

## 4 Energia

Energiaa käytetään saarilla lämmitykseen, sähköön ja kuljetuksiin maalla ja merellä. Energialähteet voivat olla sähköä – jota joskus saadaan mantereelta kulkevan sähkökaapelin, öljypohjaisten polttoaineiden ja puupohjaisten polttoaineiden avulla. Paikallinen energia voi olla tuulivoimaa, aurinkoenergiaa ja lämpöpumppuja.

Vuonna 2015 Smilegov-nimisessä hankkeessa, jota rahoitti Euroopan komission alainen Intelligent Energy Europe, tutkittiin 15:llä Euroopan pienellä saarella energiankulutusta, energiaratkaisuja, kasvihuonekaasupäästöjä ja toimenpiteitä, joiden avulla voitaisiin tuottaa kestävä energia paikallisesti. Saaret olivat Ischia (Italia), Molène, Sein ja Ouessant (Ranska), Aran, Bere, Oilean Chléire ja Arranmore (Irlanti), Ven, Vinön ja Visingsö (Ruotsi), Simskåla ja Sottunga (Ahvenanmaa) sekä Nauvo ja Iniö (Suomi).

Hankkeessa selvitettiin,

1. ovatko pienet saaret energiatehokkaita,
2. ovatko saarten ja mantereen asukkaiden energiankulutusmallit samat, ja
3. onko pienten saarten hiilitasapaino positiivinen vai negatiivinen.

Sen mukaan, lasketaanko saaren väestö väestölaskennan perusteella vai ihmisen aiheuttamana kokonaiskuormituksena (mukaan lukien kesäasukkaiden ja vierailijoiden henkilöpäivät), saarten asukkaiden vuotuinen energiankulutus vaihtelee 11 328 kilowattitunnista (Nauvo) 35 785 kilowattituntiin (Simskaåla). Jos ihmisen aiheuttama kokonaiskuormitus ei lasketa mukaan, Nauvon asukkaat käyttävät 21 900 kilowattituntia ja Simskålan asukkaat 66 457 kilowattituntia.

Saarten asukkailla on taipumus jättää meri- ja merikuljetusten vaikutukset pois energiakirjanpidostaan. Jos saari on veden ympäröimä maa-alue, hiilitasetta laadittaessa on otettava huomioon saaren vesialue ja saaristoon kiinteästi kuuluvien lauttojen vaikutus. Hankkeessa voitiin päätellä, että saarten erittäin mittavan energiankäytön suurin syy on meriliikenne: 38 prosenttia näiden 15 pienen saaren kokonaisenergiasta menee yhteysaluksille, jotka ovat tarpeeton kulkuväline mantereen yhteisöissä.

Toukokuussa 2017 Euroopan komissio allekirjoitti yhdessä 14 jäsenvaltion kanssa EU:n saarten puhdasta energiaa koskevan poliittisen julistuksen. Tämä julistus syntyi, kun tunnustettiin, että saarilla ja saarialueilla on erityisiä energiaan liittyviä haasteita ja mahdollisuuksia niiden erityisten maantieteellisten ja ilmastollisten olosuhteiden vuoksi. Mahdollisuuksiin lukeutuu se, että Euroopan saariyhteisöistä voi tulla innovaatiojohtajia puhtaaseen energiaan siirtymisessä Euroopassa ja sen ulkopuolella. Vuonna 2018 Euroopan komissio perusti yhteistyössä Euroopan parlamentin kanssa sihteeristön, jonka tehtävänä on saavuttaa Puhdasta energiaa EU:n saarille -aloitteen tavoitteet. Nykyään EU:n saarten puhdasta energiaa käsittelevä sihteeristö on foorumi, jossa voidaan käsitellä yli 2 200 asutun Euroopan saaren puhtaan energian siirtymää.

## Indikaattori 19: Energiankulutus

### a Perustelut

Energiaa voidaan käyttää enemmän tai vähemmän tehokkaasti ja enemmän tai vähemmän tärkeisiin tarkoituksiin. Seuraamalla energiaa käyttäviä aloja voidaan löytää toimenpiteitä, joilla pystytään parantamaan saaren energiankäyttöä. Keskimääräinen energiankulutus Euroopassa on suurta kylmissä

maissa, kuten Islannissa (15 305 kWh) ja Suomessa (11 897 kWh), mutta vähäistä kehittyvissä maissa, kuten Albaniassa (2 221 kWh), ja lämpimissä maissa, kuten Maltassa (3 303 kWh). Luvut ovat vuodelta 2020 ja perustuvat ainoastaan asukasmäärään. Saaren paikallista energiankäyttöä laskettaessa on otettava huomioon koko väestö: ympärivuotiset asukkaat, osa-aika-asukkaat, kesäasukkaat ja vierailijat.

Saarelaiset käyttävät paljon energiaa, koska heidän on matkustettava lautalla saarille. Eurooppalaisessa Smilegov-hankkeessa keskityttiin kestäväen energiasuunnittelun toteuttamiseen saarilla. Siinä todettiin, että 36,8 prosenttia hankkeessa otokseen valituilla 15 pienellä saarella käytetystä energiasta oli käytettiin lautoilla, jotka ovat tarpeeton liikenneväline mantereen yhteisöille.

Tätä indikaattoria varten tarvitaan indikaattoreiden 1–4 väestötiedot, joiden osalta lasketaan kotitalouksien energiankäyttö. Maaliikenne vaatii paljon kansalaistiedettä: on laskettava autot, linja-autot ja traktorit sekä se, kuinka monta kilometriä ne saarella kulkevat. Meriliikenteen osalta on parasta keskustella lauttahenkilökunnan kanssa. Kunnasta voidaan saada tietoa kunnan, teollisuuden ja maatalouden energiankulutuksesta. Muutoin on tehtävä lisäselvityksiä, tutkimuksia ja muuta etsivätyötä.

#### b Määritelmä

Energiankulutus asukasta ja vuotta kohti: kilowattituntia henkilöä ja vuotta kohti (kWh/p, y), väestö laskettuna ihmisen aiheuttamasta kokonaiskuormituksesta

#### c Laskelma

1	2	3	4
Yli 30 000 kWh/p, y	20 000–30 000 kWh/p, y	10 000–20 000 kWh/p, y	Alle 5 000 kWh/p, y

#### d Esimerkki

Visingsö on Vättern-järvessä sijaitseva Ruotsin 33:nneksi suurin saari, jonka pinta-ala 25 neliökilometriä ja pituus 14 kilometriä. Vätternilla on suuri merkitys saaren historialle, taloudelle ja energiankäytölle käytännön, historian ja talouden kannalta.

Visingsöllä on 736 rekisteröitynyttä asukasta. Visingsön valtuuston puheenjohtaja kutsuu heitä ”kaksijalkaisiksi” (molemmat jalat saarella). Saarella asuu myös noin sata ihmistä, jotka viettävät saarella puolet vuodesta. Puheenjohtaja kutsuu heitä ”yksijalkaisiksi” (yksi jalka saarella ja yksi rannikolla). Melko kätevä tapa kuvailla saaren kahta ihmisryhmää kesäasukkaiden ja vierailijoiden lisäksi.

Luokka	Henkilöiden määrä	Saarella vietettyjen päivien määrä	Henkilöpäiviä
Kaksijalkaiset	736	365	268 640
Yksijalkaiset	100	150	15 000
Kesäasukkaat	200	60	12 000
Vierailijat	100 000	1	100 000
Yhteensä			380 640

Visingsöllä on keskimäärin ihmisiä  $380\,640 / 365 = 1\,043$ . Ympäristön, energian ja infrastruktuurin näkökulmasta Visingsön väestön määrä ei ole 736, vaan hieman yli tuhat.

Visingsö kuuluu Jönköpingin lääniin ja sinne pääsee yhteysaluksella Grännasta. Lauttamatkan pituus on 6 200 metriä ja ylitysaika noin 25 minuuttia. Uusi (2014) alus on nimeltään m/s Braheborg, jossa on tilaa 34 autolle ja 397 matkustajalle. Aluksen pituus 58 metriä ja maksiminopeus 13 solmua. Sen bruttovetoisuus on 1 500 tonnia, joten se on suurin koskaan Vätternillä liikennöinyt alus.

Liikennetarpeiden kausivaihtelut ovat suuria. Vanhemmat m/s Ebba Brahe ja m/s Christian Brahe ovat käytössä kesän huippuajoina.

Visingsön asukkaat, yritykset ja vierailijat kuluttavat energiaa 1) kotitalouksissa (lämmitys, kuuma vesi), 2) maaliikenteessä, 3) meriliikenteessä, 4) yhdyskuntatekniikassa ja muissa julkisissa palveluissa (vesi, jätevesi, katuvalaistus, tiet ja muu infrastruktuuri), 5) maa-, metsä- ja kalataloudessa sekä 6) teollisuudessa ja rakentamisessa

#### 1) Kotitaloudet

Ruotsalainen kotitalous käyttää keskimäärin 60 prosenttia energiasta talon lämmittämiseen, noin 20 prosenttia kuumaan veteen (suihku, astioiden peseminen käsin jne.) ja loput 20 prosenttia sähkökodinkoneisiin: jääkaappeihin, pesukoneisiin, valaistukseen, televisioihin, tietokoneisiin ja muihin sähkölaitteisiin. Tämä koskee myös Visingsön 360:tä kotitaloutta eli energiaa kuluu 8,2 megawattituntia henkilöä ja vuotta kohden.

$$8,2 \text{ MWh} \times 1\,043 = 8\,553 \text{ MWh}$$

#### 2) Maaliikenne

Visingsön tieliikenne voidaan laskea yhteysaluksella kuljetettujen ajoneuvojen määrästä (78 050 edestakaista matkaa vuonna 2015 sekä 2 396 kaatolava-autoa ja 137 linja-autoa). Jos jokainen ajoneuvo ajaa lauttaterminaalista Kumlabyyn ja takaisin, ajoa tulee 644 644 kilometriä, eikä siihen lasketa saarelaisten sisäisiä matkoja.

$$644\,644 \text{ km} \times 0,07 \text{ l/km} = 45\,125 \text{ litraa}$$

Koska tämä arvo koskee sekä bensiiniä että dieseliä käytäviä ajoneuvoja, käytetään 9,5 kilowattitunnin lämpöarvoa:

$$45\,125 \text{ l} \times 9,5 \text{ kWh} / 1000 = 429 \text{ MWh}$$

#### 3) Meriliikenne

Monet saarelaiset eivät mielellään sisällytä meriliikennettä osaksi saaren energiankäyttöä. Myös lauttaliikenteen harjoittajilta voi olla vaikea saada energiatietoja (polttoainetta ja päästöjä). Perusteluja saaren ja mantereiden välillä kulkevien lauttojen kuluttaman energian sisällyttämiselle on kaksi: lauttaliikenne on olemassa saaren vuoksi ja energia kuluu saaren vesillä, mikä tarkoittaa, että päästöt ovat paikallisia.

Braheborgin kokoisen ro-ro-matkustaja-aluksen polttoaineenkulutus on 200–500 litraa tunnissa. Kulutus ei ole muuttumatonta, vaan siihen vaikuttavat laivakohtaiset parametrit (rungon muoto, paino, koneet) ja ulkoiset tekijät (virtaukset ja jääolosuhteet). M/s Braheborgin pienin arvioitu kulutus on noin 200 litraa meridieseliä tunnissa. Se perustuu siihen, että aluksen bruttovetoisuus on 1 500 tonnia ja siinä on neljä Volvo Penta -dieselmootoria, joiden kokonaisteho on 1 920 kW ja nopeus 13 solmua. M/s Christina Brahen ja m/s Ebba Brahen kulutukseksi oletetaan sata litraa tunnissa.

Talvella m/s Braheborg tekee 32 matkaa päivässä ja kesällä 34 matkaa. Matka kestää 25 minuuttia. Kaksi pienempää laavaa tekee kesän aikana 14 matkaa päivässä, yhteensä 6 113 käyntituntia vuodessa.

Arvioitu vuosikulutus on miljoona litraa. Yksi litra meridieseliä vastaa 10,96 kilowattituntia. Lauttojen kulutus on näin ollen 10 960 megawattituntia vuodessa.

$$1\,000\,000 \text{ l} \times 10,96 \text{ kWh} / 1000 = 10\,960 \text{ MWh}$$

#### 4) Yhdyskuntatekniikka

Ilmoitettu 3 754 megawattituntia.

## 5) Maatalous, metsätalous ja kalastus

Kunnan mukaan maa- ja metsätalouden sekä kalastuksen osuus kokonaisenergiankulutuksesta on kolme prosenttia = 751 megawattituntia.

## 6) Teollisuus ja rakentaminen

Valtaosa Visingsön teollisuudesta on rakennustöitä. Kunta on arvioinut määrän olevan yhteensä 1 472 megawattituntia.

Väestö	1 043 henkeä
Kotitaloudet	8 553 MWh
Maaliikenne	429 MWh
Meriliikenne	10 960 MWh
Yhdyskuntapalvelut	3 754 MWh
Maatalous, metsätalous ja kalastus	751 MWh
Teollisuus ja rakentaminen	1 472 MWh
<b>Yhteensä</b>	<b>25 919 MWh</b>
Henkilöä kohti (1 084)	23 911 kWh

Keskimääräinen kokonaisenergiankulutus vuodessa ja asukasta kohti Euroopassa on 28 439 kilowattituntia. Jönköpingin läänissä keskiarvo on 34 000 kilowattituntia. Visingsön asukkaat ovat siis huomattavasti mantereen naapuriensa alapuolella energiaa kuluttavista lautoistaan huolimatta.

Visingsön arvo on 2.

## Indikaattori 20: Energialähteet

### a Perustelut

Saarilla käytetään seuraavia energialähteitä: bensiini, kaasuöljy, diesel, jäännöspolttoöljy, antrasiitti, ruskohiili, maakaasu, turve, yhdyskuntajäte, puu, kasviöljy, biodiesel, bioetanoli, verkkosähkö, aurinkoenergia ja maalämpö

Indikaattoria 19 varten koostettiin saaren energiankulutus käyttäjän näkökulmasta: kotitaloudet, liikenne jne. Nyt tarkastellaan sitä toiselta kantilta: mitä energialähteitä on? Lautoissa sekä kuorma-autojen ja traktoreiden maakuljetuksissa käytetään kaasuöljyä ja dieseliä. Bensiiniä käytetään veneissä ja maa-ajoneuvoissa, kuten mönkijöissä, henkilöautoissa, moottoripyörissä ja mopoissa. Rakennusten lämmitykseen käytetään ruskohiiltä (kivihiiltä), turvetta, pellettejä, polttopuuta ja jäännöspolttoöljyä. Sähköä käytetään moniin tarkoituksiin: rakennusten lämmittämiseen, käyttämiseen ja valaisemiseen, sähköautoihin, teollisuuteen, katuvalaistukseen, televiestintä- ja tietotekniikkapalveluihin ja muihin tarkoituksiin.

Tätä indikaattoria varten laadittavasta taulukosta on hyötyä myös indikaattoria 23 koskevassa työssä.

b Määritelmä

Saaren eri energialähteiden vertaileva käyttö.

c Laskelma

Tämä on monimutkainen tehtävä, joka vaatii harkintaa ja tarkkuutta. Apua on paljon saatavilla, esimerkiksi Puhdasta energiaa EU:n saarille -aloitteen itsearviointityökalu ja Irlannin kansallisen kestävän energian viranomaisen SEAI:n verkkosivu.

Saaren kokonaisenergiankulutusta laskettaessa kaikki eri energiamuodot muunnetaan megawattitunneiksi. Tämä tehdään käyttämällä eri polttoaineiden lämpöarvoja seuraavan taulukon tapaan ja jakamalla lopputulos tuhannella, koska taulukon lämpöarvot ilmoitetaan kilowattitunteina. Lämpöarvo ilmaisee, kuinka paljon energiaa (lämpöä) syntyy, kun tietty määrä (massaa tai muuta fyysistä kokonaisuutta) eri polttoaineita poltetaan täydellä teholla.

Biopolttoaineiden, turpeen ja hiilen todellinen lämpöarvo riippuu niiden kosteuspitoisuudesta. Jos polttoaineen kosteuspitoisuus on tiedossa, lämpöarvoa voidaan nostaa tai laskea sen kosteuspitoisuuteen nähden.

Verkossa on maksuttomia energiankulutuslaskureita, muun muassa Åbo Akademin Saaristoinstituutin verkkosivuilta.

Lähde	Tyyppi	Lämpöarvo	Määrä	Yhteensä
Bensiini, autot	1 litra	8,7 kWh		
Bensiini, pienveneet	1 litra	11,9 kWh		
Diesel autoihin	1 litra	9,9 kWh		
Kaasuöljy, maataloudessa käytettävä diesel	1 litra	11,8 kWh		
Lauttojen meridiesel	1 litra	11,63 kWh		
Jäännöspolttoöljy	1 litra	10,02 kWh		
Kerosiini	1 litra	9,5 kWh		

Antrasiitti	1 kg	8 kWh		
Ruskohiilibriketti	1 kg	7,25 kWh		
Koksi	1 tonni	6 800 kWh		
Turve (50 prosentin kosteus)	1 m <sup>3</sup>	2,57 kWh		
Maakaasu	1 m <sup>3</sup>	10 800 kWh		
Yhdyskuntajätteet	1 tonni	2 700 kWh		
Puu	1 m <sup>3</sup> koivu	1 300 kWh 1 700 kWh		
Kasviöljy	1 m <sup>3</sup>	9 340 kWh		
Biodiesel	1 m <sup>3</sup>	9 340 kWh		
Verkkosähkö	1 kWh			
Aurinkoenergia	1 kWh			
Maalämpö	1 kWh			
Yhteensä	1 kWh			

## d Esimerkki

Simskåla on Ahvenanmaan Vårdön kunnassa sijaitseva saaristo, joka koostuu kahdesta pääsaaresta, suuresta määrästä pienempiä saaria ja luotoja, sekä kylästä. Siinä on yhteensä noin 2 000 hehtaaria maata, josta pääsaarten osuus on hieman yli puolet, ja noin 12 000 hehtaaria vesialuetta. Saarella on 35 asukasta. Näistä kolme on viljelijöitä, jotka kasvattavat kasviksia kasvihuoneissa. Saarella on myös 50 kesäasukasta, jotka viettävät sata päivää Simskålassa, ja 200 kesäasukasta, jotka viettävät siellä 30 päivää. Tästä saadaan yhteensä 23 775 henkilöpäivää jaettuna 365:llä = keskimäärin 65 hengen väestö.

Simskålan asukkaat ja vierailijat käyttävät energiaa pääasiassa a) lämmitykseen, b) liikenteeseen ja c) yhdyskuntapalveluihin (vesi ja jätevesi). Kotitalouksia on 13. Niitä lämmitetään öljy- ja ilmalämpöpumpulla (1 kotitalous), maalämmöllä (3 kotitaloutta), hakkeella (2 kotitaloutta) ja puulla yhdistettynä ilmalämpöpumppuun (7 kotitaloutta). Kesämökkejä lämmitetään puulla ja sähköllä, ja pieniä yksityisiä tuulivoimaloita on 5–6.

Simskålan päätoimiala on kasvihuoneviljely. Siellä viljellään esimerkiksi retiisiä, josta vuosittain viedään 20 tonnia Suomeen. Kasvihuoneiden lämmitystä varten niiden viereisessä lahdessa on 25 lenkkiä letkua. Kukin lenkeistä on 800 metriä pitkä, ja tämä 20 kilometrin letku on täytetty vesi-alkoholiseoksella. Ne toimivat samoin kuin maalämpö: meri lämmittää letkussa olevan kylmän veden, joka palautetaan takaisin lämmönvaihtojärjestelmään. Kasvien tarvitsemasta lämmöstä saadaan näin 80–90 prosenttia merestä myös talvella, kun meri on jäässä. Uusiutuvalla energialla on korvattu yli sata tonnia dieseliä. Järjestelmää käyttävät pumput kuluttavat 250 megawattituntia tuhannen megawattitunnin tuottamiseksi.

Lautta painaa 60 tonnia, kulkee 3 200 tuntia vuodessa ja käyttää 23 litraa tunnissa. Se on yhteensä 70 tonnia = 114 megawattituntia.

Simskålan energialähteet ovat seuraavat:

Lähde	Tyyppi	Kilowattitunti	Määrä	Yhteensä
Bensiini, autot	1 litra	8,7 kWh	6 000	52,2 MWh
Diesel, autot	1 litra	9,9 kWh	9 000	89,1 MWh
Bensiini, pienveneet	1 litra	11,9 kWh	5 000	59,5 MWh
Diesel, pienveneet	1 litra	9,9 kWh	6 000	59,4 MWh
Kaasuöljy, maataloudessa käytettävä diesel	1 litra	11,8 kWh	4 m <sup>3</sup>	47,2 MWh
Lauttojen meridiesel	1 litra	11,63 kWh	70 tonnia	977 MWh
Puu	1 m <sup>3</sup>	1 300 kWh	180 m <sup>3</sup>	234 MWh
	koivu	1 700 kWh		

Verkkosähkö	1 kWh	1 kWh		
Kasvihuoneet				250 MWh
Majatalo				20 MWh
Merilämpö	1 kWh	1 kWh		750 MWh
Maalämpö	1 kWh	1 kWh		40 MWh
Aurinkoenergia	1 kWh	1 kWh		6 MWh
Yhteensä				2 584,4 MWh

Laskelmat:

Lautalla käytettävä diesel, jonka lämpöarvo on 11,63 kilowattituntia litraa kohti

*Yhden dieseltonnin tilavuus on noin 1 200 litraa.*

*Lautta: 70 tonnia x 850 = 59 500 l*

*59 500 l x 11,63 kWh/l / 1000 = 977 MWh*

Bensiini autoihin, lämpöarvo 8,7 kilowattituntia litraa kohti

*6 000 l x 8,7 kWh/l / 1000 = 52,2 MWh*

Kaasuöljy, lämpöarvo 11,8 kilowattituntia litraa kohti

*4 m<sup>3</sup> = 4000 l*

*4000 l x 11,8 kWh/l / 1000 = 47,2 MWh*

Puu, lämpöarvoltaan 1,300 kilowattituntia kuutiometriä kohti

*180 m<sup>3</sup> x 1 300 kWh/m<sup>3</sup> / 1000 = 234 MWh*

Simskälän suuri energiankulutus henkeä kohti johtuu lautasta sekä kasvihuonejärjestelmän pumppujen sähköstä. Simskälälle annettiin vuonna 2017 EU:n kestävän energian palkinto kasvihuoneiden erittäin innovatiivisen lämmitysratkaisun ansiosta.



## Indikaattori 21: Hiililähteet ja -nielut

Ihmisen hiilidioksidipäästöt ovat 1800-luvun puolivälistä lähtien lisänneet ilmakehän hiilidioksidipäästöjä 270 miljoonanosasta (ppm) yli 400 miljoonanosaan. Samana aikana maapallon keskilämpötila on noussut lähes asteella. Tärkeimmät kasvihuoneilmiöön vaikuttavat kaasut ovat hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>), typpioksidi (NO), metaani (CH<sub>4</sub>), freonit, vesihöyry ja otsoni. Hiilidioksidi on tilavuuden kannalta runsain kasvihuonekaasu. Ilmakehän hiilidioksidi mitattuna Yhdysvaltain valtameri- ja ilmakehäviranomaisen NOAA:n (National Oceanic and Atmospheric Administration) Mauna Loa havaintoasemasta oli enimmillään toukokuussa 2021. Kuukausikeskiarvo oli 419 miljoonanosaa, joka on korkein taso siitä lähtien, kun tarkat mittaukset alkoivat 63 vuotta sitten.

### Hiililähteet

Typen, metaanin, freonien, vesihöyryn ja otsonin kaltaisten kaasujen päästöt kerätään yleensä kasvihuonekaasuina. Hiilipitoisia yhdisteitä kutsutaan usein hiilidioksidipäästöiksi. Näiden yhdisteiden lähteenä on ihmisten fossiilisen hiilen, öljyn ja maakaasun käyttö. Ne ovat perusta maapallon ilmaston jatkuvalle muutokselle erityisesti lähellä maata, jossa kasvihuonekaasut lämmittävät ilmaa. Myös maankäytön muutokset, metsäkato ja sementin (betonin ainesosa) ja lannoitteiden (fosfori ja typpi) tuotanto vaikuttavat voimakkaasti hiilidioksidin pitoisuuteen ilmakehässä ja nostavat maapallon lämpötilaa.

Käytännön syistä kaikki kasvihuonekaasut muunnetaan yleensä hiilidioksidiekvivalenteiksi CO<sub>2</sub>e. Se on kasvihuonekaasupäästöjen mittari, jossa otetaan huomioon, että eri kasvihuonekaasut edistävät kasvihuoneilmiötä eri tavoin.

Saariyhteisöt käyttävät usein enemmän energiaa kuin mantereiden yhteisöt. Saarelaisten ekologinen jalanjälki on suuri, koska saarelta ja saarelle kulkemiseen on käytettävä lauttaa, joka lisää heidän energiankäyttöään keskimäärin 37 prosenttia (indikaattori 19). Toisaalta he elävät suuressa hiilinielussa: meressä.

Ihmisten suuri enemmistö on huolissaan ilmastomuutoksesta. Saaren, joka haluaa selviytyä, on seurattava päästöjään ja autettava vähentämään niitä. Suurin osa kotitalouksien päästöistä tulee talojen lämmittämisestä, talousveden lämmityksestä, maa-, meri- ja ilmaliikenteestä, maataloudesta/maankäytöstä ja sähkönkulutuksesta. Päästöt liittyvät suoraan saaren energiankulutukseen. Näin ollen voidaan siirtyä ilmastoystävällisempiin lämmönlähteisiin (aurinko- ja tuulienergia, maalämpö ja polttopuu) ja välttää tarpeettomia matkoja ja kuljetuksia.

### Hiilinielut

Hiilinielu imee hiilidioksidia ilmakehästä sitomalla sitä. Sitä voi kuvata helposti niin, että nielu imee enemmän hiilidioksidia kuin se päästää.

Hiilinielut ottavat hiilidioksidia talteen pitkään, muutaman vuosikymmenen jaksoista jopa useisiin tuhansiin vuosiin. Mitä pidempään, sen parempi. Suurimmat hiilinielut ovat valtameret, metsät ja maaperä. Kasvit, valtameriplanktonit, sienet ja bakteerit imevät hiiltä kasvaessaan. Metsän hiilinielu vaihtelee puulajien, ojen, hakkuiden, maalajin jne. mukaan. Euroopan metsien hiilinielun likimääräinen arvo on 1,7 hiilidioksidiekvivalenttitonnia metsähehtaaria kohti. Tuoreessa ruotsalaisessa tutkimuksessa metsää mitattiin metsäkuutiometreinä (140 kuutiometriä hehtaaria kohti). Ruotsin metsät keräävät vuosittain yli 50 hiilidioksidiekvivalenttitonnia.

Saarelle on vaikea laskea hiililähteitä ja hiilinieluja sekä globaalisti että paikallisesti.

### Laskelma

#### Hiililähteet

Käytetään indikaattorin 20 taulukkoa ja lukuja:

Lähde	MWh	Elinkaariarvioinnin mukaiset päästöt, kiloa megawattituntia kohti	Yhteensä
Bensiini, autot		299	
Bensiini, pienveneet		299	
Kaasuöljy, maataloudessa käytettävä diesel		305	
Lauttojen dieselpolttoaine		321	
Jäännöspolttoöljy		310	
Antrasiitti		393	
Ruskohiili		375	
Maakaasu		237	
Yhdyskuntajätteet		339	
Puu		2-405 <sup>a)</sup>	
Kasviöljy		182	
Biodiesel		156	
Bioetanoli		206	

Verkkosähkö		295	
Aurinkoenergia		b)	
Maalämpö		b)	
Yhteensä			
Asukaskohtainen summa laskettuna väkiluvusta			

On huomattava, että taulukko perustuu elinkaarianalyysin päästökertoimiin, myös energian ja materiaalien syötteiden määrittämiseen. Se tarkoittaa esimerkiksi sitä, että tuulivoima-arvot sisältävät raaka-aineen ja tuulivoimalan rakentamisen. Luvut on otettu kaupunginjohtajien energia- ja ilmastositomuksen teknisestä liitteestä.

a) Alempi, jos puu korjataan kestäväällä tavalla, korkeampi, jos puunkorjuu on kestämatöntä

b) Tietoja ei ole saatavilla, mutta päästöjen oletetaan olevan vähäisiä

#### Hiilinielut

Hiilinielu voidaan laskea valtamerille ja laajoille merialueille, kuten Irlanninmerelle, Tyrrhenanmerelle tai Itämerelle. Saaren vesialueen paikallista hiilinielua ei kuitenkaan voida laskea, kuten indikaattorissa 9 laskettiin.

	Hehtaari	Hiilinielu hehtaaria kohti	Yhteensä
Metsä		50 hiilidioksidiekvivalenttitonnia	

Hiilidioksidipäästöt vähennettynä hiilinielulla henkeä kohti vuosittain.

1	2	3	4
Yli 12	11,9-9	8,9-6	Alle 5,9

#### Esimerkki

Iniö on Turun edustalla sijaitseva 200 asukkaan saaristo. Se oli itsenäinen kunta vuoteen 2009 asti, jolloin se liitettiin Paraisten kaupunkiin. Iniö on saaristo, saariryhmä, jossa on noin tuhat saarta ja luotoa. Sen maa-alue on 64 neliökilometriä ja vesialue 273 neliökilometriä, yhteensä 337 neliökilometriä. Iniön pinta-alasta 83 prosenttia on vettä ja tuhat hehtaaria Iniöstä on metsää.

Iniössä on 200 ympärivuotista asukasta ja 400–500 kesämökkiä. Kesäajan väestö on noin tuhat henkilöä, kaiken kaikkiaan (73 000 + 60 000 =) 133 000 henkilöpäivää, mikä vastaa 364:ää henkilöä.

Iniössä on kolme lauttaa, jotka yhdistävät isommat saaret. Lauttaliikenteen osuus energiankulutuksesta – ja siten hiilidioksidipäästöistä – on laskelman mukaan suuri Iniössä, yli 50 prosenttia. Myös yhdysveneiden, vapaa-ajanveneiden ja matkustajaliikenteen osuudet ovat tuntuvia. Meriliikenteen kokonaispäästöt ovat tuhat hiilidioksidiekvivalenttitonnia.

#### Energiankulutus ja päästöt:

Lähde	MWh	Elinkaariarvioinnin mukaiset päästöt, kiloa megawattituntia kohti	Yhteensä
Bensiini, autot	230	299	68 tonnia
Bensiini, pienveneet	955	299	285 tonnia
Kaasuöljy, maataloudessa käytettävä diesel	478	305	146 tonnia
Lauttojen dieselpolttoaine	2 230	321	715 tonnia
Jäännöspolttoöljy	437	310	135 tonnia
Puu	1 755	2–405 <sup>a)</sup>	8 tonnia
Verkkosähkö	273	295	81 tonnia
Yhteensä	6 358		1 438 tonnia
Asukaskohtainen summa laskettuna väkiluvusta (364 henkilöä)	17,5		3 951 kg

## Hiilinielu:

	Hehtaari	Hiilinielu hehtaaria kohti	Yhteensä
Metsä	1 000	50 hiilidioksidiekvivalenttonnia	50 000 tonnia

Kun Iniön asukkaat tekivät paikallisen energiasuunnitelman vuonna 2015, tuhannen metsähehtaarin arvioitiin olevan 1 700 tonnin hiilinielu. Vuoden 2020 uusien tutkimusten mukaan sen pitäisi olla 50 tonnia hehtaaria kohti eli 50 000 tonnia. Iniötä ympäröivän meren koko on 15 kuutiokilometriä, mutta sitä ei voida laskea.

Iniön väkiluvuksi on laskettu 364 henkilöä. Jokainen henkilö käyttää vuosittain 17,5 megawattituntia, mikä on lähellä Suomen keskiarvoa. Heidän yksilölliset hiilidioksidiekvivalenttipäästönsä ovat 3,95 tonnia.

Energian käytön ja päästöjen kannalta Iniö on hyvin asuttava saari. Kun otetaan huomioon saaren metsän hiilinielu, Iniöllä ei ole lainkaan ekologista jalanjälkeä. Iniön arvo on siis 4.

Huom. Myös maatalouden ja maatalousmaan hiilidioksidipäästöt olisivat erittäin tärkeä arvioitava tekijä. Saatavilla on jonkin verran tietoja: noin viisi hiilidioksidiekvivalenttia hehtaaria kohti. Vaihtelu on suurta maalajin ja maankäytön mukaan.

## Indikaattori 22: Paikallinen energiantuotanto

### a Perustelut

Energianhankinta on saarille suuri haaste niiden pienen koon ja erillisten energiajärjestelmien vuoksi. Jos niitä ei ole yhdistetty mantereeseen kaapeleilla, ne ovat tavallisesti riippuvaisia fossiilisten polttoaineiden tuonnista sähköntuotantoa, liikennettä ja lämmitystä varten.

Paikallinen energia hyödyttää saarten paikallista taloutta. Paikallisesti tuotettu energia todennäköisesti vähentää hiilidioksidipäästöjä, tuottaa taloudellisia ja psykologisia hyötyjä yhteisölle ja sen sidosryhmille sekä luo paikallisia työpaikkoja.

### b Määritelmä

Paikallisesti saarella tuotetun energian osuus kokonaiskulutuksesta.

### c Laskelma

Saarelle laaditaan yksinkertaistettu energiatase aiempien indikaattorien avulla:

ENERGIAN TARVE			ENERGIANHANKINTA		
	MWh	Prosenttiosuus		MWh	Prosenttiosuus
Maaliikenne			<b>Tuonti</b>		
Omakotitalot			Polttoaine		
Loma-asunnot			Sähkö		

Teollisuus			Kaasu		
Yhdyskuntapalvelut			<b>Paikallisesti tuotettu energia</b>		
Meriliikenne			Puu		
			Tuuli		
			Aurinko		
			Maalämpö		

1	2	3	4
Enintään 24 %	25–49 %	50–74 %	Vähintään 75 %

#### d Esimerkki

Texel muodostui ensimmäisen kerran vuoden 1170 pyhäinpäivän (Allerheiligenflut) myrskyssä. Siitä tuli kuitenkin saari vasta sata vuotta myöhemmin, kun toinen myrsky erotti sen mantereesta. Nykyään se on seitsemine kyliseen suurin saari Alankomaiden Friiseinsaarilla, jotka kuuluvat Waddenmeren Unescon maailmanperintökohteeseen. Texelin maapinta-ala on 162 neliökilometriä ja vesipinta-ala kaksinkertainen: 301 neliökilometriä. Saarella asuu 13 584 asukasta, jotka asuvat 6 050 omakotitalossa. Texelissä on 3 230 loma-asuntoa, 1 240 yritystä, 5 677 henkilöautoa, 1 743 pakettiautoa ja kuorma-autoa sekä 666 moottoripyörää.

Monet saarelaiset ovat taloudellisesti riippuvaisia matkailuun liittyvästä toiminnasta, minkä vuoksi paikallistalous on erittäin riippuvainen kesäajan kävijöistä. Matkailua pidetään sekä kirona että siunauksena – se tuottaa enemmän kuin maa- ja kalatalous. Lautat tuovat Texeliin noin kaksi miljoonaa kävijää ja miljoona automatkustajaa vuodessa.

Texelillä on vaikeuksia pärjätä matkailun kanssa. Texelin ainutlaatuisia lampaita ja karitsoja ei ole vierailijoiden lautasilla, koska suurin osa lihasta tuodaan Uudesta-Seelannista. Saastuminen uhkaa Texeliä – saaren taivas ei ole enää niin tähtikirkas. Vierailijoista 80 prosenttia on käynyt saarella aiemmin. Monet heistä ovat lintutieteilijöitä, jotka ovat huolissaan siitä, että kylien, autojen ja laivojen yövalo vaikuttaa lintuihin.

Vuonna 2007 Texelin ja naapurisaarten Terschellingin, Schiermonnikoogin, Amelandin ja Vlielandin asukkaat kokoontuivat saarten tulevaisuutta käsittelevään konferenssiin. Konferenssi tuotti neljä erilaista skenaariota, joista keskusteltiin sitten kaikkien Texelin saarelaiden kanssa. Sen tuloksena syntyi viides skenaario, jonka nimeksi tuli Texelin ainutlaatuinen saari. Siinä muun muassa rajoitettiin matkailua 47 000 vierasvuoteeseen. Strategisia alueita on kolme:

- 1) Texel toimittaa energiaa, mikä tarkoittaa, että saari tuottaa enemmän uusiutuvaa energiaa kuin se käyttää.
- 2) Texel on ihmisten latautumisasema, mikä tarkoittaa, että saari antaa vierailijoilleen uutta energiaa ja voimaa.
- 3) ”Kokeiltu ja koeteltu” Texelissä, mikä tarkoittaa, että saari on kokeilualue, jolla voidaan tehdä erilaisia kokeita ja testejä. Tässä yhteydessä tuotiin esiin lause ilmaisu ”lievä saastuminen”.

Kestäviä energialähteitä on helposti saatavilla: aurinko, tuuli, aallot ja vuorovesi. Vuonna 2014 silloinen Texelin kylänvanhin Eric Hercules kehotti saarta ottamaan tavoitteeksi, että se on Alankomaiden ensimmäisiä energianeutraaleita kuntia vuoteen 2020 mennessä.

Kuusi vuotta myöhemmin nykyinen kylänvanhin Hennie Huisman-Peelen joutui myöntämään, että tavoitetta omavaraisuudesta vuoteen 2020 mennessä ei ollut läheskään saavutettu. Paljon oli tutkittu, kokeiltu ja kehitetty, mutta vain viisi prosenttia kaikesta energiasta oli tuotettu kestävästi saarella. ”Maisema on sauremme pääomaa, ja sitä on käsiteltävä varovasti. Tuuliturbiinit ja aurinkopaneelit vaikuttavat sen ulkonäköön. Siksi osa väestöstä vastustaa niitä voimakkaasti. Toiset haluavat toteuttaa kestävyystavoitteita ja ryhtyä toimiin. Tämän jaon vuoksi on vaikeaa tai mahdotonta saada energiahankkeita liikkeelle.”

Vuonna 2020 Texelin yksinkertaistettu energiatasapaino näytti tältä:

ENERGIAN TARVE			ENERGIANHANKINTA		
	MWh	Prosenttiosuus		MWh	Prosenttiosuus
Liikenne	268 000	50 %	<b>Tuonti</b>		
Omakotitalot	123 000	23 %	Polttoaine	268 000	50 %
Loma-asunnot	38 000	7%	Sähkö	75 000	14 %
Teollisuus	107 000	20 %	Kaasu	193 000	36 %
Yhteensä	536 000	100 %		536 000	100 %

Valitettavasti Texelin arvo on 1.

## Indikaattori 23: Uusiutuvan energian osuus

### a Perustelut

Uusiutuvalla energialla tarkoitetaan jatkuvasti täydentyvistä luonnonlähteistä, kuten auringonvalosta, tuulesta tai aalloista, tuotettua energiaa. Uusiutuvan energian käyttö energiantuotannossa aiheuttaa yleensä huomattavasti vähemmän haittaa kuin muut energialähteet, ja sitä olisi aina edistettävä.

Uusiutuvan energian käyttö on tehokkaimpia keinoja pienentää ekologista jalanjälkeämme. Sillä mitataan, kuinka nopeasti kulutamme resursseja ja tuotamme jätettä verrattuna siihen, miten nopeasti luonto voi imeä jätteitä ja tuottaa resursseja.

Tutkijat käyttävät termiä ”ekologinen jalanjälki” kuvatakseen, kuinka paljon resursseja fossiilisten polttoaineiden käytöstä tulee. Se tehdään arvioimalla, miten paljon uutta metsää (kuten indikaattorissa 20 mainitaan) tarvitaan siihen, että öljyn, hiilen ja kaasun käytöstä ilmakehään päässyt hiilidioksidi pystytään ottamaan talteen. Seuraava esimerkkisaari sijaitsee Saksassa, jonka ekologinen jalanjälki vuonna 2020 oli 5,3. Se tarkoittaa, että Maan sijasta tarvittaisiin viisi planeettaa.

### b Määritelmä

Uusiutuvista lähteistä saarella tuotetun energian osuus.

### c Laskelma

Käytetään indikaattorissa 20 laadittua taulukko ja lisätään uusia sarakkeita:

Lähde	Yhteensä megawattitunteina	Uusiutumaton	Uusiutuva	Prosenttiosuus energian kokonaiskulutuksesta
Bensiini, autot				
Bensiini, pienveneet				
Diesel autoihin				
Kaasuöljy, maataloudessa käytettävä diesel				
Lauttojen meridiesel				
Jäännöspolttoöljy				
Kerosiini				
Antrasiitti				
Ruskohiilibriketti				
Koksi				
Turve (50 prosentin kosteus)				
Maakaasu				
Yhdyskuntajätteet				



Puu				
Kasviöljy				
Biodiesel				
Bioetanoli				
Verkkosähkö				
Aurinkolämpö				
Maalämpö				
Aurinkolämpö				
Yhteensä				

1	2	3	4
Enintään 24 %	25–49 %	50–74 %	Vähintään 75 %

#### d Esimerkki

Helgolandin saaret ovat Saksan ainoat kaksi saarta, jotka eivät sijaitse mantereeseen välittömässä läheisyydessä. Ne sijaitsevat Pohjanmerellä, 69 kilometriä pohjoiseen mantereesta Elbejoen suulla. Ne ovat hyvin pieniä, sillä niillä on vain 1,0+0,7 neliökilometriä maata ja 1 469 vakituista asukasta. Helgoland on lomakohde, jossa on käynyt yli 50 miljoonaa matkailijaa vuodesta 1826 lähtien. Se on vapautettu veroista, koska se on osa EU:ta mutta jätetty EU:n alv-alueen ja tulliliiton ulkopuolelle. Se ei kuitenkaan ole enää samanlainen turistimagneetti kuin ennen. Matkailijoita oli 1970-luvulla 800 000 vuodessa, mutta sen jälkeen heitä on ollut pitkään vain puolet entisestä. Vuonna 2021 määrä oli 319 000. Matkailun lisäksi tärkeimmät tulonlähteet ovat merentutkimus ja satamapalvelut.

Vuonna 1990 asennettiin 1,2 megawatin tuulivoimala. Teknisten ongelmien lisäksi turbiini ei ollut salamankestävä eikä sille saatu vakuutusta. Saarelaiset pitivät tuulivoimahanketta epäonnistuneena ja pysäyttivät sen.

Vuonna 1997 joukko Hampurin yliopiston opiskelijoita arvioi Helgolandin ekologista jalanjälkeä professori Beate Ratterin ohjaamina. He kertoivat silloiset 1 370 asukasta 365 päivällä, lisäsivät 288 102 päivittäistä kävijää, joista kunkin osuus oli puoli päivää, ja 206 477 yön yli viipynyttä matkailijaa, joista kunkin osuus oli yksi päivä. Yhteismääräksi saatiin 848 578 päivää. He laskivat kaiken ihmisten 888 578 päivän aikana käyttämän ruoan, sähkön ja veden ja lisäsivät alusten polttoaineen 494 579 matkasta. Se oli 85 prosenttia koko rasiuksesta. He olettivat Helgolandin pinta-alaksi yhden neliökilometrin ja saivat lopputulokseksi 10 502,5 globaalihehtaaria, mikä tarkoittaa, että Helgolandin pinta-ala on 62-kertainen.

Helgoland liitettiin vuonna 2009 mantereeseen 53 kilometrin vedenalaisella sähkökaapelilla. Siihen asti Helgolandin sähkön tuotti paikallinen diesellaitos, joka on edelleen käytössä lämmöntuotantoon ja joka käyttää edelleen 100-prosenttisesti raskasta polttoöljyä. Helgolandin juomavesi (150 000 m<sup>3</sup>) valmistetaan merivedestä, ja se vie 11 prosenttia saaren virransyötöstä. Jätevesi käsitellään kunnallisessa jätevedenpuhdistamossa ja jätteet viedään mantereelle viikoittain. Liikkuminen on 95-prosenttisesti sähköistettyä. Saaren valaistus hoidetaan jo 99-prosenttisesti LED-valoilla.

Vuonna 2011 kunta asetti tavoitteekseen tulla päästöttömäksi saareksi vuoteen 2020 mennessä. Merkittävä edistysaskel otettiin vuonna 2015, kun 100-prosenttisesti nesteytettyä maakaasua käyttävä saarilautta m/s Helgoland otettiin käyttöön. Se tuottaa 30 prosenttia vähemmän hiilidioksidia kuin polttoöljy ja 45 prosenttia vähemmän kuin hiili. Typpioksidipäästöt (NO<sub>x</sub>) vähenevät kaksinkertaisesti ja rikkidioksidipäästöt (SO<sub>2</sub>) ovat lähes olemattomat. Diesellaitoksen korvaamiseksi on ollut vireillä hanke vuodesta 2016 lähtien. Tavoitteena on vähentää saaren hiilidioksidipäästöjä 50 prosenttia.

Päätoimiala, matkailu, on vaarallisessa taantumassa, joten saarella tarvitaan uutta liiketoimintamallia. Helgolandissa palvellaan merituulivoimateollisuutta. Pohjanmeren tuulivoimapuistoja ylläpitävät ja hallitsevat yritykset ovat vakiinnuttaneet asemansa Helgolandissa ja ovat vuodesta 2015 lähtien tuoneet saarelle vuosittain kymmenen miljoonaa euroa yritysveroa. Pormestari Jörg Singer on käyttänyt tuulivoimarahoja satamien kunnostamiseen ja asuntojen rakentamiseen. Kolmen vuoden kuluttua saarella ei pitäisi olla velkaa.

Helgoland on muuttumassa lomasaaressa energiasaareksi ja siitä on tulossa keskus yhdelle maailman suurimmista tällä hetkellä suunnitteilla olevista vetyhankkeista. Satojen uusien tuulivoimaloiden on määrä tuottaa sähköä merellä saaren edustalla. Sähkö puolestaan tuottaa paikan päällä vetyä, joka tuodaan Helgolandiin putkilinjan kautta. Sieltä se jatkaa mantereelle laivalla.

Jotkut Helgolandin asukkaat pelkäävät, että vetyhanke on saarelle hieman liian suuri. Vedyn kuljettamiseen tarvittavat kemikaalit ovat vaarallisia, ja he pelkäävät matkailijoiden pelästyvän. ”He haluavat tulla luonnonmukaiselle saarelle, ei teolliselle saarelle”, sanoo paikallinen poliitikko.

Useimmat Helgolandin asukkaat näyttävät kannattavan merituulivoimaa ja katsovat, että vety on periaatteessa hyvä ajatus. Ilmaston lämpeneminen on todennäköisesti suurin vaara ihmisille ja eläimille sekä Helgolandille. Helgolandiin pätevät samat jakolinjat kuin muuallakin saarten maailmassa: Miten eläinten hyvinvoinnin ja ilmaston suojeleminen, nostalgian ja edistyksen sekä tuulienergian ja sisäisen turvallisuuden välillä pitäisi päättää?

Lähde	MWh	Uusiutumaton MWh	Uusiutuva MWh	Prosenttiosuus energian kokonaiskulutuksesta
3 miljoonaa litraa raskasta polttoöljyä vuosittain rakennusten lämmitykseen	24 000	24 000		36%
Maakaasu (LNG) lauttaa varten	~ 30 000	30 000		45 %

Yhdyskuntajäte (poltettavaksi)	Ei laskettu			
Verkkosähkö	12 000	12 000		18%
Rakennusten lämmitykseen tarkoitettu aurinkoenergia	105		105	Alle 1 %
Yhteensä	66 105	66 000	105	100 %