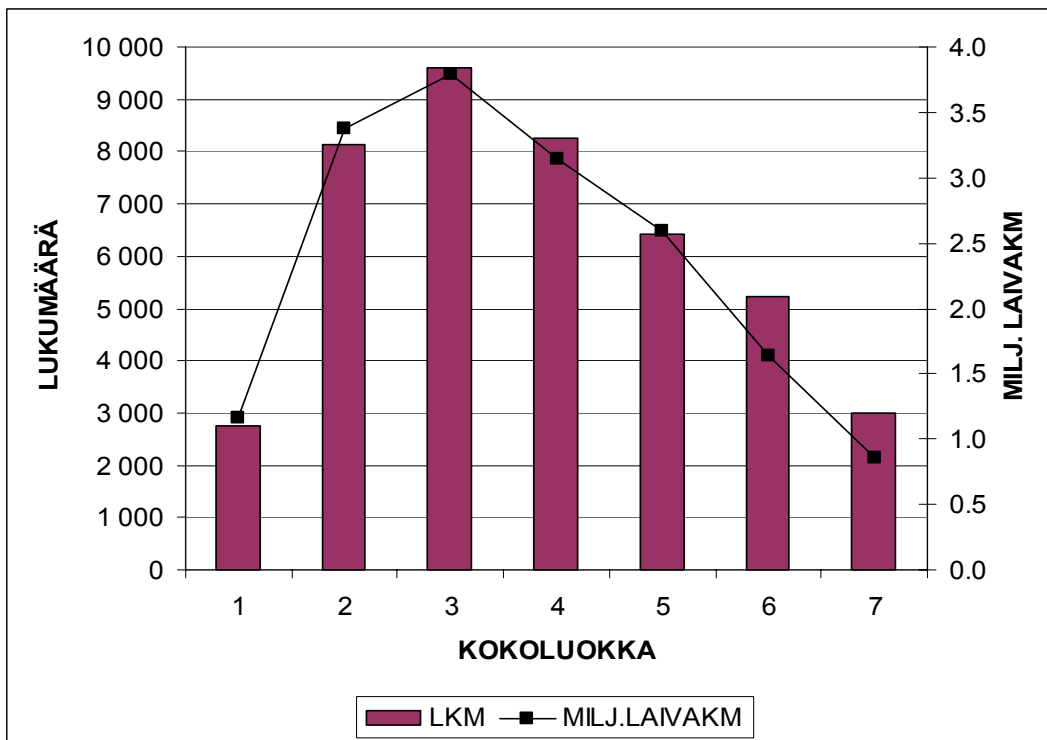
*Taulukko 1. Rahtilaivojen jako luokkiin bruttorekisteritonniin perusteella.*

Luokka	BRT	Teho (kW)	Apuk. teho (kW)	Nop. (80% teholla) km/h
1	300-999	672	230	17
2	1000-2499	1 236	346	20
3	2500-4499	2 763	520	23
4	4500-7999	5 019	786	26
5	8000-11999	8 571	1 122	28
6	12000-20999	12 534	1 447	30
7	>21000	18 202	1 770	33

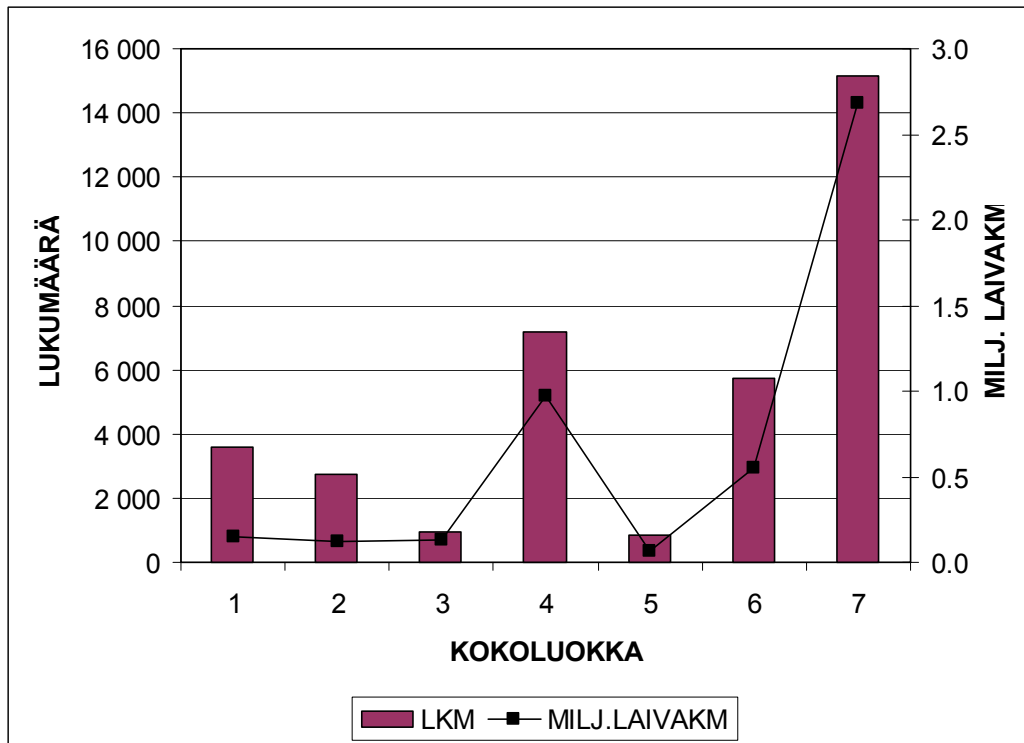
Taulukko 2. Matkustajalaivojen jako luokkiin bruttorekisteritonniin perusteella.

Luokka	BRT	Teho (kW)	Apuk. teho (kW)	Nop. (80% teholla) km/h
1	300-999	3 732	230	54
2	1000-2499	12 489	346	56
3	2500-4499	2 956	520	28
4	4500-7999	17 060	786	47
5	8000-11999	12 239	1 122	35
6	12000-20999	14 333	1 447	32
7	>21000	26 924	1 770	36

Huvi-, kalastus- ja työveneet sekä -alukset on jaettu laskentaa varten luokkiin moottoritehon perusteella. Tarkemmat luokitteluperusteet on esitetty tietokannan luonnin esittelyn yhteydessä luvussa 3.2.3.



Kuva 5. Rahtilaivojen satamassakäyntien lukumäärä ja laivakilometrit vuonna 2000 kokoluokittain.



Kuva 6. Matkustajalaivojen satamassakäyntien lukumäärä ja laivakilometrit vuonna 2000 kokoluokittain.

### 3.2.3 Tietokantojen luonti

Rahti- ja matkustajalaivojen liikennöintitiedoista on luotu MEERI:n kaksi erillistä tietokantaa. Toinen valtakunnallista ja toinen satamakohtaista laskentaa varten. Valtakunnallisessa tietokannassa esitetään satamassakäyntien lukumäärät sekä kilometrimäärät. Tapahtumat on jaoteltu brt-luokkien lisäksi liikennöintialueen (kotimaanliikenne, ulkomaanliikenne), alkuperän (suomalainen, ulkomaalainen) ja laivan tyypin mukaan. Rahtilaivojen tyypit ovat: junalautta, lastilautta, konttialus, irtolastialus, muu kuivalastialus, säiliöalus ja muu alus. Matkustajalaivat on vastaavasti jaettu matkustaja-aluksiin ja matkustaja-autolauttoihin. Satamakohtaisessa tietokannassa esitetään ainoastaan satamassakäyntien lukumäärät. Liikennöintitapahtumat on jaoteltu lähes samalla lailla kuin valtakunnallisessa laskennassa. Laivojen tyyppejä on vain vähemmän, ainoastaan pääluokat rahti- ja matkustajalaivat. Taulukossa 3 on esitetty mallipala valtakunnallisen laskennan tietokannasta. Esimerkissä on esitetty satamassakäyntien lukumäärät kotimaanliikenteessä oleville suomalaisille aluksille. Vastaava taulukko on myös kilometrimäärille.

Taulukko 3. Malli valtakunnallisen laskennan tietokannasta.

Liikalue	Alkuperä	Aluslaji	Lkm brt-luokittain						
			1	2	3	4	5	6	7
kotimaa	suom	junalautta	0	0	0	0	0	0	0
kotimaa	suom	lastilautta	0	0	0	306	0	0	0
kotimaa	suom	konttialus	0	0	0	0	0	0	0
kotimaa	suom	irtolastialus	69	174	0	0	0	0	0
kotimaa	suom	muu kuivalastialus	838	83	5	0	0	0	0
kotimaa	suom	säiliöalus	168	0	135	92	505	27	29
kotimaa	suom	muu alus	70	248	11	18	9	0	0
kotimaa	ulkom	junalautta	0	0	0	0	0	0	0
kotimaa	ulkom	lastilautta	0	0	0	0	0	0	0
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

Huviveneiden lukumäärätiedoista on luotu oma tietokantansa. Lukumäärätiedot on jaoteltu ryhmiin moottoriveneiden osalta moottorityypin (perämoottori, sisäperämoottori, sisämoottori, vesisuihkumoottori, muu) mukaan. Purjeveneitä on käsitelty omalla ryhmänään. Kunkin ryhmän sisällä veneiden lukumäärätiedot on jaoteltu moottoritehon (nimellisteho), moottorityypin (2-tahti, 4-tahti) sekä käytetyn polttoaineen (benssiini, diesel, muu) mukaan (taulukko 4). Veneiden keskimääräiseksi käyttötehoksi on arvioitu 50 % nimellistehosta.

Kalastusalusten ja -veneiden sekä työalusten ja -veneiden osalta on luotu vastaava, joskin suppeampi tietokanta. Kalastus- ja työveneiden sekä -alusten on oletettu käyttävän polttoaineenaan dieselöljyä. Malli tietokannasta on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 4. Malli huviveneiden tietokannasta (perämoottorit).

Teho (kW)	keskim. teho	tehon-käyttö (%)	lkm bens. 2-tahti	lkm bens. 4-tahti	lkm diesel	lkm muu polttoaine
<15	10	50	1013	222	0	4
15-30	22.5	50	2193	68	0	8
31-40	35	50	35239	1468	7	284
41-50	45	50	17969	1562	0	30
51-60	55	50	11415	2014	0	18
61-70	65	50	5970	1053	1	7
71-80	75	50	2872	507	0	6
81-90	85	50	949	3569	0	7
91-100	95	50	138	519	0	4
>100	120	50	779	4414	3	27

Taulukko 5. Malli kalastus- ja työveneiden tietokannasta (kalastusalukset ja -veneet)

Teho (hv)	lkm
<50	2347
50-100	547
100-200	404
>200	310

### **3.2.4 Liikennöintimäärien kehitys**

Rahti- ja matkustajalaivojen satamassakäyntien määrän kehitys on arvioitu vuoteen 2021 asti. Arviot on saatu Merenkulkulaitokselta sekä suurimmilta varustamoilta (matkustajalaivat). Vuosien 1980-2001 käyntimäärät perustuvat rekisteröityihin tilastotietoihin. Kehityksen arviointi on vaikeaa ja varsinkin kauemmas tulevaisuuteen tähtäävien ennusteiden tekeminen on miltei mahdotonta. Niinpä ennusteet ovatkin hyvin karkeita ja vain suuntaa antavia.

Myös huvi-, kalastus- ja työveneiden sekä jäänmurtajien lukumäärien ja polttonesteenkulutuksen arviointi tulevaisuudessa on vaikeaa. Huviveneiden määrän on arvioitu kasvavan vuoteen 2021 mennessä tasaisesti, kalastusalusten määrän laskevan. Arvio kalastusalusten lukumäärän kehityksestä on saatu maa- ja metsätalousministeriöstä. Työveneiden ja -alusten lukumäärän on arvioitu kehittyvän kalastusalusten lukumäärän kanssa samassa suhteessa. Jäänmurtajien kuluttaman polttonesteen määrä riippuu lähes yksinomaan talven kylmyydestä, niinpä tulevaisuuden kulutusarvoksi onkin valittu pitkän ajan keskiarvo.

Liitteessä 1 on esitetty eri laiva- ja venetyyppien suoritteille kehityskertoimet vuodesta 1980 vuoteen 2021.

## **3.3 Etäisyystiedot**

Etäisyystiedot Suomen satamien välillä sekä Suomen satamista talousalueen uloimpaan pisteeseen saatiin Merenkulkulaitokselta kahtena etäisyysmatriisina. Ennen tietokantojen luontia kunkin liikennöintitapahtuman yhteyteen liitettiin etäisyysmatriisista saatu suoritetiето (kilometrimäärä).

## **3.4 Polttonestetiedot**

### **3.4.1 Kulutus**

Dieselmootoreiden ominaiskulutus vaihtelee huomattavasti niiden rakennusajankohdan mukaan. Nykyaikaisen 2-tahtidieselmoottorin ominaiskulutus on 160 g/kWh ja nykyaikaisen 4-tahtidieselmoottorin 170-180 g/kWh. Vanhemmat moottorit taas kuluttavat 200-210 g/kWh. Pääkoneiston keskimääräisenä ominaiskulutuksena on laskentajärjestelmässä käytetty kaikille laivatyypeille kaikissa kuormitustapauksissa arvoa 200 g/kWh (Alexandersson et al. 1993).

Huviveneiden osalta polttonesteenkulutukseksi on arvioitu 450 g/kWh 2-tahtimoottoreilla, 300 g/kWh 4-tahtimoottoreilla ja 250 g/kWh diesel-tyyppisellä moottorilla. Vuosittaiset kokonaiskulutukset on saatu kertomalla eri moottorityypeille tyypilliset vuotuiset käyttöajat (taulukko 6) aikaisemmin esitettyjen teholuokkien keskimääräisillä tehoilla. Käyttöaika-arviot perustuvat aiempiin tutkimuksiin (Lundén 1993, Naturvårdsverket 1992). Veneiden keskimääräiseksi käyttötehoksi on arvioitu 50 % nimellistehosta.

Taulukko 6. Huviveneiden vuotuiset käyttöajat.

Venetyyppi	Käyttöaika h/a/vene
Perämoottoriveneet	25
Sisäperämoottoriveneet	40
Sisämoottoriveneet	45
Vesisuihkumoottoriveneet	45
Muut moottoriveneet	10/30 <sup>*)</sup>
Purjeveneet	10

<sup>\*)</sup> 10 h/a/vene alle 15 kW moottoreille, muille 30 h/a/vene

Kalastusalusten ja -veneiden sekä työalusten ja -veneiden kulutustiedot perustuvat ruotsalaiseen tutkimukseen (Naturvårdsverket 1992). Käytetyt kulutukset on esitetty taulukossa 7. Kulutuslukemat näyttävät olevan melko suuria ainakin suurten kalastusalusten osalta (150 000 l/a). Suomessa ei ole tehty tarkkaa tutkimusta, mutta 100 000 l/a tuntuisi oikeammalta Riista- ja kalatalouden tutkimuskeskuksen selvitysten perusteella. Tähän MEERI versioon korjausta ei ole vielä tehty.

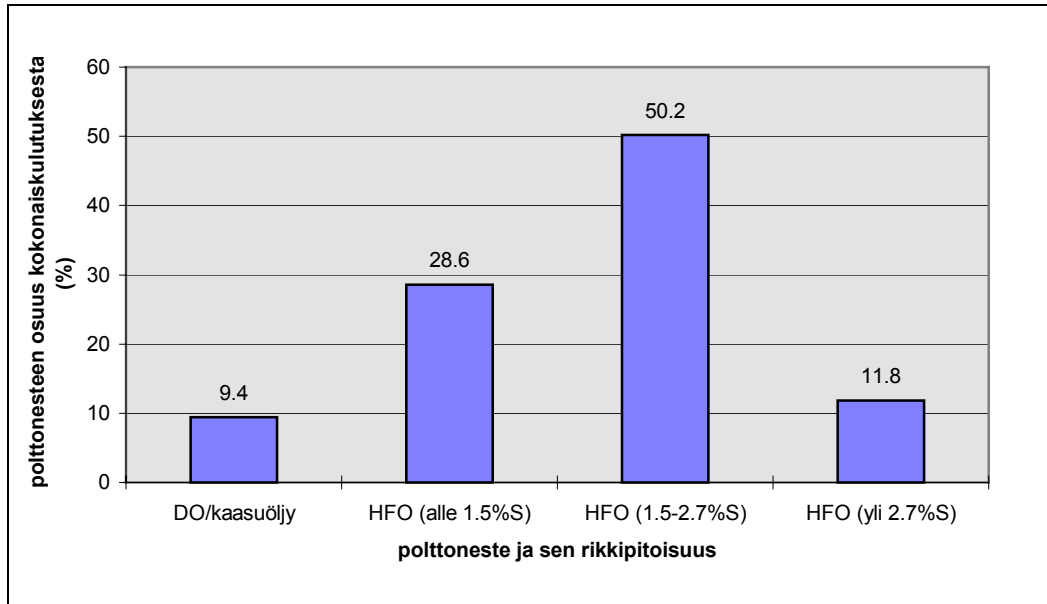
Taulukko 7. Kalastusalusten ja -veneiden ja työalusten ja -veneiden kulutustiedot.

Teho (hv)	kulutus l/a/vene		
	Kalastusalukset ja -veneet	työveneet	työalukset
<50	500	500	1000
50-100	1000	1000	3000
100-200	5000	2000	10000
>200	15000	10000	75000

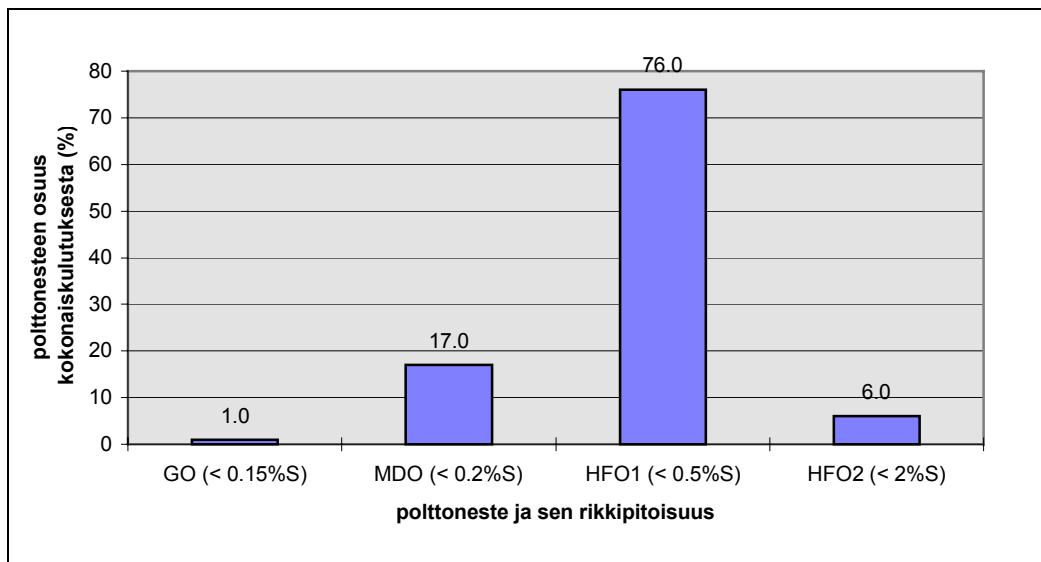
### 3.4.2 Rikkipitoisuus

Rikkipäästöt ovat suoraan verrannollisia käytetyn polttonesteen rikkipitoisuuteen, joten päästöt ovat laskettavissa polttoaineen kulutuksen ja rikkipitoisuuden perusteella. Merenkululaitos on teettänyt vuonna 1995 Suomen lipun alla purjehtivien laivojen polttonesteiden rikkipitoisuutta koskevan kyselyn. Polttonesteet on jaettu neljään luokkaan, joista yksi sisältää dieselöljyt (DO) ja kolme muuta raskaita polttoöljyjä (HFO) eri rikkipitoisuuksilla. Rahtilaivojen osalta sekä eri polttonesteiden kulutuksen että rikkipitoisuuden on laskentajärjestelmässä oletettu jakautuvan kyseisen selvityksen mukaisesti (kuva 7).

Matkustajalaivojen osalta eri polttonesteiden kulutus- ja rikkipitoisuustiedot (kuva 8) perustuvat suurimpien suomalaisten varustamojen antamiin tietoihin sekä Helsingin Kaupungin selvityksiin. Myös matkustajalaivoilla polttonesteet on jaettu neljään luokkaan, joista yksi sisältää dieselöljyt, yksi Marinediesel-öljyt ja kaksi muuta raskaita polttoöljyjä eri rikkipitoisuuksilla.



Kuva 7. Rahtilaivojen polttoneiteiden kulutus- ja rikkiarvojakautus (MKH 1994).



Kuva 8. Matkustajalaivojen polttoneiteiden kulutus- ja rikkiarvojakautus.

Edellä kuvatut eri polttoneiteiden kulutusosuudet ja rikkiarvot on oletettu samoiksi laivojen kaikkien kokoluokkien sekä pää- että apukoneille.

Huviveneiden käyttämän bensiinin rikkiarvoksi on arvioitu 0.05 paino-% ja dieselöljyn 0.12 paino-%. Kalastusalusten ja -veneiden sekä työalusten ja -veneiden käyttämän dieselpolttoneiteen rikkiarvoksi on arvioitu sama 0.12 paino-% kuin huviveneilläkin.



## 3.5 Päästökerrointiedot

### 3.5.1 Tutkitut yhdisteet

Laskentajärjestelmä laskee Suomen laivaliikenteen sekä pienveneilyn päästöt seuraavista yhdisteistä: hiilimonoksidi (CO), hiilivedyt (HC), typen oksidit (NO<sub>x</sub>), hiukkaset, rikkidioksidi (SO<sub>2</sub>) ja hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>). Rikkidioksidipäästöt ovat suoraan verrannolliset käytetyn polttonesteen rikkipitoisuuteen, muut päästöt lasketaan laivojen kokonaisenergiankulutuksen (kWh, kg<sub>pa</sub>) ja päästökerrointen (g/kWh, g/kg<sub>pa</sub>) avulla.

### 3.5.2 Päästölähteet

Laivojen päästölähteinä toimivat pääkoneet, apukoneet ja kattilat. Tähän tutkimukseen sisältyvät pää- ja apukoneiden päästöt, kattiloiden päästöjä ei ole huomioitu. Laivojen pääkoneistona on lähes poikkeuksetta yksi tai useampia 2- tai 4-tahtisia dieselkoneita. Keskinopea 4-tahtidieselmoottori on tavallinen alle 5000 brt aluksissa. Hidaskäyntinen 2-tahtimoottori on tyypillinen yli 5000 brt aluksissa. Tästä poikkeuksen muodostavat jäänmurtajat ja matkustaja-autolautat, joissa pääkoneisto koostuu useammista 4-tahtimoottoreista (Lundén 1992). Keskinopeiden ja hidaskäyntisten moottoreiden osuudet rahtilaivojen kussakin brt-luokassa (Taulukko 8) perustuvat Ruotsissa tehtyyn tutkimukseen (Alexandersson et al. 1991). Kaikki matkustajalaivojen koneet on oletettu keskinopeiksi 4-tahtimoottoreiksi ja jäänmurtajat hidaskäyntisiksi 2-tahtimoottoreiksi.

*Taulukko 8. Keskinopeiden ja hidaskäyntisten moottoreiden prosenttiosuudet brt-luokittain rahtilaivoilla.*

Luokka	BRT	Keskinopeat (%)	Hidaskäyntiset (%)	Yhteensä (%)
1	300-999	97	3	100
2	1000-2499	72	28	100
3	2500-4499	76	24	100
4	4500-7999	25	75	100
5	8000-11999	10	90	100
6	12000-20999	8	92	100
7	>21000	0	100	100

Apumoottoreita tarvitaan huolehtimaan aluksen energiahuollosta. Niillä tuotetaan tavallisesti tarvittava sähköenergia sekä käytetään pumppuja, nostureita, jäähdytys-, lämmitys- ja hydraulilaitteistoja jne. Apumoottoreiden teho vaihtelee aluksittain suuresti (Lundén 1992).

Pienveneiden moottorit ovat joko 2- tai 4-tahtisia bensiinimoottoreita tai dieselmoottoreita.

### 3.5.3 Päästökertoimien määrittäminen

Rahti- ja matkustajalaivojen päästöjen laskennassa kullekin tarkasteltavalle yhdistelle ominaiset päästökertoimet on määritetty käyttäen hyväksi useita kotimaisia ja ulkomaisia lähteitä. Mittaustuloksia on saatu Suomesta (Wärtsilä), Ruotsista (Mariterm), Norjasta (Maritek) ja Englannista (Lloyd's Register). Mittaustulosten perusteella kullekin yhdistelle on pyritty määrittämään sitä parhaiten kuvaava arvo (Liite 3). Taulukossa 9 on esitetty ensimmäisessä MEERI-järjestelmässä (MEERI 96) käytetyt päästökertoimien arvot. Vuosi 1996 on siis päästökertoimien osalta perusvuosi. Taulukossa 10 on esitetty ne kehityskertoimet joilla kertoimien perusarvot vuodelta 1996 on tarkasteluvuonna (tässä tapauksessa vuosi 2001) kerrottu, jotta kertoimet kuvastaisivat mahdollisimman hyvin arvoissa tapahtunutta kehitystä vuoteen 1996 verrattuna. Päästökertoimien arvioitu kehitys on erilainen rahti- ja matkustajalaivoille selvityksiä (G. Demker et al. 1994, Thune-Larsen et al. 1997).

Taulukko 9. MEERI 96:ssa käytetyt päästökertoimet.

Moottorityyppi	Kuormitus	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO <sub>x</sub> (g/kWh)	hiukkaset (g/kWh)	CO <sub>2</sub> (g/kWh)
2-tahti	80 %	0.6	0.4	17.7	0.5	600
	20 %	0.8	0.5	17.1	0.6	630
4-tahti	80 %	1.0	0.4	14.0	0.3	620
	20 %	2.0	0.5	16.0	0.4	650

Taulukko 10. MEERI 2001:n kehityskertoimet päästökertoimille (MEERI 96:een verrattuna).

Alustyyppi	vuosi	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO <sub>x</sub> (g/kWh)	hiukkaset (g/kWh)	S (%)	CO <sub>2</sub> (g/kWh)
Rahtilaivat	1996	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	1997	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	1.00
	1998	1.00	0.99	0.98	0.98	0.91	0.99
	1999	1.00	0.98	0.97	0.97	0.87	0.98
	2000	1.00	0.98	0.95	0.95	0.82	0.98
	2001	1.00	0.97	0.94	0.94	0.77	0.97
Matkustajalaivat	1996	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	1997	0.96	1.00	1.00	0.99	0.98	1.00
	1998	0.92	0.97	0.96	0.99	0.97	0.97
	1999	0.88	0.94	0.92	0.98	0.96	0.94
	2000	0.83	0.92	0.88	0.98	0.95	0.92
	2001	0.79	0.89	0.84	0.98	0.93	0.89

Kullekin rahtilaivojen kokoluokalle on määritetty päästökertoimet sen mukaan kuinka 2- tahtisten (hidaskäyntiset) ja 4-tahtisten (keskinopeat) prosenttiosuudet jakautuvat luokan sisällä (taulukko 8). Taulukossa 11 on esimerkki typen oksidien päästökertoimista kokoluokittain. Matkustajalaivojen moottorit on oletettu keskinopeiksi, joten kaikille niiden kokoluokille on käytetty 4-tahtimoottorien päästökertoimia. Samoin kaikille apukoneille sekä rahti- että matkustajalaivoissa on käytetty 4-tahtimoottorien kertoimia.

Huviveneille sekä kalastus- ja työveneille käytetyt päästökertoimet on esitetty taulukossa 12. Arvot perustuvat aikaisempiin tutkimuksiin (Lundén 1993, Naturvårdsverket 1992). Hiilidioksidipäästöt on suhteutettu kulutukseen. Jäänmurtaajille on käytetty rahtilaisvoille määritettyjä päästökertoimia.

Taulukko 11. Rahtilaisvojen typen oksidien päästökertoimet kokoluokittain (g/kWh).

Luokka	BRT	Kuormitus 80 %	Kuormitus 20 %
1	300-999	13.34	15.16
2	1000-2499	14.21	15.42
3	2500-4499	14.07	15.37
4	4500-7999	15.86	15.90
5	8000-11999	16.38	16.06
6	12000-20999	16.45	16.08
7	>21000	16.73	16.16

Taulukko 12. Huviveneille, kalastus- ja työveneille sekä -aluksille käytetyt päästökertoimet, MEERI 2001.

Moottorityyppi	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO <sub>x</sub> (g/kWh)	hiukkaset (g/kWh)	CO <sub>2</sub> (g/kWh)
<b>Huviveneet</b>					
2-tahti, alle 20 hv	200	150	2	5	1 397
2-tahti, yli 20 hv	220	100	4	4	1 397
4-tahti	150	15	8	0.5	931
diesel	4	1.5	15	1	786
Moottorityyppi	CO (g/kg <sub>pa</sub> )	HC (g/kg <sub>pa</sub> )	NO <sub>x</sub> (g/kg <sub>pa</sub> )	hiukkaset (g/kg <sub>pa</sub> )	CO <sub>2</sub> (g/kg <sub>pa</sub> )
<b>Kalastus- ja työveneet sekä -alukset</b>					
nopeakie. diesel	9	3	70	1.4	3 100

### 3.5.4 Päästökertoimien kehitys

Eri yhdisteiden päästökertoimien arvojen kehitys on arvioitu vuodesta 1980 vuoteen 2020 asti. Päästökertoimien arvot vuodelta 1996 ovat perusarvoja. Vuosittaisen päivityksen yhteydessä kaikkien yhdisteiden perusvuoden (tässä tapauksessa 2001) kertoimia muutetaan kertomalla ne kyseessä olevaa vuotta vastaavalla kehityskertoimella. Kehityskertoimien arvot ovat karkeita ja vain suuntaa antavia. Arvot on esitetty erikseen matkustaja- ja rahtilaisvoille. Lähteinä on käytetty sekä ulko- että kotimaisia selvityksiä (G. Demker et al. 1994, Thune-Larsen et al. 1997) että asiantuntija-arvioita. Liitteessä 2 on esitetty kuvaajat eri yhdisteiden kehityskertoimille vuodesta 1980 vuoteen 2021.

# 4 Järjestelmäkuvaus

## 4.1 MUST malli

Laskentajärjestelmä on toteutettu Suomessa kehitetyllä ja QPR Software Oyj:n markkinoimalla MUST (MUlti purpose System modelling Tool) ohjelmistoa käyttäen. Tietojen esitykseen ja näyttöjen rakentamiseen on käytetty Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelman versiota 97.

### 4.1.1 MUST-ohjelmistokehittimen rakenne

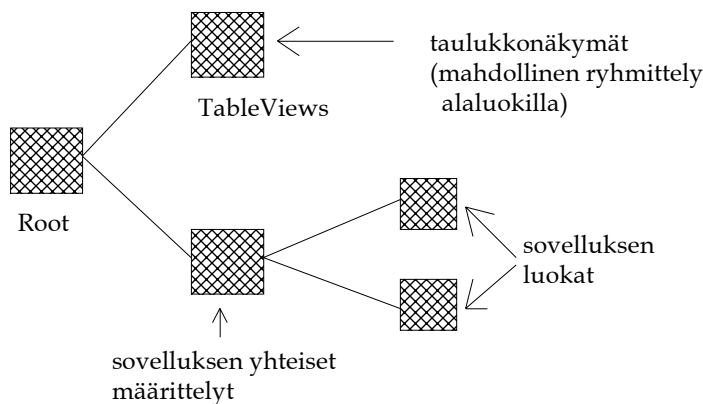
#### MUST-sovellusrakenne

MUST on mallintamistyökalu vaativien suunnittelu- ja analysointisovellusten rakentamiseen MS-Windows-ympäristössä. Sovellusrakenne sisältää seuraavat perusosiot:

- sovelluksen tietosisältö ja laskentalogiikka
- data ja sen sisältämät rakenteet
- loppukäyttäjän sovelluksen ja ulkoasun määrittely

eri yhteyksissä esitettävän tiedon valinta ja tarkasteluihin liittyvä toiminnallisuus

#### Mallin perusrakenne



#### Mallintamisen perustyökalut

- luokat (class)
  - määrittelevät rakenteen
  - hyvin määritelty paikka luokkahierarkiassa (yksikäsitteiset ylä- ja alaluokat)
- mallin muuttujat (item)
  - kuvaavat talletettavan datan

- tyyppitettyjä: perustana numero, numerolista, merkkijono
- linkit (relations)
  - kuvaavat datan sisältämät rakenteet
  - tyyppitys merkitsee kohdeluokkien rajausta, kaksisuuntaisuutta ja automaattista kohteiden luomista
- datataulukot (instances)
  - sovelluksen tiedot: arvot muuttujille ja linkeille
  - kuuluu aina täsmälleen yhteen luokkaan
- laskentasäännöt (calculation rules)
  - kuvaavat laskennallisia riippuvuuksia mallin muuttujien (ja linkkien) välillä
  - hyödyntävät muuttujia, linkkipolkuja ja laskentasääntöfunktioita
- instanssinäkymät (instance views)
  - kuvaavat rakenteellisia riippuvuuksia datataulukoiden välillä
  - määrättyjen luokkien (ja alaluokkien) tietyn linkin avulla kytketyt datataulukot
- taulukkonäkymät (table views)
  - poimivat tiedot sovelluksen/raportoinnin tarpeita varten sopiviksi kokonaisuuksiksi
  - toiminnallisuus: muuttujat, siirtymät toisiin taulukkonäkymiin

### **Periytyminen, perus- ja johdetut määrittelyt**

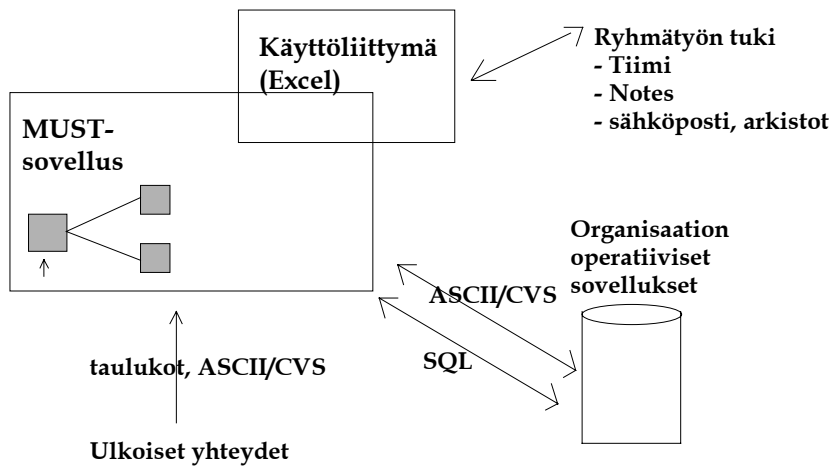
- MUSTissa luokkahierarkiassa toimii dynaaminen moniperintä
  - muutokset heijastuvat välittömästi kaikkiin alaluokkiin ja datataulukoihin
  - luokalla voi olla useampia yläluokkia
- linkin tai muuttujan määrittely on perusmäärittely (base relation, base item) silloin, kun määrittely ei ole peritty
- peritty määrittely on johdettu määrittely (derived relation, derived item)
  - vain perusmäärittelyn voi poistaa
  - johdettu määrittely voi vain tarkentaa perusmäärittelyä
    - muuttujan tyyppiä ei voi muuttaa
    - linkkien kohdeluokkia voi tarkentaa, mutta ei vaihtaa
- merkitys laskentasääntöjen kannalta

### **Mallin komponenttien “eristäminen”, ylläpidettävyys**

- käsitemalli/luokkahierarkia
  - tietosisällön ja tietojen rakenteen määrittely
  - tehokkuus, pelkistäminen ja toiminnallisuus
  - laskentalogiikka
- data (instanssit)
  - tiedot, muuttujien arvot
  - rakenteet ja rakenteelliset riippuvuudet
- taulukkonäkymät

- sovelluksen näkemät tietokokonaisuudet ja niiden toiminta
- ryhmittely sopiviksi kokonaisuuksiksi
- pelkistetyn sisältömallin ja sovelluksen toiminnallisuuden välinen kuvaus
- käyttöliittymäsovellus (remote)
  - ulkonäkö, layout
  - grafiikka
  - käyttäjien omien analyysien kytkeminen
  - sovelluskohtaiset räätälöinnit

## Koko sovellusarkkitehtuuri



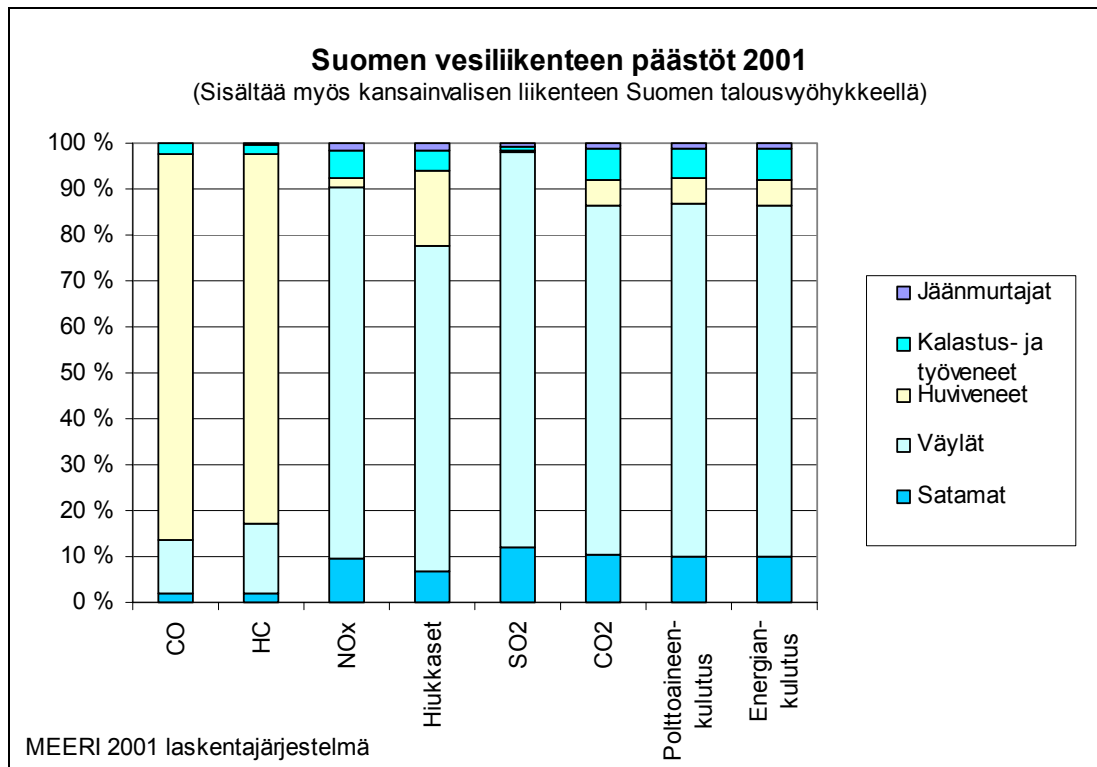
# 5 Laskentatulokset

## 5.1 Päästömäärät

Suomen vesiliikenteen aiheuttamat päästöt Suomen talousalueella vuonna 2001 olivat seuraavat: hiilimonoksidia (CO) 28 700 t, hiilivetyjä (HC) 10 500 t, typen oksideja (NO<sub>x</sub>) 73 800 t, hiukkasia 2 140 t, rikkidioksidia (SO<sub>2</sub>) 18 900 t ja hiilidioksidia (CO<sub>2</sub>) 3 310 000 t. Polttonesteitä kulutettiin yhteensä 1 110 000 t ja kokonaisenergiankulutus oli 45.7 PJ (taulukko 13, kuva 9).

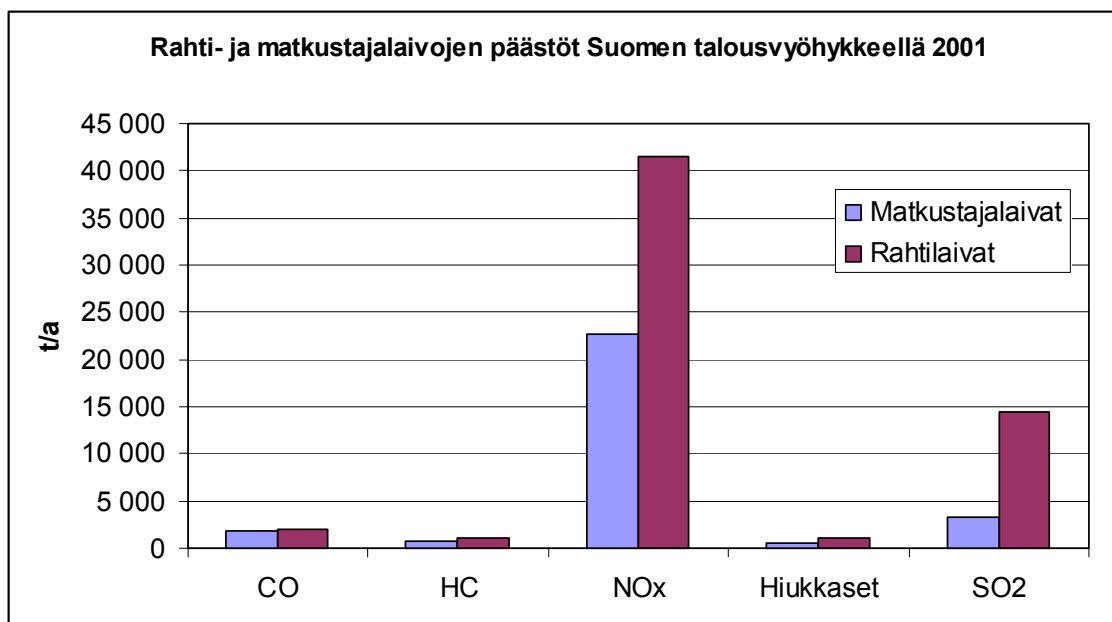
Taulukko 13. Suomen vesiliikenteen päästömäärät 2001.

	CO	HC	NO <sub>x</sub>	Hiukka- set	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	P.a. kulutus	Energian- kulutus
	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	GJ/a
Satamat	600	219	7 214	149	2 283	337 919	112 121	4 613 551
Väylät	3 330	1 598	59 501	1 507	16 293	2 522 411	848 666	34 926 633
Huviveneet	24 047	8 421	1 301	351	75	187 587	59 799	2 562 584
Kalastus- ja työveneet	646	208	4 672	100	149	221 612	71 776	3 028 961
Jäänmurtajat	39	25	1 074	30	128	37 771	13 049	541 888
<b>Yhteensä</b>	<b>28 661</b>	<b>10 471</b>	<b>73 762</b>	<b>2 137</b>	<b>18 927</b>	<b>3 307 300</b>	<b>1 105 411</b>	<b>45 673 616</b>



Kuva 9. Suomen vesiliikenteen päästömäärät 2001.

Taulukossa 13 on mukana ulkomaanliikenne, jota ei kansainvälisissä vertailuissa yleensä lasketa kansallisiin päästömääriin. Rahti- ja matkustajaliikenteen osalta päästöt on jaettu väylä- ja satamapäästöihin. Huviveneiden, kalastus- ja työveneiden sekä jäänmurtaajien osalta on esitetty vain yksi kokonaispäästömäärää kuvaava luku. Tulostaulukon luvut on esitetty tarkalleen järjestelmän tuottamassa muodossa. Lähtötietojen tarkkuuden edellyttämä esitystarkkuus olisi noin kolmen merkitsevän numeron tarkkuus. Matkustaja- ja rahtilaivojen aiheuttamia päästöjä on vertailtu kuvassa 10. Rikkidioksidin ja typen oksidien määrät ovat rahtilaivoilla selvästi suuremmat kuin matkustajalaivoilla. Rikkidioksidin (SO<sub>2</sub>) määrä on suoraan verrannollinen laivoissa käytettävien polttonesteiden rikkipitoisuuteen, mikä rahtilaivoilla onkin huomattavasti suurempi. Myös typen oksidien kokonaismäärä on rahtilaivoilla huomattavasti matkustajalaivoja suurempi.



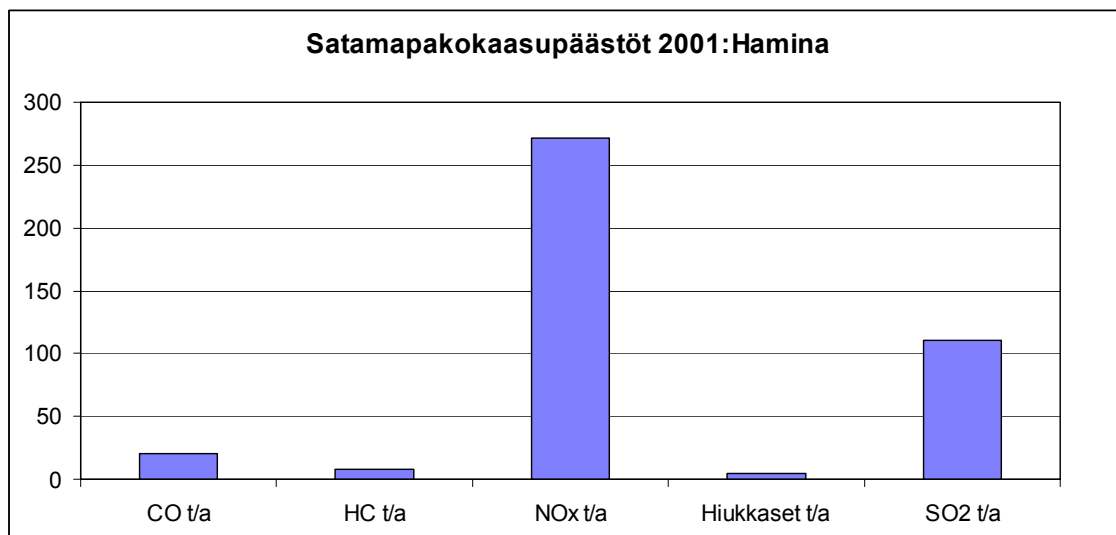
Kuva 10. Rahti- ja matkustajalaivojen päästöt Suomen talousvyöhykkeellä 2001.

Esimerkkinä satamakohtaisen laskennan tuloksista on taulukossa 14 ja kuvassa 11 esitetty laivaliikenteen aiheuttamat päästöt Haminan satamassa (sisältää 20 minuutin ajon sisään ja ulos satamasta ja laituripäästöt).

Taulukko 14. Laivaliikenteen aiheuttamat päästöt Haminan satamassa 2001.

	CO	HC	NO <sub>x</sub>	Hiukkaset	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	P.a. kulutus	Energiankulutus	Satamassa-käynnit
	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	GJ/a	lkm
<b>Hamina</b>	<b>20</b>	<b>8</b>	<b>272</b>	<b>5</b>	<b>111</b>	<b>12 385</b>	<b>4 173</b>	<b>171 551</b>	<b>1 154</b>





*Kuva 11. Laivaliikenteen pakokaasupäästöt Haminan satamassa 2001.*

Suomen sisävesiliikenteen päästöjen laskenta tehtiin MEERI96-laskentajärjestelmän luonnin yhteydessä erillisenä tarkasteluna. Vuoden 2001 tiedoilla (MEERI 2001) ei ole tehty uutta tarkastelua. Laskennan tulokset vuodelta 1996 on esitetty taulukossa 15. Sisävesiliikenteen osuus Suomen vesiliikenteen päästöjen ja energiankulutuksen kokonaismäärästä on hyvin pieni.

*Taulukko 15. Suomen sisävesiliikenteen päästöt 1996.*

	CO (t/a)	HC (t/a)	NO <sub>x</sub> (t/a)	hiukk (t/a)	SO <sub>2</sub> (t/a)	CO <sub>2</sub> (t/a)	Poltton. kul (t/a)	En.kul. (GJ/a)
Sisävesiliikenne	11	4	179	6	67	7629	2449	105293
muu laivaliikenne	14 203	5 141	62 334	1 697	19 485	2 526 232	843 940	34 830 753
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>14 214</b>	<b>5 145</b>	<b>62 513</b>	<b>1 703</b>	<b>19 552</b>	<b>2 533 861</b>	<b>846 389</b>	<b>34 936 046</b>

Aikasarjatarkastelussa aikajänteeksi on valittu vuodet 1980-2021, yhteensä 42 vuotta, joka on sama kuin LIPASTO 2001 järjestelmässä. Vuodet 1980-2001 kuvaavat satamassakäyntien osalta todellista, tapahtunutta kehitystä ja vuodet 2002 -2021 arvioitua tulevaisuuden kehitystä. Taulukossa 16 on esitetty eri yhdisteiden päästömäärien kehitys (kaikki laivatyyppit yhteensä) sekä polttoainenkulutus yhteensä vuodesta 1980 vuoteen 2021.

Liitteessä 4 on esitetty kuvina vesiliikenteen päästömäärien kehitys vuodesta 1980 vuoteen 2001 sekä ennuste vuosille 2002-2021. Hiilimonoksidipäästöissä (CO) on huviveneiden aiheuttamilla päästöillä suurin osuus. Huviveneiden määrä kasvoi voimakkaasti koko 80-luvun (liite 1/2) samoin kuin laivojen satamassakäyntimäärät. Kasvu huviveneiden osalta taittui 90 luvun alussa mikä aiheutti kasvun

Taulukko 16. Päästöaikasarja 1980-2021

	CO	HC	NO <sub>x</sub>	Hiuk- kaset	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	P.a. kulutus	Energian- kulutus
	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	TJ/a
1980	12 468	5 150	56 737	1 520	20 443	2 305 664	771 961	31 890
1981	12 951	5 318	55 469	1 493	19 712	2 266 923	758 511	31 335
1982	13 424	5 480	54 476	1 476	18 742	2 224 584	744 163	30 750
1983	14 161	5 735	53 557	1 465	18 770	2 199 309	735 883	30 405
1984	14 699	5 916	53 878	1 482	18 760	2 213 824	740 932	30 614
1985	15 780	6 316	55 221	1 537	19 024	2 259 638	756 939	31 279
1986	16 284	6 469	54 635	1 529	18 275	2 236 518	748 977	30 956
1987	17 209	6 801	57 297	1 606	19 067	2 345 532	785 795	32 474
1988	18 850	7 369	57 527	1 625	19 071	2 380 612	796 680	32 922
1989	20 247	7 852	58 689	1 669	19 103	2 437 820	815 460	33 699
1990	21 887	8 422	59 865	1 719	19 432	2 494 447	834 453	34 483
1991	21 913	8 382	59 964	1 719	19 053	2 500 922	836 486	34 567
1992	23 508	8 914	59 967	1 737	18 807	2 514 245	840 555	34 737
1993	23 643	8 936	62 903	1 814	19 589	2 623 835	878 149	36 285
1994	23 901	9 028	68 736	1 968	21 572	2 842 354	953 175	39 373
1995	23 944	8 969	67 871	1 933	20 514	2 826 452	946 420	39 094
1996	23 889	8 897	67 075	1 915	19 795	2 787 009	933 593	38 570
1997	24 121	9 010	71 505	2 027	21 324	2 964 704	993 735	41 043
1998	26 186	9 796	67 525	1 971	19 958	2 876 464	963 138	39 794
1999	27 681	10 305	76 606	2 170	19 925	3 371 326	1 127 967	46 599
2000	28 085	10 350	73 651	2 122	19 304	3 304 084	1 104 741	45 646
<b>2001</b>	<b>28 661</b>	<b>10 471</b>	<b>73 762</b>	<b>2 137</b>	<b>18 927</b>	<b>3 307 300</b>	<b>1 105 411</b>	<b>45 674</b>
2002	28 817	10 464	72 263	2 113	17 847	3 310 190	1 106 756	45 727
2003	28 874	10 405	70 187	2 073	16 714	3 298 908	1 103 055	45 573
2004	28 982	10 367	68 120	2 034	15 585	3 287 942	1 099 452	45 423
2005	29 044	10 310	66 065	1 992	14 418	3 276 293	1 095 627	45 263
2006	28 953	10 254	64 140	1 948	13 837	3 257 678	1 089 511	45 010
2007	28 997	10 155	61 922	1 904	13 205	3 235 346	1 082 020	44 700
2008	29 002	10 099	59 791	1 862	12 582	3 216 508	1 075 660	44 439
2009	28 958	10 034	57 685	1 821	11 965	3 197 171	1 069 140	44 170
2010	28 904	9 959	55 559	1 781	11 356	3 178 232	1 062 748	43 907
2011	28 929	9 902	53 965	1 753	10 781	3 164 574	1 058 149	43 717
2012	28 992	9 854	52 373	1 725	10 211	3 150 742	1 053 491	43 526
2013	29 096	9 796	50 794	1 698	9 646	3 136 911	1 048 833	43 334
2014	29 150	9 709	49 225	1 673	9 087	3 123 079	1 044 176	43 142
2015	29 205	9 712	47 669	1 648	8 532	3 109 247	1 039 518	42 951
2016	29 400	9 655	46 128	1 623	7 983	3 095 416	1 034 860	42 759
2017	29 636	9 639	44 602	1 599	7 439	3 081 584	1 030 203	42 568
2018	29 750	9 602	43 086	1 574	6 901	3 067 752	1 025 545	42 376
2019	29 975	9 577	41 583	1 550	6 530	3 053 920	1 020 887	42 184
2020	30 201	9 545	40 092	1 526	6 163	3 040 088	1 016 229	41 993
2021	30 427	9 560	38 612	1 502	5 800	3 026 256	1 011 571	41 801

loivenemisen myös CO päästöissä (liite 4/1). Nopea nousu kuvaajassa vuosien 1997 - 1999 kohdalla johtuu huviveneiden määrän odotettua suuremmasta kasvusta. Hiilivetyjen (HC) määrän kehitys on CO:n kanssa samansuuntainen, huviveneiden tuottamien päästöjen osuus ei kuitenkaan ole yhtä suuri kuin hiilimonoksidin tapauksessa. Typen oksideissa (NO<sub>x</sub>) laivojen ominaispäästöt ovat jatkuvasti alentuneet, mikä on pitänyt kokonaispäästöjen kasvun lievänä. Viime vuosina liikennöinnin määrässä on tapahtunut heilahteluja molempiin suuntiin, mikä näkyy myös NO<sub>x</sub>-päästöjen määrän vaihteluna.

Odotettavissa olevat parannukset moottoritekniikassa tullevat kääntämään päästömäärän laskuun. Hiukkasten osalta kehitys on typen oksidien kaltainen, mutta hiukan loivempi. Rikkidioksidipäästöjen (SO<sub>2</sub>) kehitys riippuu olennaisesti käytetyn polttonesteen rikki-pitoisuudesta. Laivaliikenne on kansainvälistä eikä rikkipitoisuuksien rajoituksia saada nopeasti aikaiseksi. Itämerellä tulevat voimaan tiukat normit, mikä näkyy rikkidioksidipäästöjen nopeana laskuna (liite 4/3). Hiilidioksidipäästöt ja energiankulutus tullevat jatkamaan kasvuaan lisääntyvän liikennöinnin seurauksena. Vesiliikenteen kokonais-päästömäärien ennusteet vuosille 2002-2021 on säilytetty MEERI 2001:ssä MEE-RI 1996:n mukaisina.

## 5.2 Päästöjen vertailu

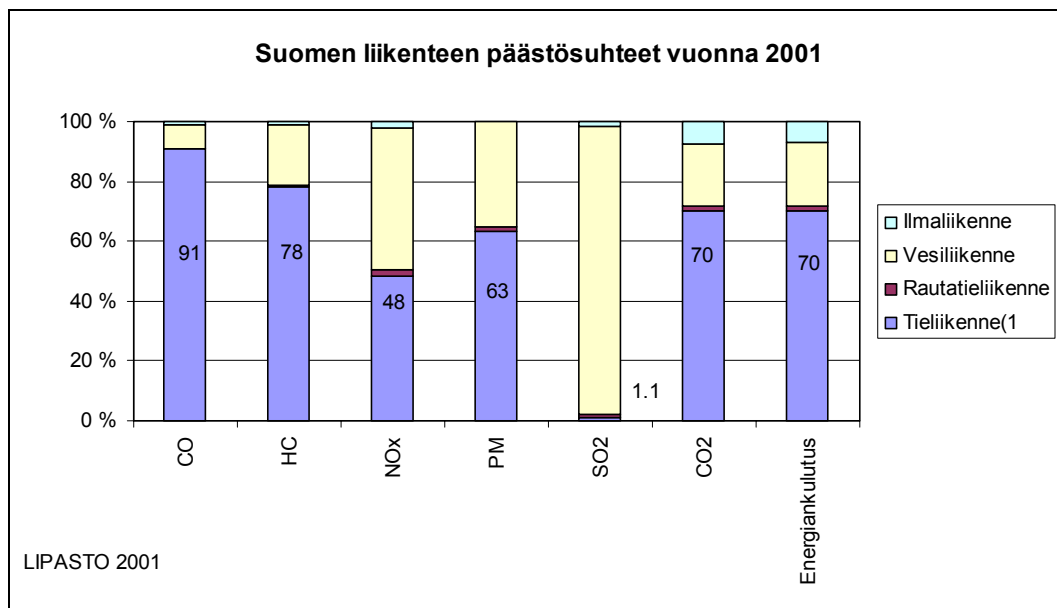
Taulukossa 17 ja kuvassa 12 on esitetty eri liikennemuotojen aiheuttamien päästömäärien vertailu vuodelta 2001. Tulokset ovat Suomen liikenteen päästöjen laskentajärjestelmä LIPASTO 2001:stä. Vesiliikenteen osuus liikenteen kokonaispäästöistä on kaikkien muiden yhdisteiden paitsi rikkidioksidin (SO<sub>2</sub>) osalta tieliikenteen jälkeen toiseksi suurin. Vesiliikenteen aiheuttamien typen oksidien (NO<sub>x</sub>) määrä on hiukan alle 50 %, hiukkasten 35 % ja hiilidioksidin (CO<sub>2</sub>) n. 21 % liikenteen kokonaispäästöistä. Vesiliikenteen aiheuttamat rikkidioksidipäästöt sen sijaan ovat yli 96 % rikkidioksidipäästöjen kokonaismäärästä. Vesiliikenteen päästöjen suuri määrä johtuu päästölaskennan aluerajauksesta: mukana on myös ulkomaan liikenteen Suomen talousvyöhykkeellä aiheuttamat päästöt. Kansainvälisessä laskennassa Suomelle tuleva määrä ilmenee taulukosta 18. Liitteessä 5 on esitetty kuvina Suomen liikenteen aiheuttamien päästömäärien arvioitu kehitys vuodesta 1980 vuoteen 2021.

Taulukko 17. Suomen liikenteen päästöt ja energiankulutus 2001.

	CO	HC	NOx	Hiukkaset	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Energian kulutus
	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	TJ/a
<b>Tieliikenne</b>	320 341	40 100	75 187	3 886	224	11 032 252	151
<b>Rautatieliikenne</b>	519	195	3 369	98	230	254 869	5.3
<b>Vesiliikenne</b>	28 661	10 471	73 762	2 137	18 927	3 307 300	46
<b>Ilmaliikenne</b>	3 234	437	3 389	0 <sup>(2)</sup>	283	1 137 717	15
<b>Yhteensä</b>	<b>352 755</b>	<b>51 203</b>	<b>155 706</b>	<b>6 121</b>	<b>19 664</b>	<b>15 732 138</b>	<b>217</b>

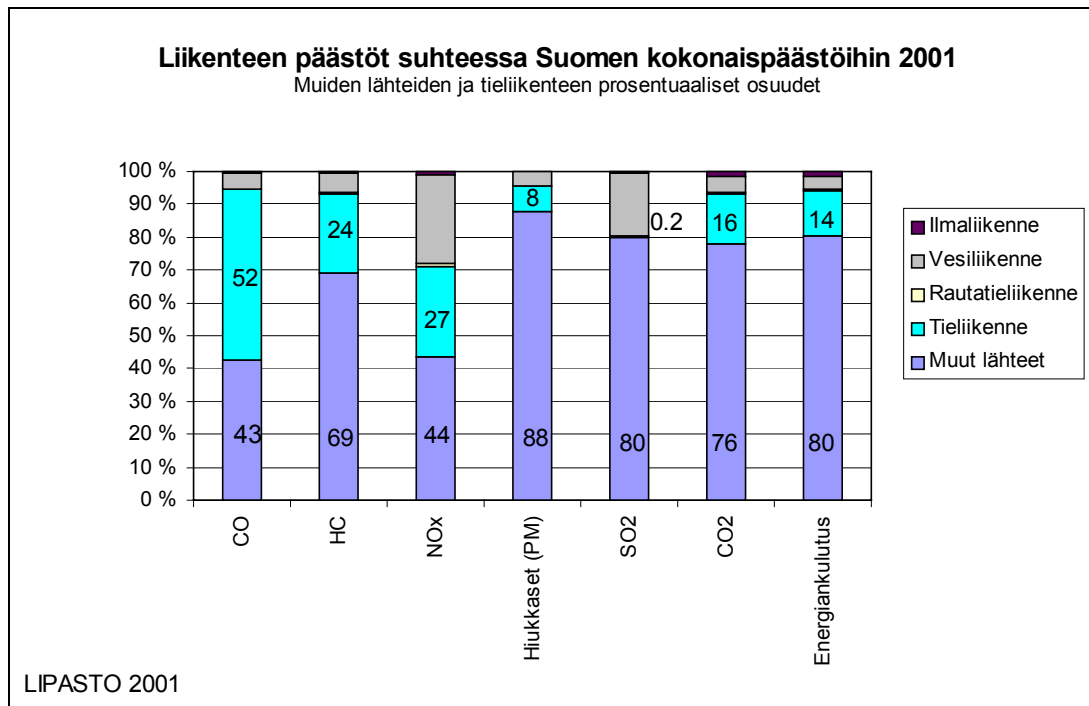
<sup>(1)</sup> tieliikenteen päästöluvut muuttuneet huomattavasti päästömallin kehittämisen seurauksena

<sup>(2)</sup> ilmaliikenteen hiukkastiedot puuttuvat



*Kuva 12. Suomen liikenteen päästöt 2001. Eri liikennemuotojen osuus päästöistä ja energiankulutuksesta (%) (ilmaliikenteen hiukkaspäästötiedot puuttuvat).*

Kuvassa 13 on vertailtu liikenteen päästöjä suhteessa Suomen kokonaispäästöihin (muut lähteet ovat kiinteitä lähteitä, kuten teollisuus ja energiantuotanto). Kuva osoittaa, että liikenteellä on hyvin erilainen osuus eri yhdisteissä. Hiilivety- ja typpioksidipäästöissä osuus on n. 70 % ja 55 %, kun taas rikkidioksidissa 20 %. Vaikka vesiliikenteen rikkidioksidipäästöt ovat liikenteen päästöjen joukossa runsaat (vesiliikenne sisältää myös ulkomaanliikenteen Suomen talousvyöhykkeen sisällä), ovat kiinteiden lähteiden rikkidioksidipäästöt edelleen ylivoimaisen suuria kokonaispäästöissä. Liikenteen päästöt ovat kokonaisuudessaan joka tapauksessa ratkaisevassa asemassa useiden yhdisteiden kohdalla.



*Kuva 13. Liikenteen päästöt suhteessa Suomen kokonaispäästöihin (ilmaliikenteen hiukkaspäästötiedot puuttuvat).*

Kansainvälisiin tarkoituksiin laskettavissa kansallisissa päästöraporteissa ulkomaanliikenteen päästöjä ei lasketa kokonaispäästöihin, vaan ne ilmoitetaan erikseen (taulukko 18). Esimerkiksi ilma- ja vesiliikenteessä varsinaisiksi liikenteen kansallisiksi päästöiksi lasketaan kotimaanliikenne ja ulkomaanliikenne ilmoitetaan erikseen. Vesiliikenteen osalta ei varsinaisesti ole olemassa yhtenäistä laskentatapaa ulkomaanliikenteen osalle, yleisimmin käytetään ulkomaan laivaliikenteen tankkaamaa poltonestemäärää eli bunkrausta muunlaisen tiedon puuttuessa. Sähköjunaliikenteen käyttämän sähköenergian aiheuttamat päästöt lasketaan sähköntuotannon päästöiksi ja varsinaisiksi rautatieliikenteen päästöiksi jäävät siten dieseljunaliikenteen aiheuttamat päästöt.

Taulukko 18. Liikenteen päästöt ja energiankulutus ilmaistuna IPCC:n suosittamalla jaotuksella sekä muiden lähteiden päästöt ja energiankulutus.

Suomen liikenteen päästöt vuonna 2001 IPCC:n suosituksen mukaisella jaotellulla [t]								Energian-
	CO	HC	NOx	Hiukkaset	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	kulutus [TJ]	
Tieliikenne	320 341	40 100	75 187	3 886	224	11 032 252	151 035	
Rautatieliikenne <sup>(1)</sup>	438	185	3 162	74	59	149 148	1 879	
Vesiliikenne <sup>(2)</sup>	24 485	8 596	6 715	482	1 144	413 755	5 741	
Ilmaliikenne <sup>(3)</sup>	2 029	160	1 283	0 <sup>(4)</sup>	93	375 633	5 050	
<b>Kotimaan liikenne yht.</b>	<b>347 294</b>	<b>49 041</b>	<b>86 347</b>	<b>4 442</b>	<b>1 520</b>	<b>11 970 789</b>	<b>163 705</b>	
Ulkomaille suuntautuvan liikenteen tankkaus (bunkraus)								Polttonesteen kulutus
Vesiliikenne, polttoöljyt <sup>(5)</sup>	2 540	1 120	38 500	950	9 550	1 810 000	23 900	585 000
Ilmaliikenne, lentopetrolit <sup>(5)</sup>	1 660	406	3 290	149	275	1 050 000	14 900	344 000
<b>Ulkomaan tankkaus yhteensä</b>	<b>4 200</b>	<b>1 520</b>	<b>41 800</b>	<b>1 100</b>	<b>9 830</b>	<b>2 860 000</b>	<b>38 800</b>	<b>929 000</b>

<sup>(1)</sup> Ei sähköjunaliikennettä

<sup>(2)</sup> Sisältää kotimaan kaupparenkulun lisäksi jäänmurtajat, työveneet ja huviveneet

<sup>(3)</sup> Sisältää kotimaan liikenteen, ei sotilasilmailua eikä helikoptereita

<sup>(4)</sup> Tieto puuttuu

<sup>(5)</sup> Ennakoarvio

#### Muut liikenteen päästöt Suomen alueella vuonna 2001 [t]

	CO	HC	NOx	Hiukkaset	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Energian- kulutus [TJ]
Rautateiden sähköliikenne	81	10	206	24	171	105 721	3 419
Vesiliikenteen ulkomaanliikenne <sup>(2)</sup>	3 796	1 752	64 256	1 596	17 690	2 762 221	38 167
Kalastusalusukset	380	123	2 791	60	93	131 323	1 781
Ilmaliikenteen ulkomaanliikenne <sup>(2)</sup>	978	254	1 838	0 <sup>(1)</sup>	127	509 693	6 849
Ilmaliikenteen yllennöt <sup>(2)</sup>	226	23	268	0 <sup>(1)</sup>	63	252 391	3 392
<b>Muu liikenne yhteensä</b>	<b>5 461</b>	<b>2 162</b>	<b>69 360</b>	<b>1 679</b>	<b>18 145</b>	<b>3 761 348</b>	<b>53 607</b>

<sup>(1)</sup> Tieto puuttuu

<sup>(2)</sup> Tässä esitetty ulkomaanliikenteen päästö tapahtuu Suomen talousvyöhykkeen sisällä eikä sitä lasketa IPCC:n jaotellussa Suomelle

Lähde: LIPASTO 2001 laskentajärjestelmä

#### Muut Suomen päästölähteet vuonna 2001 [t]

	CO	HC	NOx	Hiukkaset	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Energian- kulutus [TJ]
Muut lähteet (ennuste) <sup>(1)</sup>	262 000	115 000	121 000	44 000	78 000	55 000 000	880 000

<sup>(1)</sup> Sisältää polttoaineet, siten mukana eivät ole ydin-, vesi-, tuulivoima, sähkön nettotuonti eikä teollisuuden reaktiolämpö

Lähde: Tilastokeskus

## 6 Herkkyystarkastelu

MEERI 2001 laskentajärjestelmän laskennan kaksi pääkomponenttia ovat aktiviteetin määrä (satamassa käynnit, polttonesteenkulutus) ja päästökertoimet (g/kWh, g/kg polttonestettä). Päästöjen määrä riippuu ratkaisevasti näistä. Aktiviteetin määrän vähentäminen 100 % aiheuttaa päästöihin 100 %:n vähenemän. Samoin päästökertoimien nollaaminen nolaa päästöt.

**Väyläpituudet.** Yksi olennainen osa aktiviteetin määrään vaikuttavista tekijöistä on laskennassa käytetyt väyläpituudet. Väyläpituudeksi on kotimaan liikenteen osalta määriteltä satamien todellinen etäisyys toisistaan. Ulkomaanliikenteessä on määriteltä etäisyys satamasta Suomen talousalueen ulkorajalle ns. kolmikantapisteeseen. Ero on huomattava mikäli matka laskettaisiin vain kansainvälisen veden rajalle. On kuitenkin luonnollisempaa käyttää laskenta-alueena talousaluetta. Koska väyläpäästöt muodostavat suurimman osa vesiliikenteen päästöistä ja päästöt lasketaan suhteessa alusten ajamaan kilometrimäärään, vaikuttaa väyläpituus lähes suorassa suhteessa päästöjen määrään. Verrattaessa tämän laskentajärjestelmän tuloksia aikaisempiin laskelmiin, tulee ottaa huomioon erilaisten päästökertoimien lisäksi mahdolliset Suomen laskenta-alueen määrittelyerot.

**Satamapäästöt.** Järjestelmä koostuu väyläpäästöistä ja satamapäästöistä. Satamapäästöjen määrä riippuu siitä, miten suuri osa laivan toiminnoista lasketaan sataman osuudeksi. Satamapäästöjen osuus on yhdisteestä riippuen 2 - 11 % yhteenlasketuista väylä- ja satamapäästöistä, joten laivaliikenteen kokonaispäästöihin satamapäästöillä ei ole suurta merkitystä. Satamaväylällä liikennöintiin (sisääntuloväylien nopeusrajoitusjaksot + satamamanööverit) kuluvaksi ajaksi on kaikkien laivojen osalta käytetty sekä lähtöettä saapumistilanteessa 20 minuuttia (arvio). Esimerkiksi ajan puolittaminen (10 min) vähentää satamapäästöjä 10-16 % yhdisteestä riippuen ja laivaliikenteen päästöjä 1-2 %.

Satamassa seisonta-aika on matkustajalaivoille 7 tuntia ja rahtilaivoille 13-43 tuntia alustyyppistä riippuen. Tämän ajan puolittaminen pienentää satamapäästöjä 33-40 % yhdisteestä riippuen ja laivaliikenteen päästöjä 3-4,6 %.

**Apukoneiden päästöt.** Apukoneiden osuus laivaliikenteen (satamat, väylät) päästöistä on seuraavan taulukon mukainen.

*Taulukko 19. Apukoneiden osuus laivaliikenteen päästöistä.*

Yhdiste	%-osuus
CO	17.8
HC	14.8
NO <sub>x</sub>	13.3
Hiukkaset	11.4
CO <sub>2</sub>	15.1

**Polttonestetyypit.** Rahtilaivojen eri polttonestetyyppejä on järjestelmässä yhteensä neljä. Näiden osuus laivaliikenteen polttonesteidien kulutuksesta on jonkin verran epävarmaa ja lähteenä on käytetty lähinnä Suomessa bunkrattavia suhteita. Suurin vaikutus

on rikkidioksidipäästöjen (SO<sub>2</sub>) määrään (18 927 t/a). Ulkomailla bunkrattavien polttonesteiden rikkisisällöllä on olennainen vaikutus päästömäärään.

**Päästöjen kehitys.** Päästöjen kehitys (sekä menneisyys että tulevaisuus) määräytyy tässä järjestelmässä yksinomaan satamassakäyntien lukumäärän muutoksina ja päästö-kertoimien lukuarvon muutoksina indeksien avulla toteutettuna. Edellä mainitut indeksit määräävät siten suorassa suhteessa päästömäärien kehitykseen.

**Alustyyppit.** Alustyyppi vaikuttaa ratkaisevasti päästöjen määrään päästöyhdisteestä riippuen. Hiilimonoksidissa (CO) ja hiilivedyissä (HC) huviveneiden osuus on huomattava, CO 84 %, HC 80 % kuvan 9 mukaisesti. Tämä johtuu ennen kaikkea näissä veneissä käytetyistä bensiinimoottoreista. Huviveneiden päästölaskenta ei varsinaisesti sisälly tähän järjestelmään, vaan laskennassa on käytetty hyväksi aikaisempaa päästöselvitystä (Lundén 1993). Huviveneiden päästölaskenta on hyvin epävarmaa veneiden suuren lukumäärän ja käytön epämääräisyyden vuoksi. Huviveneiden hiilimonoksidipäästöt ovat noin 7 % tieliikenteen päästöistä.



## 7 Yhteenveto

Suomen vesiliikenteen päästöjen laskentajärjestelmä MEERI on ensimmäinen vuosittain päivitettävä vesiliikenteen laskentamalli Suomessa. Järjestelmän ensimmäinen versio MEERI 96 valmistui vuonna 1997. Tämä tutkimusraportti käsittelee kuudetta, vuoden 2001 tiedoilla päivitettyä versiota MEERI 2001. Projekti kuului osana LIPASTO 2001 projektiin, jossa selvitettiin kaikkien liikennemuotojen päästöt Suomessa. MEERI 2001 malli laskee vesiliikenteen aiheuttamien pakokaasujen määrän ja energiankulutuksen perusvuonna 2001. Laskentatulokset saadaan sekä valtakunnallisesti että satamakohtaisesti. Karkealla tasolla päästömäärät on ennustettu vuodesta 1980 vuoteen 2021. Laskentajärjestelmä koskee meri- ja sisävesiliikennettä sekä huviveneilyä ja kalastusta Suomessa. Suomen armeijan veneet ja alukset eivät sisälly laskentaan.

MEERI 2001-laskentajärjestelmän perustan muodostavat satamien liikennöintitiedot. Satamassakäyntien lukumäärän ja väylillä ajettujen kilometrimäärien perusteella lasketaan vesiliikenteen kokonaisenergiankulutus. Päästömäärät lasketaan päästökerrointen ja energiankulutuksen tulona.

Mallin avulla voidaan laskea Suomen vesiliikenteen aiheuttamat päästöt seuraavista yhdisteistä: hiilimonoksidi (CO), hiilivedyt (HC), typen oksidit (NO<sub>x</sub>), hiukkaset (PM), rikkidioksidi (SO<sub>2</sub>) sekä hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>). Laskentaan sisältyy myös polttonesteenkulutus. MEERI 2001 laskentajärjestelmä on tarkoitettu lähinnä liikenneministeriön, Merenkululaitoksen ja VTT:n käyttöön. Tietoa LIPASTO 2001 ja MEERI 2001 laskentajärjestelmistä on nähtävissä VTT Yhdyskuntatekniikan Web sivulla:

<http://lipasto.vtt.fi/>

Suomen vesiliikenteen aiheuttamat päästöt Suomen talousalueella vuonna 2001 olivat seuraavat: hiilimonoksidia (CO) 28 700 t, hiilivetyjä (HC) 10 500 t, typen oksideja (NO<sub>x</sub>) 73 800 t, hiukkasia 2 140 t, rikkidioksidia (SO<sub>2</sub>) 18 900 t ja hiilidioksidia (CO<sub>2</sub>) 3 310 000 t. Polttonesteitä kulutettiin yhteensä 1 110 000 t ja kokonaisenergiankulutus oli 45.7 PJ.

Rahti- ja matkustajaliikenteen osalta päästöt on jaettu väylä- ja satamapäästöihin. Huviveneiden, kalastus- ja työveneiden sekä jäänmurtajien osalta on esitetty vain yksi kokonaispäästömäärää kuvaava luku. Haitallisimpien yhdisteiden (typen oksidit ja rikkidioksidi) osalta rahtilaivat ovat suurimpia saastuttajia. Niiden osuus kyseisten yhdisteiden päästöistä on yli kaksi kolmannesta kokonaispäästömäärästä.

Vesiliikenteen päästöjen kehityksessä ei oleteta tulevaisuudessa tapahtuvan suuria muutoksia pitkäaikaiseen kehitykseen verrattuna muiden yhdisteiden paitsi rikkidioksidin osalta. Vuodesta 1998 vuoteen 2001 päästömäärien kasvu kaikkien yhdisteiden osalta oli ennalta arvioitua suurempaa. Rikkidioksidipäästöjen määrässä tapahtunee laskea vähärikkisempien polttonesteiden sekä jyrkempien satamamääräysten myötä.

# Lähdeluettelo

Alexandersson Anders, Flodström Eje, Öberg Rolf, Stålberg Peter. Exhaust Gas Emissions from Sea Transportation. MariTerm AB, Swedish Transport Research Board. TFB REPORT 1993:1. 225 s. + liitt.

Demker G., Flodström E., Sjöbris A., Williamson M. Miljöeffekter av transportmedelsval för godstransporter. Kommunikations forsknings beredningen. Handelshögskolan vid Göteborg Universitet, MariTerm AB. KFB rapport 1994:6. 235 s. + liitt.

Huhtinen Markku, Korhonen Risto, Laine Kai, Latvala Juha, Orava Ismo. Laivadiieselien päästöjen mittausta ja valvonta. SIHTI-tutkimusohjelman projektin 2-12 loppuraportti. Kotkan ammattikorkeakoulu. Teknillinen oppilaitos. Energiatekniikan linja. Tutkimusraportti 1. Kotka 1993. 97 s. + liitt.

Lundén Kai. Merenkulku ja ympäristö. Veneliikenteen päästöt. Turun yliopiston merenkulkualan koulutuskeskuksen julkaisuja B54. Turku 1993. 109 s. + liitt.

Lundén Kai. Laivaliikenteen ympäristöpäästöt. Turun yliopiston, merenkulkualan koulutuskeskus. Helsinki 1992. Liikenneministeriön julkaisuja 27/92. 44 s. + liitt.

Marine Exhaust Emission Research Programme. Phase II Air Quality Impact Evaluation. Lloyd's Register 1991. 19 s. + liitt

Marine Exhaust Emission Research Programme. Steady State Operation. Lloyd's Register 1991. 17 s. + liitt

Marine Exhaust Emission Research Programme. Steady State Operation. Slow Speed Addendum. Lloyd's Register 1991. 5 s. + liitt.

Merenkululaitos, Maa- ja metsätalousministeriö 2001. Suomen kauppalaivasto ja kalastusluvat 2001. Helsinki 2002. 295 s.

Merenkululaitoksen vuositilasto 1996. Helsinki 1997. 74 s.

Meriliikenne Suomen ja ulkomaisten välillä 1994. Merenkululaitoksen tilastoja 5/1995. Helsinki 1995. 109 s.

Mäkelä k., Tuominen A. & Pääkkönen E., Suomen liikenteen päästöjen laskentajärjestelmä LIPASTO 2001. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, tutkimusraportti RTE 3164/02, MOBILE<sup>2</sup> raportti M2T9916-13. 42 s. + 6 liitt.

Mäkinen Jaana. Raide- vesi- ja ilmaliikenteen ympäristöhaitat. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Rakennus- ja maanmittaustekniikan osasto. Espoo 1991. 113 s. + liitt.

Naturvårdsverket, sjöfartsverket 1992. Miljöpåverkan från fritidsbåtar, fiske- och arbetsfartyg. Naturvårdsverket rapport 3993.

Tamminen Jaana. Laivojen dieselkoneiden pakokaasupäästöt. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, konetekniikan osasto. Espoo 1991. 85 s.

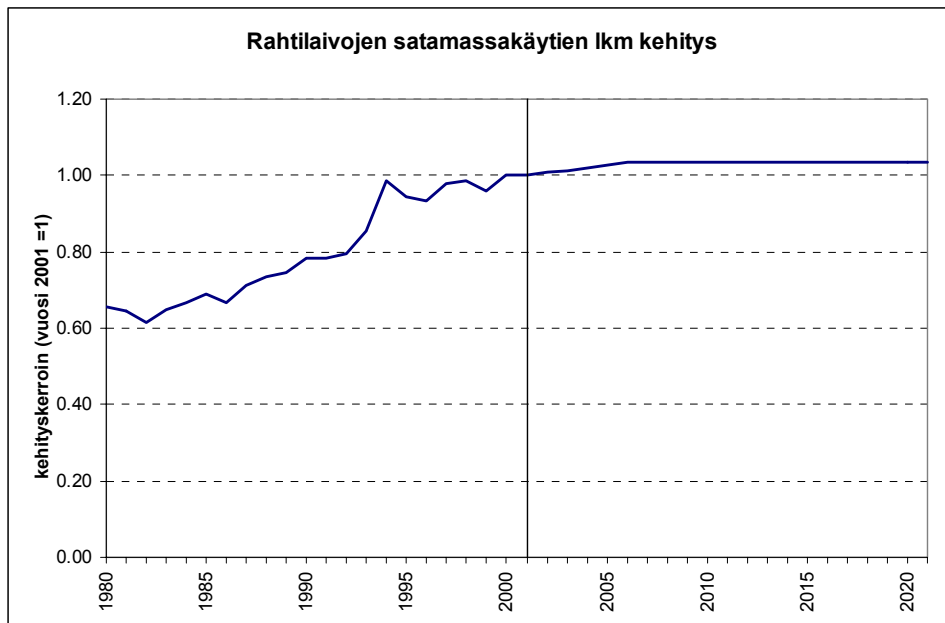
Tamminen Jaana. Suomen laivaliikenteen rikin ja typen oksidien päästöt sekä päästöjen vähentämismahdollisuudet. Helsinki 1992. Ympäristöministeriö Ympäristönsuojeluosasto selvitys 99/1992.

Thune-Larsen Harald, Madslie Anne, Lindfjord Jan Erik. Energieffektivitet og utslipp I transport. Transportøkonomisk institutt. Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning. TØI notat 1078/1997. 32s. + liitt.

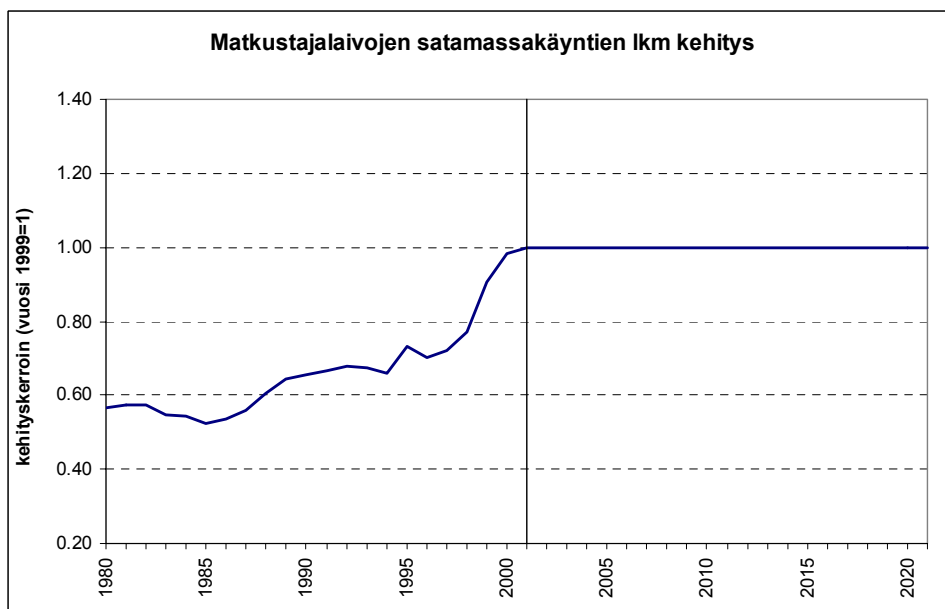
## Liite A

### Laiva- ja veneliikenteen suoritteiden kehityskertoimet

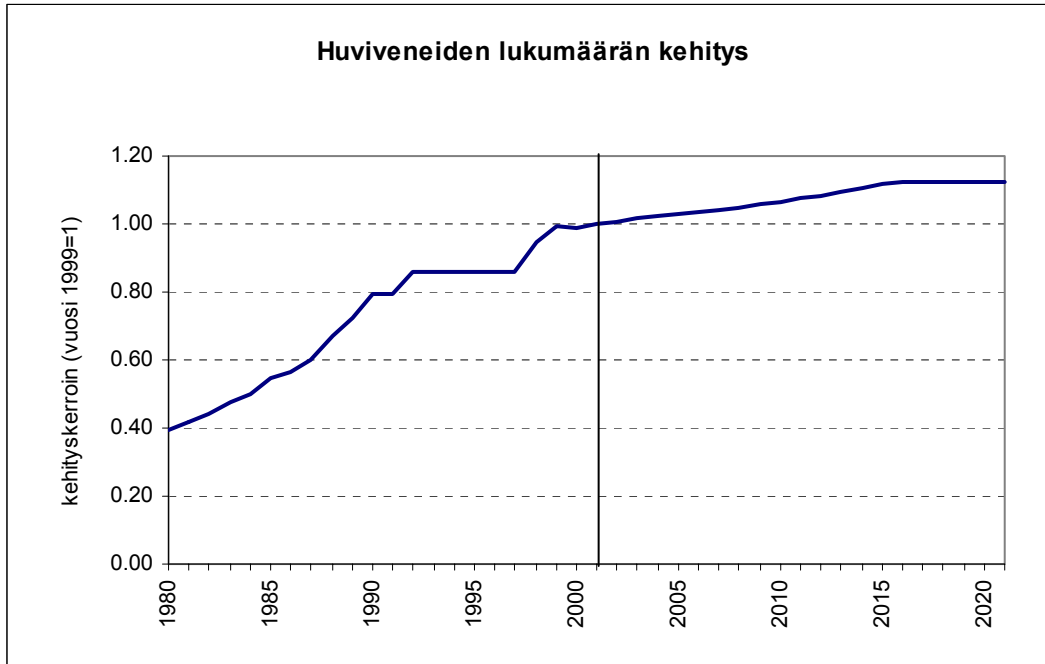
Laivaliikenteen satamassakäyntien kehityskertoimet on esitetty erikseen rahtilaivoille (kuva 1) ja matkustajalaivoille (kuva 2). Perusvuoden 2001 arvo on 1.0. Huviveneiden päästöjen laskenta perustuu niiden lukumäärään, joten myös kehityskerroin koskee lukumäärää (kuva 3). Jäänmurtaajien päästölaskennan perusta on polttonesteen kulutus. Kehityskerroin kuvaa siis polttonesteen kulutusta vuoteen 2001 verrattuna. Kalastus- ja työveneiden suoritteiden ennusteina on käytetty rahtilaivojen suoritteiden kehityskertoimia. Kertoimien ennusteet perustuvat Merenkulkulaitoksen, suurimpien varustamojen (matkustajalaivat) ja Maa- ja metsätalousministeriön arvioihin.



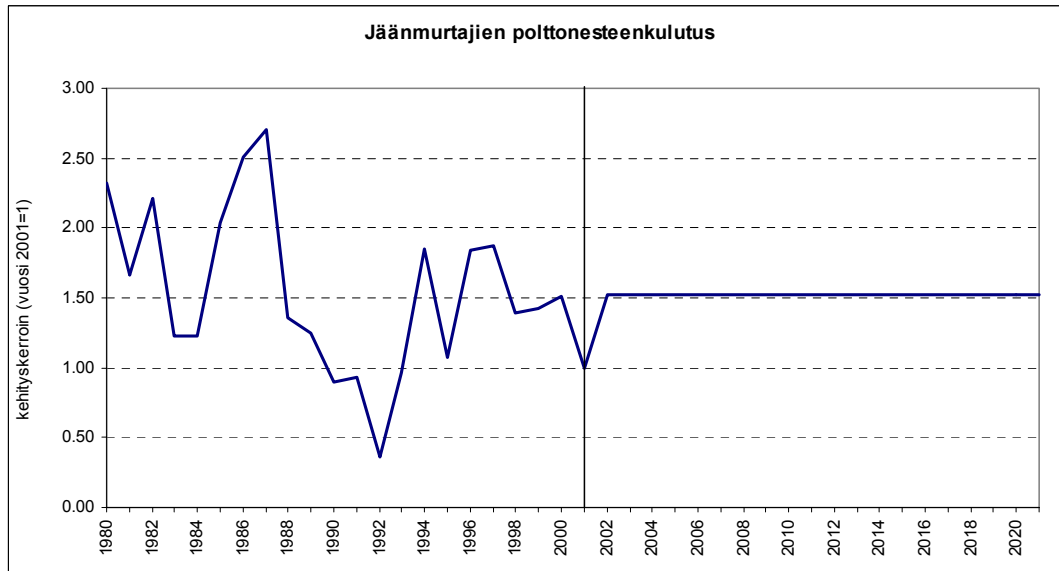
Liite A kuva 1. Rahtilaivojen satamassakäyntien kehityskerroin



Liite A kuva 2. Matkustajalaivojen satamassakäyntien kehityskerroin.



*Liite A kuva 3. Huviveneiden lukumäärän kehitys.*

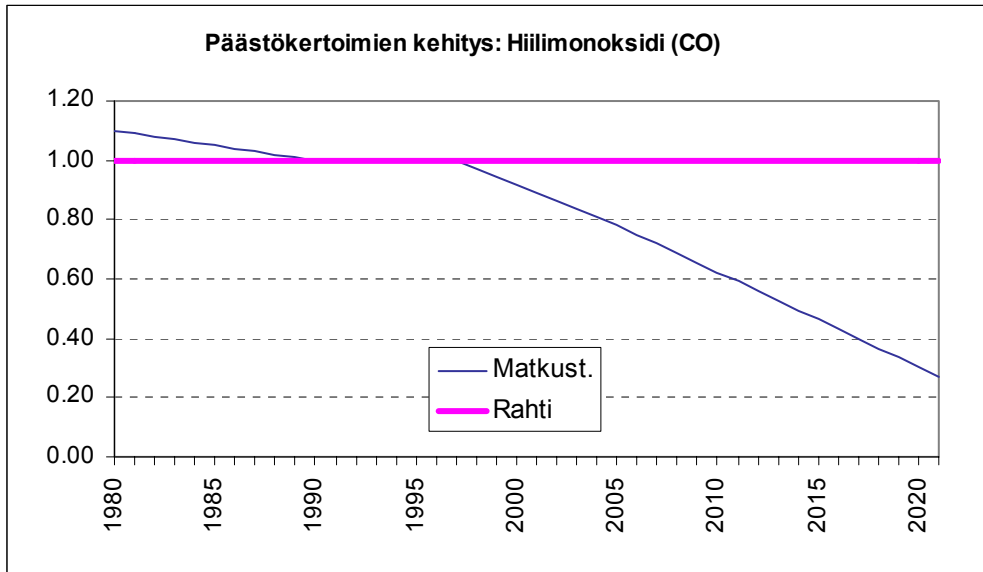


*Liite A kuva 4. Jäänmurtajien polttonesteenkulutuksen kehitys.*

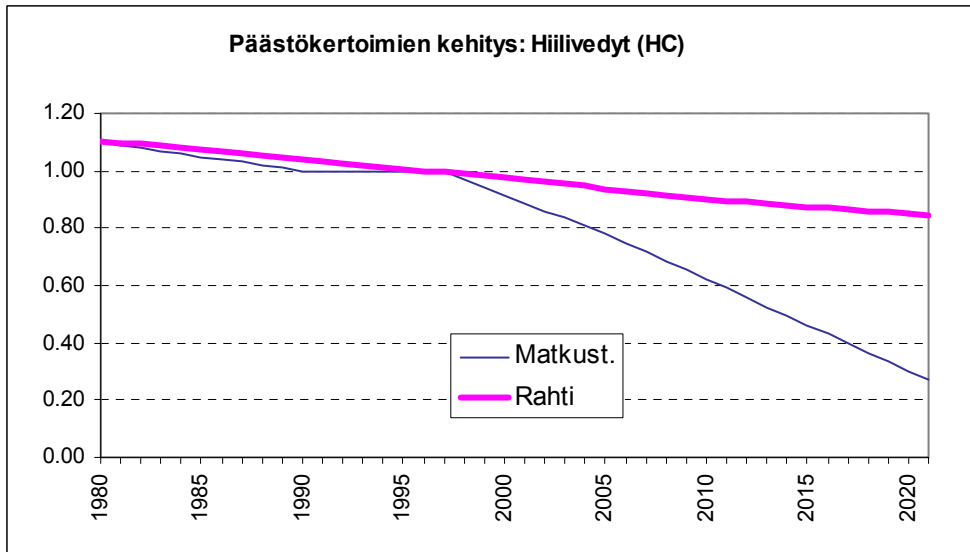
## Liite B:

### Laiva- ja vesiliikenteen päästökertoimien kehityskertoimet

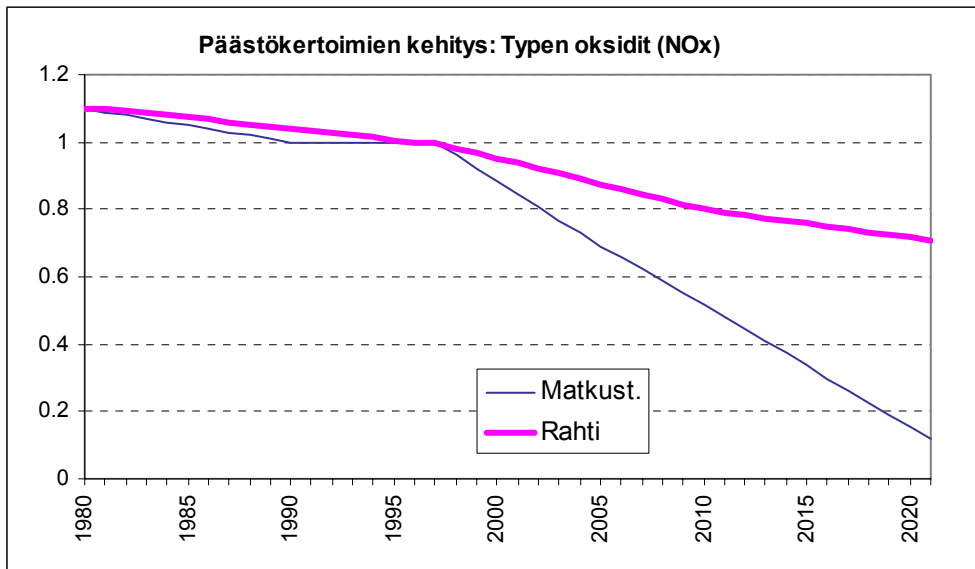
Seuraavassa on esitetty päästökerrointen kehitystä kuvaavat luvut seuraavista yhdisteistä: hiilimonoksidi (CO), hiilivedyt (HC), typen oksidit (NO<sub>x</sub>), hiukkaset, hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>) ja rikkidioksidi (SO<sub>2</sub>). Kehityskertoimet on määritetty erikseen rahti- ja matkustajalainvoille. Lähteenä on käytetty koti- ja ulkomaisia tutkimuksia sekä asiantuntija-arvioita (G. Demker et al. 1994, Thune-Larsen et al. 1997). Kertoimet kuvaavat päästökertoimien muutosta suhteessa vuoteen 1996, joka oli ensimmäisen MEERI-järjestelmän perusvuosi. Kaikkien yhdisteiden kertoimien arvot vuonna 1996 ovat 1.0.



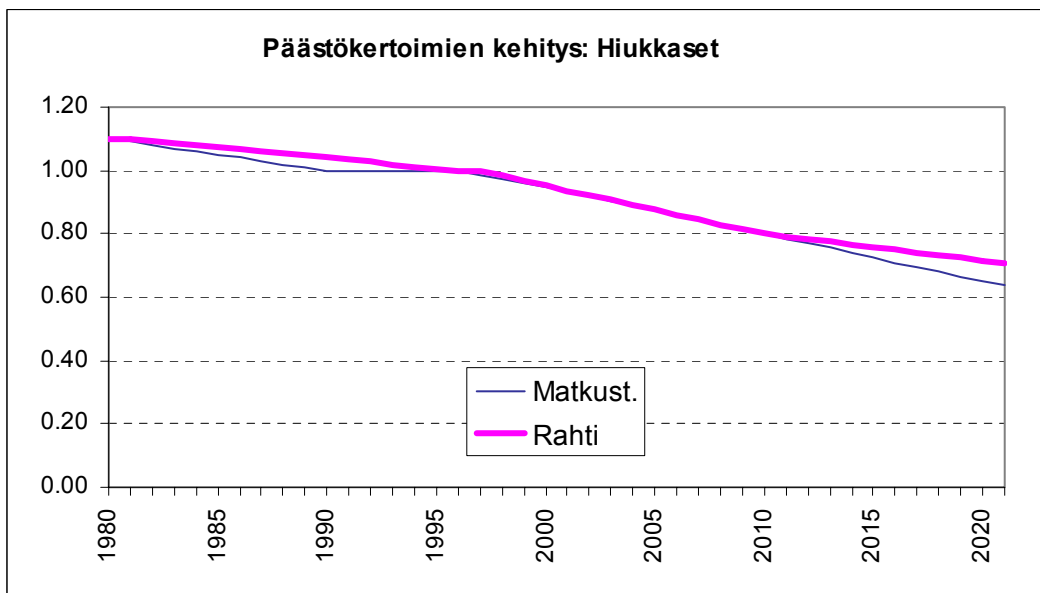
Liite B kuva 1. Hiilimonoksidi (CO), päästökertoimien kehitys.



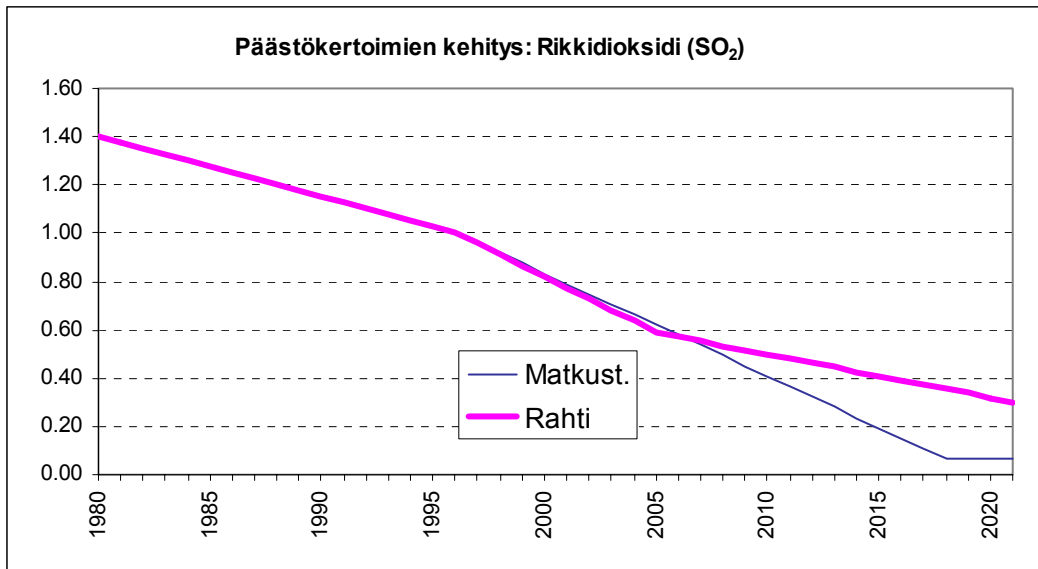
Liite B kuva 2. Hiilivedyt (HC), päästökertoimien kehitys.



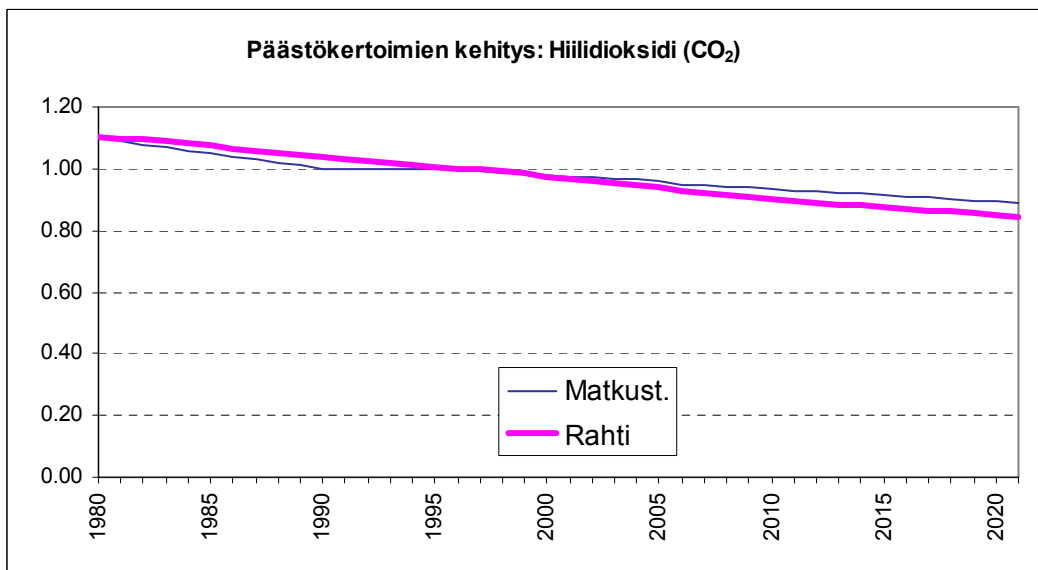
Liite B kuva 3. Typen oksidit (NO<sub>x</sub>), päästökertoimien kehitys.



Liite B kuva 4. Hiukkaset, päästökertoimien kehitys.



*Liite B kuva 5. Rikkidioksidi(SO<sub>2</sub>) / rikin määrä (S), päästökertoimien kehitys.*



*Liite B kuva 6. Hiilidioksidi(CO<sub>2</sub>), päästökertoimien kehitys.*



## Liite C:

### Päästökerrointen määrittely

Taulukossa on esitetty MEERI 96 mallin kertoimet. Version MEERI 2001 päästökerroimet on korjattu taulukon 10 osoittamilla kehityskertoimilla.

#### NOx

Moottorityyppi	kuormitus	MARITERM	LLOYD'S	MARITEK	WÄRTSILÄ	MEERI 96
		g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh
2-tahti	80 %	17.7	18.7		16.5	17.7
	20 %	17.1	18		19.5	17.1
4-tahti	80 %	14	13.8	15.4	12	14
	20 %	21		18	13	16

#### CO

Moottorityyppi	kuormitus	MARITERM	LLOYD'S	MARITEK	WÄRTSILÄ	
		g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	
2-tahti	80 %	0.2	2.1		0.4	0.6
	20 %	0.6	1		0.8	0.8
4-tahti	80 %	1	1.6	0.36	0.25	1
	20 %	2.2	3	1.24	1	2

#### CO2

Moottorityyppi	kuormitus	MARITERM	LLOYD'S	MARITEK	WÄRTSILÄ	
		g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	
2-tahti	80 %	600	633		560	600
	20 %	1000			570	630
4-tahti	80 %	620	650		600	620
	20 %	1120			650	650

#### HC

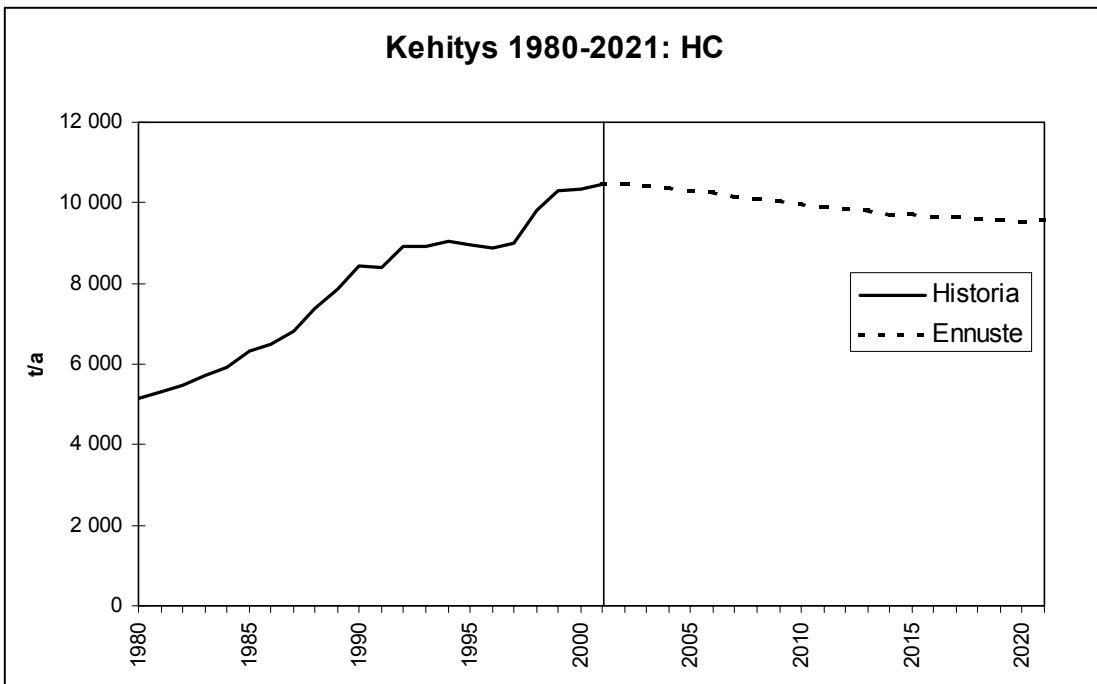
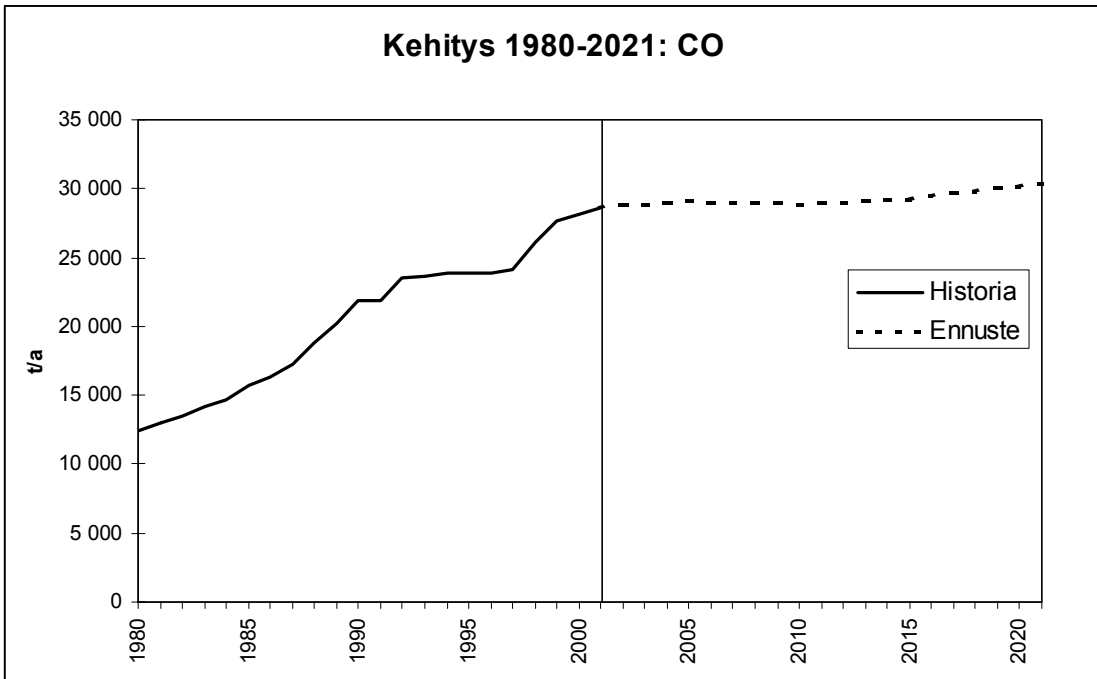
Moottorityyppi	kuormitus	MARITERM	LLOYD'S	MARITEK	WÄRTSILÄ	
		g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	
2-tahti	80 %	0.8	0.4		0.3	0.4
	20 %	1.3	0.5		0.5	0.5
4-tahti	80 %	0.2	0.6	0.48	0.35	0.4
	20 %	0.4	0.9	0.44	0.55	0.5

#### PM

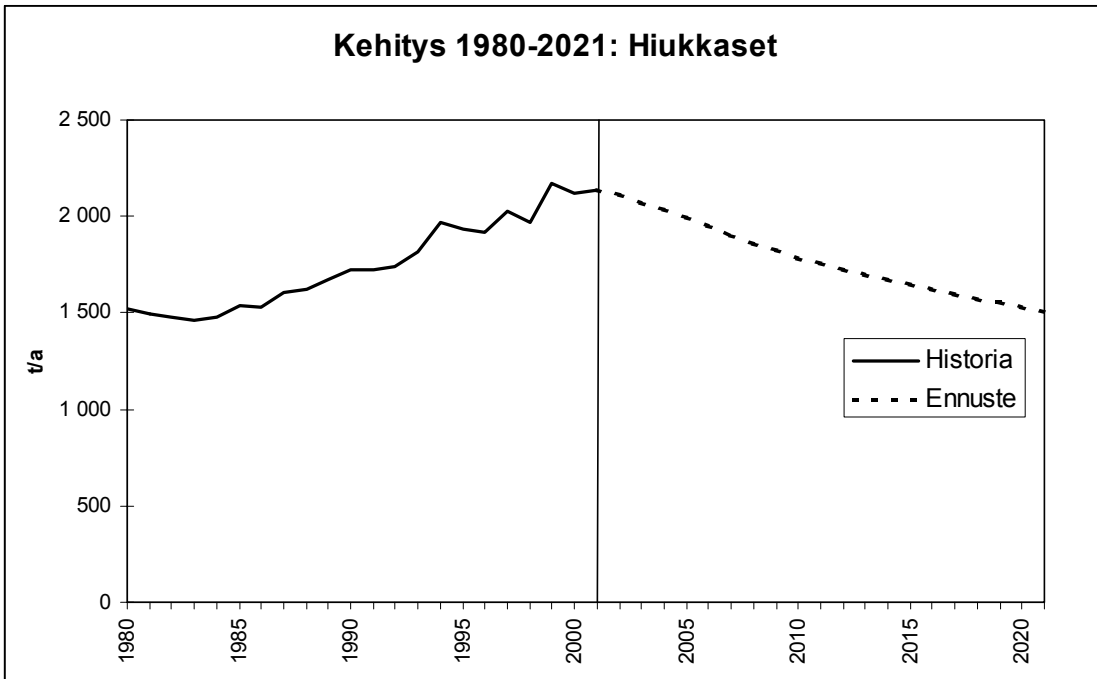
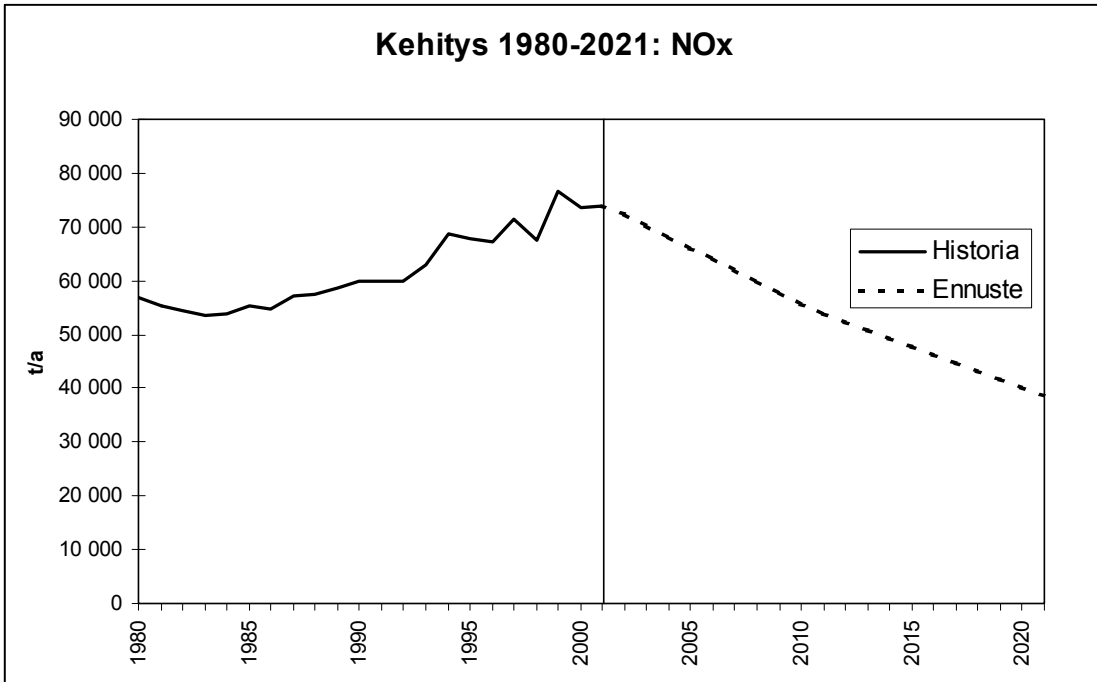
Moottorityyppi	kuormitus	MARITERM	LLOYD'S	MARITEK	WÄRTSILÄ	
		g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	
2-tahti	80 %	0.9			0.25	0.5
	20 %	0.9			0.3	0.6
4-tahti	80 %	0.4		0.22	0.25	0.3
	20 %	0.6		0.12	0.35	0.4

## Liite D:

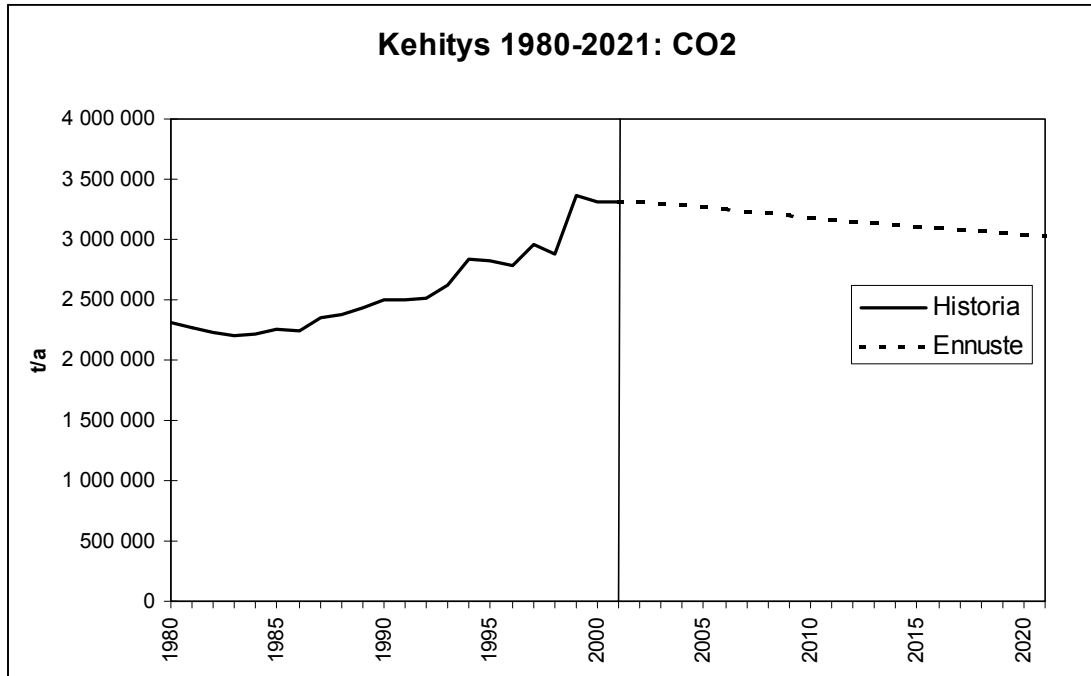
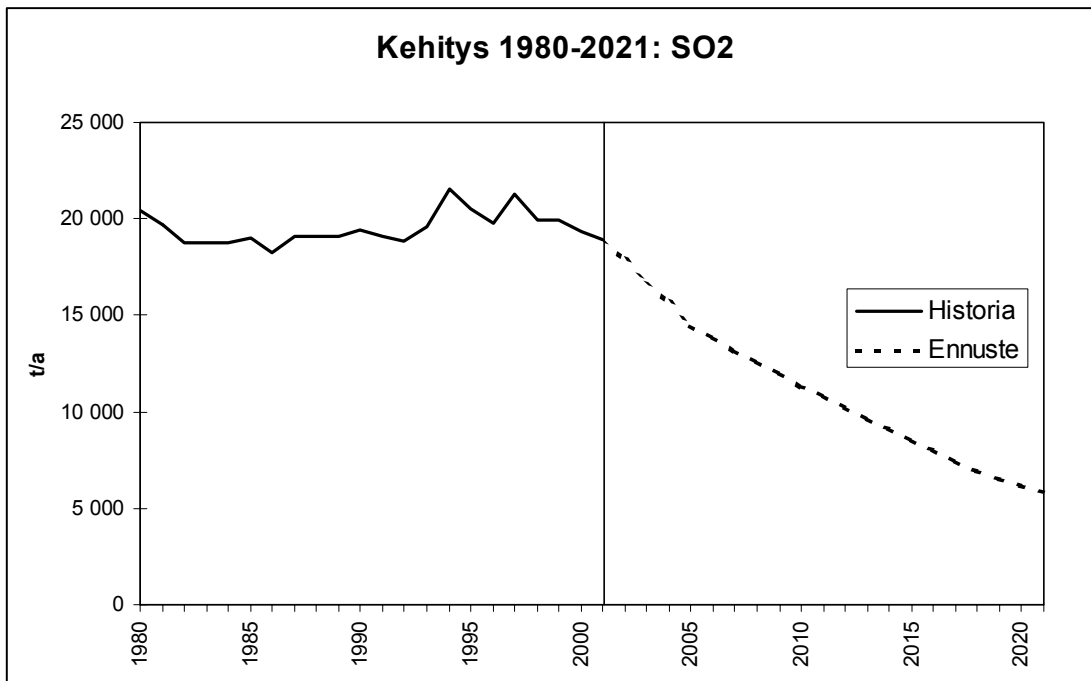
### Vesiliikenteen päästöjen kehitys MEERI 2001 laskentajärjestelmän mukaan



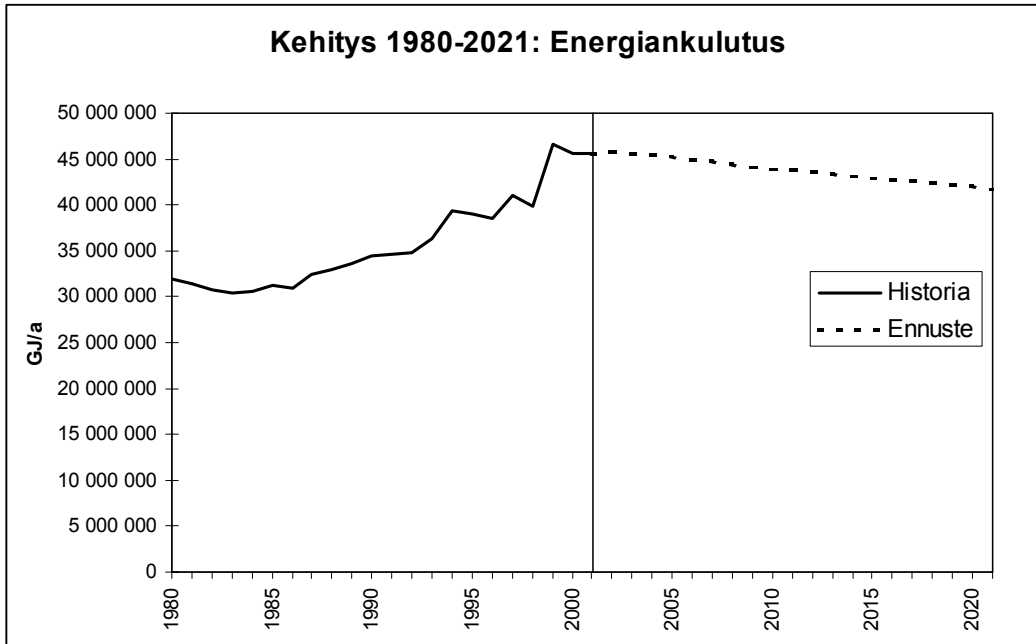
# Vesiliikenteen päästöjen kehitys MEERI 2001 laskentajärjestelmän mukaan



# Vesiliikenteen päästöjen kehitys MEERI 2001 laskentajärjestelmän mukaan

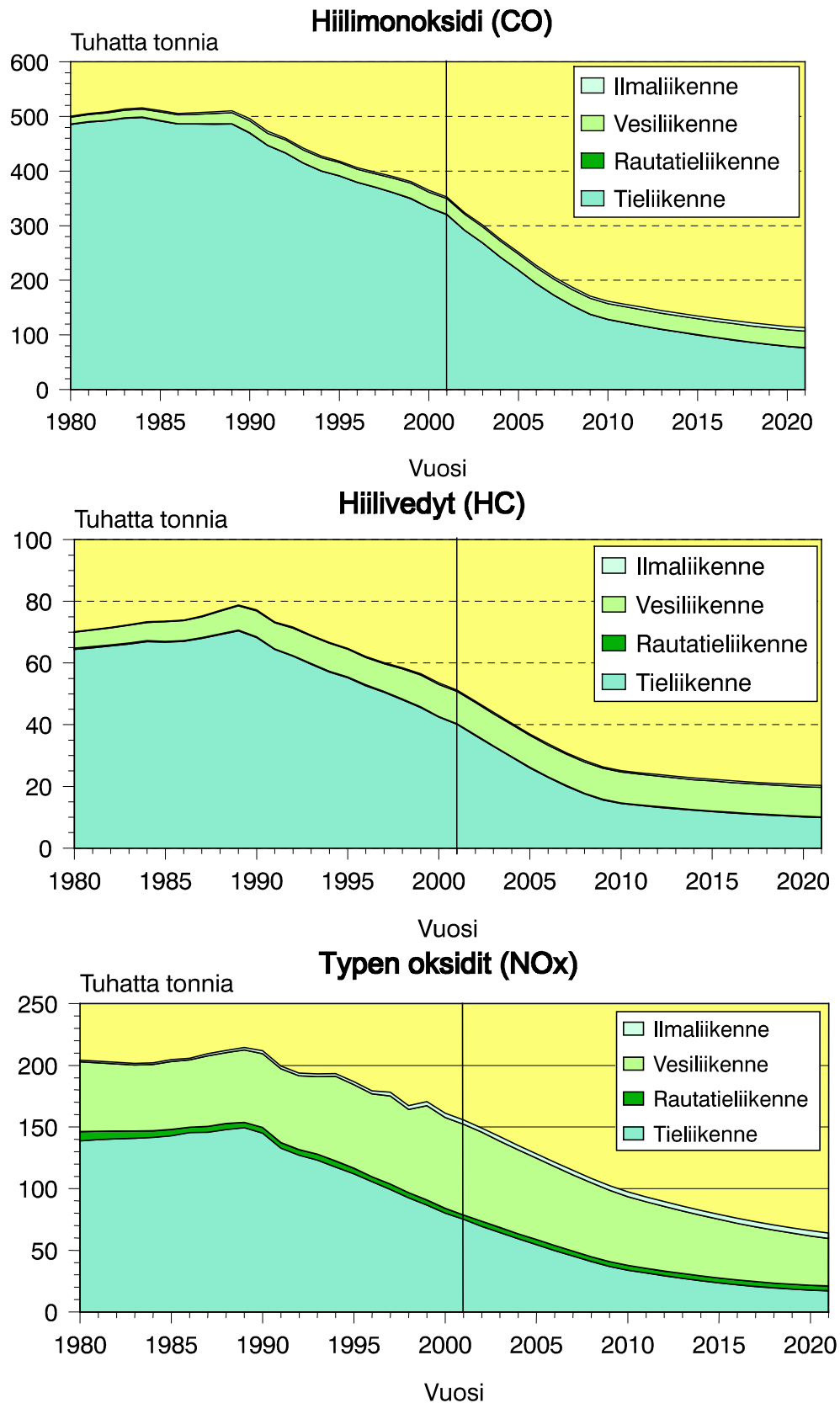


# Vesiliikenteen päästöjen kehitys MEERI 2001 laskentajärjestelmän mukaan



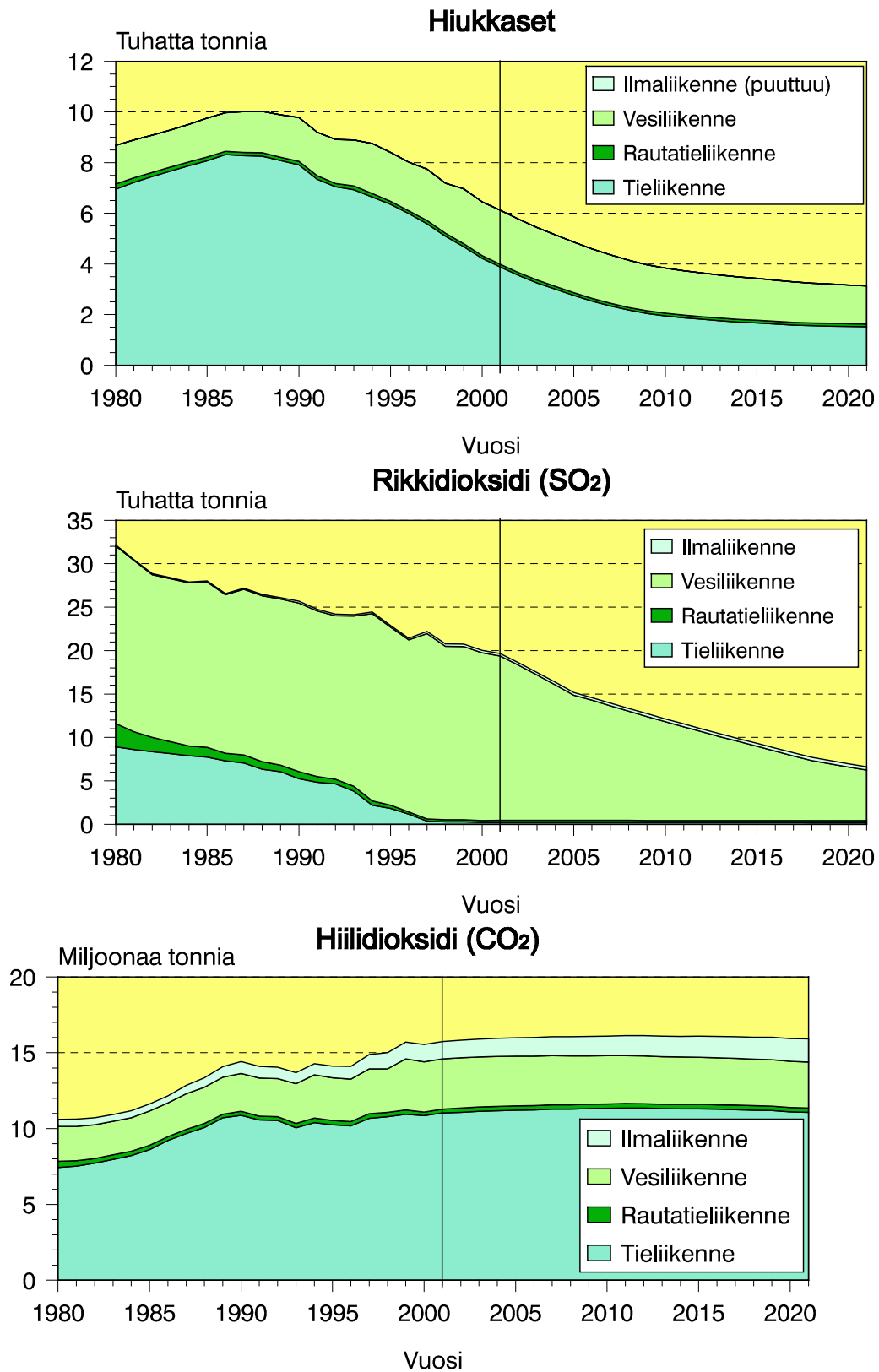
## Liite E:

### Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen arvioitu kehitys (LIPASTO 2001)



<sup>(1)</sup> Ennusteet perustuvat suoritteiden osalta pääosin tielaitoksen tarkistettuun perusennusteeseen vuodelta 1999 sekä Ratahallintokeskuksen, Merenkululaitoksen ja Ilmailulaitoksen arvioihin. Päästökerroinnusteet perustuvat VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan selvityksiin. Meri- ja ilmaliikenteessä on mukana ulkomaanliikenne, rautatieliikenne sisältää sähköjuna liikenteen osuuden voimalaitospäästöistä.

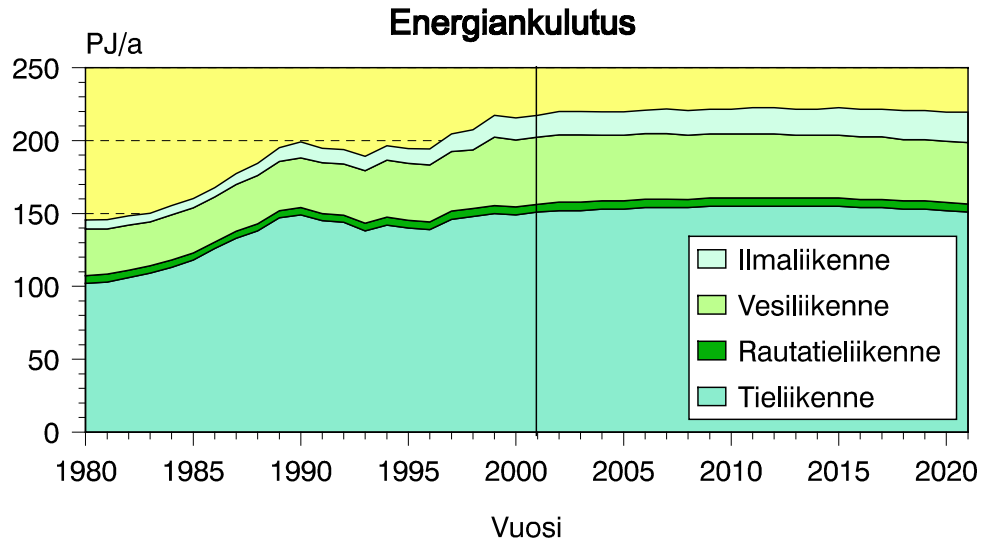
# Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen arvioitu kehitys (LIPASTO 2001)<sup>(1)</sup>



<sup>(1)</sup> Ennusteet perustuvat suoritteiden osalta pääosin tielaitoksen tarkistettuun perusennusteeseen vuodelta 1999 sekä Ratahallintokeskuksen, Merenkululaitoksen ja Ilmailulaitoksen arvioihin. Päästökerroinnusteet perustuvat VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan selvityksiin. Meri- ja ilmaliikenteessä on mukana ulkomaanliikenne, rautatieliikenne sisältää sähköjuni liikenteen osuuden voimalaitospäästöistä.

# Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen arvioitu kehitys (LIPASTO 2001)<sup>(1)</sup>

## LIIKENTEEN ENERGIANKULUTUKSEN ARVIOITU KEHITYS



VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

LIPASTO 2001

<sup>(1)</sup> Ennusteet perustuvat suoritteiden osalta pääosin tielaitoksen tarkistettuun perusennusteeseen vuodelta 1999 sekä Ratahallintokeskuksen, Merenkululaitoksen ja Ilmailulaitoksen arvioihin. Päästökerroinnusteet perustuvat VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan selvityksiin. Meri- ja ilmaliikenteessä on mukana ulkomaanliikenne, rautatieliikenne sisältää sähköjuni liikenteen osuuden voimalaitospäästöistä.