

# Tiekartta kaupallisen kalastuksen vihreään siirtymään 2025-2050

Timo Ruokonen, Tapio Keskinen & Antti Kytölä,  
Luonnonvarakeskus

Jussi Aaltonen, Kalle Hakonen, Tuomas Salomaa &  
Kari T Koskinen, Tampereen yliopisto

Jari Setälä, Suomen kalatalouskehitys



# Sisällys

1. Vihreän siirtymän tavoitteet ja lähtötilanne
2. Kalastusalusten energiatehokkuuden parantamisen vaihtoehdot
3. Kalastajien näkemyksiä esitetyistä energiavaihtoehdoista
4. Tiekartta kaupallisen kalastuksen vihreään siirtymään 2025-2050



# Vihreän siirtymän tavoitteet ja lähtötilanne



# Vihreän siirtymän tavoiteaikataulu

**2030:** Suomen kasvihuonekaasujen päästöjen laskeminen 60 %:lla verrattuna vuoteen 1990

**2035:** Suomen kansallinen tavoite olla kokonaan hiilineutraali, päästöt vähenevät edelleen tästä eteenpäin

**2050:** EU:n tavoite olla kokonaan hiilineutraali kalastus- ja vesiviljelyala mukaan lukien

**Vihreä siirtymä on muutos kohti ekologisesti kestäväää taloutta ja kasvua, joka ei perustu luonnonvarojen ylikulutukseen ja fossiilisiin polttoaineisiin.**

# Energian käyttö kalastuksessa tällä hetkellä

- I-ryhmän kaupallisia kalastajia oli Suomessa vuoden 2023 lopulla noin 760. Lisäksi kaupallista kalastusta harjoitti reilu 3000 sivutoimista II-ryhmän kalastajaa.
- Aktiivisia kalastusaluksia oli noin 1150 kpl vuonna 2024. Näistä pääosa oli pieniä aluksia. Yli 12 metrisiä aluksia oli vain 38.
- Pienillä aluksilla kalastetaan rannikoiden tuntumassa, saaristoissa ja sisävesillä. Niiden polttoaineena käytetään bensiiniä tai dieseliä.
- Pääosa saaliista saadaan isoilla troolialuksilla. Niissä on suurin polttoainekulutus, ja ne käyttävät dieseliä.
- Kalastusalusten CO<sub>2</sub> päästöjä täytyy laskea vuoteen 2030 mennessä 30% ja 100% vuoteen 2050 mennessä.



# Kalastusalusten vihreän siirtymän vaihtoehdot



# Energiatehokkuuden parantaminen nykykalustolla

- Energiatehokkuuden parantaminen voi tuoda kustannustehokkaita ratkaisuja päästöjen laskemiseen lyhyellä aikavälillä
- Nykyisen toiminnan operatiivinen kehittäminen
  - Toiminnanohjauksen datalähtöinen suunnittelu ja optimointi esimerkiksi tekoälypohjaisten työkalujen avulla
  - Toimintamallien muuttaminen, esimerkiksi parvitoiminta ja kuljetusalukset yritysyhteistyönä
- Aluksen energiatehokkuuden parantaminen
  - Tehokas kulunvalvonta sekä ajantasainen huolto- ja korjaustoiminta
  - Tekniset ratkaisut energiankäytön tehostamiseen
- Kalastukseen liittyvät tekniset pyydys- ym. apulaiteratkaisut
  - Tekniset ratkaisut esimerkiksi troolin vetovastuksen pienentäminen uusilla materiaaleilla



# Tulevaisuuden vaihtoehtoiset energialähteet kaupallisessa kalastuksessa

- Biopolttoaineet
- Synteettiset polttoaineet
- Hybridi- ja akkusähkö
- Polttokennot
- Ydinreaktori
- Tuulivoima
- Aurinkoenergia





# Biopolttoaineet

- Tuotetaan uusiutuvista biologisista raaka-aineista
- Hiilidioksidipäästöjä vähentäviä
- Biodiesel ja -etanoli sopivat ilman isompia muutoksia dieselmoottoreihin
- Raaka-aineiden saatavuus riippuu mm. maatalouden maankäytöstä ja jätteiden keräyksestä
- Korkeammat tuotantokustannukset

## Esimerkiksi

- Bioetanoli
- Biometanoli
- Biodiesel
- Biokaasu
- Pyrolyysiöljy

# Synteettiset polttoaineet

- Synteettiset polttoaineet tuotetaan sähköä hyödyntäen
- Ilmastoneutraaleja riippuen sähkön alkuperästä
- Voidaan käyttää useimmissa nykyisissä moottoreissa
- Vähentävät muita päästöjä
- Tuotantokustannukset korkeat
- Ei yhtä tehokas kuin suora sähkö
- Isot infrastruktuuri-investoinnit tarpeen

## Esimerkiksi

- Synteettinen metanoli (emetanoli)
- Synteettinen bensiini ja diesel (efuel ja ediesel)
- Ammoniakki,  $\text{NH}_3$  (eammoniakki)
- Synteettinen metaani (emetaani)
- Vety,  $\text{H}_2$  (vihreä vety)

# Sähköiset ratkaisut

## Polttokennot

- Kemiallinen energia muutetaan puhtaasti sähköenergiaksi sähkökemiallisilla reaktioilla
- Hyvä hyötysuhde (40-60 %)
- Polttoaineena esim. vety, ammoniakki, metaani

## Akut

- Isoissa aluksissa merenkulun määräysten mukaiset täyssähköiset järjestelmät isoja ja painavia: rajoittava tekijä riittävälle toimintasäteelle
- Pienemmissä aluksissa mahdollinen vaihtoehto sähköautoteknologiaa hyödyntäen

## Hybridivoimalinjasto

- Sähköinen voimalinja saa energian suoraan tai akuston kautta muulla polttoaineella tehdystä sähköstä
- Polttokenno yhdessä akuston kanssa kiinnostava vaihtoehto
- Potentiaalinen ratkaisu jaksottaista kuormitusta vaativaan kalastukseen

## Tuuli,- aurinko- ja ydinvoima

- Eivät ainakaan nyt vaihtoehtoja kalastusalusten kokoluokassa

# Eri energialähteet soveltuvat eri alustyyppeihin

		Ratkaisun pisteytys		
		Perämoottorialus	Sisävesitroolari	Avomeritroolari
<b>Dieselmoottori</b>	Dieselpolttoaineet		24	24
	Biodieselpolttoaineet		23	23
	Bio- ja eMetaani		20	20
	eDiesel		23	23
	Bio- ja eMetanoli		20	20
	eAmmoniakki			11
	Dimetyylieetteri		14	14
	Etanolidiesel		19	19
	Vety		16	16
<b>Ottomoottori</b>	Bensiini E10/E5	24		
	Bio- ja eMetanoli	20		
	Etanoli E85	18		
	eFuel	22		
	Bio- ja eMetaani	19		
	Vety	16		
<b>Hybridi</b>	Sähkö+polttomoottori		21	21
<b>Täyssähkö</b>	Akku	18		
<b>Polttokenno</b>	Vety	16	16	16

Polttoaineiden ja energianlähteiden soveltuvuuden vertailu pisteyttämällä niiden eri ominaisuudet perinteisiin fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna (Aaltonen ym. 2025).

# Teknisiä sovelluksia eri alustyyppihin

## Avomeritroolarit

**Biodiesel ja eDiesel ovat vahvimmat vanhoihin aluksiinkin sovellettavissa tai asennettavissa olevat vaihtoehdot teho-tilavuus/-painosuhteensa vuoksi.**

- Muiden vaihtoehtojen ongelma on polttoaineen vaatima suuri tilavuus tai itse voimalinjan koko ja paino
- Akkusähköisellä voimalinjalla ei saada isoille troolareille riittävää toimintasädetä

## Sisävesi- ja rannikotroolarit

**eDiesel ja biodiesel vahvimmat vaihtoehdot teho-tilavuus/-painosuhteensa vuoksi ja valmiiden kaupallisten ratkaisujen saatavuuden vuoksi.**

- Kaasumoottorit, joita on teollisuusmoottoreina hyvin saatavilla valmiina kaupallisina ratkaisuina, ovat mahdollinen vaihtoehto, mutta haasteena polttoaineen vaatima suuri tilavuus.
- Akkusähköisellä voimalinjalla riittävän toimintasäteen saavuttaminen on ongelma
- Polttokennoon tai polttomoottoriin perustuva hybridivoimalinja mahdollinen vaihtoehto

## Perämoottorialus

**Akkusähköinen voimalinja ja suorat bensiinin korvaajat ovat vahvoja vaihtoehtoja.**

- Valmiita kaupallisia vaihtoehtoja tulee markkinoille koko ajan. Toiminta-aika ja säde ovat ongelmia vielä tulevaisuudessakin
- Bioetanoli on mahdollinen, mutta valmiita kaupallisia ratkaisuja tuskin tulee markkinoille ja polttoaineen saatavuus on haastavaa. Jälkiasennusratkaisuna kuitenkin helppo samaan tapaan kuin autoissakin

# Voimalinjojen kustannusvertailu

Suhteellinen polttoainekustannus eri voimalinjavaihtoehdoilla (1 = halvin)

- Uudet voimalinjavaihtoehdot lähes kaikki nykyisiä kalliimpia
- Vaihtoehtoiset polttoaineet voivat toimia vanhoissa voimalinjoissa suoraan tai pienillä muutoksilla
- Vety kallis (kaasusäiliöt, turvalaitteet, jäähdytys)
- Sähköratkaisuissa akut nostavat hintaa
- Polttokenno kallein ratkaisu

	Polttoaine	Hinta-taso	Hintatasoon vaikuttavat tekijät
<b>Dieselmoottori</b>	Dieselpolttoaineet	1	
	Biodieselpolttoaineet	1	Suoraan korvaava dieselpolttoaineille
	Bio- ja eMetaani	3	Lähes suoraan korvaava dieselpolttoaineille. Tarvitsee kaasusäiliöt ja kaasun käyttöön liittyviä turvalaitteita, nesteytettynä myös jäähdytyksen.
	eDiesel	1	Suoraan korvaava dieselpolttoaineille
	Bio- ja eMetanoli	2	Lähes suoraan korvaava dieselpolttoaineille, mutta tarvitsee muutoksia polttoainejärjestelmään
	eAmmoniakki	4	Kalliimpi moottoritekнологia. Syövyttävä ja myrkyllinen aine. Tarvitsee kaasusäiliöt ja kaasun käyttöön liittyviä turvalaitteita, nesteytettynä myös jäähdytyksen.
	Dimetyylieetteri	4	Kalliimpi moottoritekнологia. Tarvitsee kaasusäiliöt ja kaasun käyttöön liittyviä turvalaitteita, nesteytettynä myös jäähdytyksen.
<b>Ottomoottori</b>	Etanolidiesel	1	Suoraan korvaava dieselpolttoaineille
	Vety	4	Kalliimpi moottoritekнологia. Tarvitsee kaasusäiliöt ja kaasun käyttöön liittyviä turvalaitteita, nesteytettynä myös jäähdytyksen.
	Bensiini E10/E5	1	
	Bio- ja eMetanoli	1	Lähes suoraan korvaava bensiinille, mutta tarvitsee muutoksia polttoainejärjestelmään
	Etanoli E85	1	Lähes suoraan korvaava bensiinille, mutta tarvitsee muutoksia polttoainejärjestelmään
	eFuel	1	Suoraan korvaava bensiinille, mutta tarvitsee muutoksia polttoainejärjestelmään
<b>Hybridi</b>	Bio- ja eMetaani	2	Lähes suoraan korvaava bensiinille, mutta tarvitsee muutoksia polttoainejärjestelmään
	Vety	4	Kalliimpi moottoritekнологia. Tarvitsee kaasusäiliöt ja kaasun käyttöön liittyviä turvalaitteita, nesteytettynä myös jäähdytyksen.
	Sähkö ja polttomoottori	2	Akku, sähkömoottori yms. nostavat hintaa. Polttomoottorin hinta voi olla suoraa käyttöä edullisempi koska se voidaan optimoida kuormituspektrin mukaan.
<b>Täyssähkö</b>	Akku	4	Akut ovat kalliita
<b>Polttokenno</b>	Vety	5	Polttokenno on kallis. Tarvitsee akun. Tarvitsee kaasusäiliöt ja kaasun käyttöön liittyviä turvalaitteita, nesteytettynä myös jäähdytyksen.

# Polttoaineiden kustannusvertailu

- Bensiinin ja dieselin korvaavat polttoaineet kaikki kalliimpia (pl. biometaani)
- Polttokennoratkaisuissa kaikki vaihtoehdot kalliimpia verrattuna nykyisiin ratkaisuihin
- Täyssähkö halvin polttoainekustannusten osalta
- Vedyn hinnan ennustetaan laskevan voimakkaasti -> voi olla halvin vaihtoehto tulevaisuudessa

Suhteellinen polttoainekustannus eri voimalinjavaihtoehdoilla

	Polttoaineen kulutuskerroin	Polttoaineen hintakerroin	Polttoainekustannusten nousu	
<b>Dieselmoottori (meri)</b>				
<b>MGO</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	
Biodiesel	1,17	1,87	2,19	
Biometaani	0,86	1,85	1,60	
eDiesel	1,00	1,21	1,22	
Bio- ja eMetanoli	2,19	1,31	2,87	
Ammoniakki	1,92	0,83	1,59	
Dimetyylieetteri	1,54	1,39	2,15	
Vety	0,36	9,71	3,50	
<b>Dieselmoottori (sisävesi)</b>				
<b>Kevyt polttoöljy</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	
Biodiesel	1,17	1,17	1,37	
BioMetaani	0,86	0,92	0,79	
eDiesel	1,00	1,10	1,11	
Vety	0,36	5,42	1,95	
<b>Ottomoottori</b>				
<b>Bensiini E10/E5</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	
Etanoli E85	1,24	1,14	1,41	
eFuel	1,26	2,50	3,16	
Biometaani	0,82	1,28	1,05	
Vety	0,34	12,72	4,33	
<b>Polttokenno</b>				
Vety	0,34	9,71	3,28	
Verrattuna MGO	Metaani	0,81	1,85	1,50
	Ammoniakki	1,80	0,83	1,49
Verrattuna kevyt p.ö.	Vety	0,34	5,42	1,83
Verrattuna E95	Vety	0,34	12,72	4,33
<b>Täyssähkö</b>				
Akku	0,57	0,37	0,21	

# Kalastajien näkemyksiä esitetyistä energiavaihto- ehdoista

Yhteenveto kaupallisten kalastajien  
haastatteluista



Kuva: SAKL:in kuva-arkisto



# Meritrooliyritysten investointihalukkuus laimea

- Takana tappiollisia vuosia ja tulevaisuus epävarma
- Alukseen tehtävien investointien tulisi olla kustannustehokkaita ja käytännössä toimivia perustuen kalastusyritysten tarpeisiin ja näkemyksiin
- Kokemukset biodieselistä huonoja
- Suuret investoinnit tekevät monista vaihtoehtoisista energiaratkaisuista epärealistisia nykytilanteessa

# Meritrooliyritysten näkemyksiä energiavaihtoehdoista

- Biodieselin lisäksi muita vaihtoehtoja ei koettu realistisiksi, koska ne vaatisivat investoinnin uuteen alukseen
  - Jos olisi mahdollista, näillä kiintiöillä investoitaisiin alle 24 metrin aluksiin
    - > Pienempi miehistötarve, tehokkaampia, mutta sopivat huonosti avomerioloihin
  - Maissaoloaika niin lyhyt, että täyssähkö ei ole vaihtoehto. Hybridiratkaisut ehkä voisivat toimia
  - Pienillä troolareilla maissaoloaika pidempi ja kalastusmatkat lyhyempiä, mikä voisi mahdollistaa biodieselin lisäksi erilaisia sähköratkaisuja
- Energiamuotojen kehittymistä tulee seurata ja uusien teknologioiden soveltuvuutta kalastukseen arvioida
- Mahdollisuuksia vähentää polttoaineenkulutusta nykyisestä erilaisilla toimilla:
  - Alusten kunnossapitotoimet tehdään ajallaan
  - Uudet troolimateriaalit ja pyydystekniset ratkaisut
  - Kalastuksen optimointi yritysysteistyönä (esim. uutena konseptina yhteiset emo- tai kuljetusalukset)

# Uuden meritroolialuksen suunnittelulle on tarvetta

- Tarvetta uusille alusinvestoinneille laivaston ollessa vanhaa
- Uusissa aluksissa nykyistä pienempi energiankulutus jo lähtökohtaisesti
- Uusi alus mahdollistaisi vaihtoehtoisia energiaratkaisuja
- Suunnittelu yritysyhteistyönä alan tarpeet huomioiden
- Aluksen monitoimisuus tulee huomioida suunnittelussa kustannustehokkuuden lisäämiseksi



# Sisävesi- ja rannikkokalastuksessa enemmän mahdollisuuksia vihreään siirtymään

- Uudet polttoaineet, biokaasu tai sähkö potentiaalisia vaihtoehtoja
- Investoinnit pienempiä kuin avomerellä tapahtuvassa kalastuksessa
- Toiminta-aika vesillä lyhyempi, joten sähkö mahdollinen
- Latausinfra useimmiten toteutettavissa helposti satamaan
- Kalastuksen optimointi mahdollista uuden tekniikan avulla
- Asenne uusiin kokeiluihin positiivinen

**Tiekartta  
kaupallisen  
kalastuksen  
vihreään  
siirtymään  
2025-2050**



# Kalastuksen vihreä siirtymä

- Hiilidioksidipäästöjen vähentäminen koskee myös kalastusta
- Investointihalukkuus yrityksillä matala alan yleisen epävarmuuden vuoksi
- Tukipolitiikka ei kannusta suuriin investointeihin tällä hetkellä
- Kalastustoimiala pieni, siirtymän eteneminen vahvasti riippuvainen yleisestä kehityksestä
- Kansainvälisesti suurta kiinnostusta koko merenkulun alalla
- Mahdollisia vaihtoehtoisia kehityskulkuja on useita, mikä haastaa oikean etenemispolun löytämistä
- Eri alustyypppejä käytössä, ei yhtenäistä teknistä kehityspolkua
- Varovainen eteneminen joustavien ratkaisujen avulla yleistä kehitystä seuraten

# Kaupallisen kalastuksen energiasiirtymän askeleet

## Nopeat toimet 2025-2027

### Keskeiset ohjauskeinot

TKI -rahoituksen ohjaaminen  
EU-yhteistyö: vaikuttaminen seuraavan ohjelmakauden sisältöön

### Toimenpiteet

Kalastuksen ja kalastusvälineiden optimointi

- Tekniset ratkaisut, kalastuskonseptit, AI

Pilottialus sisävesi/rannikkotroolari

- Monikäyttöisyys

Lähtötaso ja seurannan kehittäminen

- Mittariston kehitys

Laaja kv-kehityshanke

Sähköistäminen pienimuotoisessa kalastuksessa

Teknisen kehityksen seuranta & verkostoituminen  
Yrityskohtainen energia-auditointi

## EU:n ohjelmakausi 2028-2035

### Keskeiset ohjauskeinot

Tukipolitiikan toteutus ja vaikuttaminen

### Toimenpiteet

Avomeritroolialuksen suunnittelu ja toteutus

Nykyalusten optimointi  
Tarvittavan infran rakentaminen

Teknisen kehityksen seuranta & verkostoituminen

## Kohti hiilineutraaliutta 2050

### Keskeiset ohjauskeinot

Tukipolitiikan toteutus ja vaikuttaminen

### Toimenpiteet

Teknisen kehityksen seuranta & verkostoituminen  
Uusien teknisten ratkaisujen testaaminen ja käyttöönotto

# Energiasiiirtymää tukevat ratkaisut tällä rahoituskaudella (2021-27)

- Polttoaineiden säästöä ja uusia energiateknologioita edistävien pyydys-, laite- ja moottori-investointien tukeminen
  - Kannustavampi tukiprosentti
- Kalastajakohtaisen energiasuunnittelun tukeminen
  - Alukset, laitteet, pyydykset ja pyyntitoiminta
  - Energia-auditoinnit ja yksilölliset energiantehokkuuden kehittämissuunnitelmat
- Uusien energiateknologioiden ja laitteiden käytännön testauksen ja pilotoinnin aloittaminen eri kokoisissa suomalaisissa aluksissa
- Yritysten uutta teknologiaa hyödyntävien kokeilujen tulosten koostaminen



# Meritroolauksen energiasiirtymän edistäminen tällä rahoituskaudella (2021-2027)

- Optimaalisen troolialuksen suunnittelu
  - Yritysten yhteistyönä erilaisten osaamisten yhdistäminen ja tiedon siirto
  - Keskiössä energiasiirtymä, kalan laatu ja hyvinvointi, turvallisuus
- Suomalaisen troolikalastuksen optimointi
  - Yritysyhteistyössä uusien pyyntikonseptien (esimerkiksi pidempään pyytävä emoalus, ja satamissa sukkuloivat nopeat ja pienemmät kalan siirtoalukset) suunnittelu ja arviointi
- Monitoimiset kalastusalukset
  - Tavoitteena alusten käyttöasteen nostaminen pyyntisesongin ulkopuolella (valvonta, öljyntorjunta, sinilevän poisto, huoltotehtävät)
  - Monitoimisten kalastusalusten suunnittelu yhdessä muiden toimialojen viranomaisten (rajavartiolaitos, ympäristöviranomaiset jne.) ja toimijoiden kanssa
- Uusien teknologioiden kehityksen järjestelmällisen seurannan ja arvioinnin järjestäminen
  - Muiden toimialojen (kauppamerenkulku, energia-, huviveneily-, teollisuus- ja työkonesektorit) ja maailman kalastuksessa tehtyjen energiaratkaisujen seuranta
  - Tutustumiskäynnit uutta energiaa käyttäviin aluksiin tai kalastukseen

# Energiasiiirtymän edistäminen pitkällä aikavälillä

- Edellä esitettyjen pilottialusten ja uusien konseptien toteuttamisen tukeminen
- Suomeen reaalisesti sovellettavissa olevien uusien (jotka tänään vielä kehitysvaiheessa) energiateknologioiden analyysit yhdessä yritysten kanssa
  - Potentiaalisimpien alusvaihtoehtojen suunnittelu
  - Parhaimman alusvaihtoehdon rakentamisen tukeminen, pilotointi ja seuranta
  - Kalastusalusten käyttöä edellyttävän infran rakentamisen tukeminen

# Taustamateriaalit

Setälä Jari, 2024. Trooliyritysten näkemyksiä energiasiirtymästä. Muistio haastatteluiden tuloksista.

Kytölä Antti, 2024. Sisävesitroolareiden näkemyksiä energiasiirtymästä. Muistio haastatteluiden tuloksista.

Aaltonen Jussi, Hakonen Kalle, Salomaa Tuomas & Kari T. Koskinen, 2024. Kalastuksen vihreä siirtymä. Tutkimusraportti 57 s. Mechatronics Research Group, Tampere University.