

Uusiutuvan energian kuntakatselmus

Espoon kaupunki



Uusiutuvan energian kuntakatselmus

Espoon kaupunki

Projekti **Uusiutuvan energian kuntakatselmus**
Vastaanottaja **Espoon kaupunki**
Asiakirjatyyppi **Raportti**
Päivämäärä **20.2.2025**
Laatija **Anna-Maria Rauhala, Siiri Lampela, Jukka Kopra, Elina Puhjo**
Tarkastaja **Markku Ahonen**
Kansikuva **SRV**

Ramboll
PL 25
Itsehallintokuja 3
02601 ESPOO

P +358 20 755 611
F +358 20 755 6201
<https://www.ramboll.com/fi-fi/>

Sisältö

Esipuhe	3
Termit ja lyhenteet	4
1. Yhteenveto	5
1.1 Katselmuskunta	5
1.2 Uusiutuvien energialähteiden käytön lisäämismahdollisuudet	6
2. Kohteen perustiedot	9
2.1 Kaupungin alue ja taajamat	9
2.2 Väestö	12
2.3 Elinkeinorakenne	14
2.4 Kaavoitustilanne Espoossa	14
2.5 Rakennuskanta	15
3. Energiantuotannon ja -käytön nykytila	17
3.1 Lähtötiedot	17
3.2 Sähkön tuotanto ja kulutus	17
3.2.1 Sähkön erillistuotanto	17
3.2.2 Yhdistetty sähkön- ja lämmöntuotanto	17
3.2.3 Sähkönkulutus	17
3.2.4 Energiatase	19
3.3 Sähkönsiirto	20
3.4 Muu energiainfrastrukturi	22
3.5 Lämmöntuotanto	22
3.5.1 Kaukolämmön tuotanto	22
3.5.2 Teollisuuden erillislämmöntuotanto	25
3.5.3 Lämpöyrittäjäyiskohteet	25
3.5.4 Energiatase	25
3.6 Kiinteistöjen lämmitys	26
3.6.1 Rakennuskanta	26
3.6.2 Kunnan kiinteistöt	27
3.7 Liikenne	31
3.8 Kokonaisenergiatase	33
4. Uusiutuvat energialähteet	35
4.1 Puupolttoaineet	35
4.1.1 Nykykäyttö	35
4.1.2 Energiantuotanto- ja hyödyntämispotentialiaali	35
4.2 Peltobiomassat	36
4.2.1 Nykykäyttö	36
4.2.2 Energiantuotanto- ja hyödyntämispotentialiaali	37
4.3 Biokaasu	37
4.3.1 Nykykäyttö	38
4.3.2 Energiantuotanto- ja hyödyntämispotentialiaali	39
4.4 Jätepolttoaineet	41
4.4.1 Nykykäyttö	41
4.4.2 Energiantuotanto- ja hyödyntämispotentialiaali	42
4.5 Tuulivoima	42
4.5.1 Nykykäyttö	43
4.5.2 Energiantuotanto- ja hyödyntämispotentialiaali	43
4.6 Aurinkoenergia	44
4.6.1 Nykykäyttö	44

4.6.2	Energiantuotanto- ja hyödyntämispotentialiaali	44
4.7	Vesivoima	46
4.8	Lämpöpumput	46
4.8.1	Geoenergia	48
4.8.2	Ilma-ilmalämpöpumput	51
4.8.3	Ilma-vesilämpöpumppu	51
4.8.4	Poistoilmalämpöpumppu	52
4.9	Muut	52
4.9.1	Kaukojäähdytys	52
4.9.2	Hukkalämpö ja energiatehokkuus	53
4.9.3	Energian varastointi	54
4.9.4	P2X ja vety	55
4.9.5	Kulutusjousto	56
4.9.6	Liikenteen sähköistyminen	58
4.10	Yhteenveto	60
5.	Jatkotoimenpide-ehdotukset	63
5.1	Visio	63
5.2	Energiatuotannon toimenpiteet	65
5.3	Energiankulutuksen toimenpiteet	65
5.4	Energiansiirron ja yleiset mahdollistavat toimenpiteet	67
6.	Jatkoselvitykset ja -tutkimukset	69
6.1	EU rahoituksen hyödyntäminen hiilineutraaliustavoitteiden saavuttamisen tueksi	69
6.2	Kaupunginosien ohjaaminen vähähiiliseksi ja energiatehokkaaksi	69
6.3	Yhteistyöfoorumi tilannekuvan ylläpitämiseksi	69
6.4	Hukkalämpöselvitys	69
7.	Seuranta	70
8.	Lähdeluettelo	71

Esipuhe

Tässä Motivan mallin mukaisessa uusiutuvan energian kuntakatselmusraportissa esitetään Espoon kaupungin nykyinen sähkön ja lämmön tuotannon ja käytön sekä liikenteen energiatase, alueelliset uusiutuvan energian resurssit ja potentiaalit sekä mahdollisuudet lisätä uusiutuvien energianlähteiden käyttöä energiantuotannossa. Selvitystyön tuloksena esitetään toimenpide-ehdotukset, joilla voidaan kannattavasti lisätä uusiutuvan energian käyttöä kaupungin alueella.

Uusiutuvan energian kuntakatselmuksen ovat rahoittaneet Business Finland (50 %) ja Espoon kaupunki (50 %). Työ aloitettiin elokuussa 2024 ja se valmistui helmikuussa 2025. Tarkastelussa käytetty tarkasteltu referenssivuosi oli pääasiassa 2023.

Kuntakatselmuksen on toteuttanut Ramboll Finland Oy. Katselmoijina toimi Ramboll Finland Oy:stä Anna-Maria Rauhala (vastuukatselmoija), Jukka Kopra, Siiri Lampela ja Markku Ahonen.

Työtä ovat tilaajan puolelta ohjannut Espoon kaupungilta Elina Wanne, Joni Mäkinen ja Mika Huttunen.

Termit ja lyhenteet

Termi	Selite
Aluelämpö	Rajoitetun alueen keskitetty lämmitys ilman sähkön ja lämmön yhteistuotantoa.
CHP-laitos	Energiantuotantolaitos, joka tuottaa sekä sähköä ja lämpöä; yhdistetty sähkön- ja lämmöntuotanto.
Energiajärjestelmä	Sisältää energiantuotannon ja -kulutuksen sekä niihin liittyvät polttoaineet (lämmitys, jäähdytys, sähkö sekä liikenteen polttoaineet).
Energialähde	Aine tai ilmiö, josta voidaan saada energiaa joko suoraan, muuntamalla tai siirtämällä.
Energiatase	Erittely tiettyyn järjestelmään tulevista ja sieltä lähtevistä energiavirroista.
Espoon kaupunki	Espoon kaupungilla tarkoitetaan kaupunkiorganisaatiota. "Espoon alueella" tarkoitetaan Espoon kaupungin rajojen sisäpuolista aluetta.
Kaukolämpö	Kaukolämmityksellä tarkoitetaan keskitettyä lämmöntuotantoa ja -jakelua. Lämmitysvesi toimitetaan jakeluverkon välityksellä kuluttajalle kiinteistön lämmittämiseen.
Lämpökeskus	Energiantuotantolaitos, joka tuottaa yksinomaan lämpöenergiaa.
Lämpöyrittäjä	Lämpöyrittäjä vastaa polttoaineen hankinnasta sekä lämpökeskuksen toiminnasta halutussa laajuudessa ja saa korvauksen asiakkaalle myydyn energiamäärän mukaan.
Metsätähde	Hakkuiden yhteydessä syntyvä puubiomassa.
TEM	Työ- ja elinkeinoministeriö
Uusiutuva energia, uusiutuva energialähde	Uusiutuvilla energialähteillä tarkoitetaan tässä työssä puu-, peltobiomassa- ja jäteperäisiä polttoaineita, aurinkoenergiaa, tuuli- ja vesivoimalla tuotettua sähköä sekä lämpöpumpuilla tuotettua lämpöä.
Uusiutumaton energia, uusiutumaton energialähde	Uusiutumattomilla energialähteillä tarkoitetaan tässä työssä fossiilisia polttoaineita (öljy, hiili, maakaasu) sekä turvetta (hihtaasti uusiutuva polttoaine).
Voimalaitos	Energiantuotantolaitos, joka tuottaa sähköenergiaa

1. Yhteenveto

1.1 Katselmuskunta

Espoo on Uudenmaan maakunnassa sijaitseva kaupunki. Sen naapurikunnat ovat Vihti, Nurmijärvi, Vantaa, Helsinki, Kirkkonummi sekä Kauniainen. Kaupungin maapinta-ala on 312,38 km², meripinta-ala on 197,77 km² ja sisävesistö 17,88 km², yhteensä 528,03 km² (Maanmittauslaitos, 2022). Taajama-aste vuonna 2022 oli 99,5 % (Tilastokeskus, 2024). Espoo on Suomen toiseksi suurin kaupunki. Sen erityispiirre on viiteen eri keskukseen tukeutuva kaupunkirakenne, jossa yhdistyvät urbaani, pientalovaltainen ja maaseutumainen asuminen. (Espoon kaupunki, 2024)

Vuonna 2023 Espoossa asui 314 024 asukasta, asukasluku kasvoi 2,9 % edellisestä vuodesta. Ruotsinkielisten osuus väestöstä oli 6,4 %. Alle 15-vuotiaiden osuus väestöstä oli 17,7 %, 15–64-vuotiaiden osuus 67,1 % ja yli 64-vuotiaiden osuus 15,1 % vuonna 2023. (Tilastokeskus, 2024) Ennusteen mukaan Espoon väestö kasvaa lähes n. 242 500 asukkaalla vuoteen 2060 mennessä, jolloin Espoon asukasmäärä olisi noin 556 500. Ennusteessa 400 000 asukkaan raja ylittyisi jo vuonna 2036, jolloin kasvua vuoteen 2023 verrattuna olisi lähes noin 86 300 asukasta. (Espoon kaupunki, 2024)

Espooseen laaditaan tällä hetkellä koko kaupungin kattavaa yleiskaavaa, joka tähtää vuoteen 2060. Siinä ennakoidaan kaupungin kehitystä tulevina vuosikymmeninä. Kaava on tullut vireille 7.9.2022 ja sen tavoitteet hyväksyttiin 13.3.2023. Kaavaluonnos on ollut nähtävillä kesällä 2024. Yleiskaavan tavoitteena on:

- Espoo kasvaa ja tiivistyy kestävästi,
- Espoo on ilmastoviisas verkostokaupunki
 - mahdollistetaan hiilineutraalit energiaratkaisut
- Espoo on viihtyisä ja luonnonläheinen. (Espoon kaupunki, 2024)

Yleiskaava 2060 on luonteeltaan aluevarauskaava. Se osoittaa selkeästi kehityksen isot linjat ja antaa väljyyttä yksittäisten alueiden kehittämiseen. Yleiskaavan tärkeimpänä tehtävänä on varautua kaupungin kasvuun ja ohjata se kestävästi osaksi kaupunkirakennetta. Yleiskaava ohjaa kasvun nykyisten ja uusien joukkoliikenteen runkoyhteyksien varrelle, pääosin nykyistä rakennetta tiivistäen ja tehostaen. Samalla yleiskaava turvaa keskeisen ekologisen verkoston säilymisen ja hyvät edellytykset lähivirkistysmahdollisuuksien kehittämiseksi jatkosuunnittelussa. (Espoon kaupunki, 2024)

Yleiskaavan yhtenä tavoitteena on mahdollistaa hiilineutraalit energiaratkaisut. Käynnissä on energiajärjestelmän nopea muutos eli energiamurros, mikä vaikuttaa voimakkaasti myös Espoon energiahuoltoon. Energiaratkaisuja ohjataan kaavaluonnoksessa yleismääräyksellä, jolla edistetään hiilineutraaleja energiaratkaisuja sekä energiatehokkuutta toimintojen ja rakennusten sijoittamisessa. Yleiskaavaratkaisussa on huomioitu valtakunnallisesti ja alueellisesti merkittävät sähkönsiirron yhteystarpeet ja merkittävimmät energiaratkaisujen vaatimat tilavaraukset. Yleiskaavaluonnoksen laadinnassa on huomioitu, että energiantuotanto on hajautumassa, ja energiantuotantolaitoksia tarvitaan eri puolilla kaupunkia. (Espoon kaupunki, 2024). Energiajärjestelmän vaativat tilavaraukset ovat kuitenkin useimmiten melko pienialaisia ja niiden sijoittuminen ratkaistaan tarkemmassa suunnittelussa

Espoon keskeiset energialähteet vuonna 2023 olivat öljyt (kevyt polttoöljy), biopohjaiset polttoaineet, maakaasu, kivihiili, sähkö (verkko) sekä lämmöntalteenotto ja lämpöpumput. Suurin yksittäinen energialähde on sähkö verkosta, eli sähkö, joka on tuotettu muualla kuin Espoossa. Kivihiilen käyttö on lopetettu vuonna 2024, kun Fortum sulki kivihiilivoimalaitoksen. Suurin osa energialähteistä (79 %) muunnetaan kaukolämmöksi ja sähköksi. Suurin osa (81 %) Espoon sähkönkulutuksesta katetaan ottamalla sähkö verkosta. Pientuotanto on Espoon alueella

sijaitsevaa aurinkosähköntuotantoa. Espoon sähkönkulutus nojaa myös tulevaisuudessa paljon sähköntuotantoon, joka on tuotettu muualla kuin Espoon alueella, millä on vaikutusta alueen sähköverkkotarpeisiin.

Energian suurimmat loppukäyttäjät ovat asuminen ja maatalous, palvelut ja rakentaminen, sekä liikenne. Liikenne nojaa vahvasti öljypohjaisiin polttoaineisiin. Teollisuuden energiankulutus on pientä, koska teollisuutta ei juurikaan ole Espoon alueella.

1.2 Uusiutuvien energialähteiden käytön lisäämismahdollisuudet

Taulukko 1 Energialähteiden kulutus nykytilanteessa ja kulutusennuste ehdotettujen toimenpiteiden jälkeen.

	Nykytilanne		Ehdotettujen toimenpiteiden jälkeen		
	GWh/a	%	GWh/a	%	CO ₂ -muutos tonnia/a
Tyyppi					
Öljy	1257	29 %	1152	27 %	-26 047
Turve	0	0 %	0	0 %	0
Kivihiili	785	18 %	0	0 %	-262 975
Maakaasu	521	12 %	0	0 %	-103 679
Muut uusiutumattomat	29	1 %	0	0 %	-7 096
Uusiutumattomat yhteensä	2592	60 %	1152	27 %	-
Puupolttoaineet	963	22 %	677	16 %	0
Peltobiomassat	0	0 %	0	0 %	0
Biokaasu	62	1 %	129	3 %	0
Jätepolttoaineet	0	0 %	0	0 %	0
Tuulivoima	0	0 %	0	0 %	0
Aurinkoenergia	39	1 %	41	1 %	0
Vesivoima	0	0 %	0	0 %	0
Muut uusiutuvat	654	15 %	2311	54 %	0
Uusiutuvat yhteensä	1718	40 %	3158	73 %	-
Kaikki yhteensä	4310	100 %	4310	100 %	-399 796
Sähkön tuonti	2715	-	3322	-	-
Sähkön vienti	0	-	0	-	-

Taulukossa on huomioitu Espoon alueella tapahtuva energiankulutus sisältäen sähkön- ja lämmön- tuotannon sekä liikenteen käyttövoimat. Muut uusiutumattomat sisältävät kiinteistöjen erillislämmityksen fossiilisia polttoaineita, joita ei ole voitu tarkkaan allokoida muihin polttoaineisiin. Muut uusiutuvat sisältävät lämpöpumppujen tuotannon sekä kaukolämmön lämmön talteenoton.

Toimenpiteiden jälkeiset luvut ovat karkea arvio huomioiden Fortumin kaukolämmön hiilineutraalisuustoimenpiteet sekä Taulukossa 2 ilmoitettujen toimenpiteiden vaikutukset. Arvot eivät sisällä oletuksia energiankulutuksen muutoksista eikä mahdollisista uusiutuvan energian lisäämisen tai energiatehokkuuden toimenpiteistä. Arvio on toteutettu kuvaamaan muutosta pohjaten vuoden 2023 energiankulutukseen. Suurin muutos lämpöpumpputuotannon korvatussa fossiilisten poltto-aineiden käytön kaukolämmön kulutuksessa.

Taulukko 2 Yhteenveto ehdotetuista toimenpiteistä

// Espoon kaupunki									
n o	EHDOTETUN TOIMENPITEEN KUVAUS	TALOUDELLISET TIEDOT					TOIMENPITEEN VAIKUTUKSET		ERITTELY
		Investointi	Säästö	TMA	Korvattava energianlähde	Uusiutuvien energianlähteiden lisäys	CO ₂ -päästön vähenemä	Raportin kohta	Sovitut jatko-toimet
		EUR	EUR/a	a		GWh/vuosi	t/a		T,P,H,E
1	Aurinkopaneelit Espoon kaupungin kiinteistöihin (kiinteistöjen energiakatselmukset)	1 605 000	132 457	12,4	Ostosähkö	2	889	5.2.	H
2	Lämmöntuotantomuodon muutokset uusiutuviin lämmitysmuotoihin Espoon kaupungin kiinteistöihin (kiinteistöjen energiakatselmukset)	2 438 000	159 130	15,3	Kauko-lämpö/öljy	5	831	5.3.	H
3	LED-lamput katuvalaistukseen	6 048 000	858 162	7,0	Ostosähkö	6	188	5.3.	P
	YHTEENSÄ	10 091 000	1 149 749			12	1908		

1) T=toteutettu, P=päätetty toteuttaa tai jatkaa hankkeen selvityksiä, H=harkitaan toteutusta tai jatkoselvityksiä, E=ei toteuteta

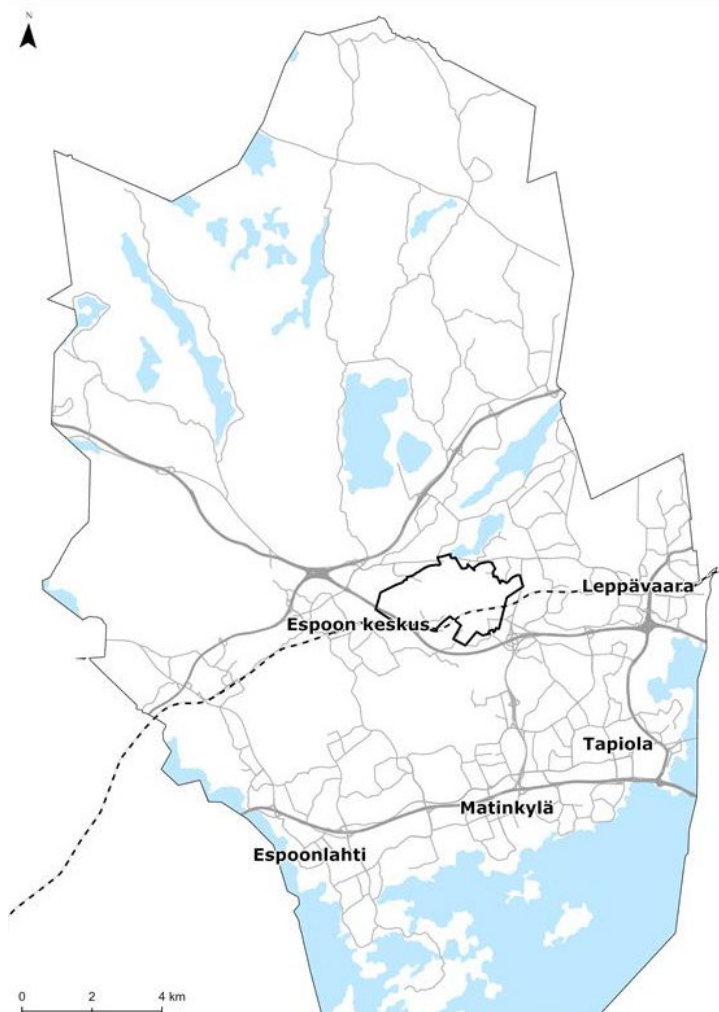
Toimenpiteiden todellisten investointikustannusten ja siten myös takaisinmaksuajan laskeminen edellyttää tarkempaa toteutus suunnittelua. Toimenpiteiden CO₂-päästön vähenemä perustuu kiinteistöjen osalta kiinteistö katselmuksissa arvioituihin vähenemiin. Sähkön päästökerroin on merkittävästi pienentynyt vuoden 2018 jälkeen, jolloin tarkemmat päästövähennämät tulee päivittää tarpeen mukaan. Espoon kaupungin hankkima sähkö on myös päästötöntä.

2. Kohteen perustiedot

2.1 Kaupungin alue ja taajamat

Espoo on Uudenmaan maakunnassa sijaitseva kaupunki. Sen naapurikunnat ovat Vihti, Nurmijärvi, Vantaa, Helsinki, Kirkkonummi sekä Kauniainen. Kaupungin maapinta-ala on 312,38 km², meripinta-ala on 197,77 km² ja sisävesistö 17,88 km², yhteensä 528,03 km² (Maanmittauslaitos, 2022). Taajama-aste vuonna 2022 oli 99,5 % (Tilastokeskus, 2024). Espoo on Suomen toiseksi suurin kaupunki. Sen erityispiirre on viiteen eri keskukseen tukeutuva kaupunkirakenne, jossa yhdistyvät urbaani, pientalovaltainen ja maaseutumainen asuminen. (Espoon kaupunki, 2024) Espoon kartta on esitetty kuvassa (Kuva 1) alla.

Espoosta on 0,2 % kosteikkoa ja avoimia soita, 5,4 % maatalousalueita, 29,6 % metsiä sekä avoimia kankaita ja kalliomaita, 24,2 % rakennettuja alueita ja 40,6 % vesialueita. (Suomen ympäristökeskus, 2018)



Kuva 1 Espoon kartta

Espoo on yksi EU:n nimeämistä sadasta hiilineutraaliutta 2030 tavoittelevista kaupungeista. EU:n 100 ilmastoneutraalia ja älykästä kaupunkia Mission Label -tunnus vahvistaa Espoon asemaa vihreän siirtymän edelläkävijänä eurooppalaisille kaupungeille ja on tunnustus yhteisön laajasta sitoutumisesta ilmastotyöhön. Komission tavoitteena on kaupunkien ilmastomission kautta edistää yksityisen ja julkisen rahoituksen kohdistumista kaupunkien ilmastohaasteiden ratkaisemiseen. (Espoon kaupunki, 2024)

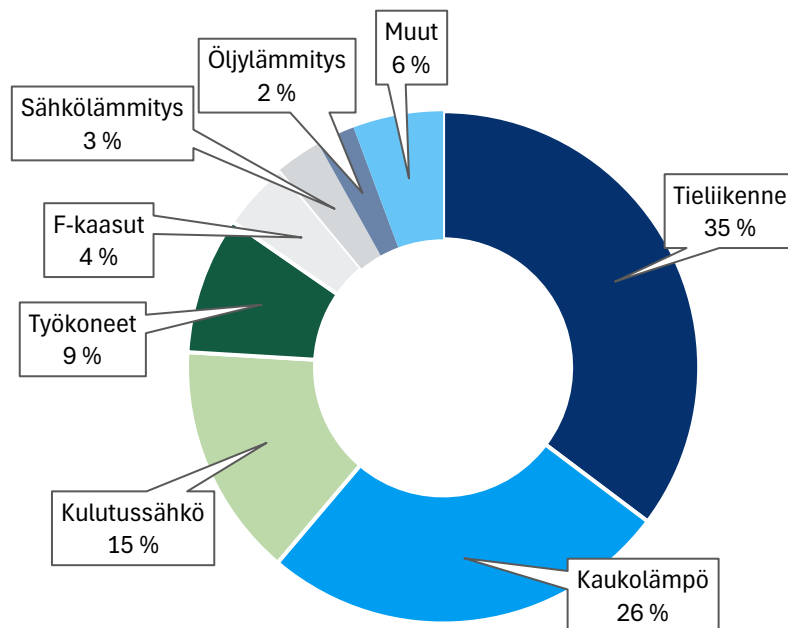
Espoo on myös jo aiemmin sitoutunut kaupunginjohtajien energia- ja ilmastokeskusteluun, jonka mukaisesti kaupunki sitoutui tukemaan Euroopan unionin 40 % kasvihuonekaasupäästövähennystavoitteita 2030 mennessä. Yksi sopimuksen toimeenpanon välineistä on Espoon kestävän energian ja ilmaston toimintasuunnitelma (SECAP) (Espoon kaupunki, 2019). Toimintasuunnitelma kuvaa tärkeimmät toimenpiteet, joilla kaupunki pyrkii saavuttamaan hiilineutraaliustavoitteen. Espoon kaupungin Hiilineutraali Espoo 2030 -tiekartta kuvaa kaupungin oman sekä kumppaneiden ja asukkaiden kanssa tehtävän yhteistyön hiilineutraaliustavoitteen saavuttamiseksi. Tiekartan ilmastotoimenpiteet perustuvat mm. Espoon SECAP-ohjelmaan vuodelta 2019, mutta niitä on päivitetty ja tarkennettu. Kaupunginvaltuusto hyväksyi tiekartan yksimielisesti keuhällä 2024. (Espoon kaupunki, 2024)

Hiilineutraali Espoo 2030 -tiekartan mukaan hiilineutraaliustavoite voidaan saavuttaa vähentämällä kaupungin ilmastopäästöjä 80 % vuoden 1990 tasosta. Jäljelle jäävä 20 prosentin osuus voidaan sitoa hiilinieluihin tai kompensoida muilla keinoilla. Ilmastotyön painopisteiksi on nostettu energia, liikenne ja liikkuminen, rakentaminen, kiertotalous ja keuhävä elämäntapa. (Espoon kaupunki, 2024)

Espoon kaupunki ja Fortum ovat sitoutuneet hiilineutraaliin kaukolämmön tuotantoon 2020-luvun aikana (Espoo Clean Heat). Osana ohjelmaa kivihiilen käyttö kaukolämmön tuotannossa loppui huhtikuussa 2024. (Espoon kaupunki, 2024)

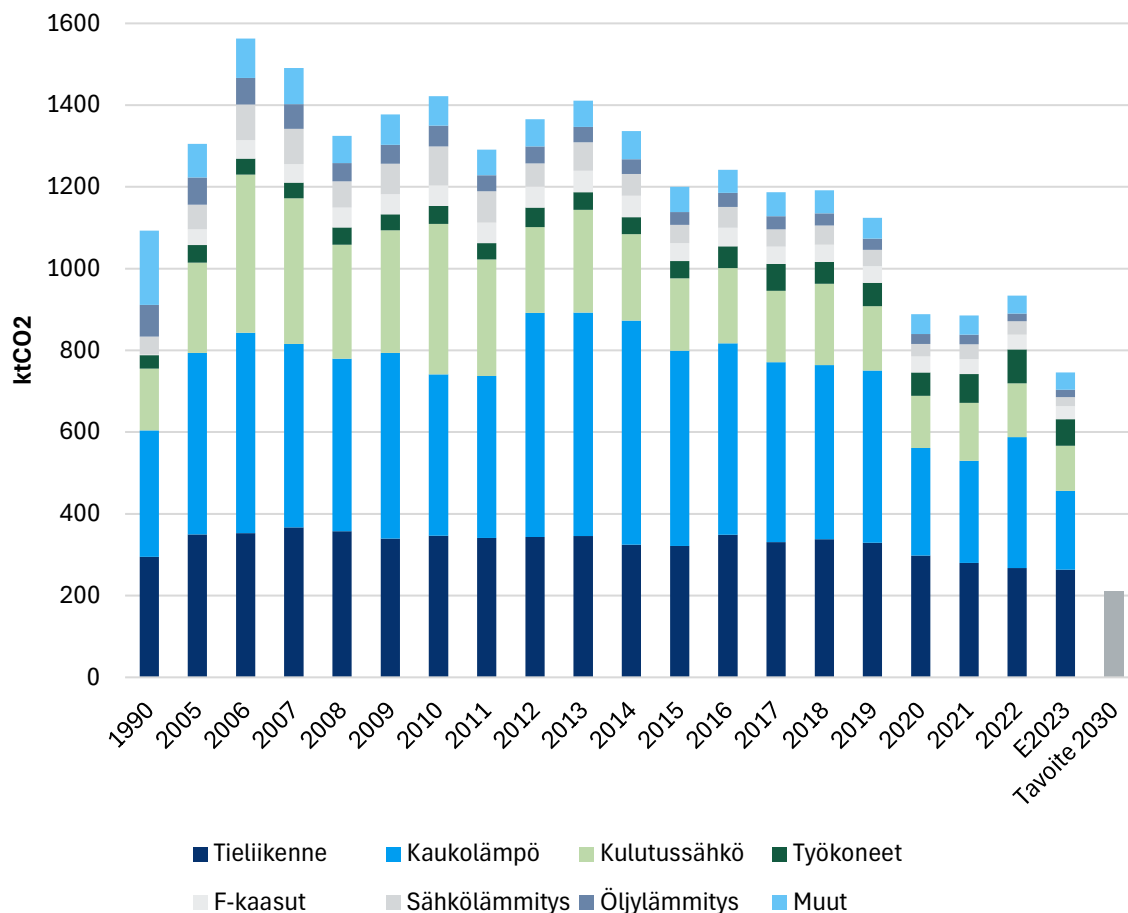
Espoon kaupunki on sitoutunut Kunta-alan energiatehokkuussopimukseen (KETS) 2017–2025. Yksi sopimuksen keskeisiä tavoitteita on kokonaisenergiakulutuksen vähentäminen 7,5 % vuoden 2015 tasosta 2025 loppuun mennessä. (Espoon kaupunki, 2018) Espoon asunnot on sitoutunut kiinteistöalan energia-tehokkuussopimukseen kuuluvaan vuokra-asuntoyhteisöjen VAETS-toimenpideohjelmaan 2017–2025. Lisäksi Espoo on sitoutunut Euroopan laajuiseen Circular Cities Declaration -kiertotaloussitoumukseen, joka tukee Espoon hiilineutraaliustavoitteita. (Espoon kaupunki, 2024)

Espoon kasvihuonekaasupäästöt olivat Hinku-laskentamallilla 746 ktCO₂e vuonna 2023 (Suomen ympäristökeskus, 2024). Suurimmat kasvihuonekaasupäästöjen lähteet ovat tieliikenne, kaukolämpö ja kulutussähkö (Kuva 2).



Kuva 2 Espoon kaupungin alueen kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2023 (ennakkotieto) ns. Hinku-laskennan mukaisesti. (Suomen ympäristökeskus, 2024)

Kuvassa (Kuva 3) alla on esitetty Espoon kaupungin alueen kasvihuonekaasupäästöjen kehittyminen vuosien 1990–2023 välillä. Vuoden 2023 tiedot pohjautuvat ennakkotietoon. Espoon tavoitteena on saavuttaa hiilineutraalius vuoteen 2030 mennessä. Vertailuvuosi on 1990, johon verrattuna Espoon alueella tuotetut päästöt ovat laskeneet jo 30 prosenttia samalla kun väestönkasvu on ollut nopeaa. Asukasta kohti päästöt ovat laskeneet vuodesta 1990 jo 62 prosenttia. Tavoitteena on, että vuoteen 2030 mennessä kaupungin vuosittaisia päästöjä vähennetään vuoden 1990 tasosta 80 prosenttia, konkreettisesti päästötavoitteena on 212 ktCO₂e. Loput 20 prosenttia sitoutuu hiilineluihin tai kompensoidaan muilla keinoilla. (Espoon kaupunki, 2024)

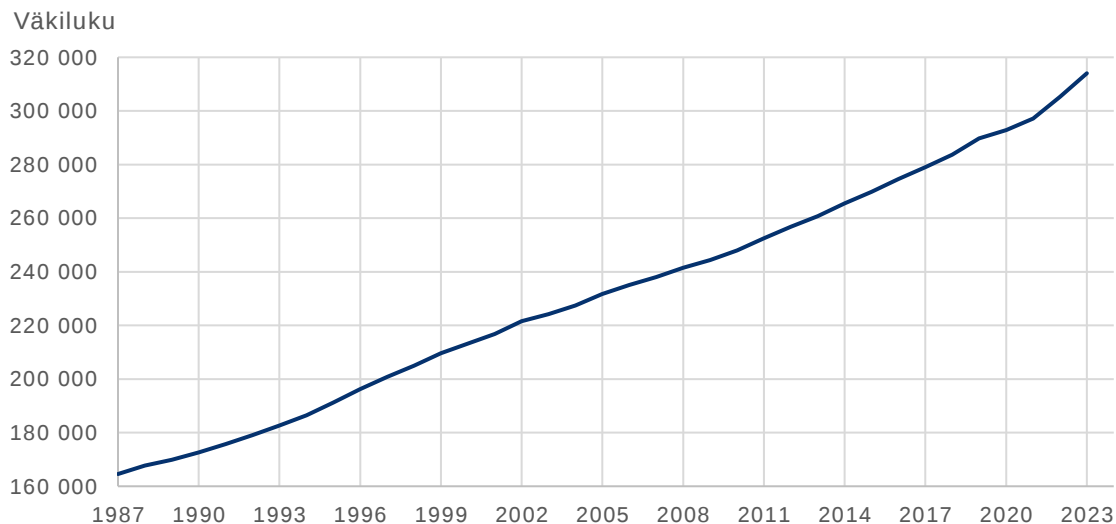


Kuva 3 Espoon kaupungin alueen kasvihuonepäästöjen kehittyminen vuosien 1990–2023 välillä. (Suomen ympäristökeskus, 2024)

2.2 Väestö

Vuonna 2023 Espoossa asui 314 024 asukasta, asukasluku kasvoi 2,9 % edellisestä vuodesta. Ruotsinkielisten osuus väestöstä oli 6,4 %. Alle 15-vuotiaiden osuus väestöstä oli 17,7 %, 15–64-vuotiaiden osuus 67,1 % ja yli 64-vuotiaiden osuus 15,1 % vuonna 2023. (Tilastokeskus, 2024) Ennusteen mukaan Espoon väestö kasvaa lähes n. 242 500 asukkaalla vuoteen 2060 mennessä, jolloin Espoon asukasmäärä olisi noin 556 500. Ennusteessa 400 000 asukkaan raja ylittyisi jo vuonna 2036, jolloin kasvua vuoteen 2023 verrattuna olisi lähes noin 86 300 asukasta. (Espoon kaupunki, 2024)

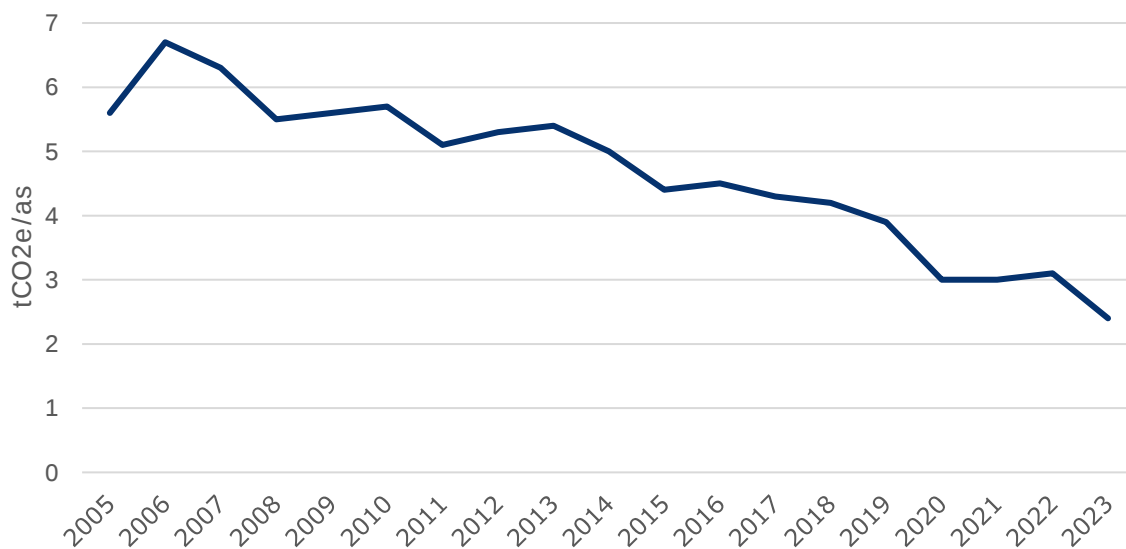
Kuvassa (Kuva 4) on esitetty Espoon väestönkehitys vuodesta 1988 vuoteen 2023.



Kuva 4 Espoon väkiluvun kehitys vuosien 1988–2023 välillä. (Tilastokeskus, 2024)

Asukasluvun muutokset vaikuttavat asumisen energiankulutukseen. Asukasluvun suuri ennustettu kasvu tulee nostamaan energiantarvetta Espoon alueella. Muita asumisen energiankulutuksen kehitykseen vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa asumisväljyys, uusien rakennusten energiatehokkuuden kehitys, nykyisen rakennuskannan energiatehokkuuden parantaminen rakennusten peruskorjausten yhteydessä, ilmaston lämpeneminen sekä sähkölaitteiden energiatehokkuuden parantaminen.

Kuvassa (Kuva 5) on esitetty Espoon kaupungin asukaskohtainen kasvihuonekaasupäästöjen kehitys 2005–2023.



Kuva 5 Espoon kaupungin asukaskohtaisten kasvihuonekaasupäästöjen kehitys 2005–2023. (Suomen ympäristökeskus, 2024)

2.3 Elinkeinorakenne

Espoossa työllisyysaste vuonna 2022 oli 74,2 % ja alueella asuvien työllisen työvoiman määrä oli 146 707. Asuinkunnassaan työssäkävijöiden osuus oli 47,4 % vuonna 2022. Työttömien osuus työvoimasta oli 8,1 % vuonna 2022 ja eläkeläisten osuus oli 16,4 %. Vuonna 2022 alueella oli 135 386 työpaikkaa. Alkutuotannon työpaikkojen osuus oli 0,1 % vuonna 2022, jalostuksen työpaikkojen osuus 17,3 % ja palvelujen työpaikkojen osuus oli 81,0 %. Työpaikkaomavaraisuus, joka ilmaisee alueella työssäkäyvien ja alueella asuvan työllisen työvoiman määrän välisen suhteen, oli 92,3 vuonna 2022 (Tilastokeskus, 2024). Espoon yritysmäärä oli 23 614 vuonna 2023. (Tilastokeskus, 2024).

2.4 Kaavoitustilanne Espoossa

Espoon kaavoituslinjaukset 2024 korostavat kestäväää kehitystä, hyviä liikenneyhteyksiä sekä luonto- ja kulttuuriarvojen huomioon ottamista. Painopisteenä on olemassa olevien asuinalueiden täydennyskaavoitus, paikallisen identiteetin vahvistaminen sekä elinkeinopaikkojen ja kaupunkimaisten alueiden kehittäminen länsimetron, kaupunkiradan ja Raide-Jokerin ympäristössä. Keskusten ja raideyhteyksien äärellä keskitytään monipuoliseen kerrostalorakentamiseen. Pientalorakentamiseen luodaan uusia mahdollisuuksia kaikilla suuralueilla tiiveimpien keskusta-alueiden ulkopuolella.

Kaupunkikeskuksiin suunnitellaan asumista ja monipuolisia palveluita, jolloin niistä tulee viihtyisiä ja vetovoimaisia. Käynnissä on useita keskustojen kehittämiseen tähtääviä hankkeita esim. Espoon Keskuksessa ja Leppävaarassa. Muita merkittäviä asuntorakentamisen kaavahankkeita on Pohjois-Espoon alueella, Suurpellossa ja metron ympäristössä Otaniemessä ja Kiviruukin alueella.

Elinkeinotoiminnan vahvistamiseksi kaavoitetaan alueita kuten Keilaniemen työpaikkavyöhyke. Asemakaavoituksessa virkistysalueiden merkitystä osana kaupunkirakennetta vahvistetaan samalla kun arvokkaita kulttuuriympäristöjä turvataan. Ilmastoviisaita ratkaisuja tuetaan kaavoituksella. Asemakaavoja laaditaan myös palvelujen tuottamisen tarpeisiin. Joukkoliikenteen, kävelyn ja pyöräilyn parannukset ovat osa kestäväää kaupunkirakennetta. (Espoon kaupunki, 2024)

Espooseen laaditaan tällä hetkellä koko kaupungin kattavaa yleiskaavaa, joka tähtää vuoteen 2060. Siinä ennakoitaan kaupungin kehitystä tulevana vuosikymmeninä. Kaava on tullut vireille 7.9.2022 ja sen tavoitteet hyväksyttiin 13.3.2023. Kaavaluonnos on ollut nähtävillä kesällä 2024. Yleiskaavan tavoitteena on:

- Espoo kasvaa ja tiivistyy kestävästi,
- Espoo on ilmastoviisas verkostokaupunki
 - mahdollistetaan hiilineutraalit energiaratkaisut
- Espoo on viihtyisä ja luonnonläheinen. (Espoon kaupunki, 2024)

Yleiskaava 2060 on luonteeltaan aluevarauskaava. Se osoittaa selkeästi kehityksen isot linjat ja antaa väljyyttä yksittäisten alueiden kehittämiseen. Yleiskaavan tärkeimpänä tehtävänä on varautua kaupungin kasvuun ja ohjata se kestävästi osaksi kaupunkirakennetta. Yleiskaava ohjaa kasvun nykyisten ja uusien joukkoliikenteen runkoyhteyksien varrelle, pääosin nykyistä rakennetta tiivistäen ja tehostaen. Samalla yleiskaava turvaa keskeisen ekologisen verkoston säilymisen ja hyvät edellytykset lähivirkistysmahdollisuuksien kehittämiseksi jatkosuunnittelussa. (Espoon kaupunki, 2024)

Yleiskaavan yhtenä tavoitteena on mahdollistaa hiilineutraalit energiaratkaisut. Käynnissä on energiajärjestelmän nopea muutos eli energiamurros, mikä vaikuttaa voimakkaasti myös Espoon energiahuoltoon. Energiaratkaisuja ohjataan kaavaluonnoksessa yleismääräyksellä, jolla edistetään hiilineutraaleja energiaratkaisuja sekä energiatehokkuutta toimintojen ja rakennusten sijoittamisessa. Yleiskaavaratkaisussa on huomioitu valtakunnallisesti ja alueellisesti merkittävät sähkönsiirron yhteystarpeet ja merkittävimmät energiaratkaisujen vaatimat tilavaraukset. Yleiskaavaluonnoksen laadinnassa on huomioitu, että energiantuotanto on hajautumassa, ja energiantuotantolaitoksia tarvitaan eri puolilla kaupunkia. (Espoon kaupunki, 2024). Energiajärjestelmän vaativat tilavaraukset ovat kuitenkin useimmiten melko pienialaisia ja niiden sijoittuminen ratkaistaan tarkemmassa suunnittelussa

Kaavavaranto tarkoittaa käyttämätöntä rakennusoikeutta, joka sisältyy voimassa oleviin asemakaavoihin. Espoossa on lainvoimaisissa asemakaavoissa 2,6 miljoonan kerrosneliömetrin verran käyttämätöntä rakennusoikeutta asumiselle. Tästä noin puolet on pientalovarantoa. Kaavavarannosta 1,7 miljoonaa kerrosneliömetriä on tyhjillä tai lähes tyhjillä tonteilla. Tyhjien tai lähes tyhjien tonttien kaavavaranto vastaa laskennallisesti noin kuuden vuoden asuntotuotantotavoitetta. Kaikesta asumisen kaavavarannosta neljännes on kaupungin omistamalla maalla. Laskelmassa on käytetty kaavavarantotilannetta elokuussa 2023. (Espoon kaupunki, 2024)

2.5 Rakennuskanta

Espoossa oli vuonna 2023 40 771 rakennusta, joiden kerrosala on yhteensä 23 002 142 m². Rakennukset on esitelty alla taulukossa (Taulukko 3). Rakennusten määrästä 92 % ja pinta-alasta 66 % on asuinrakennuksia. Kerrosaltaan suurimmat kolme rakennusten käyttötarkoitusrhyhmää ovat kerrostalot, omakoti- ja paritalot sekä rivitalot, jotka yhteensä kattavat 65 % koko rakennuskannan pinta-alasta. Energiahuoltorakennusten ja pelastustoimen rakennusten määrä ja pinta-ala on vähäinen koko rakennuskantaan nähden. Espoossa oli vuonna 2023 yhteensä 140 835 asuntokuntaa, joista rivi- ja pientaloissa asuvien asuntokuntien osuus oli 37,6 % (Tilastokeskus, 2024). Asuntokunnan muodostavat kaikki samassa asuinhuoneistossa vakinaisesti asuvat henkilöt.

Taulukko 3 Espoon kaupungissa sijaitsevien rakennusten käyttötarkoitukset (Tilastokeskus, 2024)

Rakennustyyppi	Rakennuksia [lkm]	Rakennuksen kerrosala [m ²]
Yhteensä	40 771	23 002 142
Omakoti- ja paritalot	29 636	5 376 186
Rivitalot	4 135	2 101 528
Kerrostalot	3 469	7 521 226
Asuntolarakennukset ja erityisryhmien asuinrakennukset	73	136 125
Liikerakennukset	458	1 132 885
Toimistorakennukset	336	1 859 340
Liikenteen rakennukset	671	1 134 096
Hoitoalan rakennukset	119	283 794
Kokoontumisrakennukset	263	401 718
Opetusrakennukset	388	1 272 029
Teollisuuden ja kaivannaistoiminnan rakennukset	266	647 643
Energiahuoltorakennukset	303	51 608
Yhdyskuntatekniikan rakennukset	119	341 902
Varastorakennukset	303	630 573
Pelastustoimen rakennukset	155	93 889
Muut rakennukset	77	17 600

Vuonna 2022 Espoossa rakennettiin 1 200 uutta rakennusta, joiden rakennustilavuus oli 4 322 091 m³. Uudet rakennukset on esitetty taulukossa (Taulukko 4) alla. Vuonna 2023 ennakkotietojen mukaan vastaavasti rakennettiin 895 rakennusta, joiden rakennustilavuus oli 2 592 635 m³. (Espoon kaupunki, 2024)

Taulukko 4 Uudisrakentamisen määrä Espoossa (Espoon kaupunki, 2024)

Kategoria	2022	2023
Rakennusten lukumäärä [kpl]	1 200	895
Rakennustilavuus [m ³]	4 322 091	2 592 635
Asuinrakennusten osuus kerrosalasta	52 %	69 %
Muiden rakennusten osuus kerrosalasta	48 %	31 %

3. Energiantuotannon ja -käytön nykytila

3.1 Lähtötiedot

Energiantuotannon ja -käytön nykytilaa arvioitaessa on käytetty lähtötietoina kunnalta ja alueen yksityisiltä toimijoilta saatuja tietoja sekä tilastotietoja. Taseen tarkasteluvuosi on 2023.

3.2 Sähkön tuotanto ja kulutus

3.2.1 Sähkön erillistuotanto

Espoossa ei ole sähkön erillistuotantoa.

3.2.2 Yhdistetty sähkön- ja lämmöntuotanto

Espoon alueella Fortum toimii pääasiallisena sähkön- ja lämmöntuottajana. HSY:llä on myös pieni oma CHP voimalaitos Ämmässuolla. Fortumin tuotantolaitos sijaitsee Suomenojalla. Se tuottaa kaukolämpöä ja -jäähdytystä sekä sähköä asiakkaille Espoossa, Kauniaisissa ja Kirkkonummella. Laitoskokonaisuus sisältää neljä CHP-laitosta, joista käytössä on Suomenoja 2 ja Suomenoja 6. Käytössä olevien laitosten kokonaislämpöteho on 294 MW ja sähköteho 293 MW. Suomenoja 1 laitos on tyypiltään höyryvoimalaitos ja sen polttoaineena toimii kivihiili. Laitos on nykyään ajettu alas, ja hiilen käytöstä on luovuttu kokonaan Suomenojan CHP-laitoksissa 28.4.2024. Suomenoja 2 on tyypiltään kombivoimalaitos. Laitos koostuu kaasuturbiinista, savukaasujen lämmöntalteenottokattilasta sekä höyryturbiinista. Laitoksen polttoaineena toimii maakaasu. Suomenoja 6 on kaasuturbiinilaitos ja sen polttoaineena toimii maakaasu. (Fortum, 2024) (Energiateollisuus ry, 2024)

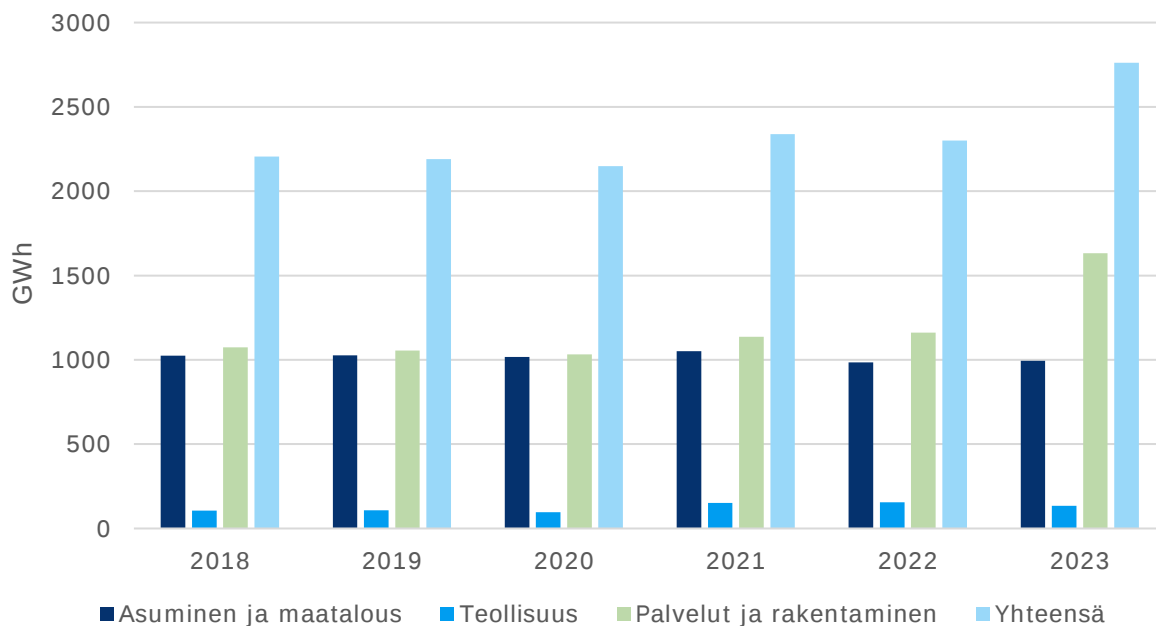
Helsingin seudun ympäristöpalveluiden (HSY) Ämmässuon toimipisteellä sijaitsee kaksi CHP-laitosta. CHP 1 käyttää polttoaineena biokaasua kaatopaikalta, ja CHP 2 käyttää biokaasua mädätyksestä. Laitosten kokonaislämpöteho on 4 MW. Suurin osa laitosten tuottamasta energiasta käytetään alueella, jossa sijaitsee isoja sähkönkuluttajia (esim. kompostointilaitos). Ylijäämä sähkö myydään valtakunnan sähköverkkoon. Lämpö käytetään Ämmässuon aluelämpöverkossa. (HSY, 2024)

HSY:n Blominmäen jätevedenpuhdistamolla prosessien sivutuotteena syntyvä raakasekaliete mädätetään biokaasuksi. Syntyvä biokaasu käytetään toimipisteen omassa voimalaitoksessa kattamaan laitoksen sähkön- ja lämmöntarpeita. Pääosa biokaasusta käytetään yhdistettyyn sähkön- ja lämmöntuotantoon (CHP) kaasumoottoreilla. Blominmäessä kaasumoottorien jatkuva käyttö alkoi toukokuussa 2023. Tammikusta toukokuuhun biokaasu käytettiin pääasiassa kaasukattiloilla lämmöntuotannossa. Sähköä tuotetaan turbiineilla, aurinkovoimaloissa ja lähtevän veden turbiinilla. Blominmäellä otetaan talteen myös syntyvää hukkalämpöä. Vuonna 2023 Blominmäellä tuotettiin biokaasulla 12,2 GWh lämpöä ja 7,2 GWh sähköä. Lisäksi lämpöä tuotettiin kevytpolttoöljyllä 0,2 GWh ja lämpöä otettiin talteen 5,7 GWh. Sähköä tuotettiin myös aurinkovoimalla (0,45 GWh), vesiturbiinilla (0,01 GWh), ja varavoimakoneella (0,01 GWh). (HSY, 2024)

3.2.3 Sähkönkulutus

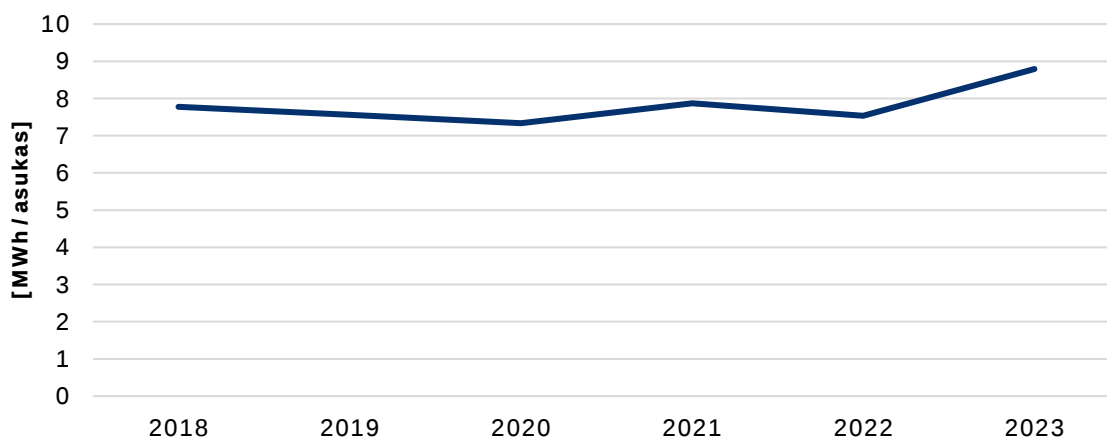
Vuonna 2023 Espoossa kulutettiin sähköä yhteensä 2 761 GWh, mikä oli noin 20 % enemmän kuin vuonna 2022. Kuvassa (Kuva 6) on esitetty Espoon sähkönkulutus sektoreittain vuosina 2018–2023. Kuvasta nähdään, että palvelut ja rakentaminen -sektori on ollut suurin sähkönkuluttaja vuodesta 2018, ja vuonna 2023 sähkönkulutus kasvoi jopa yli 40 % verrattuna edellisvuoteen. Vuonna

2023 palvelut ja rakentaminen -sektori kulutti 1 632 GWh (59 % kokonaiskulutuksesta). Asuminen ja maatalous kuluttivat sähköä 995 GWh (36 %). Maatalouden osuus on hyvin pieni, jonka vuoksi se on Energiateollisuus ry:n tilastoissa yhdistetty kaikissa kunnissa asumisen kanssa. Teollisuuden sähkön käyttö oli Espoossa 135 GWh (5 %) vuonna 2023. Espoo kulutti vuonna 2023 toiseksi eniten sähköä Suomen kunnista. Kaikkiaan listauksessa on 309 kuntaa, joista Helsinki sijalla 1 suurimpana sähkön käyttäjänä, ja seuraavina Espoon jälkeen tulevat Lappeenranta, Tornio ja Oulu. (Energiateollisuus ry, 2024)



Kuva 6 Espoon alueen sähkönkulutus vuosina 2018–2023 (Energiateollisuus ry, 2024)

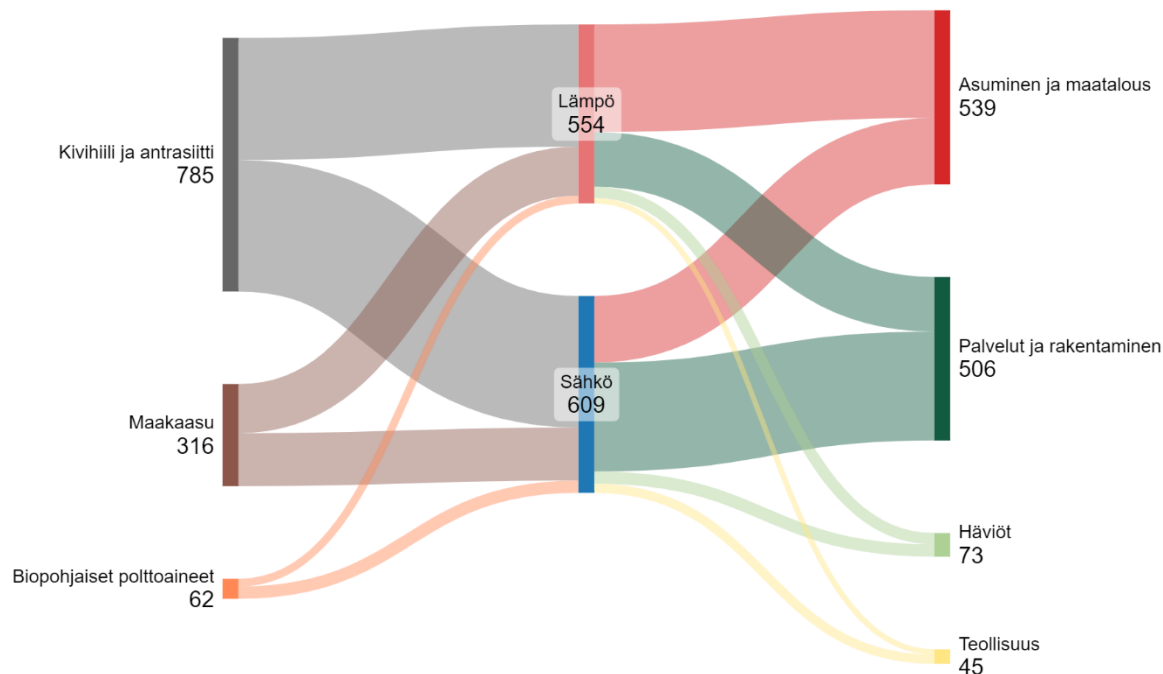
Espoon alueen kokonaissähkönkulutus per asukas on ollut vaihtelevaa viime vuosina (Kuva 7). Sähkönkulutus on vaihdellut noin 7,3–7,9 MWh/asukas välillä vuosien 2018–2022 aikana. Vuonna 2023 arvo nousi selvästi 8,9 MWh/asukas. Sähkönkulutuksen kasvu johtuu Palvelut ja rakentaminen –sektorin selvästä kasvusta. Asumisen sähkönkulutus on ollut hyvin tasaista viime vuosien ajan.



Kuva 7 Espoon alueen kokonaissähkönkulutus per asukas

3.2.4 Energiatase

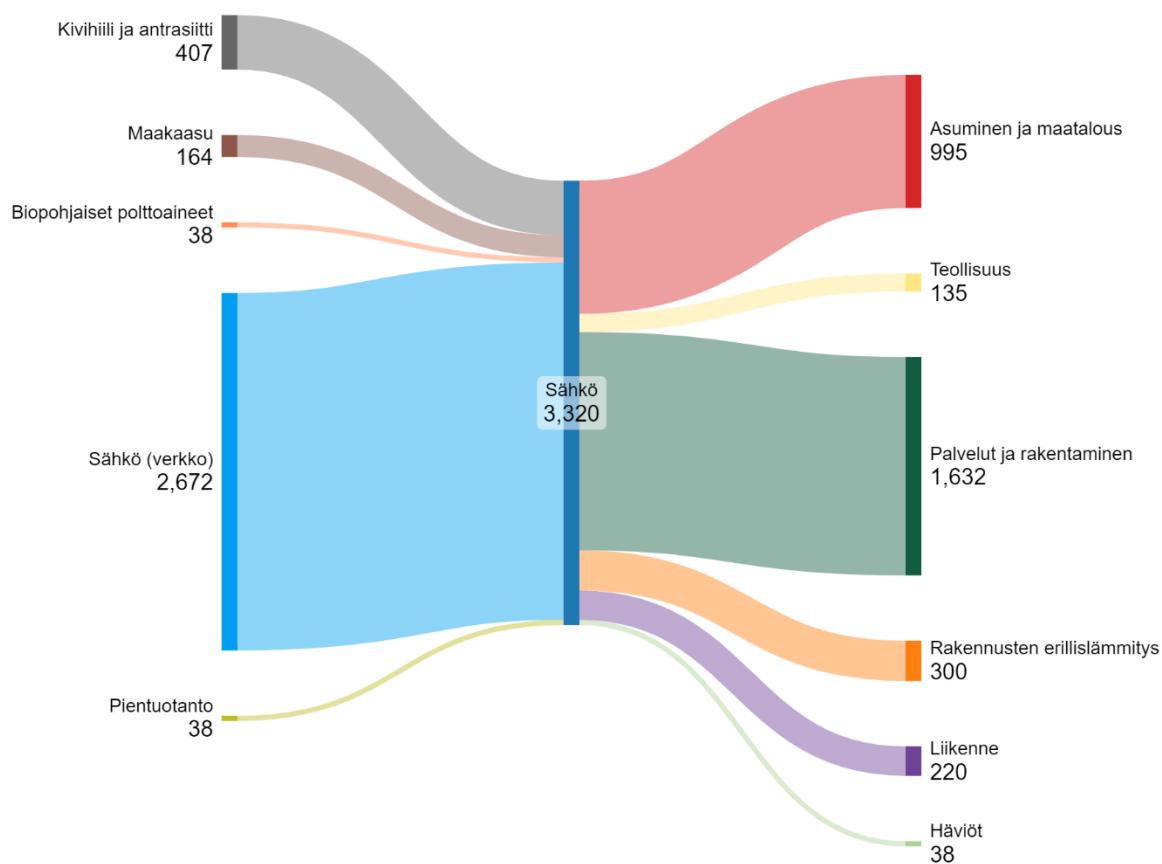
Espoon yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotannon energiatase (GWh) vuonna 2023 on kuvassa (Kuva 8) alla. Energiataseen luvut pohjautuvat luvuissa 3.2 ja 3.5 esitettyihin tietoihin.



Kuva 8 Yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotannon energiatase (GWh) Espoossa 2023. Kuvassa esitetty vasemmalla energialähteet ja oikealla käyttökohteet.

Espoon yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotanto perustui vuonna 2023 suurelta osin kivihiileen sekä maakaasuun. Kivihiilen käyttö on lopetettu vuonna 2024 ja nykyään toiminnassa olevat kaksi CHP-laitosta käyttävät polttoaineenaan maakaasua.

Espoon sähköntuotannon energiatase (GWh) vuonna 2023 on kuvassa (Kuva 9) alla. Energiataseen luvut pohjautuvat luvuissa 3.2 ja 3.5 esitettyihin tietoihin.



Kuva 9 Sähkön tuotannon energiatase (GWh) Espoossa 2023. Kuvassa esitetty vasemmalla energialähteet ja oikealla käyttökohteet.

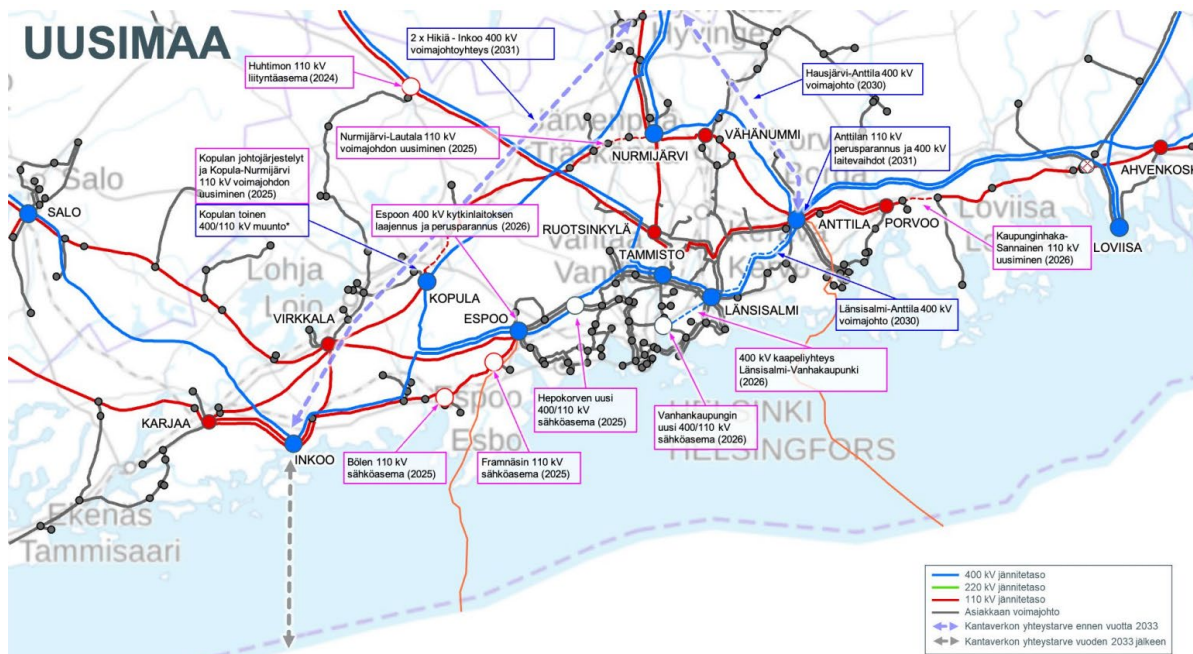
Energiataseesta nähdään, että suurin osa Espoon sähkönkulutuksesta katetaan ottamalla sähkö verkosta. Pientuotanto on Espoon alueella sijaitsevaa aurinkosähkön tuotantoa. Espoon sähkönkulutus nojaa myös tulevaisuudessa paljon sähkön tuotantoon, joka on tuotettu muualla kuin Espoon alueella, millä on vaikutusta alueen sähköverkkotarpeisiin.

3.3 Sähkönsiirto

Espoon alueen sähköverkko koostuu eri jännitetasojen sähkölinjoista, jotka jakautuvat vastuullisesti kantaverkkoyhtiö Fingridin ja paikallisen jakeluverkkoyhtiön Caruna Espoo Oy:n kesken (Kuva 10). Fingrid vastaa osasta alueen suurjännitteisestä kantaverkosta, johon kuuluvat Espoon alueella kulkevat 400 kV ja 110 kV linjat. Näiden linjojen tehtävä on siirtää suuria määriä sähköä pitkiä matkoja ja yhdistää voimalaitokset suuriin kulutuskeskitymiin. Lisäksi rajansiirtoyhteydet Viroon on kytketty Suomen kantaverkkoon Espoon ja Anttilan sähköasemilla. Caruna Espoo Oy vastaa puolestaan alueellisesta jakeluverkosta, joka jakautuu suur-, keski- ja pienjänniteverkkoon. Espoossa keski-jänniteverkon jännitetaso on tyypillisesti 20 kV, ja sen tehtävä on siirtää sähköä sähköasemilta kohti asuin- ja yritysalueita. Sähköasemien jälkeen sähkö virtaa pienjänniteverkkoon, joka toimii 0,4 kV jännitteellä ja tuo sähkön loppukäyttäjille.

Suurimmat sähkönsiirron kehitystarpeet syntyvät siirtokapasiteetin lisäämisestä tuotanto- ja kulutuskeskitymien välillä sekä rajansiirtoyhteyksien kehittämisestä. Pääkaupunkiseudun siirtotarpeet tulevat kasvamaan merkittävästi lähivuosina, kun polttoon perustuva lämmön- ja sähkön tuotanto

korvautuu sähkökäyttöisellä lämmöntuotannolla, liikenne sähköistyy ja alueelle rakentuu datakeskuksia. Tulevaisuuden suurimmat siirrot ajoittuvat talvikuukausille, kun lämmitystarve on suurimmillaan. (Fingrid Oy, 2024)



Kuva 10 Fingridin kehittämissuunnitelma Uudellemaalle (Fingrid Oy, 2024) Kuvassa esitetty Fingridin sekä Caruna Espoo Oy:n ("Asiakkaan voimajohto") suurjänniteverkko.

Espoon sähköasema on tärkeä koko pääkaupunkiseudun sähkönsiirron kannalta. Fingrid rakentaa myös Espooseen uuden Hepokorven 400/110 kV muuntoaseman vuonna 2025 400 kV Espoo-Tammisto voimajohdon varrelle. (Fingrid Oy, 2024) Carunan arvion mukaan Espoossa huipputehon odotetaan kasvavan +110 % aikavälillä 2020–2030. Tämän myötä Espoon kantaverkkoaseman kriittisyys kasvaa. Lisäksi muut Fingridin investoinnit (Framnäsin sähköasema, Bölen sähköasema, Hausjärvi-Anttila voimajohto, Hikiä-Inkoo voimajohto, Länsisalmi-Anttila voimajohto) palvelevat koko pääkaupunkiseutua ja Espoota. Varsinkin Hepokorven muuntoasema mahdollistaa sen, että Caruna voi kehittää Espoon kaupungin 110 kV jakeluverkkoa. (Fingrid, 2024)

Suomi on todella haluttu paikka datakeskuksille, ja siihen liittyviä sähkönkulutuksen liityntäkysymyksiä on paljon liikkeellä. Fingridin arvion mukaan sähköverkon rakennus tuskin jää nykyisten suunnitelmien tasolle Espoossa, varsinkin jos suurta sähkönkulutusta (esimerkiksi datakeskukset) tulee alueelle, eikä uutta sähköntuotantoa vastaavasti saada alueelle. (Fingrid, 2024)

Carunalla on käynnissä useita hankkeita verkon kehittämiseksi. Hankkeissa on useita voimajohto-hankkeita, useita 100/20 kV sähköasemia, sekä uuden kaapelin rakentaminen Hepokorvesta Espoon Finnooseen. (Caruna, 2024) Caruna on tunnistanut alustavia verkoston laajennustarpeitaan suhteessa Espoon yleiskaava 2060 kaavaluonnoksessa esitettyyn maankäytön kehitykseen. Tunnistetut laajennustarpeet sijoittuvat Espoon Keskukseen ja Sepänkylän sekä Järvenperän ja Juvamalmien välille. (Espoon kaupunki, 2024).

Suurimmat haasteet liittyen sähköverkon (jakeluverkko) kehittämiseen Espoon alueella liittyvät tiivistyvään maankäyttöön. Espoossa sähkönkulutus lisääntyy ja asiakastarpeet kasvavat, mikä tarkoittaa kapasiteetin lisäämistä. Rakennetuilta alueilta on haastava löytää reittejä ja tontteja sähköasemille. Reittien suunnittelu vie aikaa, koska yhteensovistustarpeita on paljon. (Caruna, 2024)

3.4 Muu energiainfrastrukturi

Espoossa sijaitsee kaasun siirto- ja jakeluverkosto. Kaasun siirtoverkosto on Gasgrid Finland Oy:n hallinnoima korkeapaineinen verkosto, joka koostuu maakaasuputkista sekä niihin kuuluvista laitteista (kuten kompressori-, venttiili- ja paineenvähennysasemista). Siirtoverkosto on yhteydessä Viroon Balticconnectorin kautta sekä Inkoon ja Haminan LNG-terminaaleihin, joista se saa maakaasunsa. (Gasgrid, 2024) Espoon alueella sijaitseva siirtoverkosto on tällä hetkellä hyvässä kunnossa, eikä siihen ole paineita toteuttaa ylläpitoinvestointeja lähitulevaisuudessa (Gasgrid, 2024).

Kaasun jakeluverkosto on paikallinen matalapaineisempi kaasun jakeluverkko, joka yhdistää siirtoverkon ja loppuasiakkaan. Jakeluverkostoa hallinnoi Espoon alueella Auris Kaasunjakelu Oy. (Auris Kaasunjakelu Oy, 2024)

3.5 Lämmöntuotanto

3.5.1 Kaukolämmön tuotanto

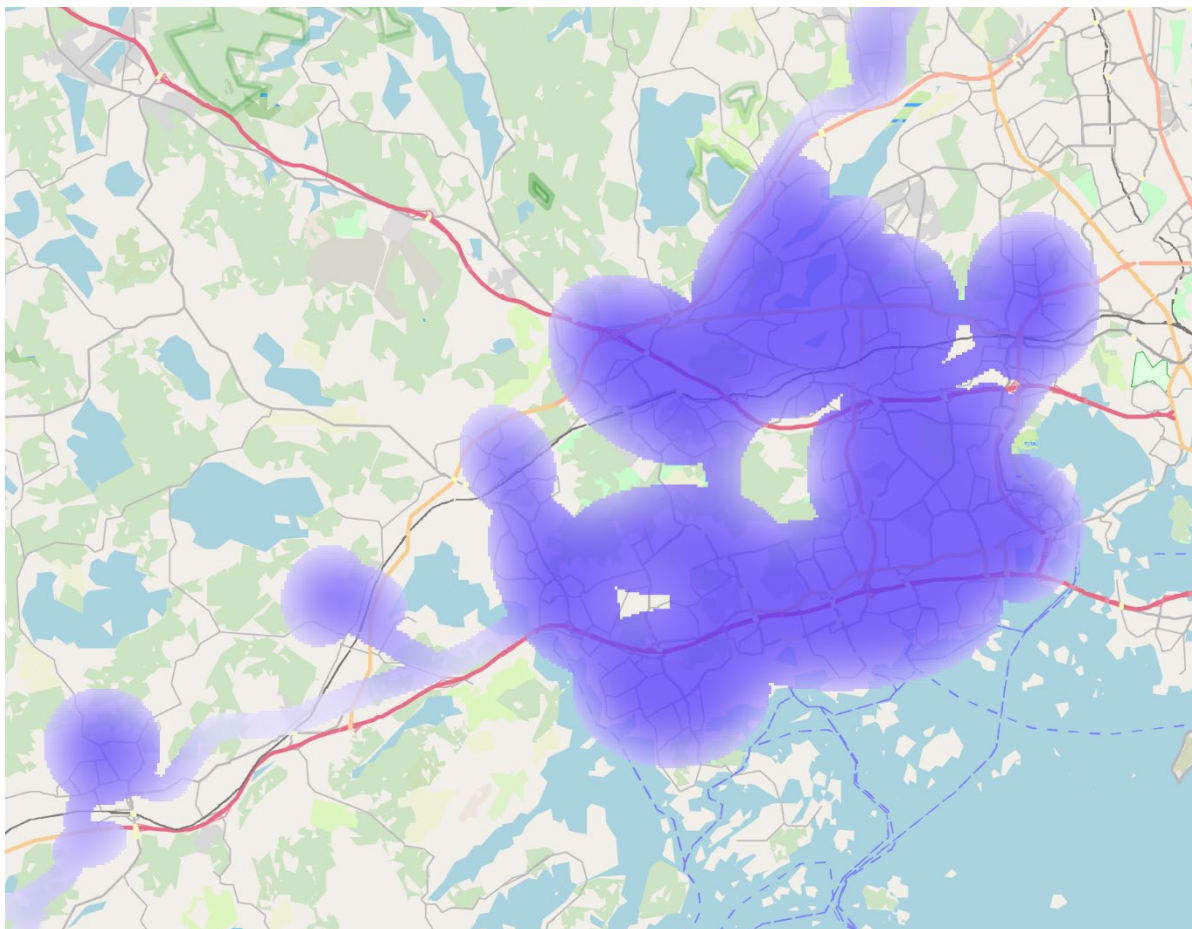
Vuoden 2023 lopussa Espoossa oli 254 250 kaukolämpötalojen asukasta, mikä oli 81 % koko Espoon asukasluvusta. Espoon kaukolämmön päästöt vuonna 2023 olivat 251 507 tCO₂ ja päästökerroin 107,8 kgCO₂/MWh (Paikallisvoima, 2024). Fortum Power and Heat Oy kaukolämpöverkkoon kuuluu Espoo, Kirkkonummi ja Kauniainen. Tuotantolaitoksia Espoossa on 16, ja ne on esitetty taulukossa (Taulukko 5) alla.

**Taulukko 5 Fortum Power and Heat Oy kaukolämpölaitokset Espoossa vuonna 2023
(Energiateollisuus ry, 2024)**

Tuotantolaitos	Laitostyyppi	Kaukolämpöteho [MW]	Sähköteho [MW]
Kivenlahti	klk	139	-
Tapiola	klk	180	-
Vermo	klk	188	-
Kaupunginkallio	klk	88	-
Otaniemi	klk	129	-
Juvanmalmi	klk	16	-
Vermo	klk	188	-
Kirkkonummi	klk	35	-
Mankkaa	klk	4	-
Suomenoja 7	klk	17	-
Suomenoja 4	lp	43	-
Suomenoja 4 LP3	lp	22	-
Vermo	lp	2	-
Suomenoja 1	lvi	162	75
Suomenoja 2	lvi	213	234
Suomenoja 6	mlvi	80	49
Sähkökattilalaitos SO 11	mlvi	100	-

klk=kiinteä lämpökeskus, lp=lämpöpumppu, lvi=höyryvoimalaitos, mlvi=muu lämmitysvoimalaitos

Suomenoja 1 ei ole enää käytössä, eikä kivihiiltä käytetä Espoon voimalaitoksissa. Kivihiilen käyttö loppui vuonna 2024 kokonaan. Fortumin kaukolämpöverkko on esitetty kuvassa 11. Kuvassa kaukolämpöverkko on esitetty viitteellisesti sinisellä muodolla. Espoon alueen kaukolämpöverkko on osa laajempaa kaukolämpöverkkoa, johon kuuluu Espoon lisäksi Kauniainen ja Kirkkonummi. Koko verkoston pituus on yli 900 km ja Espoon osuus 780 km (Energiateollisuus ry, 2024).



**Kuva 11 Fortumin kaukolämpöverkko Espoossa, Kauniaisissa ja Kirkkonummella, mukail-
len Ramboll. (Hölsä, 2024)**

Taulukossa (Taulukko 6) on esitetty Espoon kaukolämpöverkon polttoaine- ja energianlähdeja-
kaumat vuonna 2023.

**Taulukko 6 Espoon kaukolämpöverkkojen polttoainejakauma sekä polttoainemäärät
(Energiateollisuus ry, 2024)**

Polttoaine / energianlähde	Osuus	GWh
Keskiraskaat öljyt (kevyt polttoöljy)	1 %	33
Kivihiili ja antrasiitti	17 %	378
Maakaasu	16 %	357
Biopohjaiset polttoaineet	38 %	853
Sähkö (käyttövoima)	1 %	25
Lämmön talteenotto tai lämpöpumpun tuotanto	26 %	591
Yhteensä	100 %	2 237

Vantaan Energia ja Fortum rakentavat yhdessä 50 MW:n lämmönsiirtoasemaa Vantaan Vapaalaan, joka mahdollistaa kaukolämpökaupan Vantaan ja Espoon välillä. Tämä parantaa kaukolämpöverkon käytettävyyttä ja toimitusvarmuutta sekä vakauttaa kaukolämmön hintaa hyödyntämällä tehok-
kaimpia tuotantomuotoja. Lämmönsiirtoasema mahdollistaa yli 400 000 megawattitunnin energi-
ansiirron vuodessa, mikä vastaa lähes 22 000 omakotitalon lämmönkulutusta. (Fortum, 2024)

3.5.2 Teollisuuden erillislämmöntuotanto

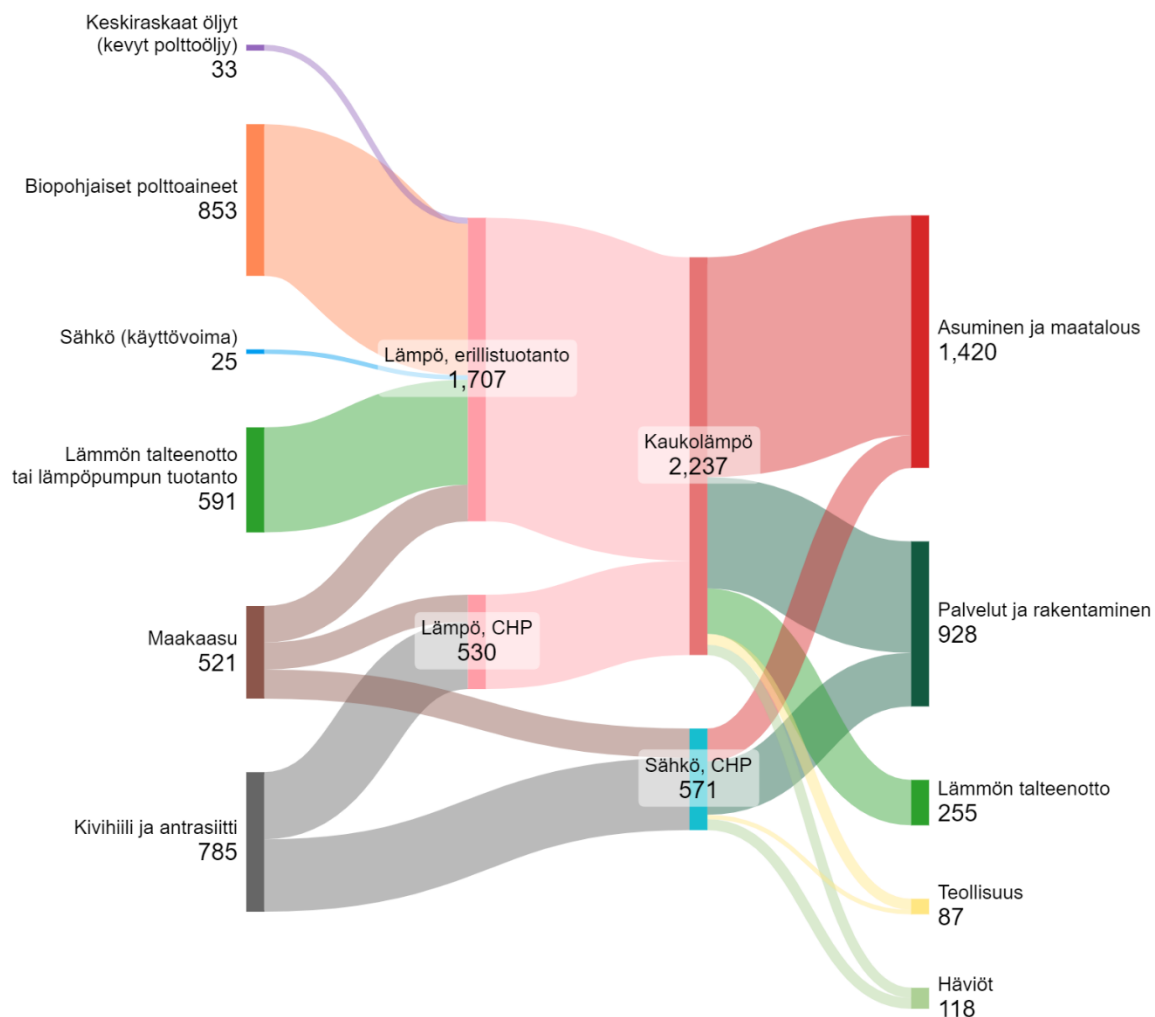
Espoossa ei ole teollisuuden erillislämmöntuotantoa.

3.5.3 Lämpöyrittäjäyyskohteet

Espoon alueella on yksi lämpöyrittäjäyyskohde, Bodomin Bio Energia Oy Ab (TTS Työteho-seura, 2024). Kohde sijaitsee Espoon Bodomissa. Toiminta on käynnistynyt vuonna 2006. Toiminnasta ei ole saatavilla tarkempaa tietoa.

3.5.4 Energiatase

Espoon kaukolämmön energiataase (GWh) vuonna 2023 on kuvassa (Kuva 12) alla. Kaukolämmön energiataase pitää sisällään yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotannon energiataaseen, sekä erillistuotannon. Energiataaseen luvut pohjautuvat luvussa 3.5 esitettyihin tietoihin.



Kuva 12 Kaukolämmön energiataase (GWh) Espoossa 2023. Kuvassa esitetty vasemmalla energialähteet ja oikealla käyttökohteet.

Suurin osa Espoon kaukolämmöstä tuotetaan erillistuotannon kautta. Vuonna 2023 lämmön erillistuotannossa käytettiin pääasiassa biopohjaisia polttoaineita ja lämpöpumppeja tai lämmön talteenottoa, mutta lisäksi myös maakaasua, öljyä ja sähköä. Kaukolämmön CHP tuotannossa ei enää

vuoden 2024 jälkeen käytetä kivihiiltä. Kuvassa lämmön talteenotto näkyy kahdessa kohdassa: sekä polttoaineen yhteydessä vasemmalla että kaukolämmöntuotannon yhteydessä oikealla. Lämmön talteenotto tarkoittaa sitä, että prosessissa syntyvä hukkalämpö otetaan talteen ja käytetään uudelleen energian tuotannossa, mikä vähentää polttoaineen kulutusta ja parantaa tehokkuutta. Vaikka todellisuudessa lämmön talteenotto toimii kierrätyksenä, kuvassa se on esitetty selkeyden vuoksi kahdessa kohdassa, jotta kokonaisenergiavirrat voidaan esittää ymmärrettävästi.

3.6 Kiinteistöjen lämmitys

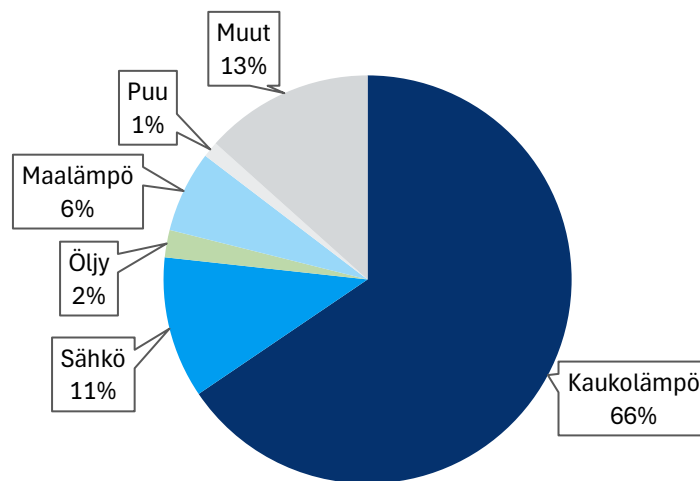
3.6.1 Rakennuskanta

Espoon kaupungin alueella sijaitsevien rakennusten arvioitu lämmönkäyttö energialähteittäin sekä polttoaine-energiat on esitetty alla (Taulukko 7). Taulukossa esitetty ”Muut uusiutuvat” sisältävät muilla lämpöpumpuilla kuin maalämpöpumpuilla tuotetun lämpöenergian. Muita uusiutuvia ei tilastoida suoraan, joten lämmönkäyttö on arvioitu suhteuttamalla Suomen asumiseen käytetty lämpöpumppuenergia asumisen pinta-alan mukaan Espoolle. Tästä luvusta on vähennetty maalämpöpumppujen tuottama lämpö. (Tilastokeskus, 2024) Polttoaine-energia tarkoittaa lämpöpumppujen osalta lämpöpumppujen arvioitua käyttösähköä. Kaukolämmön osalta polttoaine-energia vastaa Espoon kaukolämpöverkkoon tuotettua kaukolämpöä (Taulukko 6).

Kaukolämpö on Espoon suurin lämmönlähde rakennusten lämmityksessä (66 %). Muut uusiutuvat sekä sähkölämmitys ovat seuraavaksi suurimmat lähteet (13 % & 11 %).

Taulukko 7 Kiinteistöjen lämmityksen energialähteet sekä polttoaine-energiat (Suomen ympäristökeskus, 2024) (Tilastokeskus, 2024)

Energialähteet	Lämmönkäyttö [GWh / vuosi]	Osuus [%]	Polttoaine- energia [GWh / vuosi]	Osuus [%]
Kaukolämpö	1 733	66 %	1 925	74 %
Öljy	57	2 %	72	3 %
Sähkö	297	11 %	300	11 %
Puu	33	1 %	48	2 %
Maalämpö	171	6 %	57	2 %
Muut uusiutuvat	331	13 %	181	7 %
Muut fossiiliset	23	1 %	29	1 %
Yhteensä	2 645	100 %	2 611	100 %



Kuva 13 Kiinteistöjen lämmityksen energianlähteet. (Suomen ympäristökeskus, 2024) (Tilastokeskus, 2024)

3.6.2 Kunnan kiinteistöt

Espoon kaupunki omistaa 1 209 eri kiinteistöä kunnan alueella. Kiinteistöluettelo on esitetty taulukossa (Taulukko 8) alla, johon on koottu rakennustyypeittäin kiinteistöjen kerrosala ja energiankulutus vuodelta 2023. Kaikista kiinteistöistä ei ollut saatavilla tarkkoja energiankulutustietoja. Rakennustyyppien lämmitysmuodot on koottu seuraavaan taulukkoon (Taulukko 9). Lämmitysmuodot on esitetty taulukossa prosenttiosuutena lämmitysmuodoittain rakennustyyppikohtaisesti. Taulukon jälkeen on avattu sanallisesti kohteita, joissa lämmitysmuoto on "Ei tiedossa / Ei lämmitetä".

Taulukko 8 Espoon kaupungin kiinteistöluettelo (kerrosala ja energiankulutus)

Rakennustyyppi	Rakennusten lukumäärä	Rakennusten kerrosala [m ²]	Lämpöenergian kulutus, 2023 [MWh]	Sähkönkulutus, 2023 [MWh]	Vedenkulutus, 2023 [m ³]
Asuinrakennukset (A)	1	98	0	0	0
Asuinrakennukset	52	20 641	259	291	6 049
Hoitoalan rakennukset	197	198 771	25 696	15 267	139 928
Toimisto- ja hallintorakennukset	5	20 564	1 969	1 070	3 780
Kokoontumisrakennukset	93	83 013	16 561	7 502	127 321
Opetusrakennukset	98	402 575	56 275	28 873	120 341
Varastorakennukset	375	17 514	801	2 341	3 278
Liikenteen rakennukset	11	9 391	116	505	496
Väestösuojat	2	14 034	2 258	1 206	1 743
Muut rakennukset	162	6 868	212	705	2 321
Jätekatokset	111	4 536	0	50	0
Vapaa-ajan kiinteistöt	36	1 667	0	44	0
Pelastus- ja palolaitokset	2	3 940	1060	533	1 796
Varikot	23	16 997	1187	1 096	5 642
Laitetila	1	90	0	0	1 858
Huoltorakennukset	6	1622	10	80	0
Saunarakennukset	1	38	0	0	0
Talousrakennukset	2	40	0	0	0
Määrittelemätön	10	439	0	0	0
Yhteensä	1 209	802 838	106 405	59 564	414 553

Taulukko 9 Espoon kaupungin kiinteistöluettelo lämmitysmuodoittain (korostettuna suurimmat lämmitysmuodot rakennustyypeittäin)

Rakennustyyppi	Rakennusten lukumäärä	Kauko- tai aluelämpö	Maalämpö	Sähkö	Puu	Öljy	Kivihiiili	Muu	Ei lämmitetä / Ei tiedossa
Asuinrakennukset (A)	1	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %
Asuinrakennukset	52	28 %	0 %	14 %	4 %	11 %	1 %	0 %	41 %
Hoitoalan rakennukset	197	73 %	5 %	17 %	0 %	4 %	0 %	0 %	1 %
Toimisto- ja hallintorakennukset	5	80 %	20 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Kokoontumisrakennukset	93	44 %	3 %	24 %	2 %	4 %	0 %	0 %	23 %
Opetusrakennukset	98	76 %	10 %	3 %	0 %	9 %	0 %	0 %	2 %
Varastorakennukset	375	5 %	0 %	2 %	0 %	1 %	0 %	0 %	92 %
Liikenteen rakennukset	11	18 %	0 %	36 %	0 %	0 %	0 %	0 %	45 %
Väestösuojat	2	50 %	0 %	50 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Muut rakennukset	162	5 %	1 %	12 %	2 %	5 %	1 %	0 %	74 %
Jätekatokset	111	5 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	95 %
Vapaa-ajan kiinteistöt	36	3 %	0 %	11 %	0 %	0 %	0 %	0 %	86 %
Pelastus- ja palolaitokset	2	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Varikot	23	26 %	9 %	13 %	0 %	17 %	0 %	0 %	35 %
Laitetila	1	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	0 %
Huoltorakennukset	6	50 %	0 %	33 %	0 %	0 %	0 %	0 %	17 %
Saunarakennukset	1	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %
Talousrakennukset	2	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %
Määrittelemätön	10	0 %	20 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	80 %
Yhteensä	1 209	27 %	2 %	9 %	1 %	4 %	0 %	0 %	57 %

Kunnan kiinteistöistä vain yksi kiinteistö on merkitty asuinrakennukset (A) tunnisteella, mutta kiinteistön energiankulutustietoja tai lämmitysmuotoa ei ole tiedossa. Asuinrakennuksia on 52 (41 % kohteista), joista lämmitystä ei ole tai lämmitysmuotoa ei ole tiedossa. Osa kohteista on purkukohteita, joita ei enää ole tarkoitus lämmittää, mutta joukossa on myös kohteita, joita lämmitetään mutta lämmitysmuoto ei ole tiedossa.

Hoitoalan rakennuksia on 197 joista kahden kohteen lämmitysmuodoksi on merkitty ei lämmitystä (1 %). Toinen kohteista on purkukohteiden, ja toinen on päiväkotien. Päiväkotien lämmitetään, mutta lämmitysmuoto ei ole tiedossa. Kokoontumisrakennuksia on 93, joista 22 %:a kohteista ei lämmitetä. Näiden joukossa on mm. ulkomuseoita, luolatiloja, sekä uimahallin ulkoaltaat, joita ei lämmitetä.

Opetusrakennuksia on 98, joista kahdessa on merkintä ei lämmitystä (2 %). Toinen kohteista on purkukohteiden ja toinen on koulu, jonka lämmitysmuotoa ei tiedetä. Varastorakennuksia on 375 ja niistä ei pääsääntöisesti lämmitetä (92 %) eikä niitä ole tarkoitus lämmittää. Liikenteen rakennuksista 45 %:lla ei ole lämmitysmuotoa, näitä kohteita ovat mm. erilaiset hallit ja tallit, joita lähtökohtaisesti ei tarvitse lämmittää. Muita rakennuksia on 162, joista suurinta osaa ei lämmitetä (74 %), kuten erilaiset leluvarastot, vessat, saunat ja aitat. Jätekatoksia on 111, joista suurinta osaa ei lämmitetä (95 %).

Vapaa-ajan kiinteistöjä on 36, joista selkeää enemmistöä ei lämmitetä (86 %). Vapaa-ajan kiinteistöt viittaavat usein saarissa sijaitseviin kohteisiin. Saariston osayleiskaavan mukaan saariston lämmitysmuodoista 74,9 % ei ole tiedossa tai kohteita ei lämmitetä, 13 % käyttää sähköä, 11,7 % puuta ja vain 0,04 % hyödyntää kevyttä polttoöljyä.

Varikoita on 23, joista enemmistöä ei lämmitetä (35 %). Laitetiloja on yksi ja sen lämmitysmuoto on muu. Huoltorakennuksia on 6, joista yksi on ilman erillistä lämmitysmuotoa. Saunarakennuksia on yksi, jota ei lämmitetä. Saunarakennuksia ei lähtökohtaisesti tarvitse erikseen lämmittää. Talousrakennuksia on kaksi, joita ei lämmitetä. Määrittelymättömiä rakennuksia on 10, joita ei pääasiassa lämmitetä (80 %). Näiden joukossa on pääasiassa erilaisia päiväkotien ja koulujen varastoja, sekä yksi talousrakennus.

Öljylämmitys on päälämmitysmuotona joissakin vanhemmissa Espoon kaupungin hallinnoimissa kiinteistökohteissa. Osa kiinteistöistä on elinkaarensa päässä, mutta joukossa on myös niitä, joiden tarkoituksenmukaiselle käytölle on odotettavissa jatkoa. Tällöin lämmitystapamuutos on nykyisten ilmastotavoitteiden mukaisesti perusteltua. Tarkoituksena on vaihtaa lämmitysmuotoa joko uusiutuvalla energialla tuotettuun kaukolämpöön tai maalämpöön. Kiinteistöissä, joissa kaukolämpöliittymä on kohtuullisella etäisyydellä saatavilla, siirrytään uusiutuvalla energialla tuotettuun kaukolämpöön. Muiden osalta tullaan lämmitysmuotona edistämään maalämpöön siirtymistä.

Espoon kaupungin hallinnassa olevia öljylämmityskohteita on ollut ennen lämmitystapamuutoksien toteutuksen käynnistämistä 30 kappaletta. Kohteiden kokonaispinta-ala on 35 893 rak-m² ja kokonaistilavuus 96 592 rak-m³. Kiinteistöjen nykytilan ja elinkaaren perusteella viiteentoista näistä kiinteistöistä tehtäisiin lämmitystapamuutos, ja viidestätoista luovutaan joko myymällä tai purkamalla. Tämänhetkisten (vuoden 2025 helmikuu) tietojen perusteella lämmitystapamuutokset on teetetty viiteen kohteeseen, joista neljässä lämmitystapa on vaihdettu kaukolämmöksi ja yhdessä lämmitystapa on vaihdettu maalämmöksi. Viidestä kohteesta on taas luovuttu joko myymällä tai purkamalla. Näiden muutoksien jälkeen jäljellä olevia öljylämmityskohteita on kaupungin hallinnassa 20, joista kymmeneen tehdään lämmitystapamuutos ja kymmenestä luovutaan. Öljyn arvioitu kokonaiskulutus jäljellä olevissa kohteissa on noin 175 000 litraa vuodessa, ja keskiarvokulutus 2,9 litraa/m³. Tilanne öljylämmityskohteiden osalta päivittyy jatkuvasti, kun Espoon Tilapalvelut

toteuttavat kohteiden muutostöitä, ja valmistelevat jäljellä olevien kohteiden suunnittelua ja hankintavalmistelua.

3.7 Liikenne

Liikenteen energiankulutusta energialähteittäin ei ole tilastoitu kuntakohtaisesti. Valtakunnallisen tieliikenteen energiankulutus vuonna 2023 on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 10).

Taulukko 10 Tieliikenteen energiankulutus energialähteittäin [GWh] (Tilastokeskus, 2024)

Bensiini fossiilinen osuus	Bensiini bio-osuus	Diesel fossiilinen osuus	Diesel bio-osuus	Maa-kaasu	Bio-kaasu	Sähkö
12 279	1 539	21 351	4 894	1	365	667

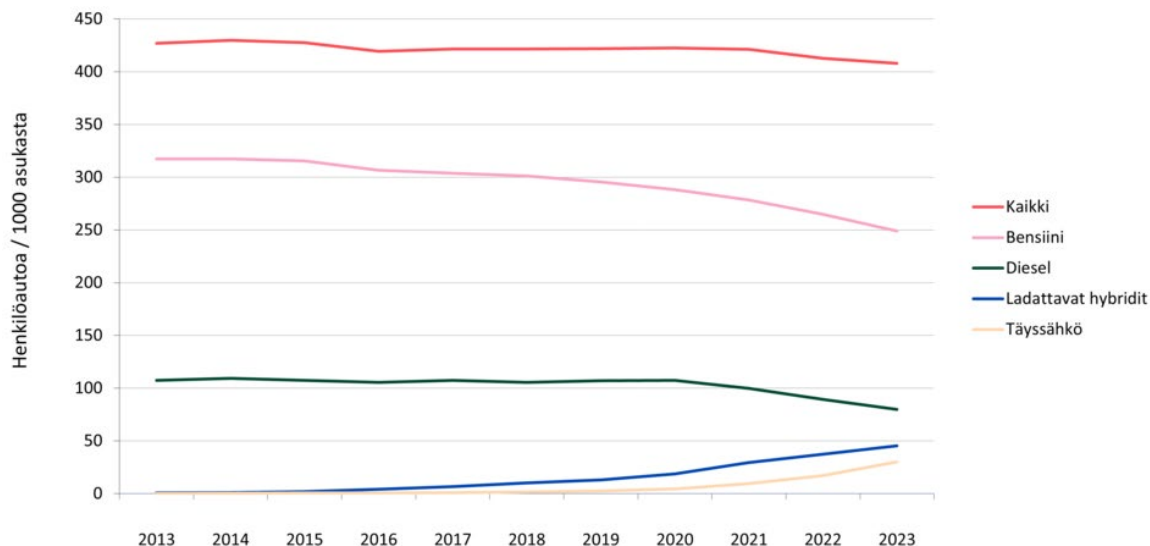
Espoossa rekisteröityjen ajoneuvojen määrä vuonna 2023 oli 232 946 kpl, joista liikennekäytössä oli 177 427 kpl ja poistettu liikennekäytöstä 55 519 kpl. Tarkempi jako eri ajoneuvotyypeittäin on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 11). (Tilastokeskus, 2024)

Taulukko 11 Espoon kaupungin alueella rekisteröidyt ajoneuvot vuonna 2023 [kpl] (Tilastokeskus, 2024)

Ajoneuvo	Liikennekäytössä	Poistettu liikennekäytöstä	Kaikki rekisterissä olevat ajoneuvot
Henkilöautot	128 176	30 361	158 537
Pakettiautot	8 699	7 006	15 705
Kuorma-autot	1 838	1 604	3 442
Linja-autot	972	331	1 303
Erikoisautot	28	121	149
Moottoripyörät	4 633	4 856	9 489
Mopot	2 554	6 645	9 199
Moottorikelkat	611	889	1 500
Traktorit	3 378	520	3 898
Moottorityökoneet	1 192	250	1 442
Kolmi- tai nelipyörät L5/L5e	15	29	44
Kevyet nelipyörät L6e	66	149	215
Nelipyörät L7e	162	376	538
Matkailuperävaunut	978	418	1 396
Puoliperävaunut	164	95	259
Muut perävaunut yhteensä	23 961	1 869	25 830

Liikenteen sähköistyminen näkyy selvästi Espoon käyttövoimatilastoissa (Kuva 14), jossa täyssähkö ja ladattavien hybridien määrä on selvästi kasvanut vuodesta 2018 lähtien. Ladattavia hybridejä oli Espoossa vuoden 2023 lopulla 14 278 ja täyssähköautoja 9 425. Yhteensä sähköhybridi- ja sähköautoja oli 18,5 % liikennekäytössä olevista henkilöautoista. Tilastoissa huomioitavaa on myös,

kuinka henkilöautojen määrä suhteessa asukkaisiin on pienessä laskussa. Vaikuttavia tekijöitä kehitykseen voi olla muun muassa joukkoliikenteen kehitys sekä tiivis kaupunkirakenne. (Espoon kaupunki, 2024)



Kuva 14 Liikennekäytössä olevien henkilöautojen määrä tuhatta asukasta kohden vuosina 2013–2023 (Espoon kaupunki, 2024)

Espoon tieliikenteen päästöt olivat 263 ktCO₂e vuonna 2023. Suurin osa tieliikenteen päästöistä syntyi henkilöautoista (70 %). Energiankulutus Espoon tieliikenteessä oli yhteensä 1 289 GWh vuonna 2023. Espoon tieliikenteen päästöt ja energiankulutus on esitetty taulukossa (Taulukko 12) alla.

Taulukko 12 Espoon tieliikenteen päästöt ja energiankulutus 2023 (Suomen ympäristökeskus, 2024)

Tieliikennekategoria	CO ₂ e [kt]	Energia [GWh]
Henkilöautot	183	905
Paketti- ja kuorma-autot	63	297
Linja-autot	14	74
Moottoripyörät ja mopot	3	13
Tieliikenne yhteensä	263	1 289

Espoon raideliikenteen päästöt olivat 3 ktCO₂e vuonna 2023. Suurin osa raideliikenteen päästöistä muodostui lähiliikenteestä. Lähiliikenne kattaa lähijunat, metrot ja raitiovaunut. Energiankulutus Espoon raideliikenteessä oli yhteensä 46 GWh vuonna 2023. Espoon raideliikenteen päästöt ja energiankulutus on esitetty taulukossa (Taulukko 13) alla.

Taulukko 13 Espoon raideliikenteen päästöt ja energiankulutus 2023 (Suomen ympäristökeskus, 2024)

Raideliikennekategoria	CO ₂ e [kt]	Energia [GWh]
Henkilöliikenne	0,2	3
Lähiliikenne (lähijunat, metrot, raitiovaunut)	3	43
Tavaraliikenne	0	0
Raideliikenne yhteensä	3	46

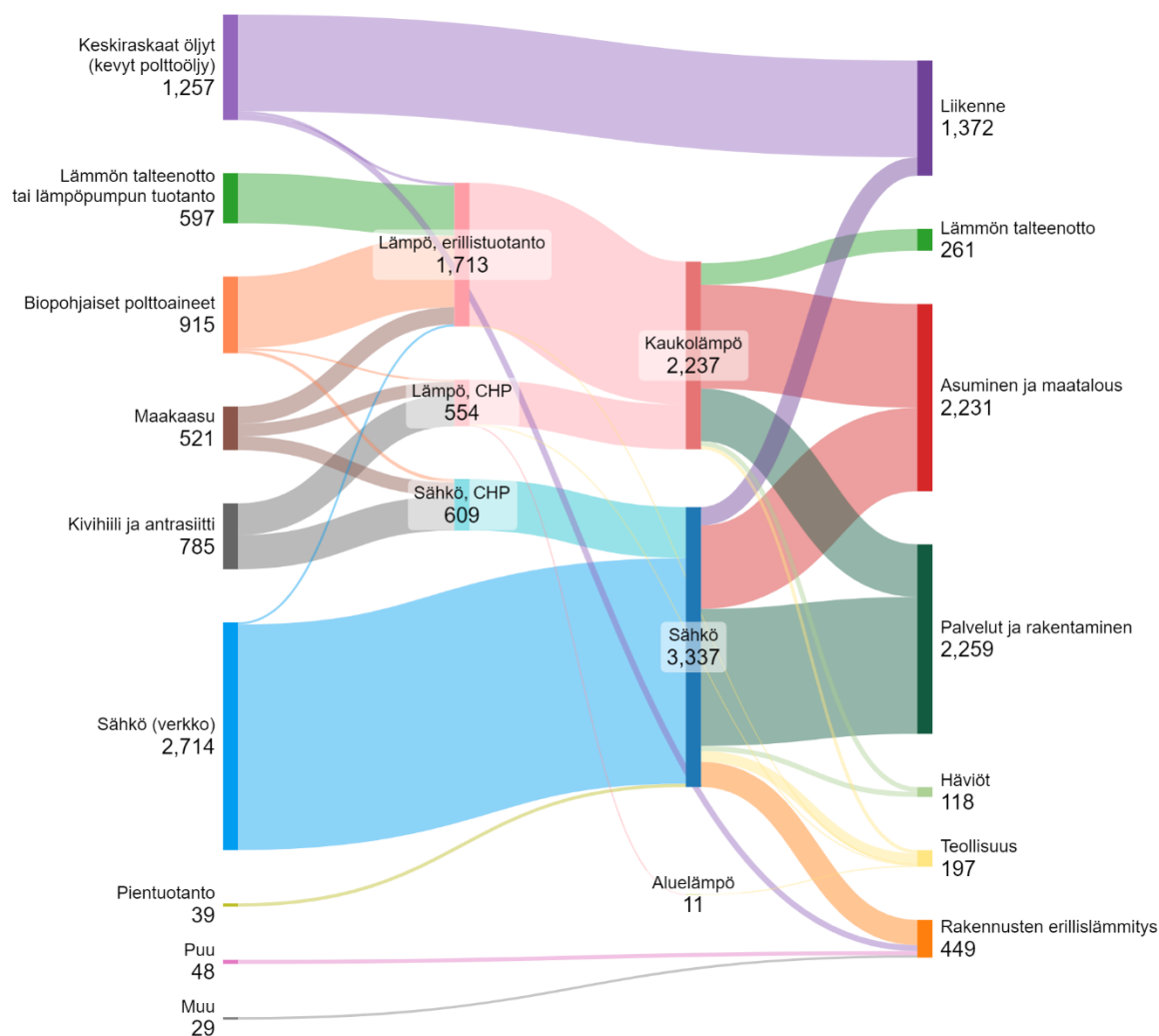
Espoon vesiliikenteen päästöt olivat 9 ktCO₂e vuonna 2023. Suurin osa vesiliikenteen päästöistä muodostui huviveneistä ja työveneistä. Energiankulutus Espoon vesiliikenteessä oli yhteensä 38 GWh vuonna 2023. Espoon vesiliikenteen päästöt ja energiankulutus on esitetty taulukossa (Taulukko 14) alla.

Taulukko 14 Espoon vesiliikenteen päästöt ja energiankulutus 2023 (Suomen ympäristökeskus, 2024)

Vesiliikennekategoria	CO ₂ e [kt]	Energia [GWh]
Huviveneet	4	17
Laivat (matkustajaliikenne, tavaraliikenne)	0,5	2
Työveneet (kalastusalukset, lautat, lossit, työveneet)	5	19
Vesiliikenne yhteensä	9	38

3.8 Kokonaisenergiatase

Espoon kokonaisenergiatase (GWh) vuonna 2023 on kuvassa (Kuva 15) alla.



Kuva 15 Kokonaisenergiatase (GWh) Espoossa 2023. Kuvassa esitetty vasemmalla energialähteet ja oikealla käyttökohteet.

Espoon keskeiset energialähteet vuonna 2023 olivat keskiraskaat öljyt (kevyt polttoöljy), biopohjaiset polttoaineet, maakaasu, kivihiili, sähkö (verkko) sekä lämmöntalteenotto ja lämpöpumput. Suurin yksittäinen energialähde on sähkö verkosta, eli sähkö, joka on tuotettu muualla kuin Espoossa. Kivihiilen käyttö on lopetettu vuonna 2024, kun Fortum sulki kivihiilivoimalaitoksen. Aluelämpö viittaa Ämmäsuon aluelämpöverkkoon, joka on erillinen lämpöverkko Espoon alueen kaukolämpöverkosta, ja jonka lämmöntuotanto perustuu Ämmäsuon omaan lämmöntuotantoon.

Suurin osa energialähteistä muunnetaan kaukolämmöksi ja sähköksi. Energian suurimmat loppukäyttäjät ovat asuminen ja maatalous, palvelut ja rakentaminen, sekä liikenne. Liikenne nojaa vahvasti öljypohjaisiin polttoaineisiin. Teollisuuden energiankulutus on pientä, koska teollisuutta ei juurikaan ole Espoon alueella.

Kuvassa lämmön talteenotto näkyy kahdessa kohdassa: sekä polttoaineen yhteydessä vasemmalla että kaukolämmöntuotannon jälkeen oikealla. Lämmön talteenotto tarkoittaa sitä, että prosessissa syntyvä hukkalämpö otetaan talteen ja käytetään uudelleen energian tuotannossa, mikä vähentää polttoaineen kulutusta ja parantaa tehokkuutta. Vaikka todellisuudessa lämmön talteenotto toimii kierrätyksenä, kuvassa se on esitetty selkeyden vuoksi kahdessa kohdassa, jotta kokonaisenergiavirrat voidaan esittää ymmärrettävästi.

4. Uusiutuvat energialähteet

4.1 Puupolttoaineet

4.1.1 Nykykäyttö

Espoon alueella hyödynnetään puuta polttoaineena sekä kaukolämmön tuotannossa (3.5.1) että rakennusten erillislämmityksessä (3.6). Kaukolämmössä puuta käytetään 605 GWh ja rakennusten erillislämmityksessä 48 GWh. (Energiateollisuus ry, 2024) (Suomen ympäristökeskus, 2023). Varsinkin pientaloissa puuta käytetään myös muiden lämmönlähteiden kuten öljy- ja sähkölämmityksen lisänä erilaisissa tulisijoissa. Kaukolämmön tarkempi jaottelu eri polttoaineiden jakeissa on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 15).

Taulukko 15 Espoon kaukolämmön puupolttoaineiden osuudet sekä käytetyt polttoainemäärät vuonna 2023. (Energiateollisuus ry, 2024)

Puupolttoaine	Osuus kaukolämmön tuotannosta [%]	Käytetty polttoaine [GWh]
Puupelletit ja -briketit	12 %	275
Metsätähdehake tai -murske	5 %	119
Kokopuu- tai rankahake, pienpuu	4 %	100
Kierrätyspuu	4 %	93
Kuori	1 %	13
Sahanpuru	0 %	6
Yhteensä	27 %	605

Lämmityksessä käytettävä puu tulee pääosin Espoon ulkopuolelta, koska kaupungin alueella on talousmetsää melko vähän. Kaupungin maapinta-ala on 312,38 km², (Maanmittauslaitos, 2022) ja taajama-aste vuonna 2022 oli 99,5 % (Tilastokeskus, 2024). Kaupungin pinta-alasta 29,6 % on metsiä sekä avoimia kankaita ja kalliomaita, 24,2 % rakennettuja alueita ja 40,6 % vesialueita. (Suomen ympäristökeskus, 2018)

4.1.2 Energiantuotanto- ja hyödyntämispotentiaali

Metsähakkeen korjuupotentiaali kuvaa metsähakkeen raaka-aineiden teknistaloudellista hankintamahdollisuutta. Raaka-aineina tässä aineistossa on huomioitu ensiharvennusten energiapuu sekä uudistushakkuilta korjattavat hakkuutähteet eli latvusmassa ja kannot. Teknistaloudellinen potentiaali tarkoittaa sitä osaa ensiharvennuspuusta, latvusmassasta ja kannoista, joka on erilaisten rajoitteiden aiheuttamien vähennysten jälkeen korjattavissa. Tekninen potentiaali ei kuvaa metsähakkeen saatavuutta, joka riippuu mm. metsänomistajan myyntihalukkuudesta ja kilpailutilanteesta.

Energiapuun korjuupotentiaali Espoon alueella on esitetty taulukossa (Taulukko 16) alla ja metsähakkeen sivuvirtojen korjuupotentiaali taulukossa (Taulukko 17). Taulukossa (Taulukko 16) on oletettu energiapuun energiasisällöksi 1,8 MWh/m³. Taulukossa (Taulukko 17) on oletettu latvusmassan lämpöarvoksi 2 MWh/m³ ja kantojen lämpöarvoksi 2,3 MWh/m³. Hyödynnettävä energiamäärä on molemmissa taulukossa arvioitu 88 %:n laitoshyötysuhteella. Hyötysuhde vaihtelee lämpökus-/voimalaitoskohtaisesti.

Taulukko 16 Espoon alueen energiapuun korjuupotentiaali, energiapotentiaali ja hyödynnettävä energiamäärä 2026–2035 (Luonnonvarakeskus, 2024)

Energiapuukategoria	m ³ / v	Energiapotentiaali [GWh / v]	Hyödynnettävä energia [GWh / v]
Ensiharvennusten energiapuu, kuitupuuta pienempi	507	0,9	0,8
Ensiharvennusten energiapuu	8 492	15,3	13,5
Yhteensä	8 999	16,2	14,3

Taulukko 17 Espoon alueen metsähakkeen sivuvirtojen korjuupotentiaali, energiapotentiaali ja hyödynnettävä energiamäärä 2026–2035 (Luonnonvarakeskus, 2024)

Sivuvirta	Suurin kestävä aines- ja energiapuun hakkuukertymä [m ³ / v]	Energiapotentiaali [GWh / v]	Hyödynnettävä energia [GWh / v]
Latvusmassa, mänty	2 341	31	28
Latvusmassa, kuusi	6 808	48	42
Latvusmassa, lehtipuu	1 585	79	70
Kannot, mänty	3 531	127	112
Kannot, kuusi	10 110	206	181
Yhteensä	24 375	491	432

Karkeasti arvioiden Espoon alueelta on hyödynnettävissä vuosittain noin 446 GWh metsäenergiaa. Tarkkaa tietoa metsäenergian hyödyntämisen nykytilasta kaupungin alueelta ei ole tarjolla, minkä takia tarkkaa arviota lisäysmahdollisuuksista ei pystytä tekemään. Tunnistetut energiapotentiaalit ovat vähemmän kuin mitä tällä hetkellä jo hyödynnetään lämmöntuotannossa Espoon alueella (Kuva 15).

4.2 Peltobiomassat

Peltobiomassoista voidaan tuottaa energiaa ja tyypillisiä energiakasveja ovat mm. ruokohelmi, hamppu, öljykasvit ja paju. Peltobiomassoja voidaan käyttää joko sellaisenaan tai jalostaa kiinteitä tai nestemäisiä biopolttoaineita.

Suomessa voitaisiin tuottaa peltobioenergiaa 12–22 TWh, joka vastasi 3–6 % Suomen energiankulutuksesta vuonna 2023. Suurin osa peltobioenergiasta olisi olkea (8 TWh) ja energiakäyttöön viljeltyä biomassaa kuten ruokohelpeä (12 TWh). Potentiaalista on nyt käytössä 0,5 TWh. (Mikkola, 2012) Suhteessa potentiaaliin Suomessa käytetään vain vähän peltobioenergiaa ja tilanteen voidaan olettaa olevan sama Espoossa.

4.2.1 Nykykäyttö

Espoon alueella oli maatalousalueita 5,4 km² vuonna 2020 (Suomen ympäristökeskus, 2018).

Peltokasvien sivuvirrat paikkatietoaineisto kuvaa nykyiseen viljelyyn perustuvaa viljelykasvien korjattavissa olevaa maksimaalista sivuvirtapotentiaalia. Sivuvirrat on laskettu kunkin kasvin satotason, viljelypinta-alan, kuiva-ainepitoisuuden ja satoindeksin avulla. Satoindeksi kuvaa sitä osaa kasvusta, joka hyödynnetään pääsatona. Muu osa kasvusta on sivuvirtaa. Käytännössä maksimisivuvirta ei välttämättä ole kaikki hyödynnettävissä, koska korjuulle on teknisiä ja taloudellisia rajoitteita ja osa sivuvirrasta pitää jättää pellolle kasvukuntoa ylläpitämään. Potentiaali on siis todennäköisesti pienempi kuin taulukossa (Taulukko 18) esitetty.

Olkea ja viljan jyviä voidaan polttaa kiinteinä polttoaineina esimerkiksi maaseudun lämpökeskuksissa ja pientaloissa niiden polttamiseen soveltuvissa kattiloissa (Motiva, 2020). Taulukossa 18 on oletettu poltettavan oljen kosteudeksi 20 % ja energiasisällöksi tässä kosteudessa 13,5 MJ/kg. Hyödynnettävän energiamäärän laskennassa on käytetty hyötysuhdetta 88 %. Oljen uusiutuvan energian potentiaali on esitetty kokonaisuudessaan sekä tässä peltobiomassat luvussa (Taulukko 18) että biokaasut -luvussa (Taulukko 19). Kokonaispotentiaali on siis jompikumpi näistä kahdesta energiamuodosta tai jokin näiden yhdistelmä.

Taulukko 18 Oljen määrä (laskennallisesti 20 %:n kosteudessa) (Luonnonvarakeskus, 2024) sekä oljesta polttamalla saadun lämpöenergian määrä.

Biomassan tyyppi	t/v (20 % kos- teus)	Energiasisältö (20 %:n kosteus) [MJ/kg]	GWh	Hyödynnettävä ener- giamäärä [GWh/a]
Olki	1 172	13,5	4,4	3,9

4.2.2 Energiantuotanto- ja hyödyntämispotentiaali

Olkea ei tällä hetkellä tiettävästi hyödynnetä polttamalla, joten uusiutuvan energian lisäämispotentiaali on arviolta 3,9 GWh/v esim. lämpöyrittäjän tai maatalousyrittäjän toiminnassa. Teknistaloudellisten hyödyntämiskohteiden löytäminen voi kuitenkin olla haastavaa.

4.3 Biokaasu

Biokaasu voisi korvata fossiilisia polttoaineita esimerkiksi liikennepolttoaineena tai teollisuuden lämmöntuotannossa. Liikennekäyttöä varten tuotettu biokaasu puhdistetaan ja siitä poistetaan hiilidioksidia. Näin jalostettua biokaasua (CBG) on mahdollista käyttää polttoaineena kaasuautoissa maakaasun tapaan.

Nesteytetty maakaasu eli LNG on lähes puhdasta metaania kuten normaali maakaasukin. LNG höyrytetään kaasuksi ennen kattilaan syöttämistä ja poltetaan kaasuna. Jalostettu biokaasu on myös pääasiallisesti metaania ja sillä voidaan korvata maakaasua tai polttimeen syötettyä LNG-kaasua. Biomassan mädätyksen jälkeen metaanin osuus biokaasussa on maakaasua alempi, mutta suoraan kattilassa poltettaessa biokaasua voidaan yleensä käyttää.

Nestekaasu on propaanin ja butaanin seosta, joten se eroaa koostumukseltaan maakaasusta eli metaanista. Nestekaasu poltetaan kaasuna, mutta varastoidaan ja kuljetetaan nesteinä. Nestekaasua ja metaania (maakaasua) poltetaan yleensä samankaltaisissa kattiloissa, mutta polttimien säädöt eroavat toisistaan kaasun erilaisen koostumuksen vuoksi. Nestekaasun korvaaminen kokonaan biometaanilla onnistuu yleensä kattilalaitoksen polttimiin tehtävillä muutoksilla. Markkinoilla on saatavilla myös biopropaania, jolla voidaan korvata suoraan fossiilista nestekaasua. Biopropaani tuodaan käyttökohteeseen nesteinä ja myös varastoidaan nesteinä käyttökohteeseen.

4.3.1 Nykykäyttö

Helsingin seudun ympäristöpalvelut (HSY) toimittaa espoolaisten biojätteet käsiteltäväksi Ämmäsuon ekoteollisuuskeskuksen biojätteenkäsittelylaitokselle, jossa jätteistä tuotetaan biokaasua ja kompostia. Ämmäsuolla käsitellään vuosittain yli 50 000 tonnia biojätettä, joista noin puolet menee suoraan kompostointiin ja puolet biokaasulaitokseen. Ämmäsuolla biokaasusta tuotetaan sähköä ja lämpöä, joista lämpö hyödynnetään itse ja ylijäämä sähkö myydään. Vuonna 2023 lämpöä tuotettiin 11,3 GWh ja sähköä tuotettiin 31,3 GWh, josta 17,6 GWh myytiin sähköverkkoon. Ämmäsuolla kerätään ja hyödynnetään myös kaatopaikkakaasun sisältämä metaani. (Espoon kaupunki, 2021)

Vuoden 2022 aikana Suomenojan jätevedenpuhdistamo korvattiin asteittain uudella Blominmäen jätevedenpuhdistamolla, ja tammikuusta 2023 alkaen Blominmäessä on puhdistettu kaikki jätevedet. Suomenojalla oli biokaasun mädättämö, josta Gasum jalosti liikennepolttoainetta, jota HSY osti tarvittaessa Gasumilta. Myös Blominmäellä on mädättämö, mutta siellä syntyvä biokaasu käytetään Blominmäellä itse, koska Blominmäen sähkönkulutus on paljon suurempaa verrattuna Suomenojaan, ja oli perusteltua ottaa energia omaan käyttöön (HSY, 2024). Vuonna 2023 Blominmäellä tuotettiin 12,2 GWh lämpöä ja 7,2 GWh sähköä biokaasulla. Blominmäen jätevedenpuhdistamo käsittelee 400 000 asukkaan jätevedet Espoosta ja Kauniaisista, Kirkkonummelta, Siuntiossa sekä Länsi-Vantaalta (HSY, 2023). Blominmäessä tuotettu kaasu hyödynnetään energian (lämpö ja sähkö) tuotannossa laitoksen omiin prosesseihin. Blominmäki on lämmön suhteen omavarainen, mutta tarvitsee ostosähköä.

Jätevedenpuhdistamoilla syntyy puhdistamolietettä. Suomenojan ollessa toiminnassa, puhdistamoliete kompostoitui HSY:n Ämmäsuolla ja Metsäpirtin toimipisteellä Sipoossa ja niistä jalostettiin multatuotteita. Blominmäessä syntyvä kuivattu liete jatkojalostetaan multatuotteiksi (Espoon kaupunki, 2021). Vuonna 2023 valtaosa Blominmäen kuivatusta lietteestä ja kaikki Suomenojan kuivattu liete kuljetettiin Metsäpirtin kompostointikentälle Sipooseen, yhteensä 18 751 tonnia. Ämmäsuolle käsittelyyn viedyn lietteen määrä oli 2 987 tonnia. (HSY, 2024)

Espoossa ja sen läheisyydessä biomassoja hyödynnetään sekä kunnallisten jätehuoltolaitosten että yksityisten yritysten toimesta. Toisinaan biomassoja voidaan kuljettaa käsiteltäväksi pitkiäkin matkoja. Kaupungin oman toiminnan ja HSY:n lisäksi bioperäisiä jätteitä Espoossa vastaanottaa Delete ja Fortum Waste Solutions, jotka vastaanottavat jossain määrin puuta ja lietteitä. Espoossa käsiteltävistä biomassoista tuotetaan pääasiassa multatuotteita tai niitä hyödynnetään energiantuotannossa (poltossa). (Espoon kaupunki, 2021)

Osana Hiilineutraali Espoo 2030 -tiekarttaa, HSY on suunnitellut toimenpiteitä jätteiden käsittelyn päästöjen alentamiseksi. Tavoitetaso perustuu HSY:n hiilineutraaliusohjelmaan. HSY tutkii Ämmäsuon koetoimintalaitoksessa jätevesilietteen pyrolyysiä. Puhdistamolietteen pyrolyysin, yhdessä HSY:n kehittämän RAVITA-tekniikan kanssa muodostavat konseptin, jossa jätevesilietteen ravinteet ja hiili saadaan kierrätettyä tehokkaammin. Koetoiminta jatkui vielä vuoden 2023 ajan, jonka aikana HSY kokeili myös muiden biomassojen pyrolysointia. (HSY, 2023) Koetoimintalaitos ei ole tällä hetkellä käytössä edellisen koetoimintaluvan umpeuduttua. Uuden luvan saaminen edellyttää investointeja puhdistuslaitteistoon, jota ei tällä hetkellä ole suunnitteilla investoinnin korkean hinnan takia. Laitteistoa ei ole suunniteltu purettavan, mutta koetoimintalaitoksen lähitulevaisuus on epävarmaa. (HSY, 2024)

4.3.2 Energiantuotanto- ja hyödyntämispotentiaali

Vuonna 2021 Espoon kaupunki selvitti Espoossa syntyvien massojen biokaasupotentiaalia. Arvion mukaan, yksinään Espoossa muodostuvien biomassojen (pl. jätevesilietteet) metaanipotentiaali vastaa karkeasti HSY:n nykyistä biokaasun tuotantomäärää Ämmässuolla. Taulukossa 19 on koottu selvityksessä tunnistetut jakeet, jotka ovat markkinaehtoisien käsittelyn piirissä tai kunnallisen jätehuollon piirissä, ja niiden kokonaispotentiaali, metaanipotentiaali sekä myyntiarvo liikennepolttoaineena.

Taulukko 19 Espoossa syntyvien massojen biokaasupotentiaali. (Espoon kaupunki, 2021)

Syöte	Tarkenne	Kokonais- potentiaali [t/v]	Metaanipo- tentiaali* [MWh/v]	Myyntiarvo lii- kennepolttoai- neena [€/v]
Markkinaehtoisien käsittelyn piirissä olevat jakeet				
Yrityksissä syntyvä biojäte	YLVA** ja laskennalliset kertoimet	8 600	6 900	584 800
Viherjäte (osin kunnallinen)	Kaupunki, asukkaat ja yritykset	6 200	2 900	246 500
Järviruoko	Tuotekorjattu, oletus 10 % korjuuaste vuodessa	300	200	20 400
Hevosien lanta	Kokonaispotentiaali, biomassa-atlas	11 500	2 200	192 000
Peltosivuvirrat		3 000	2 200	191 600
Yhteensä			33 600	2,9 milj.
Kunnallisen jätehuollon piirissä olevat biomassa				
Asukkaiden biojäte	HSY kokonaismäärä	44 000	35 200	2 992 000
Asukkaiden biojäte	As. Lukuun perustuva Espoon osuus	11 000	8 800	748 000
Asukkaiden biojäte	As. Lukuun perustuva kokonaispotentiaali (100 % keräysaste)	24 000	19 200	1 632 000
Jätevesilietteet	Suomenojan kokonaismäärä	25 000	5 200	446 300
Jätevesilietteet	As. lukuun perustuva laskennallinen Espoon osuus	19 000	4 000	339 200

* Kokonaispotentiaali, ei välttämättä vastaa nykyistä tai teknistaloudellisesti mielekästä keräys-/tuotantomäärää.

** YLVA on ympäristösuojelun valvonnan sähköinen asiointijärjestelmä

Vuonna 2023 pääkaupunkiseudulla syntyi biojätettä 38 022 tonnia, josta asukasluvuun perustuen Espoon osuus oli 10 159 tonnia. Biojätteen määrän ja sen energiapotentiaali biokaasutuotannossa perustuen vuoden 2023 biojätteen määrään on taulukossa (Taulukko 20). Laskennassa on käytetty oletuksena biojätteen metaanintuotantopotentiaalia 80 m³/t ja metaanin lämpöarvoa 10 kWh/m³.

Taulukko 20 Espoossa syntyvän biojätteen vuotuinen määrä ja energiapotentiaali.

Jätejäte	t / v (2023)	GWh / a
Biojäte	10 159	8,1

Espoossa tuotetaan biokaasua HSY:n toimesta Ämmässuolla sekä Blominmäen puhdistamolla. Blominmäen puhdistamo on uusi jätevedenpuhdistamo, joka korvasi Suomenojan jätevedenpuhdistamon. Blominmäen jätevedenpuhdistamo käsittelee noin 400 000 asukkaan jätevedet, mutta puhdistamoa on mahdollista laajentaa kattamaan jopa miljoonan asukkaan tarpeisiin (HSY, 2023). Puhdistamon toteutuksessa on huomioitu prosessin 50 % laajennusvaraus, minkä lisäksi laitosta on mahdollista myöhemmin laajentaa kattamaan miljoonan ihmisen jätevesien käsittely (Ramboll Oy, 2024). Jätevedenpuhdistamoilla prosessien sivutuotteena syntyvä raakasekaliete mädätetään biokaasuksi hapettomissa olosuhteissa. Mädätyksen jälkeen liete kompostoidaan ja jatkojalostetaan multatuotteiksi, jolloin lietteessä oleva eloperäinen aine ja sen sisältämä fosfori ja typpi pääsevät uudelleen kiertoon. (HSY, 2024) Blominmäessä mädättämällä tuotettu biokaasu hyödynnetään energian (lämpö ja sähkö) tuotannossa laitoksen omiin prosesseihin. Mikäli Espoon väestö kasvaa, ja täten käsiteltävän jätteen määrä kasvaa, tulee myös biokaasua syntymään enemmän Blominmäellä. Biokaasun määrä ja sen energiapotentiaali on taulukossa (Taulukko 21) alla.

Taulukko 21 Espoossa syntyvän biokaasun vuotuinen määrä ja energiapotentiaali. [1] (Espoon kaupunki, 2021), [2] (HSY, 2024), [3] (HSY, 2020)

Biokaasun tuotanto	milj. m ³ / v	GWh / v
Ämmässuo ^[1]	6	30
Suomenoja (ei käytössä) ^[1]	4,6 (2019)	23
Blominmäki ^[2]	4,1 (2023)	21
Blominmäki, potentiaali (50 % laajennusvaraus) ^[3]	5,9	30

HSY kehittää biojätteen käsittelyä rakentamalla Ämmässuon ekoteollisuuskeskukseen uuden laitospuolustuksen. Laitospuolustus mahdollistaa suuremman osan biojätteen suoran hyödyntämisen maataloudessa. Uuden prosessin myötä uusiutuvan energian tuotanto kasvaa noin 65–70 % nykytasosta. Laitoksen valmistuttua tulevaisuudessa jopa yli 90 % biojätteestä käsitellään biokaasulaitoksella ja kompostoitavan biojätteen osuus vähenee merkittävästi. Laitoksen on määrä valmistua vuoden 2025 loppuun mennessä. (HSY, 2024) Haastatteluista saadun tiedon mukaan käyttöönotto vaihe alkaa todennäköisesti vuonna 2025. Laitos lisää hetkellisesti biokaasutuotantoa, noin 10–15 % (yhteensä noin 100 GWh), kunnes tuotanto tasoittuu ja hieman laskee noin 80 GWh:n vuonna 2040, johtuen vähentyvistä kaatopaikkakaasuista. Samanlainen trendi on nähtävissä sähkön- ja lämmöntuotantoluvuissa. Sähköntuotanto nousee noin 45 GWh tasolle ja laskee noin 35 GWh:n vuonna 2040. Vastaavat luvut lämmöntuotannolle ovat 22 GWh ja 20 GWh. Laitoksen oma sähkön- ja lämmönkulutus pysyvät nykyisellä tasolla, 15,6 GWh sähkölle ja 15 GWh lämmölle. (HSY, 2024)

Espoossa on kolme biokaasun tankkausasemaa, jotka kaikki ovat Gasumin. Suomessa on nykyisin noin 7 700 kaasukäyttöistä henkilöautoa, asukasluvun mukaan laskettuna näistä arviolta 1 500 voisi olla espoolaisten. Potentiaalisia liikennebiokaasun käyttäjiä ovat mm. kaupungin viher- ja muiden alueiden ja kiinteistöjen huollon käytössä olevat kulkuneuvot, kaupungin järjestämän kotihoi-

don palveluiden autot, joukkoliikenne (bussit, HSL), HSY:n jätteenkuljetusautot ja vesihuollon autot, yritykset (esim. kuljetus- ja taksiala), sekä asukkaiden henkilöautot (Espoon kaupunki, 2021). Osa Espoon kaupungin kestäväan energian ja ilmastoon toimintasuunnitelman (Espoon kaupunki, 2019) tavoiteskenaarioiden ja hillintätoimenpiteiden toimenpidekokonaisuuksia on joukkoliikenteen päästöttömyys vuoteen 2030 mennessä. Tämä toteutettaisiin käyttämällä mm. biokaasua.

Espoon biomassakartoituksessa on tunnistettu biomassojen hyötykäytön lisäpotentiaalia mullan ja biokaasun ja biohiilen tuotannossa sekä järviruo'on ja hiekoitussepin uusissa käyttömahdollisuuksissa. Kartoituksen mukaan kaupungilla on suuri rooli potentiaalın hyödyntämisessä. (Espoon kaupunki, 2021)

Espoon kaupungin biokaasun tuotannon toteutettavuusselvityksen (Espoon kaupunki, 2023) mukaan Espoon alueella on vahvaa mielenkiintoa biokaasutuotantoa kohtaan. Selvityksen mukaan alueen viljelijöillä on mielenkiintoa biokaasuntuotantoa kohtaan, mikäli tuotanto on kannattavaa kaikille osapuolille ja löytyy toteutusmalli, joka on tilojen näkökulmasta toteuttamiskelpoinen. Selvityksessä tarkasteltiin biokaasutuotannon mahdollisuuksia Espoon alueella siten, että ei kilpailla olemassa olevien laitosten kanssa alueella muodostuvista tai kerättävistä syötteistä. Keskeiset biokaasulaitokseen käytettävät syötteet alueella ovat peltobiomassoista nurmi ja olki, mutta myös hevosenlannan paikallaista käsittelyä kohtaan on mielenkiintoa. Selvityksen mukaan valtaosa syötteistä sijoittuu Espoon pohjoisosaan, mikä ohjaa biokaasun tuotantolaitoksen sijoittumista Espoon pohjoispuolelle. Selvitys tunnistı taulukossa (Taulukko 22) koostetut syötepotentiaalit.

Taulukko 22 Espoon alueen biomassakartoituksessa tunnistetun biomassavirtojen määrät, sekä biomassavirtojen biokaasun energiapotentiaali

Syöte	t/v	Energiapotentiaali [GWh/v]
Olki	3 550	4,3
Nurmi	1 100	1,3
Hevosen lanta	1 560	1,9
Yhteensä	6 200	7,5

Selvityksessä lasketut kohteessa kannattavuuden tunnusluvut osoittavat, että biokaasun ja biometaanin tuotannon suunnittelua on järkevää tarkastella tarkemmin. Biokaasulaitoksella on huomattavia aluetaloudellisia vaikutuksia. Erityisesti biometaanin tuotannon ja myynnin kautta on mahdollisuus korvata fossiilisen polttoaineen käyttöä ja näin nämä eurot jäävät aluetalouteen.

4.4 Jätepolttoaineet

4.4.1 Nykykäyttö

Lukuun ottamatta kaatopaikkakaasuja ja jäteveden käsittelyssä syntyvää biokaasua, Espoossa ei tällä hetkellä hyödynnetä jätepolttoaineita paikallisesti. Vantaalla sijaitsevan jätteenpolttolaitoksen jätteen vastaanottokapasiteetti on 374 000 tonnia vuodessa. Laitos käsittelee 1,5 miljoonan kotitalouden sekajätteet Uudenmaan alueelta. Vuonna 2022 jätevoimalan laajennusosa otettiin käyttöön ja laitos on ollut käytössä ympäri vuoden 2023. Laajennusosan jätteen vastaanottokapasiteetti on noin 180 000 tonnia vuodessa. Laajennusosan myötä yhtiö on alkanut hyödyntämään myös teollisuuden ja kaupan jätteitä lämmön tuotannossa, sekä ulkomaista jätettä. (Vantaan Energia, 2024)

Espoossa Fortumin Kivenlahden lämpövoimala on saanut ympäristöluvan kierrätysjätepolton polttamista varten. Lämpökeskus ei käytä kierrätysjätettä pääpolttoaineenaan, vaan luvalla halutaan varmistaa lämmön toimitusvarmuus. (Aluehallintovirasto, 2024)

HSY toimittaa sekajätettä pääkaupunkiseudulta ja Kirkkonummelta Vantaan jätteenpolttolaitokselle energiahyödynnettäväksi. Vuonna 2023 sekajätettä toimitettiin 192 000 tonnia. (HSY, 2024) Espoossa syntyvän sekajätteen määrä, energiapotentiaali ja hyödynnettävän energian määrä on taulukossa (Taulukko 23) alla. Jättemäärä on asukaslukuun perustuva laskennallinen arvio.

Taulukko 23 Espoossa syntyvän sekajätteen vuotoinen määrä, energiapotentiaali ja hyödynnettävä energiamäärä.

Jätejake	t/v	Energiapotentiaali [GWh/v]	Hyödynnettävän energian määrä, [GWh/v]
Polttokelpoinen jäte	38 400	117,6	105,6

HSY:n Ämmässuon kaatopaikoilta kerättiin vuonna 2023 vapautuneesta kaasusta 92 % (62,3 GWh). Kerätystä kaasusta 90,6 % hyödynnettiin kaasuvoimalassa sähkön- ja lämmöntuotannossa. Loput kaasusta ei voitu hyödyntää muun muassa laitoksen määräaikaishuollon vuoksi, jonka takia kaasu jouduttiin soihduttamaan. Kaasuvoimalassa hyödynnetään kaatopaikkakaasua ja biokaasua (yhteensä 64 GWh vuonna 2023), joista tuotettiin sähköä 27,4 GWh ja lämpöä 8,1 GWh. (HSY, 2024)

4.4.2 Energiantuotanto- ja hyödyntämispotentiaali

Vantaan Energian jätteenpolttolaitos hyödyntää Espoossa syntyvän jätteen ja tuottaa siitä sähköä ja lämpöä. Laitosta ollaan laajentamassa myös vaarallisen jätteen polttolaitoksella. Laitoksen on määrä valmistua vuonna 2025. (Vantaan Energia, 2024)

Huomioiden jätteenpolttolaitoksen suuri käsittelykapasiteetti ja maantieteellinen sijainti suhteessa Espooseen, laitos tulee käytännössä polttamaan kaiken Espoon alueella syntyvän polttokelpoisen sekajätteen myös tulevaisuudessa. Jättepolttoaineista ainoastaan Ämmässuolla syntyvät biokaasut tullaan hyödyntämään Espoon alueella. Biokaasun potentiaalista on kerrottu luvussa 4.3.

4.5 Tuulivoima

Tuulivoima voidaan jakaa kahteen pääluokkaan: 1) tuulivoima ja 2) pientuulivoima.

Pientuulivoimalat ovat teholtaan pienempiä kuin teolliseen tuotantoon tarkoitetut tuulivoimalat. Useimmat pientuulivoimalat ovat muutaman sadan tai tuhannen watin (kW) tehoisia voimaloita, joita voi asentaa kiinteistöjen yhteyteen. Maataloudessa ja pienteollisuudessa käytettävät jopa 50-100 kW:n tehoiset voimalat lasketaan pientuulivoimaksi. Tuulivoimalan nimellistehon yksikkö kilowatti (kW) ei yksin kerro sitä, kuinka paljon voimala tuottaa energiaa eli kilowattitunteja (kWh). Tuotto riippuu paikallisista tuuliolosuhteista, voimalan ominaisuuksista ja maston korkeudesta. (Suomen Tuulivoimayhdistys, 2020). Pientuulivoimaloiden mastonkorkeudet ovat tyypillisesti 5 – 30 metriä, kun teollisen kokoluokan tuulivoimalat ovat yli 100 m. (Motiva, 2024)

Pientuulivoimaa voidaan tuottaa kiinteistökohtaisesti aurinkosähkön tapaan. Tällä hetkellä pientuulivoimalla ei ole laajamittaista potentiaalia hajautetussa sähköntuotannossa, mutta sillä voi olla

teknistaloudellisesti kannattavia yksittäistapauksia esimerkiksi sähkönverkon ulkopuolella ja esimerkiksi saaristossa. (Valtioneuvoston kanslia, 2017) Olennaista on, että pientuulivoimala pääsee kiinni mahdollisimman voimakkaisiin tuuliin.

4.5.1 Nykykäyttö

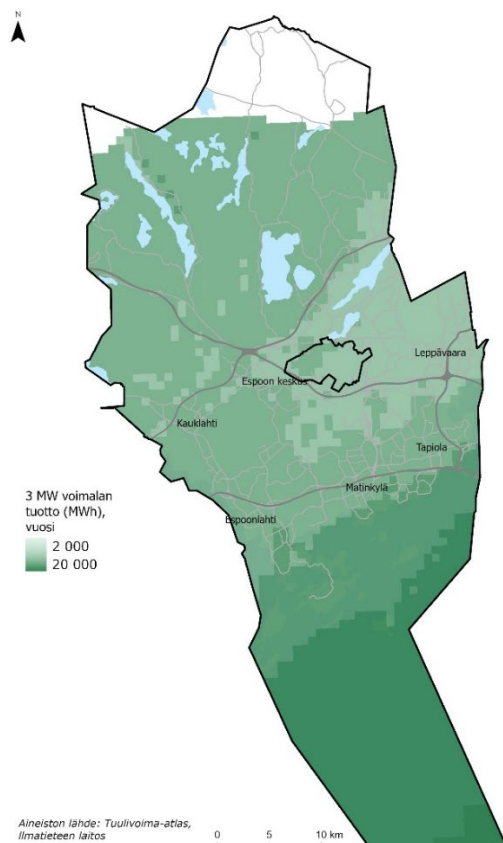
Espoossa ei ole tällä hetkellä teollisen mittakaavaan tuulivoimatuotantoa. Kaupungin alueella ei myöskään ole käynnissä teollisen mittakaavan valmistelu- tai rakentamishankkeita. (Suomen uusiutuvat ry, 2024)

HSY on hakenut asemakaavan muutosta Ämmässuon alueelle yhden tuulivoimalan rakentamiseksi. Kaupungin valtuusto hyväksyi kaavan, mutta kesällä 2024 korkein hallinto-oikeus kumosi sen. (Espoon kaupunki, 2024) Tuulivoimalaa ei enää suunnitella Ämmässuolle (HSY, 2024).

Carunan mukaan pientuulivoimaa ei ole liitetty Espoon jakeluverkkoon. On mahdollista, että pientuulivoimaa voi olla asennettu omaan käyttöön. Määrät ovat kuitenkin todennäköisesti hyvin pieniä. (Caruna, 2024)

4.5.2 Energiantuotanto- ja hyödyntämispotentiaali

Maatuulivoiman vuosituotantopotentiaali vaihtelee 5 000 – 7 000 MWh välillä 3 MW ja 100 m korkuiselle voimalalle. Merituulivoiman osalta rannikolla tuottoarvio on noin 9 000 MWh ja kauempana noin 12 000 MWh. Tuulivoimapotentialiaali voidaan todeta olevan hyvä/kohtalainen tästä näkökulmasta. (Kuva 16) (Ilmatieteen laitos, 2024)



Kuva 16 3 MW voimalan tuotto (MWh) vuositasolla 100 m korkeudella Espoon alueella. (Ilmatieteen laitos, 2024)

Uudenmaan maakuntakaavassa ei ole osoitettu Espooseen tuulivoima-alueita monien rajoitteiden takia. Rajoitteina tuulivoimalle on tunnistettu tiiviin yhdyskuntarakenteen lisäksi luonto- ja kulttuuriarvoja sekä puolustusvoimien tarpeita. Pienten (alle 10 tuulivoimalaa) tuulivoimapuistojen sijoittamista ohjataan kuntatasolla, ei maakuntakaavassa. (Uudenmaanliitto, 2023) Yksittäisille tuulivoimaloillekin on hankala löytää tilaa Espoon alueella muun maankäytön vuoksi ja voimaloiden mahdollisten ympäristöhäiriöiden vuoksi.

4.6 Aurinkoenergia

Aurinkoenergia sisältää kiinteistökohtaisen aurinkosähkön ja -lämmöntuotannon sekä teollisen kokoluokan aurinkovoiman.

4.6.1 Nykykäyttö

Aurinkosähkö

Aurinkosähkön tuotantokapasiteetti jatkoi kasvuaan vuonna 2023 koko Suomessa ja vuoden 2023 lopussa sähköverkkoon liitettyä aurinkosähkön tuotantokapasiteettia oli noin 1 000 MW. Vuodessa sähköverkkoon liitetyn aurinkosähkötuotannon kapasiteetti kasvoi yli 300 MW. (Energiavirasto, 2024)

Vuonna 2023 Carunan Espoon verkossa oli liitettyä 30 MW aurinkosähkön pientuotantoa. Pientuotannon määrä on kasvanut vuosi vuodelta, vuonna 2022 se oli 22,3 MW. (Caruna, 2023) ja syyskuun 2024 lukumäärä on jo 38,2 MW (Caruna, 2024). Suurin osa aurinkovoiman tuottajista hyödyntävät itse tuottamansa energian, minkä takia tarkkoja energiamääriä ei ole tiedossa. Teho voidaan muuttaa energiaksi laskennallisesti, käyttämällä Etelä-Suomen aurinkovoiman huipunkäyttöaikaa (800–1 000 h). Laskennallisesti sähkön erillistuotanto vuonna 2023 oli 24–30 GWh, ja vuonna 2022 se oli 18–22 GWh.

Espoossa ei ole teollisen kokoluokan aurinkovoimaa.

Aurinkolämpö

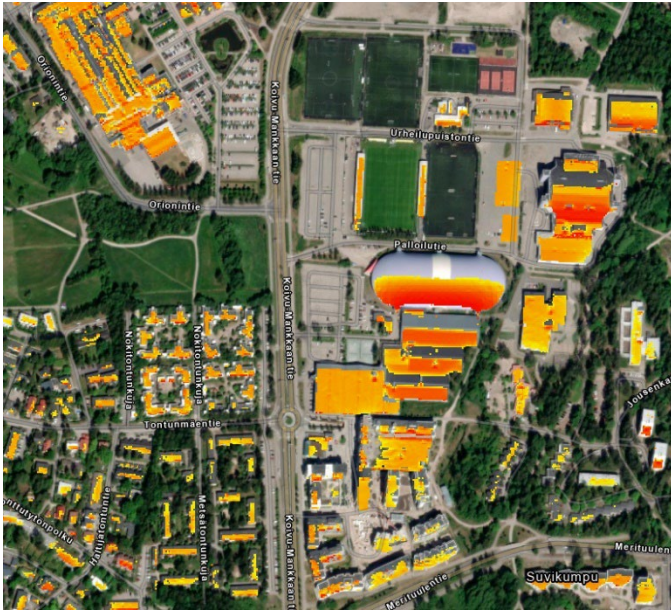
Aurinkolämmön käytöstä ei ole tilastotietoa saatavilla. Todennäköisesti aurinkolämmön käyttö on hyvin vähäistä Espoon alueella.

4.6.2 Energiantuotanto- ja hyödyntämispotentiali

Aurinkoenergian tuotantoa voidaan lisätä kiinteistö- tai rakennuskohtaisesti hajautettuna tuotantona tai keskitettynä tuotantona rakentamalla suuremman kokoluokan aurinkovoimaloita, joissa tuotettu sähkö syötetään suoraan sähkönjakeluverkkoon tai tuotettu lämpö syötetään kauko- tai aluelämpöverkkoon.

Hajautettu tuotanto (rakennusten kattopinnat)

Aurinkoenergian hajautetun tuotannon potentiaali on arvioitu paikkatietomenetelmin huomioiden kaikki Espoon kaupungin alueen kiinteistöjen kattopinta-alat, joille keskimääräinen säteilymäärä on yli 800 kWh/m²/vuosi (Kuva 17). Soveltuvista kattopinta-aloista on arvioitu pystyttävän hyödyntämään 50 % aurinkosähkölle, jonka mukaan kokonaistuottopotentiaali on laskettu.



Kuva 17 Havainnekuva hajautetun tuotannon kokonaispotentiaalin arvioinnista

Hajautetun aurinkosähköntuotannon kokonaispotentiaali Espoossa on suuruusluokaltaan 570 GWh. Todellinen määrä on todennäköisesti pienempi johtuen järjestelmien kannattavuudesta sekä kattorakenteiden sallitusta kuormituksesta. Kuormitukseen vaikuttavat asennettavien laitteiden paino sekä tuuli- ja lumikuormat. Kattorakenteiden sallittu kuormitus on aina selvitettävä tapauskohtaisesti aurinkoenergiajärjestelmien suunnitteluvaiheessa. Aurinkoenergiajärjestelmä tulee suunnitella, mitoittaa ja toteuttaa niin, että se ei aiheuta riskiä kattorakenteiden kestävyydelle eikä vesikatteen veden pitävyydelle.

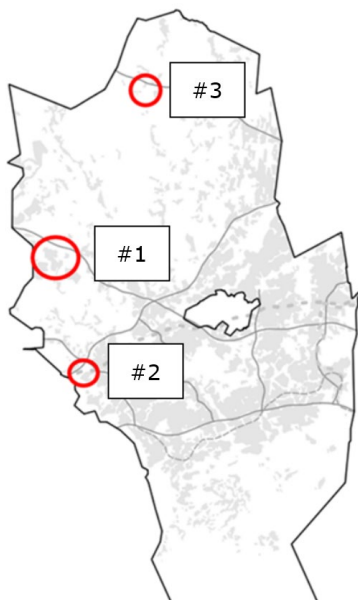
Kiinteistö- tai rakennuskohtaisten tuotantojärjestelmien kannattavuus on usein sitä parempi, mitä enemmän tuotettua aurinkoenergiaa saadaan hyödynnettyä suoraan rakennuksen omaan käyttöön. Tällä perusteella tuotantojärjestelmä usein mitoitetaan. Esimerkiksi asuin- ja liikekiinteistöissä koko käytettävissä olevan kattopinta-alan mukainen mitoitus ei tästä syystä ole usein taloudellisesti kannattavaa. Teknistaloudellinen aurinkosähkön potentiaali on siten vähäisempi kuin edellä mainitut arviot potentiaalista. Markkinat voivat kuitenkin tulevaisuudessa mahdollistaa kannattavan liiketoiminnan koko kattopinta-alan hyödyntämiseen esimerkiksi sähkövarastoinnin tai muiden keinojen avulla.

Keskitetty tuotanto

Keskitetty tai suuren kokoluokan aurinkoenergian tuotantoratkaisu on tuotetun aurinkoenergian yksikkökustannuksen kannalta pääsääntöisesti edullisempi verrattuna rakennuskohtaiseen tuotantojärjestelmään, koska suuressa mittakaavassa järjestelmäinvestointi on suhteellisesti edullisempi. Keskitetty tuotanto liitetään suoraan sähköverkkoon ja sen tuottama sähkö myydään sähkömarkkinoilla (vrt. pientuotanto menee kiinteistön omaan käyttöön). Noin 1 MW aurinkovoimala tarvitsee tyypillisesti noin 1,5–2,5 hehtaarin vapaan maa-alan aurinkopaneeleille. 1 MW aurinkovoimala tuottaa sähköä Etelä-Suomessa noin 800–1 000 MWh vuodessa.

Teollisen kokoluokan maaperustaisten aurinkovoimaloiden mahdollisia sijoittumispaikkoja on tarkasteltu kaupungin yleiskaavan valmistelutyössä. Espoon rakentamatta jäävästä alasta huomattavalla osalla on merkittäviä luonto- tai kulttuuriarvoja ja muita rakentamista rajoittavia tekijöitä. Teollisen kokoluokan aurinkovoimaloille ei ole juurikaan soveltuvia alueita Espoossa.

Tarkastelussa on nostettu potentiaalisimpina alueina esiin Ämmässuon, Kulmakorven ja Histan kokonaisuus (#1), sekä Mankin (#2) ja Velskolan alueet (#3), mutta näillä alueilla on myös muita maankäyttötarpeita. Työpaikka-alueet eivät ole ensisijaisia aurinkovoimaloiden sijaintipaikkoja, vaikka jotkin edellä mainituista alueista sijaitsevat yleiskaavan työpaikka-alueilla. Aurinkovoimalaa ei voi sijoittaa millekään alueelle ilman lisätutkimuksia. (Espoon kaupunki, 2024)



Kuva 18 Maaperustaisten teollisen kokoluokan aurinkovoimaloiden mahdollisia sijoittumispaiikkoja (Espoon kaupunki, 2024)

Selvityksessä rajattiin pellot pois aurinkovoimalta. Tulevaisuudessa pelloille voi olla mahdollista sijoittaa aurinkovoimaa. Niin sanotulla agrivoltaics-menetelmällä aurinkopaneelien alla voidaan tehdä viljelytoimintaa, joka mahdollistaisi peltojen käytön kahteen tarkoitukseen samanaikaisesti. (Energiequelle, 2024)

4.7 Vesivoima

Espoon alueella ei ole energiantuotannossa hyödynnettävissä olevia jokia.

4.8 Lämpöpumput

Lämpöpumpuilla on mahdollista tuottaa energiatehokkaasti lämmitystä kiinteistökohtaisesti sekä myös kaukolämpöverkkoon. Tässä luvussa käsitellään lämpöpumppuja hyödynnettävän lämmönlähteen mukaan:

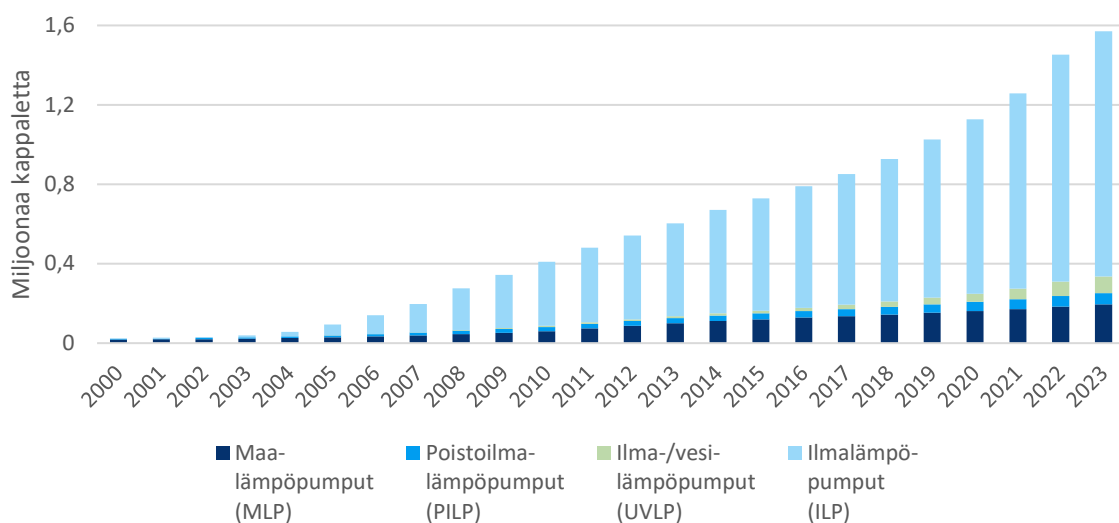
- Ilma-ilmalämpöpumppu (ILP)
- Ilma-vesilämpöpumppu (IVLP)
- Geoenergia (yleisimmin Maalämpöpumppu (MLP), myös vesistöt lämmönlähteenä)
- Poistoilmalämpöpumppu (PILP)

IVLP on soveltuvin ratkaisu myös kaukolämmön tuotannon, muut teknologiat soveltuvat eri syistä paremmin kiinteistökohtaisiin ratkaisuihin.

Ilmalämpöpumput siirtävät lämpöä ulkoilmasta tai rakennuksen poistoilmasta lämmityskohteeseen. Ilmalämpöpumput jaetaan kolmeen päätyyppiin, sen mukaan ottaako lämpöpumppu lämpöä ulkoilmasta (ilma-ilmalämpöpumppu, ilma-vesilämpöpumppu) vai poistoilmasta (poistoilmalämpöpumppu) ja luovuttaako se lämmön joko suoraan rakennukseen lämmitettävään ilmaan (ilma-ilmalämpöpumppu) vai vesikiertoiseen järjestelmään (ilma-vesilämpöpumppu, poistoilmalämpöpumppu).

Geoenergia on yleiskäsite tekniikoille, joissa maan lämpöä ja viileyttä hyödynnetään lämmitykseen ja/tai jäähdytykseen. Käsite kattaa energian talteenoton kalliosta, maasta, pohjavedestä sekä muista vesistöistä. Maalämpöpumput siirtävät lämpöä maa- ja/tai kallioperästä vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Maalämpöä varten porataan tyypillisesti noin 300 metrin kaivoja lämmönkeruuta varten. Siirryttäessä perinteisistä maalämpökaivoista syvemmälle, noin 1–2 kilometriin, puhutaan keskisyvästä geotermisestä energiasta. Tiiviisti kaavoitetuilla ja rakennetuilla alueilla, kuten esimerkiksi kaupunkien keskustoissa, useiden maalämpökaivojen muodostaman kaivokentän mahdumisen tontille voi olla haasteellista tai jopa mahdotonta. Tästä syystä Suomessa ollaan yhä kiinnostuneempia keskisyvän geotermisen energian hyödyntämisestä. Yhdellä tai useammalla keskisyvällä kaivolla voidaan korvata lukuisia perinteisiä maalämpökaivoja. Syvemmällä kallioperässä päästään myös korkeampiin lämpötiloihin, mikä mahdollistaa paremman energiantuoton. Keskisyvät kaivot soveltuvatkin erityisen hyvin kohteisiin, joissa on korkea lämmitystarve. Syvistä kaivoista puhutaan, kun kaivon syvyys on yli 6 kilometriä.

Kuva 19 havainnollistaa eri lämpöpumpputyyppeiden yleisyyttä Suomessa. Voidaan olettaa, että eri lämpöpumppujen yleisyys on samaa luokkaa myös Espoossa.



Kuva 19 Suomeen myydyt lämpöpumput, kumulatiivinen kehitys vuosina 2000–2023 (SULPU, 2024)

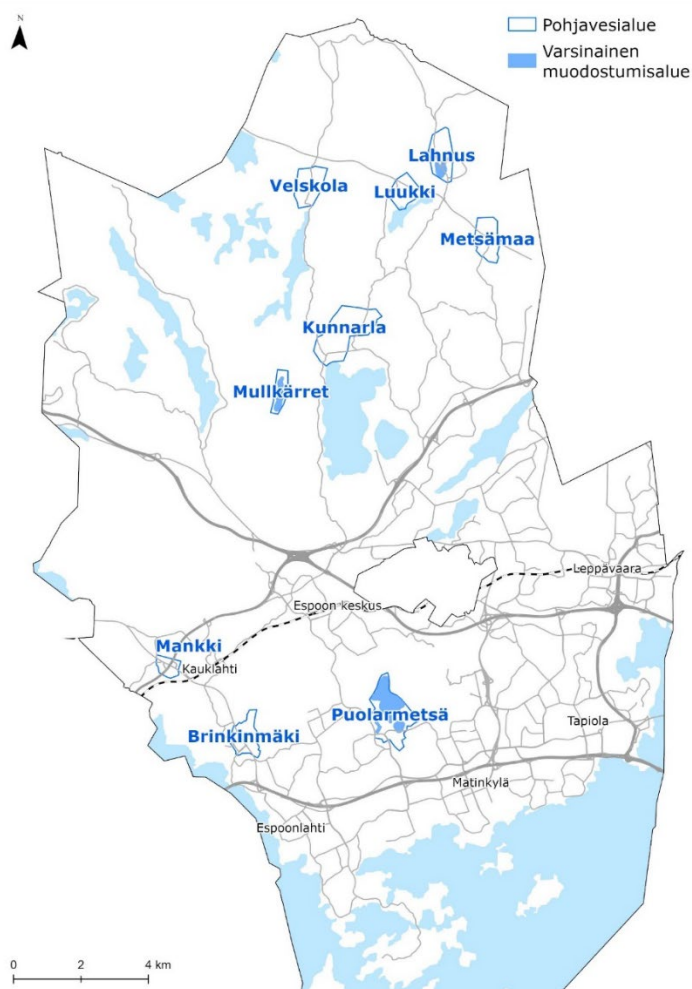
Tilastokeskuksen arvion mukaan lämpöpumpuilla tuotettiin lämpöenergiaa (ei sisällä lämpöpumpun kuluttamaa sähköä) Suomessa asuinrakennuksissa vuonna 2023 yhteensä noin 7 010 GWh (Tilastokeskus, 2024). Tilastokeskuksen ja SULPU ry:n tilastoista (SULPU, 2024) voidaan johtaa arvio eri lämpöpumppujen tuotantomääristä:

- Ilmalämpöpumppu 3 138 GWh (45 %)
- Maalämpö 2 994 GWh (43 %)
- Ilma-vesilämpöpumppu 714 GWh (10 %)
- Poistoilmalämpöpumppu 165 GWh (2 %)

4.8.1 Geoenergia

Maalämpö (kalliolämpö ja pintamaalämpö) on tavallisin tapa hyödyntää geoenergiaa. Kalliolämpöä käytetään ennen kaikkea yksittäisissä taloissa ja omakotitaloissa, mutta myös suuremmissa kiinteistöissä ja kortteleissa.

Maalämpöä varten asennettava energiakaivo vaatii rakennusluvan (Finlex, 2025). Energiakaivon poraamisen voi estää maanalainen asemakaavan varaus, muuhun käyttöön varattu rasitealue, tärkeä pohjavesialue, vedenottamon läheisyys, maanalaiset rakenteet, voimajohtolinjat, suojellut muinaismuistot, pilaantuneet maat tai kaatopaikan läheisyys. Espoon tärkeillä pohjavesialueilla ja vedenottamoiden läheisyydessä maalämpökaivon poraus ratkaistaan tapauskohtaisesti. (Espoon kaupunki, 2024) Näissä tapauksissa voidaan tarvita vesilupa, jonka myöntää aluehallintovirasto. Tyypillisesti vesilupaa ei myönnetä. Huolimattomasti poratut maalämpökaivot voivat heikentää pohjaveden laatua. Esimerkiksi rannikkoalueella suolaisen ja makean pohjaveden kerrokset voivat sekoittua keskenään. Poraus saattaa myös vaikuttaa pohjaveden virtauksiin ja määrään, ja veden määrä lähialueen talousvesikaivoissa voi muuttua. Joissakin tapauksissa lämmönsiirtoainetta voi päästä pohjaveteen. (Ympäristö.fi - ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu, 2016) Seuraavassa kuvassa (Kuva 20) on esitetty Espoon alueen pohjavesialueet, sekä taulukossa (Taulukko 24) asuinrakennusten määrä näillä alueilla.

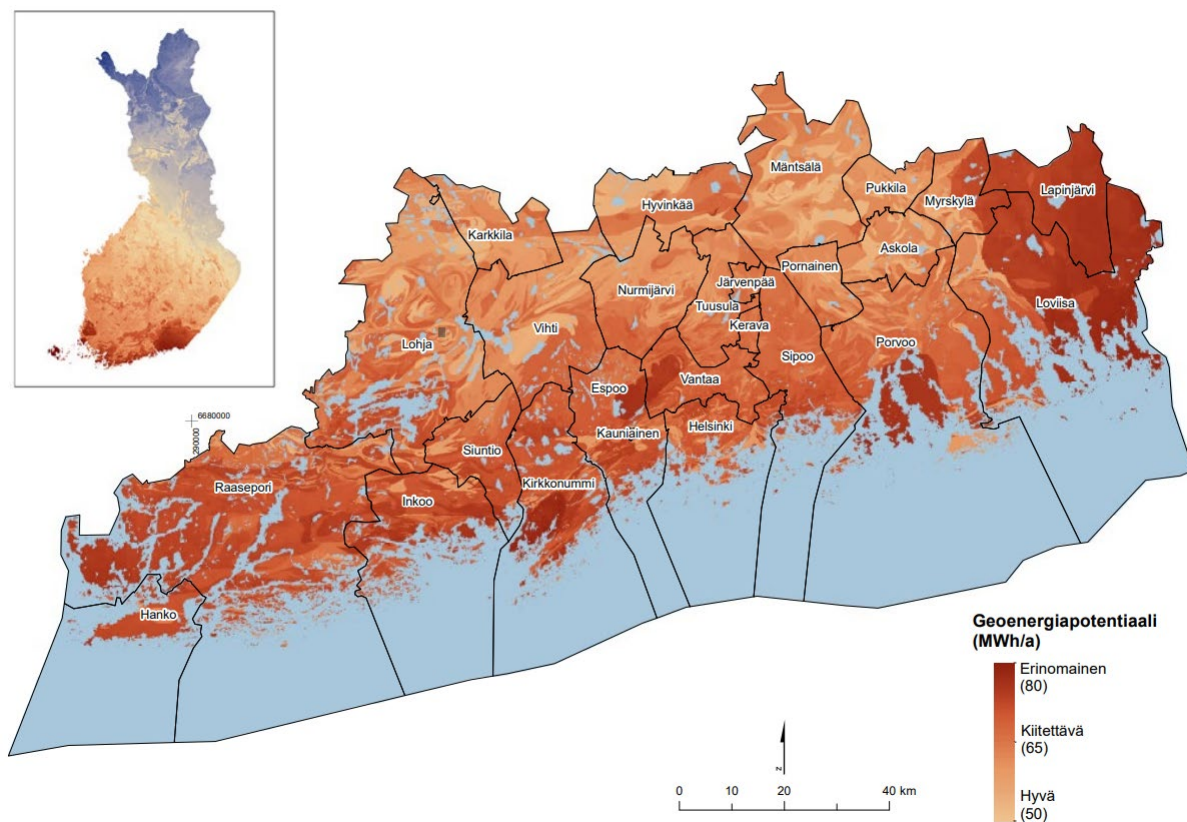


Kuva 20 Espoon alueen pohjavesialueet sekä varsinaiset muodostumisalueet

Taulukko 24 Espoon alueen pohjavesialueet, niiden koko sekä asuinrakennusten määrä alueella

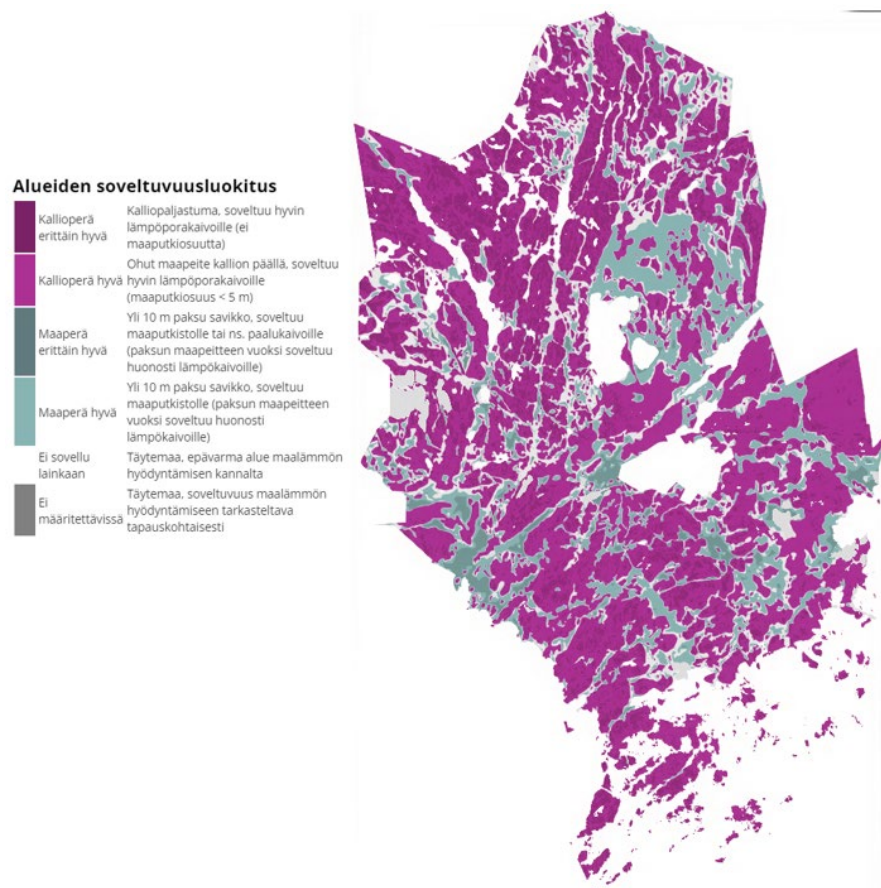
Pohjavesialueen nimi	Pohjavesialueen koko [km ²]	Asuinrakennusten määrä pohjavesialueella
Kunnarla	1,8	38
Puolarmetsä	1,7	147
Lahnus	0,9	98
Velskola	0,8	9
Metsämaa	0,8	145
Brinkinmäki	0,8	177
Luukki	0,6	4
Mullkärret	0,4	0
Mankki	0,3	5

Kuvassa (Kuva 21) on esitetty Uudenmaan geoenergiapotentiaali. Espoon geoenergiapotentiaali on suurimmilta osin kiitettävää.



Kuva 21 Uudenmaan geoenergiapotentiaali (Uudenmaanliitto, 2021)

Espoon kaupunki on selvittänyt Espoon alueen soveltuvuutta lämpöporakaivoille (Espoon kaupunki, 2024) (Kuva 22). Alueen kallioperä on soveltuvuudeltaan suurimmilta osin hyvää tai erittäin hyvää koko alueella. Kartassa näkyvät muut alueet ovat pääasiassa tiestöä tai vesistöjä.



Kuva 22 Espoon alueen geoenergiapotentiaali (Espoon kaupunki, 2024)

Uusi geoenergiateknologia on keskisyvä maalämpö, joka soveltuu erityisesti suurille kiinteistömas-soille. Keskisyvät lämpökaivot ulottuvat tavallista maalämpöä huomattavasti syvemmälle, noin 1 000–3 000 metrin syvyyteen. (Helsingin kaupunki, 2021) Tässä syvyydessä lämpötilat ovat korkeampia, mikä puolestaan mahdollistaa suuremman energiamäärän tuottamisen per kaivo. Espoossa on toiminnassa ainakin kolme keskisyvää lämpökaivoa. Kaivoilla lämmitetään asuin- ja logistiikkakiinteistöjä.

Lähellä järveä on mahdollista saada järvilämpöä, joka on myös yksi geoenergian muoto. Järvilämpö hyödyntää aurinkoenergiaa, joka on varastoituneena järven pohjaan ja veteen. Espoon kaupungin alueella on 74 järveä. Espoossa järvilämmön potentiaali on korkeintaan kiinteistökohtainen.

Merilämpöä voitaisiin mahdollisesti hyödyntää meren rannalla olevien kiinteistöjen lämmityksessä ja kesäaikaisessa jäädytyksessä samanlaisella tekniikalla kuin järvilämpöä. Merilämpö on muutoin vastaava lämmitysmuoto kuin maalämpö, mutta tarvittava lämpöenergia otetaan talteen mereen sijoitetulla putkistolla. Merilämpö soveltuu suurempiin kohteisiin, jotka ovat meren läheisyydessä ja paikassa, jossa mereen voidaan asentaa lämmön keruuputkistot. Merenpohjan pitää olla riittävän syvä ja tasainen sekä sivussa vesistöväylistä ja virkistyspaikoista. Merivettä on mahdollista myös hyödyntää kaukolämmön tuotantoon. Haasteena on meriveden lämpötila talvella, kun lämmönky-

syntä on suurinta. Ilmatieteen laitoksen johtamassa tutkimushankkeessa selvitetään merilämpöpumppujen teknistaloudellisia käyttömahdollisuuksia Itämeren eri alueilla. Hanke valmistunee vuonna 2025. (Ilmatieteen laitos, 2023)

Maalämpöpumppujen, ilma-vesilämpöpumppujen ja poistoilmalämpöpumppujen lisäämisen potentiaali arvioidaan öljylämmityksen korvaajina vuonna 2023 Suomessa myytyjen (Kuva 19) kyseisten lämpöpumpputyyppeiden suhteessa. Jos kaikki öljylämmitteiset rakennukset siirtyisivät lämpöpumppujen käyttäjiksi, arvioidaan maalämpöpumppujen tuottamaksi lämmöksi 43,6 GWh. Mikäli maalamöllä korvataan öljyn lisäksi kaukolämmitystä, on maalämmön lisäyspotentiaali suurempi kuin edellä on arvioitu.

4.8.2 Ilma-ilmalämpöpumput

Ilma-ilmalämpöpumppu tuottaa ulkoilmasta lämpöä ja/tai jäähdytystä rakennuksen lämmitettävään/jäähdytettävään ilmaan. Usein ilma-ilmalämpöpumppua kutsutaan myös pelkäksi ilmalämpöpumpuksi (ILP). Ilmalämpöpumppu on kannattavin kohteessa, jossa on suora sähkölämmitys (esim. ”sähköpatterit”) vesikiertoisen lämmönjakojärjestelmän sijasta. Ilmalämpöpumppujen lisäyspotentiaali kohdistuu nimenomaan kohteisiin, joissa on suora sähkölämmitys. Ilmalämpöpumppuja on suhteellisen yleisesti sähkölämmitteisissä ja öljylämmiteisissä pientaloissa. Ilmalämpöpumppuja voidaan asentaa myös pelkästään jäähdytystarkoitukseen esimerkiksi kaukolämmitettyihin asuntoihin. Näin ollen ilmalämpöpumppu ei usein vähennä energiankulutusta vaan kasvattaa sitä, kun jäähdytystä käytetään. Potentiaalin arvioinnissa tutkimme ilmalämpöpumppujen mahdollisuuksia vähentää energiankulutusta lämmityksessä.

Tilastokeskuksen arvion mukaan vuonna 2022 ilmalämpöpumppuja oli 40 % Suomen omakotitaloissa. (Tilastokeskus, 2022) Olettaen tämän pätevän myös Espoossa on suoran sähkölämmityksen energiamäärä noin 171 GWh. Ilmalämpöpumppuilla on mahdollista vähentää suorassa sähkölämmitteisessä kodissa noin 30 % sähkönkulutusta. Näillä oletuksilla laskettuna ilmalämpöpumppuilla on mahdollista säästää noin 51 GWh sähköä Espoon alueella.

4.8.3 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumppu (IVLP) siirtää ulkoilmasta lämpöä vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. IVLP:a voidaan hyödyntää kiinteistökohtaisissa sekä teollisen mittakaavan alueellisissa ratkaisuissa. Fortum hyödyntää IVLP:ja kaukolämmön tuotannossa. Espoon Vermossa sijaitsee 11 MW teollisen kokoluokan ilma-vesilämpöpumppulaitos, joka tuottaa kaukolämpöä Espoon, Kauniaisten ja Kirkkonummen alueen kaukolämpöverkkoon. Laitos on osa Espoo Clean Heat -ohjelmaa. Fortumilla on myös suunnitteilla 20 MW laitos Keran alueelle. (Fortum, 2024)

Maalämpöpumppujen, ilma-vesilämpöpumppujen ja poistoilmalämpöpumppujen lisäämisen potentiaali arvioidaan öljylämmityksen korvaajina vuonna 2023 Suomessa myytyjen (Kuva 19) kyseisten lämpöpumpputyyppeiden suhteessa. Jos kaikki öljylämmitteiset rakennukset siirtyisivät lämpöpumppujen käyttäjiksi, arvioidaan ilma-vesilämpöpumppujen tuottamaksi lämmöksi 18,8 GWh. Mikäli ilmavesilämpöpumppulla korvataan öljyn lisäksi kaukolämmitystä, on ilmavesilämpöpumppujen lisäyspotentiaali suurempi kuin edellä on arvioitu.

Teollisen kokoluokan IVLP lisäämispotentiaali kaukolämmön tuotannossa on teoriassa hyvin suuri. Tuotannon kasvattamisen esteenä toimii taloudelliset perusteet, sillä lämmöntuotannon hyötysuhde on hyvin pieni silloin kun on suurin lämmöntarve (hyvin kylminä hetkinä) tai lämmöntuotanto ei ole välttämättä edes mahdollista IVLP tekniikalla. Fortum on arvioinut vuonna 2030 tuottavansa 64,7

% kaukolämmöstään lämpöpumpuilla. Oletettavasti suurin osa tästä tuotannosta perustuisi data-keskusten hukkalämpöihin sekä niihin kytkeytyviin ilma-vesilämpöpumpppuihin. Vuoden 2023 kaukolämmön tuotantomäärillä tämä määrä olisi 1 121 GWh lämpöenergiaa.

4.8.4 Poistoilmalämpöpumppu

Poistoilmalämpöpumppu (PILP), siirtää rakennuksen poistoilmasta talteen otettua lämpöä lämmitykseen. Vaikka poistoilmalämpöpumput ovat olleet perinteisesti nimenomaan kerrostalojen lämmitysratkaisu, ovat ne yleistymässä etenkin uusissa, hyvin energiatehokkaissa pientaloissa. Ne soveltuvat parhaiten pieneen tai keskikokoiseen uuteen matalaenergia- tai passiivitaloon, jossa tilojen lämmitystarve on pieni. Poistoilmalämpöpumppuja voidaan lisätä kannattavasti myös sellaisiin kerrostaloihin, joissa huoneistokohtainen poistoilma kerätään yhteen ja puhalletaan ulos keskitetysti huippumurilla. Tämän takia poistoilmalämpöpumput yleistyvät nopeammin taajamissa kuin haja-astusalueilla, joissa kerrostaloja on vähemmän kuin taajamissa.

Maalämpöpumppujen, ilma-vesilämpöpumppujen ja poistoilmalämpöpumppujen lisäämisen potentiaali arvioidaan öljylämmityksen korvaajina vuonna 2023 Suomessa myytyjen (Kuva 19) kyseisten lämpöpumpputyyppeiden suhteessa. Jos kaikki öljylämmitteiset rakennukset siirtyisivät lämpöpumppujen käyttäjiksi, arvioidaan poistoilmalämpöpumppujen tuottamaksi lämmöksi 12,6 GWh. Mikäli poistoilmalämpöpumppulla korvataan öljyn lisäksi kaukolämmitystä, on poistoilmalämpöpumppujen lisäyspotentiaali suurempi kuin edellä on arvioitu.

4.9 Muut

4.9.1 Kaukojäähdytys

Kaukojäähdytyksellä tarkoitetaan keskitetyssä tuotantolaitoksessa liiketoimintana tuotetun jäähdytetyn veden jakelua putkiston välityksellä useiden rakennusten jäähdytykseen. Toimintaperiaate on vastaava kuin kaukolämmityksessä, mutta toisin kuin kaukolämmityksessä, siirretään kaukojäähdytyksessä ylimääräinen lämpö rakennuksesta pois kaukojäähdytysveeten.

4.9.1.1 Nykykäyttö

Fortum tarjoaa Espoon metrolinjan varrella sijaitseviin koteihin ja toimistoihin kaukojäähdytystä, Fortum kaukokylmää, jolla jäähdytettävistä kohteista talteen otettu energia syötetään pääsääntöisesti kaukolämpöverkkoon ja hyödynnetään lämmityskäytössä. Fortumin kaukojäähdytys tuotetaan lämpöpumpuilla hyödyntäen Blominmäen puhdistettua jätevettä ja tarvittaessa myös merivettä. Kaukojäähdytys tuotetaan Fortumin Suomenojan lämpöpumppulaitoksella. (Fortum, 2024)

Fortum tarjoaa lisäksi laajemmin toiminta-alueellaan (sis. Espoo) lähijäähdytystä, joka toteutetaan kiinteistökohtaisesti lämpöpumpuilla. Kiinteistön tulee kuitenkin sijaita kaukolämpöverkon varrella, koska myös lähijäähdytyksellä talteen otettu lämpö saadaan hyödynnettyä kaukolämpöverkossa. (Fortum, 2024)

4.9.1.2 Energiantuotanto- ja hyödyntämispotentiaali

Fortumin arvion mukaan jäähdytyskausi (touko-syyskuu) tulee pitenemään tulevaisuudessa ilmastomuutoksen vuoksi, joka lisää jäähdytyksen kysyntää. Lisäksi jäähdytyspiikit ja -tarve tulee kasvamaan. Fortumilla on käynnissä selvityksiä, miten kaukojäähdytysverkostoa ja -peittoa voidaan kasvattaa. Kaukojäähdytys ei sovellu kaikkiin kohteisiin teknistaloudellisista syistä, syinä voivat olla

esimerkiksi vaadittavat putkimetrit tai huono energiatiheys. Yleisesti kaukojäähdytystä on helposti rakennettavissa toimistoille, mutta asuntojen jäähdytys vaatii tarpeeksi monta liittyjää, jotta se olisi kustannustehokasta. (Fortum, 2024)

Jäähdytyksestä saatava hukkalämpö, voi olla haastava saada hyödynnettyä joka tilanteessa kohtaanto-ongelman takia. Kesäisin kun lämmityksentarve on pienintä, on jäähdytyksen tarve suurta. Fortumin mukaan kesäisin kaukolämpöverkkoon ei ole kannattavaa tästä syystä syöttää hukkalämpöä. Kiinteistöjen hukkalämpöpotentiaali on tärkeä hyödyntää energiatehokkuuden nimissä, mutta vaikutus kokonaiskuvassa on pienempi. (Fortum, 2024)

4.9.2 Hukkalämpö ja energiatehokkuus

Hukkalämmöllä tarkoitetaan lämpöä, joka syntyy muun kiinteistön tai teollisen prosessin yhteydessä, ja jota ei hyödynnetä. Lämmönlähteitä on kiinteistöissä esimerkiksi jäähdytyksen ylijäämlämpö kuten ilmanvaihdon jäähdytys tai kaupan kylmälaitteet. Teollisia esimerkkejä on muun muassa uimahallit, datakeskukset, vetyteollisuuden elektrolyysit, jätevesi sekä pakastamot. Tyypillisesti hukkalämpöä johdetaan ilmaan tai veteen. Hukkalämmön hyödyntämiseen vaikuttaa muun muassa lämmön lämpötilataso, määrä sekä etäisyys hyödynnettävästä kohteesta. Hukkalämmön hyödyntämistä edesauttaa lämpöpumpun hyödyntäminen, jolla voidaan nostaa hukkalämmön lämpötila halutulle tasolle.

Ensisijaisesti hukkalämpö on yleensä kannattavinta hyödyntää mahdollisimman paljon siinä kiinteistössä, jossa se syntyy. Jos se ei ole mahdollista, voidaan hukkalämpöä johtaa esimerkiksi naapurikiinteistöön tai kaukolämpöverkkoon koko verkon käyttöön. Yleinen haaste hukkalämmön talteenotossa liittyy hukkalämmön lämpötilaan. Tyypillisesti hukkalämpö on matala-asteisempaa kuin kaukolämpöverkon menolämpötila. Hukkalämmön lämpötilaa pitää nostaa esimerkiksi sähkökattilalla tai lämpöpumpuin, joka lisää hukkalämmön hyödyntämisen kustannuksia ja vähentää kannattavuutta. Hukkalämpömäärät ovat myös pieniä suhteessa kokonaiskaukolämmön kysyntään, pois lukien energiaintensiivisen teollisuuden hukkalämmöt (datakeskukset, vetyelektrolyysi). Energiatehokkuuden ja päästöjen vähentämisen näkökulmasta on kuitenkin perusteltua tutkia ja hyödyntää hukkalämpövirrat tehokkaasti.

4.9.2.1 Nykykäyttö

Espoossa on useita kiinteistökohtaisia hukkalämmön hyödyntämisratkaisuja, jotka eivät näy tilastoissa kuten Lippulaivan kauppakeskus. Kauppakeskuksessa kiinteistön jäähdytyksen sekä kauppojen kylmälaitteiden lauhdelämpö otetaan talteen ja syötetään kiinteistön maalämpökenttään (Lippulaiva, 2024).

Hukkalämpöjä hyödynnetään myös tehokkaasti kaupungin puhdistetusta jätevedestä kaukolämmön tuotannossa. Tuotantomäärä sisältyy kaukolämmön tuotannon taulukossa (Taulukko 6) esitettyyn kategoriaan ”Lämmön talteenotto tai lämpöpumpun tuotanto”, joka oli 591 GWh vuonna 2023 kateten 26 % koko tuotannosta.

4.9.2.2 Energiantuotanto- ja hyödyntämispotentiaali

Microsoft on rakentamassa kolme suurta datakeskusta Uudellemaalle, joista kaksi tulee sijoittumaan kaukolämpöverkon varrelle Espoon Hepokorvenkallion ja Kirkkonummen Kolabackenin alueilla. Fortum rakentaa jäähdytys- ja lämmöntalteenottolaitokset näihin kahteen datakeskukseen. Laitokset kierrättävät tulevan datakeskuksen hukkalämpöä kaukolämmöksi ja voi tuottaa kaukolämpöä myös itsenäisesti ilma-vesilämpöpumpuilla ja sähkökattiloilla. Fortumin lämpöpumppulaitos

sisältää rakennukset, ilma-vesilämpöpumput lämmön talteenottoon ilmasta, lämpöpumput data-keskuksen hukkalämmön talteenottoon sekä kaksi 50 megawatin sähkökattilaa kaukolämpöveden lämpötilan nostoon ja sähkön hintavaihteluiden hyödyntämiseen. Hankkeet tulevat tuottamaan arviolta noin 40 % Espoon kaukolämmön tarpeesta. (Fortum, 2024)

4.9.3 Energian varastointi

Energian varastointi tarkoittaa ylimääräisen energian varastointia, kun sitä on tarjolla enemmän kuin on kysyntää, ja vapauttamista käyttöön, kun on joko liian suuri kysyntä tai liian vähän tuotantoa. Energiavarastot tuovat joustavuutta eri aikaväleillä, sekunneista jopa kuukausiin. Energian varastointiteknologiat ovat monipuolisia ja niitä käytetään erilaisiin tarpeisiin, kuten sähköverkon vakauden parantamiseen, sähkökatkojen ehkäisyyn, uusiutuvan energian käytön optimointiin ja energian tehokkaampaan hallintaan.

Energian varastointi voi tapahtua keskitetysti tai hajautetusti. Varastointiteknologiat voidaan jakaa viiteen luokkaan: kemiallinen, sähkökemiallinen, sähköinen, mekaaninen ja lämpöenergia. Energiaa voidaan varastoida esimerkiksi kemiallisesti polttoaineissa (esim. vety), sähkökemiallisesti akuilla, sähköisesti superkondensaattoreilla, mekaanisesti pumppuvoimalaitoksilla tai lämpövarastoina.

Energiaa voidaan varastoida sähkönä tai lämpönä. Sähköä voidaan varastoida lyhytaikaisesti esim. akkuihin tai superkondensaattoreihin. Tällainen varastointi kestää tyypillisesti sekunneista tunteihin ja auttaa tasaamaan kulutushuippuja ja tuotantopiikkejä. Sähkön pitkäaikainen varastointi voi tapahtua esimerkiksi pumppuvoimalaitosten kautta tai vetyyn, ja voi kestää viikoista jopa kuukausiin. Varastointi vetyyn tarkoittaa sähkön käyttämistä vedyn tuotantoon, ja vedyn käyttöä esimerkiksi polttokennoissa, kun sähköä tarvitaan lisää.

Lämpöä voidaan varastoida lyhytaikaisesti esimerkiksi veteen kaukolämpöakuissa. Kaukolämpöakku on iso terässäiliö, jossa säilötään vettä. Monet kaukolämpötoimijat käyttävät kaukolämpöakkuja tasaamaan lämmitystarpeen vaihteluja. Lämpöä voi varastoida myös muihin väliaineisiin kuten suomalaisen yrityksen Polar Night Energyn kehittämään hiekka-akkuun, jossa sähköllä lämmitetään hiekkaa. Varastoitua lämpöä voi hyödyntää myöhemmin esimerkiksi kaukolämmön tuotantoon.

Lämmön pitkäaikainen varastointi, kausivarastointi, käyttää suurempia energiavarastoja, kuten maa- ja vesivarastoja, lämpökaivoja tai energialuolia. Kausivarastoinnissa lämmitetään vettä esimerkiksi aurinkolämmöllä tai muulla edullisella lämmöntuotannolla kesäisin, hyödyntääkseen sitä talvella, kun lämmönkysyntä on suurta.

4.9.3.1 Nykykäyttö

Espoon alueella ei ole teollisen kokoluokan sähköakkuja, pumppuvoimaloita tai vedyntuotantoa, jotka voisivat toimia sähkövarastoina. Kiinteistökokoluokan sähkövarastoja on esimerkiksi Sellon ja Lippulaivan kauppakeskuksissa.

Suomenojan Fortumin laitosalueella on sähkökattiloiden ja lämpöakun yhdistelmä. Lämpövaraston maksimikapasiteetti on 1 000 MWh ja sen lataus- ja purkuteho on 90 MW. Kun lämmöntuotanto perustui CHP-laitosten tuotantoon, kaukolämpöakkuja käytettiin prosessin tasaajina, mutta nykyään akkuja käytetään aktiivisemmin. Lämmöntuotannon sähköistyminen vaikuttaa myös kaukolämpöakkujen käyttöön. Sähkönhintaa on tuntitasoista, minkä myötä myös kaukolämpöakkuja pyritään ajamaan tuntitasolla ja optimoimaan tuotantoa. (Fortum, 2024) (Energiateollisuus ry, 2024)

Vantaan Energia rakentaa lämmön kausivarastoa (Varanto) Vantaalle. Kausivarasto on valmistusmaailman suurin lämmön kausivarasto. Varaston lämpökapasiteetti on täyteen ladattuna 90 GWh, ja varaston on tarkoitus olla toiminnassa jo vuoden 2028 aikana. Vaikka kausivarasto sijaitsee Vantaalla, on sillä vaikutuksia myös Espooseen. Vantaan Energia ja Fortum rakentavat kaukolämpöverkkojen välisen lämpökaupan mahdollistavan 50 MW lämmönsiirtoaseman Vantaan Vapaalaan, mikä mahdollistaa yli 400 GWh vuotuisen energiansiirron verkkojen välillä. (Fortum, 2024) (Vantaan Energia, 2024)

4.9.3.2 Energiantuotanto- ja hyödyntämispotentiaali

Teollisen kokoluokan sähköakkujen varastointi voi olla kannattavaa yhdistää sähköntuotantoon. Espoossa ei ole omaa sähköntuotantoa, jolloin teollisen kokoluokan akku ladataan sähköverkon kautta tulevalla sähköllä. Fortumin mukaan Espoon alueella sähkön jakeluverkon rajallinen siirtokapasiteetti on yksi ongelmista mietittäessä sähköakkuja Espoon alueelle. Akulle voi löytyä helposti kulutuskohde, mutta lataaminen voi olla haasteellista. (Fortum, 2024) Kiinteistökohtaiset sähkövarastot toimivat parhaiten, kun varastoon yhdistetään omaa aurinkosähkötuotantoa. Kuluttajien sähkövarastojen määrästä ei ole tilastoitua tietoa saatavilla. Muita teollisen kokoluokan sähkövarastotyypeillä, kuten pumppuvoimalaitoksilla, ei nähdä olevan potentiaalia Espoon alueella.

Fortum suunnittelee kahta kaukolämpöakkuja ja -varastoa, yhtä Kirkkonummelle datakeskushankkeen yhteyteen ja yhtä Nuijalaan (kooltaan 800 MWh). Näiden akkujen käyttötarkoitus on toimia vuorokausitason varastoina eli niitä ladataan ja käytetään päivittäin. Lämmönkausivarastoja on teknisesti mahdollista sijoittaa Espooseen, mutta ne eivät ole Fortumin mukaan tällä hetkellä kannattavia Espoon kaukolämpöjärjestelmässä. (Fortum, 2024)

4.9.4 P2X ja vety

P2X ("Power-to-X") tarkoittaa sähkön muuntamista toiseksi tuotteiksi, kuten energiatuotteiksi, kemikaaleiksi tai jopa proteiineiksi. P2X-ratkaisujen tavoitteena on vähentää hiilidioksidipäästöjä. P2X teknologia tarvitsee lopputuotteen mukaan raaka-aineiksi esimerkiksi hiilidioksidia, vetyä tai typpeä. Lopputuotteita ovat esimerkiksi metaani, metanoli ja ammoniakki. Mikäli lopputuote on kaasu, kutsutaan prosessia yleensä P2G ("Power-to-Gas") ja vastaavasti jos lopputuote on neste, kutsutaan prosessia P2L ("Power-to-Liquid"). Nestemuodossa olevia lopputuotteita kutsutaan myös synteettisiksi polttoaineiksi tai pelkästään sähköpolttoaineiksi.

P2X-prosesseissa käytettävä vety tuotetaan yleensä elektrolyysillä hajottamalla vettä hapeksi ja vedyksi. Elektrolyysin toiminta kuluttaa paljon sähköä. Kun elektrolyysin tarvitsema sähkö tuotetaan uusiutuvilla energialähteillä, vetyä voidaan kutsu vihreäksi. Vetyä voidaan tuottaa myös muilla menetelmillä kuten höyryreformilla maakaasusta, mutta tällä tavalla tuotettu vety ei ole kestävästi tuotettua. Tästä syystä tässä selvityksessä keskitytään ainoastaan niin sanottuun vihreään vetyyn, jonka tuotanto perustuu sähkönkäyttöön.

4.9.4.1 Nykykäyttö

Espoossa ei tällä hetkellä ole teollisen kokoluokan vedyn tuotantoa tai käyttöä. Espoossa toimiva VTT on tehnyt tutkimusta vetyyn ja sen jatkojalosteisiin liittyen muun muassa "E-fuel" projektissa (2021–2023). Hankkeessa on kehitetty konsepti, jolla sähköpolttoainetta on tuotettu vihreästä vedystä ja hiilidioksidista eri menetelmiä yhdistämällä. Toukokuussa 2023 käynnistyi VTT:n ja lukuisien yrityspartnereiden yhteistyönä tekemä Power-to-Liquid (P2L) -sähköpolttoaineiden valmistukseen tarkoitettu esittely-ympäristö. Kokonaisuus koostuu kolmesta eri osa-alueesta: kiinteäoksi-

dielektrolyyseriyyksiköstä (partnereina Convion ja Elcogen), hiilidioksidin talteenottoyksiköstä (Carbon Reuse Finland ja Andritz) sekä Fischer-Tropsch-prosessin mukaisesta polttoainesynteesiyksiköstä (VTT ja INERATEC). (VTT, 2023) Aalto-yliopisto on myös perustanut Vetyinnovaatiokeskuksen tutkimuksen ja yhteistyön edistämiseksi (Aalto-yliopisto, 2024).

4.9.4.2 Energiantuotanto- ja hyödyntämispotentiaali

Suomeen ollaan rakentamassa vetyverkostoa Gasgridin toimesta. Tämänhetkisten suunnitelmien mukaan vetyverkosto ei kulje Espoon alueelta, vaan ympäröivistä kunnista. Lopullista sijaintia ei ole kuitenkaan vielä määritelty, mutta eri reittivaihtoehtoisissa Espoon alue ei ole mukana. Reittisuunnittelu pohjautuu Gasgrid:n pitämään markkinakyselyyn ja -kartoitukseen, jonka myötä ei tullut esiin hankkeita Espoon alueella, jotka joko tuottaisivat tai käyttäisivät vetyä. Gasgridin mukaan on mahdollista rakentaa putkea myös Espoon alueelle, mikäli Espooseen tulee hankkeita, vetyverkosto kulkee Espoon läheltä, ja se on taloudellisesti kannattavaa. (Gasgrid, 2024)

Vaikka nyky suunnitelmien mukaan vetyverkosto ei tule kulkemaan Espoon kautta, ei se estä vetyä tai P2X-hankkeiden syntymistä Espooseen. Vedyntuotannon potentiaali liittyy vahvasti alueen kykyyn täyttää tuotannon edellytykset. Vedyntuotanto vaatii sähköä, puhdasta vettä, infraa, tilaa kaavoittaa toimintaa teolliselle toiminnalle, riittävän suojaetäisyyden asutukseen ja herkkiin kohteisiin sekä jatkojalostusta varten esimerkiksi biogeenistä hiilidioksidia. Mikäli laitos vain jatkojalostaa vetyä, eikä tuota vetyä alueella, ovat vaatimukset samankaltaisia.

Vedyn laajamittainen tuotanto voi olla Espoossa haasteellista, sillä Espoossa ei ole merkittävästi uusiutuvan sähkön tuotantoa. Vedyn tuottaminen vaatii paljon uusiutuvaa sähköä, ja tuotantolaitos kannattaa sijoittaa lähelle sähköntuotantoa. Vetyteollisuus vaatii Espooseen merkittäviä suurjänniteverkon vahvistuksia eli uusia voimajohtoyhteyksiä. Riskinä on, että sähköverkko ei ole valmis siihen mennessä, kun vetylaitos tarvitsee sähköä. Polttoon perustuvan sähkön - ja lämmöntuotannon loputtua Espoosta vähenee myös hiilidioksidin määrä vedyn jatkojalostusta varten. (Espoon kaupunki, 2024)

Espoon alueella on talousvettä tuotannon edellytysten täyttämiseksi yleisesti, mutta asiaa on tarkasteltava paikallisesti, jotta paikalliset ominaisuudet voidaan ottaa huomioon. Ämmäsuolla syntyy bioperäistä hiilidioksidia laitostekompostoinnissa noin 4 000 t/a, joka on potentiaalinen biogeenisen hiilidioksidin lähde. (HSY, 2024)

Suurin vetyyn ja P2X -hankkeisiin liittyvä hyödyntämispotentiaali Espoon alueella liittyy erilaisiin rooleihin vetytaloudessa: tutkimus ja kehitys, koulutus ja digitaaliset ratkaisut. Gasgridin mukaan varsinkin koulutustarve eri koulutusasteilla tulee olemaan suurta koko vetytalouden arvoketjussa. (Gasgrid, 2024) Toinen potentiaalinen hyödyntämiskohde on raskaan liikenteen polttoainetarpeet sekä sitä varten perustettavat latausasemat. Tulevaisuuden liikenteen energiatarpeista ei ole kuitenkaan vielä varmuutta. Tarpeeseen vaikuttavat myös lähikuntien suunnitelmat ja toimet vedyn latausasemien toteuttamisesta. Mikäli Espoo haluaa tulevaisuudessa edistää vetytaloutta, olisi yksi vaihtoehto tehdä vetytaloussuunnitelmia yhteistyössä lähikuntien kanssa.

4.9.5 Kulutusjousto

Kulutusjousto tarkoittaa energiankäytön joustoa, jolla vähennetään tehontarvetta energiajärjestelmässä kulutushuippujen aikana. Kulutusjousto voi tarkoittaa hetkellisesti energiankulutuksen pie-

mentämistä, kulutuksen siirtämistä toiseen ajankohtaan, jolloin tehoa on saatavilla enemmän, halvemmalla ja vähäpäästöisemmin, sekä energiankäytön optimointia todellisen tarpeen mukaan. Kulutusjousto kutsutaan myös kysyntäjoustoksi. (Motiva, 2024)

Kulutusjouston sähkönkäyttäjät viittaavat kaikkiin sähkönkäyttäjiin joko suoraan tai välillisesti. Teollisuuden suuret sähkönkäyttäjät säättävät kustannussyistä omaa kulutustaan ja ovat myös mukana niin sanotussa häiriöreservissä. Kotitaloudet voivat osallistua kulutuksenohjaukseen esimerkiksi kotiautomaation, uudenlaisten energiapalveluiden, oman aurinkosähköjärjestelmän tai sähkönhintaan perustuvan kulutuksenohjauksen kautta. Sähköverkkotasolla, kulutusjousto toteutuu älykkäässä sähköverkossa uusien teknologioiden ja palvelujen avulla. Kulutuksen ohjaukseen käytetään automatiikkaa ja tietoverkkoja. Kulutusjouston ratkaisut palvelevat lähtökohtaisesti sähköverkon taajuushallintaa sekä osittain myös uusiutuvan energian tehokkaampaa hyödyntämistä. Kysyntäjoustolla voidaan siirtää kulutusta niille hetkille, kun tuuli- ja/tai aurinkovoimaa tuotetaan paljon. (Motiva, 2024)

Kulutusjousto voidaan toteuttaa myös lämmityksessä. Käytännössä lämmitystä lasketaan hetkellisesti vähentäen lämmönkulutusta, kuitenkin siten, ettei siitä ole haittaa sisäilmastoon. Ennen kulutusjousto rakennusta voidaan myös lämmittää enemmän kuin yleensä, kuitenkin haittaamatta sisäilmaston laatua. Näin voidaan olla pidempi aika lämmittämättä ja siten siirrettyä kulutusta paremmin sopivammalle ajalle.

4.9.5.1 Nykykäyttö

Sähkön kysyntäjoustoratkaisujen määrästä ei ole tilastoja ja määrän arviointi on hyvin haastavaa. Fortum tekee yhteistyötä useiden toimijoiden kanssa lämmön kulutusjoustoratkaisuissa. Fortum on arvioinut, että lämmönkulutusjouston piirissä oli 100 MW lämpötehoa vuonna 2020. (Motiva, 2020)

Sähkönkysyntäjouston määrää on hyvin haastava arvioida. Voidaan kuitenkin sanoa, että sähkön hintavaihteluun kiinnitetään enemmän huomiota kuin ennen, sillä pörssisähkösopimusten osuus kaikista sähkösopimuksista on kolminkertaistunut vuodesta 2021 vuoteen 2023 ollen vuonna 2023 30 %. (Energiavirasto, 2024) Pörssisähkösopimus ei suoraan tarkoita, että kuluttaja osallistuu kysyntäjousto. Sillä on kuitenkin ohjaava vaikutus siirtää sähkönkulutusta edullisille tunneille, joka on kulutusjousto.

Teollisessa mittakaavan kysyntäjousto on toteutettu kesällä 2023 Espoossa Fortumin Suomenojan laitoksen dynaamisella sähköliittymällä. Dynaaminen sähköliittymä on liittymä, jonka sähkönkulutusta voidaan rajoittaa, kun sähkön tuotantokapasiteetti tai verkon kapasiteetti uhkaa loppua. (Caruna, 2023)

4.9.5.2 Energiantuotanto- ja hyödyntämispotentiaali

Espoossa on tiivis asutus ja suuri määrä sähkölämmitystä käyttäviä kotitalouksia, sekä paljon sähköautoja. Kotitalouksissa on potentiaalia siirtää kulutusta huippukulutustunneilta. Markkinoille on tullut yhä enemmän kaupallisia toimijoita, jotka tarjoavat kotitalouksille ja yrityksille mahdollisuuksia toteuttaa kulutusjousto sekä osallistua sähkönhinnan optimoinnin lisäksi Fingridin kysyntäjoustopaikkamarkkinoille. Tämänlaiset ohjausjärjestelmät soveltuvat parhaiten kohteisiin, joissa on paljon sähkönkäyttöä. Kotitalouksissa helpoimpia kohteita siirtää kulutusta on esimerkiksi sähköautonlataus sekä vesivaraajan lämmittämisen ajoitus. Toimistoissa ja liiketiloissa voidaan joustaa hetkellisesti esimerkiksi ilmanvaihdossa ja lämmityksessä. Jos järjestelmässä on sähköakku, voidaan joustoa toteuttaa helpommin.

4.9.6 Liikenteen sähköistyminen

Liikenteen sähköistyminen tarkoittaa perinteisten polttomoottoreiden käyttämien fossiilisten polttoaineiden korvaamista sähköenergialla. Liikenteen sähköistyminen vähentää liikenteen aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä vähäpäästöisen sähkön ja sähkömoottorien energiatehokkuuden ansiosta.

Sähköinen liikenne voi myös osallistua kulutusjoustoon. Sähköautojen akkuja voidaan ohjata esim. sähkönhintaan perustuvan kulutusohjauksen kautta. Fingridin arvion mukaan lähes 70 %:a sähköautoista käyttää älykästä lataamista vuonna 2035 ja arvioi osuuden nousevan 80 %:iin vuoteen 2045 mennessä (Fingrid, 2023). Niin sanottu älylataus tarkoittaa lataustoimintaa, jossa akkuun siirrettävän sähkön intensiteetti säätyy reaaliaikaisesti sähköisen tiedonsiirron kautta saadun tiedon perusteella. Tieto voi olla tietyn alueen sähköverkon kantokyky, sähkönhinta tai vuorokaudenaika, kun esim. lataus halutaan ajoittaa sähkön yöhinnoitteluun. (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2024)

Sähköistyvä liikenne tarjoaa mahdollisuuden kaksisuuntaiseen lataukseen, mikä tarkoittaa älylataustoimintaa, jossa sähkön virtauksen suuntaa voidaan muuttaa. Tämä tarkoittaa sitä, että ajoneuvon akkuja voidaan hyödyntää väliaikaisena sähkövarastona, jolloin tämän lataustavan yleistyminen voi lisätä huoltovarmuutta yksittäisissä sähköverkon häiriötilanteissa. Akun sähköä voidaan siirtää takaisin sähköverkkoon (V2G, "vehicle-to-grid"), kotitalouteen (V2H, "vehicle-to-home"), useamman ajoneuvon kautta rakennukseen (V2B, "vehicle-to-building"), tai tietyn laitteen lataukseen (V2L, "vehicle-to-load"). (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2024)

4.9.6.1 Nykykäyttö

Ladattavia hybridejä oli Espoossa vuoden 2023 lopulla 14 278 ja täyssähköautoja 9 425. Yhteensä sähköhybridi- ja sähköautoja oli 18,5 % liikennekäytössä olevista henkilöautoista. (Espoon kaupunki, 2024). Helsingin seudun liikenteen busseista noin kolmannes oli sähköisiä vuonna 2023 (HSL, 2024).

4.9.6.2 Energiantuotanto- ja hyödyntämispotentiali

Liikenteen sähköistystä edistetään lainsäädännön puolelta velvoittamalla asentamaan sähköauton latauspisteitä. Laissa on määriteltä tarkasti, kuinka monta ja minkä tehoista latauspistettä tulee asentaa eri kiinteistötyypeille riippuen pysäköintipaikkojen määrästä. (Finlex, 2020)

Autoalan ennusteen mukaan ladattavien autojen osuuden henkilöautokannasta arvioidaan vuonna 2030 kasvavan noin 27 prosenttiin ja täyssähköautojen noin 18 prosenttiin. Vuoteen 2040 mennessä vastaavasti 31 ja 27 prosenttiin. (Autoalan tiedotuskeskus, 2024)

Sähköautot ovat energiatehokkaampia kuin bensiini- ja dieselautot. Sähköhenkilöauto kuluttaa tyyppillisesti 15–25 kWh/100 km, mutta kulutuksessa on vaihtelua johtuen ulkoilman lämpötilavaihtelusta, joka voi nostaa kulutuksen selvästi suuremmaksi. Dieselauto, jonka kulutus on 5 l/100 km, tarvitsee energiaa noin 50 kWh/100 km ja 8 l/100 km kuluttava bensiiniauto noin 72 kWh/100 km. (Motiva, 2024)

Olettaen että Espoon autokanta sähköistyy valtakunnan arvioiden mukaan sekä että ladattavien sähköautojen ajosta kaikki kaupungin sisäiset matkat ajetaan sähköllä, olisi sähkönkäyttö liikenteessä 290 GWh vuonna 2030 ja 350 GWh vuonna 2040. Tämä vähentää öljyn käyttöä arviolta 240 GWh vuonna 2030 ja 360 GWh vuonna 2040 verrattuna vuoteen 2023. Laskenta on suuntaa antava

eikä siinä ole huomioitu autokannan kokonaismäärän todennäköistä kasvua väestönkasvun myötä. Espoossa on myös todennäköisesti suhteessa enemmän sähköautoja kuin valtakunnallisesti.

Raskaan liikenteen osalta potentiaalisin sähköistyminen tapahtuu bussien sekä pakettiautojen osalta. Autoalan ennusteen mukaan vuonna 2030 noin 40 % pakettiautojen ensirekisteröinneistä on täyssähköisiä ja vuonna 2035 eteenpäin määrä on yli 90 % (Autoalan tiedotuskeskus, 2024). HSL:n tavoitteena on olla päästötön vuonna 2035 ja iso osa tavoitteesta saavutetaan sähköistämällä bussit (HSL, 2025).

4.10 Yhteenveto

Uusiutuvien energialähteiden nykykäyttö ja käyttämätön potentiaali on esitetty taulukossa (Taulukko 25).

Taulukko 25 Uusiutuvien energialähteiden nykykäyttö ja käyttämätön potentiaali Espoossa.

Energialähde	Käyttö / tuotanto (GWh / a)	Arvioitu po- tentiaali (GWh / a)	Käyttö suh- teessa poten- tiaaliin (%)	Huomiot
Puuenergia	915	446	205 %	Arvioitu potentiaali perustuu arvioon suurimmasta kestävästä aines- ja energia- puun hakkuukertymästä kaupungin alueella. Kaupungin alueella tapahtuvasta energiapuun korjuusta ei ole tarkkaa tietoa. Käyttö on suurempi kuin arvioitu po- tentiaali johtuen siitä, että puuenergia tuodaan kaupungin rajojen ulkopuolelta.
Peltoener- gia	0	4	0 %	Arvioitu potentiaali kuvaa oljen energiasisällön hyödyntämistä polttamalla. Hyö- dyntäminen biokaasun tuotannossa olisi myös mahdollista pienemmällä energian- saannolla. Oljen polttaminen ja mädättäminen biokaasuksi ovat toisilleen vaihtoeh- toiset menetelmät.
Biokaasu	62	129	48 %	Arvioitu potentiaali sisältää Ämmäsuon uuden käsittelylaitoksen tuotannon kasvun sekä Blominmäen laajennusvarauksen. Tarkka arvio perustuu kuntalaisten biojät- teen sekä jätevesimääriin sekä Ämmäsuon kaatopaikkakaasun kehittymiseen.
Jätepoltto- aineet	0	0	0 %	Jätepolttoaineet hyödynnetään Vantaalla.
Tuulivoima	0	0	0 %	Ei potentiaalia.
Aurin- kosähkö	38	532	7 %	Arvioidussa potentiaalissa huomioitu teoreettinen hajautetun aurinkosähkön tuo- tantopotentiaali Espoossa sijaitsevien kiinteistöjen katoille sijoitettavista aurinko- voimaloista.
Vesivoima	0	0	0 %	Ei potentiaalia.
Lämpö- pumput	802	877/1923	91 % / 42 %	Käyttöön on arvioitu kiinteistöjen lämmityksen lämpöpumput sekä kaukolämmön tuotannon lämpöpumppujen tuotanto. Potentiaalissa ensimmäinen luku on kiinteis- töjen erillislämmityksen potentiaalin lämpöpumppujen lisäämiselle. Toinen luku ku- vaa Fortumin suunnitelmia käyttää lämpöpumppuja tuotannossaan vuonna 2030.
Uusiutuvat yhteensä	1 822	1 992 / 3 038	91 % / 60 %	Kokonaisluvut ovat yllä olevien summa. Potentiaalissa ensimmäinen luku kuvaa potentiaalia ilman Fortumin lämpöpumppusuunnitelmia. Toisessa luvussa tämä si- sältyy kokonaisuuteen.

Uusiutuvien energialähteiden sekä muiden raportissa käsiteltyjen teknologioiden kypsyys, potentiaali Espoolelle sekä merkitys energiajärjestelmässä on käsitelty alla (Taulukko 26).

Taulukko 26 Uusiutuvien energialähteiden sekä muiden raportissa käsiteltyjen teknologioiden teknologinen kypsyys, potentiaali Espoossa sekä merkitys energiajärjestelmässä

Teknologia	Teknologinen kypsyys	Potentiaali tulevaisuudelle Espoossa	Merkitys energiajärjestelmässä
Puuenergia	Vakiintunutta teknologiaa	Käyttö vähentymässä. Polttamiseen perustuvasta lämmöntuotannosta siirrytään pois osana Espoon Clean heat – ohjelmaa.	Espoossa pienevä merkitys siirryttäessä pois polttoon perustuvasta energiantuotannosta.
Peltoenergia	Vakiintunutta teknologiaa	Ei suurta potentiaalia.	Espoossa pienevä merkitys siirryttäessä pois polttoon perustuvasta energiantuotannosta.
Biokaasu	Vakiintunutta teknologiaa	Pientä potentiaalia jätteiden hyötykäytössä.	Pieni merkitys kokonaiskuvassa.
Jätepolttoaineet	Vakiintunutta teknologiaa	Ei suoraan potentiaalia Espoossa.	Pieni merkitys kokonaiskuvassa.
Tuulivoima	Vakiintunutta teknologiaa	Todennäköisesti ei potentiaalia Espoossa.	Ei merkitystä.
Aurinkosähkö	Vakiintunutta teknologiaa	Potentiaalia hajautetussa tuotannossa. Pieni potentiaali keskitetyssä tuotannossa.	Tärkeä lisä paikalliselle sähköntuotannolle. Kokonaismäärät kuitenkin pieniä ja painottuvat kesäaikaan.
Vesivoima	Vakiintunutta teknologiaa	Ei potentiaalia	-
Lämpöpumput	Vakiintunutta teknologiaa	Suuri potentiaali hajautetussa sekä keskitetyssä käytössä.	Merkittävä keino korvata fossiilista ja polttoon perustuvaa lämmöntuotantoa sähköpohjaisella tuotannolla.
Kaukojäähdytys	Vakiintunutta teknologiaa	Potentiaalinen jäähdytysmuoto etenkin taajama-alueilla.	Energiatehokas tapa tuottaa jäähdytystä. Mahdollistaa myös osittain hukkalämpöjen hyödyntämistä.

Teknologia	Teknologinen kypsyys	Potentiaali tulevaisuudelle Espoossa	Merkitys energiajärjestelmässä
Hukkalämpö ja energiatehokkuus	Vakiintunutta ja kehittyvää teknologiaa	Suuri potentiaali hajautetusti sekä keskitetyissä ratkaisuissa.	Merkittävä keino korvata kaukolämmön fossiilista tuotantoa. Yleisesti energiatehokkuus on merkittävä keino vähentää energiankulu- tusta.
Energian varas- tointi	Vakiintunutta ja kehittyvää teknologiaa	Potentiaalia tasapai- nottamaan energia- järjestelmää. Haas- teita sähköverkon kapasiteetin vuoksi.	Merkittävä keino tehos- taa energiantuotantoa ja -käyttöä. Merkitys ko- rostuu tulevaisuudessa vaihtelevan tuotannon osuuden kasvaessa.
P2X ja vety	Uutta teknolo- giaa, uusia käyt- tömuotoja ja toi- mintamalleja	Ei todennäköistä te- olliselle tuotannolle.	Espoossa merkitystä lä- hinnä raskaan liikenteen päästöjen vähentämi- sessä.
Kulutusjousto	Uutta teknolo- giaa, uusia käyt- tömuotoja ja toi- mintamalleja	Potentiaalia tasapai- nottamaan energia- järjestelmää.	Keino tasapainottaa pai- kallisesti ja valtakunnal- lisesti energiajärjestel- mää.
Liikenteen säh- köistyminen	Uutta teknolo- giaa, uusia käyt- tömuotoja ja toi- mintamalleja	Suuri potentiaali etenkin henkilöau- toissa.	Merkittävä keino vähen- tää liikenteen fossiilisten polttoaineiden käyttöä.

Espoossa hyödynnetään uusiutuvaa energiaa pääasiassa lämmöntuotannossa. Uusiutuvan ener-
gian hyödyntäminen sähköntuotannossa kiinteistökohtaiseen aurinkosähköön sekä sähkön- ja
lämmönyhteistuotantoon biokaasulla. Sähköntuotannon lisäämisen haasteena on Espoon tiivis
kaupunkirakenne, joka estää tuulivoiman sekä teollisen kokoluokan aurinkovoimaloiden rakenta-
misen alueella. Espoon kaupungin haasteena suoraan edistää uusiutuvan energian lisäämistä on
se, ettei kaupunkiorganisaatioon kuulu energiayhtiötä. Kaupungilla on kuitenkin mahdollisuuksia
edistää uusiutuvaa energiaa eri keinoin, joita on ehdotettu seuraavassa luvussa.

5. Jatkotoimenpide-ehdotukset

Tässä kappaleessa esitellään uusiutuvan energian lisäämisen näkökulmasta toimenpide-ehdotuksia. Toimenpiteet ovat alustavia ehdotuksia, joiden toteutus vaatii vielä tarkempaa selvitystä ja suunnittelua.

5.1 Visio

Visio työstettiin työpajatyöskentelyllä yhteistyössä kaupungin keskeisten sidosryhmien kanssa. Vision tavoitteena on kiteyttää Espoon kaupungin tahtotila pitkän aikavälin ilmastoystävällisen energija järjestelmän kehittämiseksi. Espoon tavoitteena on olla hiilineutraali vuonna 2030. Visio ulottuu myös vuoden 2030 jälkeiselle ajalle eli siinä tarkastellaan myös hiilineutraalin järjestelmän jatkokehittämistä tukien mm. Espoon kaupungin yleiskaavatyötä. Visio on rakennettu paitsi kaupungin oman toiminnan suuntaviivojen ja vaikuttavien ratkaisuiden tunnistamiselle, mutta myös tahtotilan kiteyttämiseksi eri toimijoiden kanssa tehtävän pitkäjänteisen yhteistyön tueksi.

Ilmastoystävällisen energija järjestelmän kehittämisen visio:

Hiilineutraalista hiilinegatiiviseksi energija järjestelmäksi

Tulevaisuuden energija järjestelmä on hiilineutraali ja huoltovarma huomioiden luontoa koskevat tavoitteet ja toimenpiteet sekä vastaa ilmastonmuutoksen hillintään.

Energija järjestelmän pohjana ovat toimivat ja riittävät kaupunkitasoiset verkostot, jotka huomioivat tulevaisuuden kasvavat tarpeet niin sähkön, kaukolämmön kuin liikenteenkin osalta. Toimivat ja riittävät verkostot paitsi mahdollistavat, mutta myös ohjaavat ja kannustavat valinnoissa kohti ilmastoystävällisiä ratkaisuja. Tulevaisuuden energija järjestelmässä verkostojen lisäksi keskeisessä roolissa ovat kiinteistö- ja korttelikohtaiset ratkaisut, esim. aurinkosähköt ratkaisut kiinteistötasolla, jotka mm. tukevat uusiutuvan sähkön käyttöä.

Vision tavoittaminen edellyttää tulevaisuudessa järjestelmän yhteensovittamista keskustellen sekä yhteiseen tahtotilaan sitouttamista eri toimijoiden kesken, joiden avulla toimenpiteet voidaan toteuttaa suunnitelmallisesti ja järjestelmän kokonaisuus huomioiden. Energija järjestelmän lisäksi keskeistä on energiansäästäminen, johon kannustetaan esim. kaupunkilaisten, taloyhtiöiden ja yritysten osalta, mutta myös kansallisesti pyrkimällä vaikuttamaan aktiivisesti tarvittaessa lainsäädäntöön.

Tulevaisuuden energija järjestelmä hyödyntää uusia ja kehittyviä teknologioita, mahdollisesti esimerkiksi hiilidioksidin talteenottoa metaanintuotantoon, sähkövarastoja ja pienydinvoimaa. Eri energija järjestelmät kuten sähkö, lämpö ja jäähdytys sekä teollisuuden alat yhdistetään ja niitä optimoidaan kokonaisvaltaisesti (sektori-integraatio). Uuden teollisuuden integrointi ja hukkalämmön tehokkaampi hyödyntäminen ovat osa järjestelmää luoden siitä toimitus- ja huoltovarmat. Kiinteistökohtainen aurinkovoima sekä muut hajautetut energiaratkaisut ja kysyntäjousto ovat käytössä. Energija järjestelmä tukee espoolaisten kestävään elämäntapaa muutosta kannustaen esim. energiansäästämiseen ja korttelitason elämään. Järjestelmä on suunniteltu vähentämään energiaköyhyyden riskiä ja olemaan kohtuuhintainen kaikille käyttäjille.

Tulevaisuuden energija järjestelmä on monipuolinen, jossa eri energiantuotantomuodot tukevat toisiaan. Järjestelmän tulee myös kokeilla uusia ratkaisuja sekä toimintamalleja ja muuttua keskiteyistä ratkaisuista kohti hajautettuja. Muutosta tukevia ratkaisuja voivat olla esim.:

- Kiinteistöjen kysyntäjouston lisääminen sekä kiinteistöjen energiatehokkaat ratkaisut, kuten maalämpö ja aurinkosähkö

- Kaukolämmön ja -jäähdytyksen kehitys, esim. kiinteistöjen lämmönjakohuoneiden hallinta energiayhtiöllä (kokonaisvaltainen kaukolämpöjärjestelmän hallinta), hukkalämpöjen hyödyntäminen, jäähdytystarpeen kasvu sekä sen huomioiminen kaupunkisuunnittelussa
- EaaS yleistymisen toimintamalleissa (Energiaa palveluna)
- Energianvarastointiratkaisut (pienistä ratkaisuista isoihin)
- Toimintavarmuus sähkökatkoissa ja muissa tilanteissa (hajautetut sekä keskitetyt ratkaisut)
- Liikenteen energiatehokkuuden kehitys (suorite, kulkumuodot), liikkumistarpeiden hallinta (kaavoitus, kulkumuodot) sekä sähköautojen hyödyntäminen varastoina/joustoina (V2G)
- Vetyteknologian mahdollisuudet
- Bioenergian roolin monipuolistaminen, mm. biomassan polton korvaaminen korkeamman jalostusasteen tuotteella pyrolyysin avulla, biomassan jalostaminen liikenteen polttoaineeksi (biometaani) ja biogeenisen hiilidioksidin jalostaminen yhdessä vedyn kanssa e-metaaniksi sekä biojätteen keräyksen tehostaminen (biokaasu).

Tulevaisuuden energiajärjestelmän kehittyminen edellyttää monipuolista ja pitkäjänteistä yhteistyötä eri toimijoiden kesken esim. tilantarpeisiin ja -varauksiin liittyvien synergioiden huomioimiseksi ja mahdollistamiseksi (mm. sektori-integraatio, hukkalämpöt, aurinkosähköviljely). Muun muassa liikenteen sähköistyminen edellyttää lisää sähköä, jolloin teknologian kehittymisen rinnalla on olennaista vaikuttaa energiatehokkuuteen ja kulutustottumuksiin. Erilaisia luvitus-, tuki- ja rahoitusvaihtoehtoja voidaan käyttää kulutuksen ja toiminnan ohjaukseen sekä kehittää uusia investointi- ja rahoitusmalleja mahdollistamaan investoinnit. Kehittymisen edellytyksenä on osaamisen ja tietoisuuden lisääminen niin kaupungin viranhaltijoilla kuin myös keskeisillä kumppaneilla, mutta myös asukkailla ilmastokasvatuksen kautta.

Keskeiset reunaehdot, jotka tulevaisuuden energiajärjestelmän tulee huomioida, ovat:

- Ympäristö- ja luontovaikutukset sekä sosiaaliset vaikutukset, esim. elinkaaren hiilijalanjalan ja päästöjen huomiointi, hiilinielujen turvaaminen ja luonnon monimuotoisuuden vaaliminen sekä koko arvoketjun ihmisoikeusvaikutukset
- Huoltovarmuus ja tekniset reunaehdot, esim. sähköverkon kapasiteetti ja häiriösietoisuus sähkön osuuden kasvaessa sekä energiainfran sijoittuminen nopeasti tiivistyvässä kaupunkirakenteessa
- Kustannustekijät, esim. hintavakauden mahdollistaminen, investointien taloudellinen kannattavuus
- Päätöksenteon monitasoisuus (taloyhtiötasolta kunnallistasolle ja yrityksiin) sekä niiden erilaiset aikajänteet
- Lainsäädäntö, jonka luomassa viitekehyksessä voidaan toteuttaa edunvalvontaa ja pyrkiä vaikuttamaan tulevaan kehitykseen

Visiota edistävät toimenpiteet on jaoteltu kolmeen kategoriaan:

- Energiantuotanto
- Energiankulutus
- Energiansiirto ja mahdollistavat toimenpiteet

Toimenpiteissä on kuvattu tarkemmin vastuutahoja sekä toteutuksen aikataulua.

5.2 Energiatuotannon toimenpiteet

Toimenpide 1: Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen kaukolämmön tuotannossa

- Kuvaus: Kaukolämmön tuotannon uusiutuvan energian lisääminen sekä tuotannon kasvattaminen väestönkasvun myötä vaatii investointeja uusiin tuotanto- ja varastointimuotoihin sekä toiminnan tehostamiseen. Fortumin Espoo Clean Heat – ohjelman tavoitteena on tuottaa Espoon, Kauniaisten ja Kirkkonummen kaukolämpö hiilineutraalisti vuoteen 2030 mennessä. Ohjelmassa on määritetty eri ratkaisuita tämän tavoitteen saavuttamiseksi kuten esimerkiksi:
 - Datakeskusten hukkalämpöjen talteenoton
 - Ilma-vesilämpöpumppulaitokset
 - Sähkökattilat
 - Lämpövarastot
- Vastuutaho: Fortum
- Aikataulu: Vuoteen 2030 mennessä
- Muut huomiot: Kaukolämmön tuotannon päästöjen vähentämiseen vaadittavat investoinnit vaativat myös toimia maankäyttöön liittyen, jotta uudet laitokset saadaan sovitettua kaupungin alueelle tehokkaasti.

Toimenpide 2: Aurinkosähkön asentaminen kaupungin kiinteistöihin

- Kuvaus: Aurinkosähkön asentaminen kaupungin kiinteistöihin lisää uusiutuvan sähköntuotantoa sekä vähentää ostoenergiatarvetta kiinteistöissä. Kaupungin teettämässä kiinteistökatselmuksissa aurinkosähkö on tunnistettu potentiaalisesti toimeksi 66 kiinteistössä.
- Vastuutaho: Espoon kaupunki
- Aikataulu:
- Muut huomiot: Kustannustehokas järjestelmän mitoitus on tärkeä tekijä aurinkosähkön lisäämisessä. Kustannustehokas mitoitus on kuitenkin usein pienempi kuin mitä katolle mahtuisi. Uusiutuvan energian lisäämisen maksimoimiseksi tulisi katolle sijoittaa mahdollisimman paljon paneeleita, järjestelmä takaisinmaksuaika voi kuitenkin näissä tapauksissa kasvaa liian suureksi. Teknisesti mahdollinen ja taloudellisesti kannattava ratkaisu asennus on siten hyvä kompromissi.

Toimenpide 3: Aurinkovoiman asentaminen rakennettuun ympäristöön

- Kuvaus: Aurinkovoimaa voi asentaa perinteisen kattoasenteisen lisäksi myös muualle rakennetussa ympäristössä kuten parkkipaikkojen katoksiksi. Espoon kaupungin alueella on haastavaa asentaa teollisen kokoluokan aurinkovoimaa, joten uusiutuvan sähköntuotannon lisäämiseksi tulee miettiä uusia tapoja aurinkosähkön lisäämiseksi.
- Vastuutaho: Espoon kaupunki
- Aikataulu:
- Muut huomiot: Uutta ajattelua Suomessa, joten hankkeet eivät välttämättä ole yhtä kustannustehokkaita, kun kattoasenteiset aurinkopaneelit.

5.3 Energiankulutuksen toimenpiteet

Toimenpide 4: Kaupungin öljylämmitteisiin kiinteistöihin laaditaan suunnitelma öljystä luopumiseksi

- Kuvaus: Kaupungin öljylämmitteisten kiinteistöjen lämmitysjärjestelmän muuttaminen uusiutuvan energiaan pohjautuvaksi edesauttaa luopumista fossiilisten polttoaineiden käytöstä. Vaihtoehtoja lämmitysjärjestelmäksi on esimerkiksi eri lämpöpumppuratkaisut, sähkökattila ja uusiutuvalla energialla tuotettu kaukolämpö. Hyödynnetään kaupungin kiinteistöille tehtyjä energiakatselmuksia ja niissä tehtyjä suosituksia.

Toimenpide on jo osa Espoon kaupungin ilmastotoimia. Vuonna 2025 on raportoitu, että 15 kiinteistössä on toteutettu lämmitystapamuutos. Tavoitteiden toteutumista on hidastanut joidenkin kiinteistökohteiden epävarmat tulevaisuuden näkymät.

- Vastuutaho: Espoon kaupunki
- Aikataulu:
- Muut huomiot: Huomioidaan kiinteistöjen tulevat peruskorjaukset ja käyttötarkoitukset.

Toimenpide 5: Kaupungin kiinteistöihin energiahallintajärjestelmä

- Kuvaus: Energiahallintajärjestelmä mahdollistaa kiinteistön kysyntäjoustop, energiatehokkaan käytön sekä edesauttaa kiinteistön toimintavarmuutta. Järjestelmällä varmistetaan, että energijärjestelmä toimii energiatehokkaalla tavalla sekä ylläpitää hyvää sisäilmaa. Energiahallintajärjestelmä mahdollistaa tarpeenmukaisen energiankulutuksen (esimerkiksi lämmitys, valaistus) sekä kysyntäjoustopratkaisut.

Toimenpide on jo osa Espoon kaupungin ilmastotoimia. Kaupungin kiinteistöillä on energia-managerointipalvelu, jonka tarkoituksena on aktiivinen energian kulutuksen seuranta ja kulutuspoikkeamista syntyvien toimenpiteiden edistäminen, rakennusautomaation etävalvonta- ja seurantapalvelu sekä energiakatselmuksien tekeminen. Tämän lisäksi kaupunki toteuttaa Fortumin kanssa yhteistyötä lämmityksen optimoinnista 110 päiväkotij- ja koulu-kiinteistölle. Kiinteistöihin asennettiin loppuvuoden 2020 aikana yli 4 000 lämpötilaa ja il-mankosteutta mittaavaa anturia. Antureilta saadun tiedon ja sääennusteen perusteella oh-jataan kiinteistön lämmitystä. Palvelun avulla parannetaan huonelämpötilojen tasaisuutta, kiinteistöjen energiatehokkuutta sekä pienennetään lämmityskustannuksia ja päästöjä.

- Vastuutaho: Espoon kaupunki / tilapalvelut
- Aikataulu:
- Muut huomiot: Energiahallintajärjestelmien laaja kirjo sekä kiinteistöjen erilaiset automaatiojärjestelmät voivat tehdä järjestelmien yhtenäistämisestä haastavaa.

Toimenpide 6: Katuvalaistuksen uusiminen energiatehokkaaseen vaihtoehtoon

- Kuvaus: Vuonna 2023 LED-valaistuksen osuus oli 46 % Espoon kaupungin ulkovalaistuksesta. Tavoitteena on, että vuonna 2030 osuus on 100 %. (Espoon kaupunki, 2024)
- Vastuutaho: Espoon kaupunki
- Aikataulu: vuoteen 2030 mennessä
- Muut huomiot:

Toimenpide 7: Espoon kaupungin autokannan sähköistys

- Kuvaus: Kaupungin oman ja leasing autokannan sähköistys. Etenkin henkilöautoissa sähköautojen käyttö on kannattava vaihtoehto fossiilisten polttoaineiden vähentämiseksi.
- Vastuutaho: Espoon kaupunki
- Aikataulu:
- Muut huomiot:

Toimenpide 8: Joukkoliikenteen sähköistys

- Kuvaus: Joukkoliikenteessä linja-autojen sähköistämällä voidaan vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Helsingin seudun liikenteen (HSL) tavoitteena on vähentää joukkoliikenteen päästöjä yli 90 % vuoteen 2025 mennessä vuoden 2010 tasosta, tavoitteena että joukkoliikenne olisi kokonaan päästötöntä vuonna 2035. (HSL, 2025)
- Vastuutaho: HSL
- Aikataulu: HSL kilpailutusten ja strategian mukaisesti
- Muut huomiot: Vuonna 2023 HSL:n tilaaman liikenteen busseista 436 oli sähköbusseja, mikä on 34 % osuus kaikista busseista.

Toimenpide 9: Työkoneiden sähköistys/vähähiilistäminen

- Kuvaus: Espoon kaupunki on tehnyt ympäristöministeriön kanssa sitoumuksen Päästöttömien työmaiden edistämiseksi eli kestävien hankintojen green deal -sopimuksen. Sopimuksen tavoitteena on, että mukana olevien kaupunkien, kuntien, virastojen tai muiden julkisen sektorin hankintaorganisaatioiden työmaat ovat vuoden 2025 loppuun mennessä fossiilitomia, eli niillä ei käytetä fossiilisia polttoaineita. Lisäksi vuoteen 2030 mennessä työmailla käytettävistä työkoneista ja työmaiden kuljetuksista vähintään 50 % toimii sähköllä, bio-kaasulla tai vedyllä. Sopimuksen mukaisiin työmaiden päästöihin luetaan työkoneiden, sähkön, lämmityksen ja vaihteittain kuljetusten päästöt. (Sitoumus2050, 2025)
- Vastuutaho: Espoon kaupunki
- Aikataulu: Sopimus on voimassa vuoden 2030 loppuun asti.
- Muut huomiot:

5.4 Energiansiirron ja yleiset mahdollistavat toimenpiteet

Toimenpide 10: Sähkönjakeluverkon vahvistaminen

- Kuvaus: Yhteiskunnan sähköistyessä sähköntarve kasvaa kaupungin alueella. Suurin tarpeen kasvu tapahtuu etenkin lämmitysjärjestelmän sekä liikenteen sähköistyessä. Sähkön-siirron pullonkaulat voivat olla esteenä uusille investoinneille ja voivat olla hyvin paikallisia ilmiöitä.
- Vastuutaho: Caruna, Espoon kaupunki
- Aikataulu:
- Muut huomiot: Sähkön-siirtoverkon kehittäminen Espoon alueella on haastavaa tiiviin kaupunkirakenteen vuoksi. Toimenpide vaatii aktiivista vuoropuhelua eri toimijoiden välillä, jotta verkkoa voidaan kehittää huomioiden eri sidosryhmien tarpeet ja vaatimukset sekä vaikutukset ympäristöön.

Toimenpide 11: Kaukolämpö ja –jäähdytysverkon kehittäminen

- Kuvaus: Kaukolämpö ja -jäähdytysverkoilla voidaan hyödyntää tehokkaasti keskitetysti tuotettua lämpöä ja jäähdytystä sekä yhteiskunnan ja kiinteistöjen hukkalämpöjä. Verkkoja kehittämällä on mahdollista saavuttaa suurempi vaikutus uusiutuvan energian lisäämiseen kuin yksittäisten kiinteistöjen valinnoilla. Verkkojen kehittäminen sisältää uudisrakentamisen kautta uusien yhteyksien mahdollistamisen sekä olemassa olevan verkon vahvistamista huoltotöiden avulla.
- Vastuutaho: Fortum
- Aikataulu:
- Muut huomiot: Verkkojen kehittäminen on teknistaloudellisesti kannattavaa tiivistä asutuilla alueilla, jota voidaan edistää maankäytöllisesti esimerkiksi kaavoituksen avulla. Tehokas hukkalämpöjen hyödyntäminen vaatii koko järjestelmän optimointia järjestelmätuottajalta.

Toimenpide 12: Sähköautojen latausasemien asentaminen

- Kuvaus: Sähköautojen latausasemien asentamisella tuetaan liikenteen sähköistämistä. Rakennusten latauspisteitä sekä -valmiuksia sekä rakennusten automaatio- ja ohjausjärjestelmiä koskeva laki (733/2020, jäljempänä "Latauspiste- ja automaatiolaki") tuli voimaan 11.11.2020. Latauspiste- ja automaatiolaki tuo sähköautojen latauspisteisiin ja latauspistevalmiuksiin sekä taloautomaatioon ja ohjausjärjestelmiin liittyviä velvoitteita myös osaan kuntakonsernien rakennuksista. Uuden muun kuin asuinrakennuksen (ei-asuinrakennus) pysäköintialueelle laki tuo sekä latauspiste- että latauspistevalmiusvelvoitteita. Näiden rakennusten pysäköintialueille on asennettava joko 1) yksi suuritehoinen latauspiste tai 2) vaihtoehtoisesti normaalitehoisia latauspisteitä riippuen pysäköintipaikkojen määrästä. Laajamittaisesti korjattavan rakennuksen pysäköintialueille on voimassa samat latauspisteiden ja latauspistevalmiuksien minimimäärää ja teknisiä vaatimuksia koskevat velvoitteet kuin uusien rakennusten (5 §) pysäköintialueilla. Olemassa oleviin muihin rakennuksiin (ei-asuinrakennuksiin) tulee velvoite rakentaa vähintään yksi latauspiste, jos rakennuksen yhteydessä on yli 20 pysäköintipaikkaa joko rakennuksessa tai kiinteistöllä. Latauspisteen on oltava valmiina viimeistään 31.12.2024. (Kuntaliitto, 2021) Rakennusten energiatehokkuusdirektiivissä edellä mainitut velvoitteet kiristyvät. Ympäristöministeriössä on valmisteilla kansallista lainsäädäntöä vastaamaan direktiivin tuomia vaatimuksia (Valtioneuvosto, 2024).
- Vastuutaho: Kiinteistöjen omistajat
- Aikataulu:
- Muut huomiot: Liikenteen sähköistymisen edistämiseksi voi olla tarkoituksenmukaista edistää sähköautojen latauspisteitä lain vaatimaa minimiä enemmän.

Toimenpide 13: Kävelyn ja pyöräilyn edistäminen m. pyöräilyverkon kehittäminen

- Kuvaus: Espoon pyöräily verkoston kehittämisellä tuetaan kevyeen liikenteen yleistymistä. Kehittämiseen kuuluu myös ylläpito, valaistus ja talvikunnossapito. Pyöräilyn verkostoa kehitetään jatkuvasti Pyöräilyn tavoiteverkko 2050-tavoitteen saavuttamiseksi.
- Vastuutaho: Espoon kaupunki
- Aikataulu: Puolet tavoiteverkon mukaisesta baanaverkosta arvioidaan toteutuvan vuoteen 2030 mennessä.
- Muut huomiot:

Toimenpide 14: Uudisrakentamisen vaatimukset

- Kuvaus: Espoon kaupungin uudisrakentamisessa vaatimus A-energialuokasta. Toimenpide on osa Espoon ilmastotoimia. Toimenpidettä on tarkennettu sisältämään kiinteistökohtaisen monitavoiteoptimoinnin, jossa tarkastellaan etenkin maalämmön, aurinkoenergian ja poistoenergioiden lämmöntalteenoton kannattavuus ja käyttömahdollisuudet. Myös perusrakennuksissa tavoitellaan 30 % parannusta energiatehokkuuteen
- Vastuutaho: Espoon kaupunki / Espoon tilapalvelut / Espoon asunnot
- Aikataulu:
- Muut huomiot:

6. Jatkoselvitykset ja -tutkimukset

Alla on listattu joitakin työn aikana esiin nousseita jatkoselvitystarpeita, joita ei voitu tässä katselmustyössä tarkastella lähemmin, mutta joiden tutkiminen voisi olla uusiutuvan energian tuotannon ja käytön lisäämisen, energiatehokkuuden edistämisen tai CO₂-päästöjen vähentämisen näkökulmasta mielenkiintoista/hyödyllistä:

6.1 EU rahoituksen hyödyntäminen hiilineutraaliustavoitteiden saavuttamisen tueksi

Uusiutuvan energian lisääminen Espoossa tulee vaatimaan resursseja monilta eri toimijoilta. Uusiutuvan energiateknologioiden sekä puhtaan siirtymän teknologiat ovat tyypillisesti hyvin investointipainotteisia sekä niihin voi liittyä pilotointia. Kannattavuuden takaamiseksi sekä omaa pääomaa vähentääkseen voi hyödyntää eri rahoitus- ja tukikeinoja. Kaupungin tulee hyödyntää näitä keinoja toiminnan edistämiseksi sekä mahdollisesti tuottaa tietoa rahoituksesta sidosryhmilleen. Eri rahoitustukia on saatavilla muun muassa EU:n eri ohjelmista kuten Euroopan aluekehitysrahastosta (EAKR) sekä Horisontti Eurooppa-ohjelmasta.

6.2 Kaupunginosien ohjaaminen vähähiiliseksi ja energiatehokkaaksi

Kaavoituksella, tontinluovutusehdoilla ja maankäyttösopimuksilla voidaan ohjata energiajärjestelmiä ja kiinteistöjä vähähiiliseksi ja energiatehokkaaksi. Kaavoitettaessa uusia alueita on suositeltavaa tehdä eri lämmöntuotantovaihtoehtojen tutkimiseksi tarkempi erillisselvitys, joka tarjoaisi tietoa alueen suunnittelun pohjaksi ja varmistaisi sen, että alueen uusiutuvan energian mahdollisuudet tulisivat mahdollisimman tehokkaasti käytettyä. Maankäyttösopimuksilla sekä tontinluovutusehdoilla voidaan ohjata uudisrakentamista kohti haluttua suuntaa. Esimerkkinä Finnoon alueen tontinluovutusehtojen osana ollut energiakriteeristö. Kaupunki voi myös tarjota näihin liittyvää neuvontaa ja opastusta rakentajille.

6.3 Yhteistyöfoorumi tilannekuvan ylläpitämiseksi

Kaupungin rooli energiavision muodostajana sekä sidosryhmien osallistajana on tärkeää. Kokoomalla sidosryhmät yhteen sekä sitouttamalla toimijat yhteisen vision ja tahtotilan taakse edesauttaa uusiutuvan energian lisäämistä alueella. Näin luodaan ennustettavuutta toimintaa, jolloin sidosryhmillä on helpompaa luoda suunnitelmia ja toteuttaa liiketoimintaansa.

Tulevaisuuden energiajärjestelmä toimii entistä monimutkaisemmin yhdistäen eri energiamuotoja tiiviimmin yhteen. Sähköntuotannossa vaihtelevan tuotannon määrän kasvaessa tarvitaan uusia keinoja vastata tähän vaihtelevuuteen. Sektori-integraatio terminä kuvastaa tätä ilmiötä, jossa esimerkiksi sähkö, lämpö, jäähdytys ja teollisuustoiminta toimivat entistä enemmän yhdessä toisiaan tukeviksi sektoreiksi. Konkreettisia keinoja on esimerkiksi sähkön hyödyntäminen lämmöntuotannossa hyödyntäen lämmönvarastointia. Tämä vaatii sähköverkolta kapasiteettia sekä tilaa toteuttaa lämmöntuotantoa ja -varastointia.

6.4 Hukkalämpöselvitys

Energiatehokkuuden, resurssiviisauden ja uusiutuvan energian lisäämisen näkökulmasta hukkalämpöjen tarkempi selvittäminen voi tuoda esiin potentiaaleja, joita ei ole vielä tunnistettu. Tärkeimpinä selvitettävänä asioina on, kuinka paljon kaupungin alueella syntyy eri asteisia hukkalämpöjä ja miltä toimijoilta, voisiko toimijoiden välillä löytyä synergiaetuja ja miten hukkalämmön hyödyntämistä voidaan edistää kaupungin tasolla.

7. Seuranta

Seuraamalla säännöllisesti kaupungin alueen energiantuotantoa ja -käyttöä voidaan paremmin havaita alueen muutossuunnat, haasteet ja mahdollisuudet. Energiantuotannon ja -käytön sekä uusiutuvien energialähteiden käytön lisäämisen seuranta tuleekin nähdä hyvänä työkaluna niin päästöjen, kustannusten kuin muiden vaikutusten seuraamiseen ja toimenpiteiden suuntaamiseen.

Uusiutuvan energian tavoitteiden edistäminen tulee olla systemaattista ja tehokasta. Moni kaupunki, ml. Espoon kaupunki, on sitoutunut kuntien energiatehokkuussopimukseen (KETS) ja on sitäkin kautta velvollinen seuraamaan kaupungin omien toimintojen energiankulutuksen kehittymistä sekä energiatehokkuustoimenpiteitä.

Uusiutuvan energian teknologiat muuttuvat nopeasti, taloudellisten kannustimien osalta tulee tilannetta seurata tiiviisti ja myös polttoaineiden hinnoissa tapahtuvilla muutoksilla voi olla merkittäviä vaikutuksia kokonaisuuden kannalta.

Vastuutahojen nimeäminen on erityisen tärkeässä roolissa eri toimenpiteiden edistämiseksi. Erilaisissa työryhmissä ja muissa kaupungin toimielimissä tulee painottaa jatkuvaa kehittämistä kerätyihin tietoihin pohjautuen. Tässä selvityksessä on kuvattu niin nykytilaa kuin potentiaaliakin, mutta toimenpiteiden tarkempi suunnittelu ja edistäminen jäävät kaupungin sekä eri sidosryhmien vastuulle.

Tehokas viestintä ja tiedottaminen uusiutuvista energialähteistä, niiden potentiaalista ja mahdollisuuksista voi vaikuttaa alueen eri toimijoiden (kuntalaiset, yritykset) toimintaan ja valintoihin, jotka ovat kuitenkin keskeisessä roolissa kestävämmän yhteiskunnan luomisessa. Myös seudullisen yhteistyön mahdollisuudet tulee huomioida tämän osalta, sillä monet energiakysymykset ja haasteet ovat yhteisiä.

8. Lähdeluettelo

- Aalto-yliopisto. (2024). *Aalto-yliopiston vetyinnovaatiokeskus*. Noudettu osoitteesta <https://www.aalto.fi/fi/aalto-yliopiston-vetyinnovaatiokeskus>
- Aluehallintovirasto. (2024). *Kivenlahden lämpökeskuksen toiminnan muuttaminen ja toiminnan aloittamislupa, Espoo. 319/2024. ESAVI/48384/2023*. Noudettu osoitteesta <https://ylupa.avi.fi/fi-FI/asia/2648300>
- Auris Kaasunjakelu Oy. (2024). Noudettu osoitteesta Kaasunjakelu ja jakeluverkkoon liittyminen: <https://aurisenergia.fi/kaasunjakelu/kaasunjakeluverkko-ja-siihen-liittyminen/>
- Autoalan tiedotuskeskus. (2024). *Autoalan käyttövoimaennusteet*. Noudettu osoitteesta https://www.aut.fi/files/2861/Kayttovoimaennusteet_2024_2205.pdf
- Caruna. (2023). *Aurinkosähkön tuotantoteho ylitti 30 megawattia Espoossa - carunalaiset kävivät ilahduttamassa uutta sähköntuottajaa*. Noudettu osoitteesta caruna: <https://caruna.fi/ajankohtaista/aurinkosahkon-tuotantoteho-ylitti-30-megawattia-espoossa-carunalaiset-kavivat>
- Caruna. (2023). *Ensimmäinen dynaaminen sähköliittymä kytkettiin verkkoon Espoon Suomenojalla*. Noudettu osoitteesta <https://caruna.fi/ajankohtaista/ensimmainen-dynaaminen-sahkoliittyma-kytkettiin-verkkoon-espoon-suomenojalla>
- Caruna. (2023). Kirjallinen tiedonanto.
- Caruna. (2024). *Carunan alueella tuli täyteen 300 megawattia aurinkovoimaa - tuotantokapasiteetti on nelinkertaistunut kolmessa vuodessa*. Noudettu osoitteesta caruna: <https://caruna.fi/ajankohtaista/carunan-alueella-tuli-tayteen-300-megawattia-aurinkovoimaa-tuotantokapasiteetti>
- Caruna. (2024). Haastattelu - Espoo UEKK. (Ramboll, Haastattelija)
- Energiateollisuus. (2022). *Sähkönkäyttö kunnittain 2007-2021*. Noudettu osoitteesta https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/sahkonkaytto_kunnittain_2007-2021.html#material-view
- Energiateollisuus ry. (2024). *Kaukolämpötilasto*. Noudettu osoitteesta <https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/kaukolampotilasto>
- Energiateollisuus ry. (2024). *Sähköntuotanto ja -käyttö*. Noudettu osoitteesta energia.fi: <https://energia.fi/tilastot/sahkotilastot/sahkontuotanto-ja-kaytto/>
- Energiavirasto. (2023). Energiaviraston voimalaitosrekisteri.
- Energiavirasto. (2024). Noudettu osoitteesta Pörssihintaisten sähkösopimusten osuus kaksinkertaistui vuonna 2023: <https://energiavirasto.fi/-/porssihintaisten-sahkosopimusten-osuus-kaksinkertaistui-vuonna-2023>
- Energiavirasto. (2024). *Aurinkosähkön tuotantokapasiteetti nousi 1000 megawattiin*. Noudettu osoitteesta <https://energiavirasto.fi/-/aurinkosahkon-tuotantokapasiteetti-nousi-1000-megawattiin>
- Energiequelle. (2024). *Innovatiiviset energiaratkaisut*. Noudettu osoitteesta <https://www.energiequelle.fi/news/pilottitutkimushanke-kaynnistyy>
- Espoon kaupunki. (2012). *Espoon uusiutuvan energian kuntakatselmus*.
- Espoon kaupunki. (2018). *KAUPUNGIN ENERGIATEHOKKUUSSOPIMUS 2017-2025 (KETS II) TOIMINTASUUNNITELMA*.
- Espoon kaupunki. (2019). *Espoon kaupungin kestävän energian ja ilmaston toimintasuunnitelma (SECAP)*.
- Espoon kaupunki. (2021). *Espoon biomassakartoitus*.
- Espoon kaupunki. (2023). *RAKKE -hanke: Biokaasun tuotannon toteutettavuusselvitys*. Espoon kaupunki.
- Espoon kaupunki. (2024). *EETVARTTI Espoon toimintaympäristökatsaus 1/2024*. Noudettu osoitteesta

- https://static.espoo.fi/cdn/ff/RKo3FdQXNYIDScIu0WmLiZNI0mx8DiGx71if0EVLJbs/1711033172/public/2024-03/Eetvartti_1_2024_3.1.pdf
- Espoon kaupunki. (2024). *Espoon karttapalvelu*. Noudettu osoitteesta <https://kartat.espoo.fi/IMS/>
- Espoon kaupunki. (4. 6 2024). *Espoon yleiskaava 2060*. Noudettu osoitteesta <https://static.espoo.fi/cdn/ff/cZsQLLmYrxNrV9hVjEVrnLXiqGKcmLJKm6TbEIHfM0w/1717584449/public/2024-06/Espoon%20yleiskaava%202060%20luonnos%20800100%20Kaavaselostus.pdf>
- Espoon kaupunki. (2024). *Hiilineutraali Espoo 2030*.
- Espoon kaupunki. (2024). *Ilmastovahti*. Noudettu osoitteesta [Siirrymme LED-valaistukseen: https://ilmastovahti.espoo.fi/actions/a3495](https://ilmastovahti.espoo.fi/actions/a3495)
- Espoon kaupunki. (2024). *Kaavoituskatsaus 2024*. Noudettu osoitteesta <https://www.espoo.fi/fi/asuminen-ja-rakentaminen/kaupunkisuunnittelu/kaavoituskatsaus-2022>
- Espoon kaupunki. (2024). *Kaavoituskatsaus 2024*. Noudettu osoitteesta <https://www.espoo.fi/fi/asuminen-ja-rakentaminen/kaupunkisuunnittelu/kaavoituskatsaus-2022>
- Espoon kaupunki. (2024). *Liikennekatsaus*. Noudettu osoitteesta <https://www.espoo.fi/fi/liikennekatsaus-2024>
- Espoon kaupunki. (2024). *Maalämpökaivojen lupamenettely*. Noudettu osoitteesta https://static.espoo.fi/cdn/ff/qx8SdOgPpZjr_PBTZ-PEI2dOumJxd79uG1koqodSN0c/1706273213/public/2024-01/Maal%C3%A4mp%C3%B6kaivon%20poraus%20tai%20l%C3%A4mm%C3%B6nkeruu%20putkiston%20asentaminen_saavutettava_ver%2029.1.24.pdf
- Espoon kaupunki. (2024). *Tietoa Espoosta*. Noudettu osoitteesta <https://www.espoo.fi/fi/kaupunki-ja-paatoksenteke/tietoa-espoosta>
- Espoon kaupunki. (2024). *Tilastolliset aluejakokartat*. Noudettu osoitteesta <https://www.espoo.fi/fi/tilastolliset-aluejakokartat>
- Espoon kaupunki. (2024). *Vety liikenne- ja energijärjestelmässä*. Noudettu osoitteesta <https://admin.espoo.fi/sites/default/files/2024-12/Espoon-vetytalousselvitys-2024.pdf>
- Espoon kaupunki. (2024). *Väestö*. Noudettu osoitteesta <https://www.espoo.fi/fi/vaesto#vestennusteet-17438>
- Espoon kaupunki. (2024). *Yleiskaava suunnoksesta saadut lausunnot*. Noudettu osoitteesta <https://admin.espoo.fi/sites/default/files/2024-10/Yleiskaava suunnoksesta%20saadut%20lausunnot%20Ei%20saavutettava.pdf>
- Espoon kaupunki. (2024). *Ämmäsuon tuulivoimala*. Noudettu osoitteesta [Espoo: https://www.espoo.fi/fi/hankkeet/ammassuon-tuulivoimala#hyvksymisvaihe--38634](https://www.espoo.fi/fi/hankkeet/ammassuon-tuulivoimala#hyvksymisvaihe--38634)
- Fingrid. (2023). *Fingridin sähköjärjestelmävisio 2023*.
- Fingrid. (2024). Haastattelu - Espoo UEKK. (Ramboll, Haastattelija)
- Fingrid Oy. (2024). *Kantaverkon kehittämissuunnitelma 2024-2033*.
- Finlex. (2020). *Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä*. Noudettu osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2020/20200733#>
- Finlex. (2025). *Rakentamislaki*. Noudettu osoitteesta <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2023/20230751#Pidm46263582960352>
- Fortum. (2023). *Naantalin CHP-laitos*. Noudettu osoitteesta <https://www.fortum.fi/tietoa-meista/yhtiomme/energiantuotantomme/voimalaitoksemme/naantalin-chp-laitos>
- Fortum. (2024). *Datakeskusten hukkalämpöjen kierrätys edistää ilmastotavoitteita*. Noudettu osoitteesta <https://www.fortum.fi/datakeskushanke>
- Fortum. (2024). Haastattelu - Espoo UEKK. (Ramboll, Haastattelija)

- Fortum. (2024). *Jäähdytysratkaisut*. Noudettu osoitteesta Fortum: <https://www.fortum.fi/yrityksille-ja-yhteisolle/lammitys-ja-jaahdytys/jaahdytys>
- Fortum. (2024). *Kaukolämpö kulkee jatkossa myös Vantaan ja Espoon välillä*. Noudettu osoitteesta <https://www.fortum.fi/media/2024/06/kaukolampo-kulkee-jatkossa-myo-vantaan-ja-espoon-valilla>
- Fortum. (2024). *Suomenaojan tuotantolaitos muutoksessa*. Noudettu osoitteesta https://www.fortum.fi/tietoa-meista/energiantuotanto/voimalaitoksemme/suomenaojan-chp-laitos?language_content_entity=fi
- Fortum. (2024). *Teollisen mittakaavan ilma-vesilämpöpumput tuottavat päästötöntä kaukolämpöä*. Noudettu osoitteesta <https://www.fortum.fi/yrityksille-ja-yhteisolle/lammitys-ja-jaahdytys/kaukolampo/espoo-clean-heat/ilmavesilampopumput>
- Gasgrid. (2024). Haastattelu. (Ramboll, Haastattelija)
- Gasgrid. (2024). *Kaasun siirtoverkosto*. Noudettu osoitteesta <https://gasgrid.fi/kaasuverkosto/kaasun-siirtoverkosto/>
- Geologian tutkimuskeskus GTK. (2016). *Geoenergiapotentiaali 1:1 000 000*. Noudettu osoitteesta http://tupa.gtk.fi/paikkatieto/meta/geoenergiapotentiaali_1m.html
- Helsingin kaupunki. (2021). *Maalämpö*. Noudettu osoitteesta <https://www.hel.fi/static/rakvv/ohjeet/Maalampo.pdf>
- HSL. (2024). *Sähköbussien määrä kasvaa nopeasti*. Noudettu osoitteesta <https://www.hsl.fi/hsl/vastuullisuus/sahkobussien-maara-kasvaa-nopeasti>
- HSL. (1 2025). *Sähköbussi pelaa päästötavoitteittemme ykkösketjussa*. Noudettu osoitteesta <https://www.hsl.fi/hsl/sahkobussit>
- HSY. (2020). *Blominmäen kalliopuhdistamo*. Noudettu osoitteesta Kaasuyhdistys: https://www.kaasuyhdistys.fi/wp-content/uploads/2020/10/Blominmaen-puhdistamo_kaasulive141020.pdf
- HSY. (2023). *Ajankohtaista: Ämmässuon koetoimintalaitos on käynnissä*. Noudettu osoitteesta HSY: <https://www.hsy.fi/lietehiilihanke/ajankohtaista-lietehiilihanke/>
- HSY. (2023). *Blominmäen jätevedenpuhdistamo tekee huipputulosta Itämeren hyväksi*. Noudettu osoitteesta HSY: <https://www.hsy.fi/hsy/ajankohtaista/tiedotteet/blominmaen-jatevedenpuhdistamo-tekee-huipputulosta/>
- HSY. (2024). Haastattelu - Espoo UEKK. (Ramboll, Haastattelija)
- HSY. (2024). *HSY jalostaa biojätteestä lannoitetta maatalouden käyttöön*. Noudettu osoitteesta HSY.
- HSY. (2024). *Jätehuollon avainlukuja*. Noudettu osoitteesta HSY: <https://www.hsy.fi/jatteet-ja-kierratys/jatehuollon-avainlukuja/>
- HSY. (2024). *Jätevedenpuhdistus pääkaupunkiseudulla 2023*.
- HSY. (2024). *Jätevedenpuhdistusprosessi*. Noudettu osoitteesta HSY: <https://www.hsy.fi/vesi-ja-viemarit/nain-vesihuolto-toimii/jatevedenpuhdistusprosessi/>
- HSY. (2024). *Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen toiminta vuonna 2023*.
- Hölsä, A. (2024). *Espoon kaukolämpöverkon tuotantolämpötilan alentamisen mahdollisuudet*. LUT University.
- Ilmatieteen laitos. (2023). *Ilmatieteen laitos määrittää, miten merilämpöä voi hyödyntää Itämeren rannikolla*. Noudettu osoitteesta <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tiedote/B7oVKP4vMM4pI4xMIY1g2>
- Ilmatieteen laitos. (2024). Noudettu osoitteesta Suomen tuuliatlas: <http://tuuliatlas.fmi.fi>
- Kuntaliitto. (2021). *Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä ("Latauspiste- ja automaatiolaki")*. Noudettu osoitteesta <https://www.kuntaliitto.fi/yleiskirjeet/2021/laki-rakennusten-varustamisesta-sahkoajoneuvojen-latauspisteilla-ja>
- Kuntaliitto. (2023). *Raisio*. Noudettu osoitteesta <https://www.kuntaliitto.fi/kunnat/raisio>

- Liikenne- ja viestintäministeriö. (2024). *Arvio liikenteen sähköistymisen mahdollisuuksista edistää energijärjestelmän joustavuutta Suomessa.*
- Lippulaiva. (2024). Noudettu osoitteesta VASTUULLISUUS ON (EKO)TEKOJA: <https://lippulaiva.fi/vastuullisuus/>
- Lounais-Suomen Jätehuolto. (2023). Noudettu osoitteesta <https://www.lsjh.fi/fi/yritys-ja-ymparisto/lounais-suomen-jatehuolto-oy/>
- Lounais-Suomen Jätehuolto. (2023). Kirjallinen tiedonanto.
- Luonnonvarakeskus. (2024). *Biomassa-atlas*. Noudettu osoitteesta <https://biomassa-atlas.luke.fi/>
- Maanmittauslaitos. (2022). *Pinta-alat kunnittain*. Noudettu osoitteesta <https://www.maanmittauslaitos.fi/tietoa-maanmittauslaitoksesta/organisaatio/tilastot#Pinta-alat-kunnittain>
- Merta, E.; & Liljeström, E. (2022). Ilmastosuunnitelman seurantaraportti.
- Metsäkeskus. (2020). *Lounais-Suomen metsäohjelma 2021-2025*. Noudettu osoitteesta <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/document/alueellinen-metsaohjelma-lounais-suomi-2021-2025.pdf>
- Mikkola, H. (2012). *Peltoenergia tuotanto Suomessa. Potentiaali, energiasuhteet ja nettoenergia*. Helsinki: Helsingin yliopisto - Maataloustieteiden laitos.
- Motiva. (6. 8 2020). *Energiaa pelloilta*. Noudettu osoitteesta https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/energiaa_pelloilta
- Motiva. (2020). *Espoon kaupunki: Kaukolämmön kulutusjousto*. Noudettu osoitteesta <https://energiategohokkuussopimukset2017-2025.fi/espoo-kaupunki-kaukolammon-kulutusjousto-laajenee-uusiin-kiinteistoihin/>
- Motiva. (2024). *Pieni sanakirja kulutusjoustosta*. Noudettu osoitteesta Motiva: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/sahkon_kulutusjousto/pieni_sanakirja_kulutusjoustosta
- Motiva. (2024). *Pientuulivoima*. Noudettu osoitteesta https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/tuulivoima/pientuulivoima
- Motiva. (2024). *Sähköautot*. Noudettu osoitteesta https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot
- Paikallisoima. (2023). *Kunnan kaukolämmön päästöt*. Noudettu osoitteesta <https://www.klpaastolaskuri.fi/paastot/ESPOO>
- Paikallisoima. (2024). Kaukolämmön päästölaskuri.
- Raisio Oyj. (2022). *Vuosikatsaus*. Noudettu osoitteesta <https://evermade-raisio-multisite-website.s3.eu-north-1.amazonaws.com/wp-content/uploads/2022/03/16161005/Raisio-Oyj-Vuosikatsaus-2021.pdf>
- Raision kaupunki. (2022). *Kaavoituskatsaus 2022*. Noudettu osoitteesta https://www.raisio.fi/sites/default/files/media/file/Kaavoituskatsaus%202022-verkko_0.pdf
- Raision kaupunki. (2022). Suullinen tiedontanto.
- Raision kaupunki. (2023). *Ilmastotyö Raisiossa*. Noudettu osoitteesta <https://www.raisio.fi/fi/asuminen-ja-ymparisto/ymparistonsuojelu-ja-luonto/ilmasto/ilmastoty-raisiossa>
- Raision kaupunki. (2023). *Liikkuminen ja kuljetuspalvelut*. Noudettu osoitteesta <https://www.raisio.fi/fi/sosiaali-ja-terveyspalvelut/ikaihminen-palvelut/tukea-kotona-asumiseen/liikkuminen-ja#Raisio%20linjareitti>
- Raision kaupunki. (2023). *Raision kaupungin karttapalvelu*. Noudettu osoitteesta <https://kartta.raisio.fi/paikkatietopalvelu/>
- Raision kaupunki. (2023). *Raisio-tietoa ja historiaa*. Noudettu osoitteesta <https://www.raisio.fi/fi/kaupunki-ja-paatoksenteke/tietoa-raisiosta/raisio-tietoa-ja-historiaa>

- Raision kaupunki. (2023). *Suurimmat työnantajat Raisiossa*. Noudettu osoitteesta <https://www.raisio.fi/fi/tyo-ja-yrittaminen/toihin-raisioon/suurimmat-tyonantajat-raisiossa>
- Ramboll Oy. (2024). *Blominmäen jätevedenpuhdistamo suojelee Itämerta*. Noudettu osoitteesta <https://www.ramboll.com/fi-fi/projektit/vesi/blominmaen-jatevedenpuhdistamo-suojelee-itamerta>
- Sankari, J. (2023). Suullinen tiedonanto. Raisionkaaren Teollisuuspuisto oy.
- Sitoumus2050. (2025). *Päästöttömät työmaat – kestävien hankintojen green deal -sopimus*. Noudettu osoitteesta <https://sitoumus2050.fi/paastotontyomaa#/>
- SULPU. (2024). *Lämpöpumpputilasto 2023*.
- Suomen Tuulivoimayhdistys. (10. 9 2020). *Tietoa pientuulivoimalan ostajalle*. Noudettu osoitteesta <https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/pientuulivoima/tietoa-pientuulivoimalan-ostajalle>
- Suomen uusiutuvat ry. (2024). *Tuulivoimakartta*. Noudettu osoitteesta <https://suomenuusiutuvat.fi/tuulivoima/hankkeet-ja-voimalat-suomessa/kartta/>
- Suomen ympäristökeskus. (2018). *Corine maanpeite 2018*. Noudettu osoitteesta <https://ckan.ymparisto.fi/dataset/%7B0B4B2FAC-ADF1-43A1-A829-70F02BF0C0E5%7D>
- Suomen ympäristökeskus. (2023). *Järvi & Meri Wiki*. Noudettu osoitteesta <https://www.jarviwiki.fi/wiki/Raisio>
- Suomen ympäristökeskus. (2023). *Kuntien ja alueiden khk-päästöt*. Noudettu osoitteesta https://paastot.hiilineutraalisuomi.fi/#fi_kunta49
- Suomen ympäristökeskus. (2024). *Syke - Kuntien ja alueiden khk-päästöt*. Noudettu osoitteesta <https://paastot.hiilineutraalisuomi.fi/>
- Suomen ympäristökeskus. (2024). *SYKE - Kuntien ja alueiden khk-päästöt*. Noudettu osoitteesta <https://paastot.hiilineutraalisuomi.fi/>
- Tilastokeskus. (2022). *11ic -- Ajoneuvokanta alueittain (ml. Ahvenanmaa), 2011-2021*. Noudettu osoitteesta https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__mkan/statfin_mkan_pxt_11ic.px/table/tableViewLayout1/
- Tilastokeskus. (2022). *Liikenteen energiankulutus*. Noudettu osoitteesta https://pxhoepa2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2022/html/suom0004.htm
- Tilastokeskus. (2022). *Lämpöpumppujen käyttö lisääntynyt – öljy painumassa marginaaliin*. Noudettu osoitteesta <https://www.sttinfo.fi/tiedote/69953489/lampopumppujen-kaytto-lisaantynyt-oljy-painumassa-marginaaliin?publisherId=69818838>
- Tilastokeskus. (2023). *Noudettu osoitteesta 11zr -- Asuinrakennusten lämmitys rakennustyypeittäin, 2008-2022:* https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__asen/statfin_asen_pxt_11zr.px/
- Tilastokeskus. (2024). *Noudettu osoitteesta 11zs -- Asumisen energiankulutus, 2008-2023:* https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__asen/statfin_asen_pxt_11zs.px/
- Tilastokeskus. (2024). *11zr -- Asuinrakennusten lämmitys rakennustyypeittäin, 2008-2023*. Noudettu osoitteesta https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__asen/statfin_asen_pxt_11zr.px/table/tableViewLayout1/
- Tilastokeskus. (2024). *Moottoriajoneuvokanta*. Noudettu osoitteesta https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__mkan/statfin_mkan_pxt_11ic.px/
- Tilastokeskus. (2024). *Aloittaneet ja lopettaneet yritykset*. Noudettu osoitteesta https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__aly/statfin_aly_pxt_11yq.px/
- Tilastokeskus. (2024). *Energian hankinta ja kulutus*. Noudettu osoitteesta https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ehk/statfin_ehk_pxt_12sz.px/

- Tilastokeskus. (2024). *Kuntien avainluvut*. Noudettu osoitteesta <https://www.stat.fi/tup/alue/kuntienavainluvut.html#?active1=680&year=2023>
- Tilastokeskus. (2024). *Rakennukset käyttötarkoituksen ja valmistusvuoden mukaan, 2023*. Noudettu osoitteesta https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__rakke/statfin_rakke_pxt_116g.px/
- Traficom. (2023). *Henkilöautojen mallisarjojen ensirekisteröinnit alueittain kuukausittain 2014-2023*. Noudettu osoitteesta https://trafi2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/TraFi/TraFi__Ensirekisteroinnit/050_ensirek_tau_105.px/
- TTS Työtehoseura. (2024). *Lämpöyrittäjät kartalla*. Noudettu osoitteesta Lämpöyrittäjät: <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1ZabIXkK43TUJmBtZnPu8pS3npxWmzANK&hl=fi&ll=60.26666136830581%2C24.70690692946503&z=13>
- Turku Energia. (2023). Noudettu osoitteesta <https://www.turkuenergia.fi/taloyhtiöt-ja-isannoitsijat/lammitys-ja-jaahdytys/jaahdytysratkaisut-taloyhtiöille/lahijaahdytys-taloyhtiöille/>
- Turku Energia. (2023). Kirjallinen tiedonanto.
- Turun kaupunki. (2023). *Joukkoliikenne*. Noudettu osoitteesta <https://www.turku.fi/asuminen-ja-ymparisto/liikenne/joukkoliikenne-0>
- Turun Sanomat. (2017). *Fossiiliset polttoaineet historiaan Raisiossa*. Noudettu osoitteesta <https://www.ts.fi/uutiset/3559193>
- Turun Seudun Energiatuotanto Oy. (2023). *Lämpöä koteihin ja voimaa teollisuudelle - Turun Seudun Energiatuotanto Oy*. Noudettu osoitteesta <https://www.tset.fi/tuotanto-ja-operointi/laitoksen-esittely/>
- Turun Seudun Kaukolämpö Oy. (2023). *Turun Seudun Kaukolämpö Oy*. Noudettu osoitteesta <https://www.turunseudunkaukolampo.fi/>
- Turun seudun puhdistamo Oy. (2022). *Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon tarkkailututkimus - Vuosiraportti 2021*. Noudettu osoitteesta <https://www.turunseudunpuhdistamo.fi/wp-content/uploads/2022/03/Kakola8-vy2021.pdf>
- Tuulivoimayhdistys. (06. 08 2020). *Tuulivoimasta kunnille*. Noudettu osoitteesta <https://www.tuulivoimayhdistys.fi/tuulivoimastakunnille>
- Uudenmaan liitto. (2017). *Uudenmaan aurinkoenergiaselvitys - Aurinkoenergian tuotannon edistämisen mahdollisuudet Uudellamaalla*. Uudenmaan liiton julkaisuja E193-2017.
- Uudenmaanliitto. (2021). *Uudenmaan geoenergiaselvitys*. Noudettu osoitteesta https://uudenmaanliitto.fi/wp-content/uploads/2021/10/Uudenmaan_geoenergiaselvitys.pdf
- Uudenmaanliitto. (2023). *Uudenmaan neljäs vaihemaakuntakaava: tuulivoima*. Noudettu osoitteesta <https://uudenmaanliitto.fi/uudenmaan-neljas-vaihemaakuntakaava-tuulivoima/>
- Vaasan Sähkö Oy. (1. 9 2020). *Sähkön alkuperä*. Noudettu osoitteesta <https://www.vaasansahko.fi/sahkon-alkupera/>
- Valtioneuvosto. (2024). *Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin kansallinen toimeenpano käyntiin ennen kesää*. Noudettu osoitteesta <https://valtioneuvosto.fi/-/1410903/rakennusten-energiatehokkuusdirektiivin-kansallinen-toimeenpano-kayntiin-ennen-kesaa>
- Valtioneuvoston kanslia. (2017). *Hajautetun uusiutuvan energiantuotannon potentiaali, kannattavuus ja tulevaisuuden näkymät Suomessa*. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 5/2017.
- Vantaan Energia. (2024). *Varanto eli lämmön kausivarasto*. Noudettu osoitteesta Vantaan energia: <https://www.vantaanenergia.fi/energiantuotanto/hiilinegatiivinen/lammonkausivarasto/>
- Vantaan Energia. (2024). *Vuosikertomus 2023*.

- Varsinais-Suomen liitto . (2016). *Tuulivoimavaihemaaakuntakaava*. Noudettu osoitteesta <https://varsinais-suomi.fi/suunnittelu/maakuntakaava/voimassa-oleva-maaakuntakaava/tuulivoimavaihemaaakuntakaava/>
- VTT. (2023). Noudettu osoitteesta Vihreästä vedystä ja hiilidioksidista kehitettyä sähköpolttoainetta testataan ensimmäistä kertaa käytännössä: [https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-jat
tarinat/vihreasta-vedysta-ja-hiilidioksidista-kehitettya-sahkopolttoainetta-testataan](https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-jat tarinat/vihreasta-vedysta-ja-hiilidioksidista-kehitettya-sahkopolttoainetta-testataan)
- YIT. (2023). *Naantali CHP, Naantali*. Noudettu osoitteesta <https://www.yit.fi/projektit/naantali-chp#:~:text=Keski%C3%B6ss%C3%A4%20uusiutuva%20energia&text=Uuden%20monipolttoainevoimalaitoksen%20polttoaineteho%20on%20noin,s%C3%A4hk%C3%B6%C3%A4%20ja%20250%20MW%20l%C3%A4mp%C3%B6%C3%A4>.
- Ympäristö NYT. (2023). *Varsinais-Suomen ilmastotiekartta 2030*. Noudettu osoitteesta <https://ymparistonyt.fi/teemat/hiilineutraalilounaissuomi/varsinais-suomen-ilmastotiekartta-2030/>
- Ympäristö.fi - ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. (5. 2 2016). *Maalämpö on auringon lämpöä*. Noudettu osoitteesta <https://www.ymparisto.fi/fi-fi/rakentaminen/korjaustieto/pientalot/Energiatehokkuus/Energialahteet/Maalampo>
- Ympäristöhallinnon karttapalvelu*. (4. 5 2023). Noudettu osoitteesta Pohjavesialueet kartalla: https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/?lang=fi&ver=1.17&zoomLevel=7&coord=387375.18908706_6686905.2373056&mapLayers=base_35+100+default,166+100+default,167+100+default&showMarker=true