

Altti Saarisalo

RAKENNUKSEN OMAVARAISUUS HÄIRIÖTILANTEESSA

Varautumiskeinoja kerrostalosuunnittelussa

Diplomityö
Rakennetun ympäristön tiedekunta
Tarkastaja: Tapio Kaasalainen
Tarkastaja: Jyrki Tarpio
Toukokuu 2025

TIIVISTELMÄ

Altti Saarisalo: Rakennuksen omavaraisuus häiriötilanteessa: Varautumiskeinoja kerrostalosuunnittelussa
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Arkkitehtuurin tutkinto-ohjelma
Toukokuu 2025

Tässä diplomityössä tarkastelen kerrostalojen suunnitteluratkaisuja, joilla voidaan parantaa rakennusten omavaraisuutta ja asumiskelpoisuutta äkillisissä häiriötilanteissa, kuten sähkö-, lämpö-, vesi- ja elintarvikehuollon katkoissa, sekä säteilyvaaratilanteissa. Keskityn suomalaiseen kaupunkiasumiseen ja esitän käytännönläheisiä varautumiskeinoja, jotka voidaan huomioida rakennuksen suunnitteluvaiheessa.

Työ perustuu kirjallisuuskatsaukseen, joka kattaa tieteellisiä artikkeleita, viranomaisjulkaisuja, tilastoja ja alan kirjallisuutta. Menetelminä käytetään teoreettista analyysia uhkien ja varautumisratkaisujen tarkasteluun sekä skenaarioanalyysia, jossa arvioidaan kuvitteellisen kerrostalon omavaraisuutta 72 tunnin ja kahden viikon häiriötilanteissa.

Tulokset osoittavat, että kerrostalojen riippuvuus keskitetyistä järjestelmistä, kuten kaukolämmöstä ja sähköverkosta, lisää niiden haavoittuvuutta. Omavaraisuutta voidaan parantaa esimerkiksi varavoimalla, paikallisilla lämmitysratkaisuilla, vesivarastoilla ja elintarvikehuollon tukiratkaisuilla. Lyhyissä häiriötilanteissa (72 h) riittävät pienet varajärjestelmät, mutta pidemmissä (14 vrk) tarvitaan laajempia ratkaisuja, kuten polttoainevarastoja ja paikallisia tuotantojärjestelmiä.

Työ korostaa suunnittelijan roolia varautumisen edistämässä ja esittää, että kustannustehokkaat keskitetyt järjestelmät yhdistettynä varajärjestelmiin tarjoavat parhaan tasapainon normaaliolojen ja häiriötilanteiden tarpeisiin. Tulokset tukevat siirtymää kohti hajautettuja ja omavaraisia järjestelmiä, jotka vähentävät kerrostalojen riippuvuutta ulkoisista infrastruktuureista.

Avainsanat: omavaraisuus, huoltovarmuus, kerrostalosuunnittelu, häiriötilanteet

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Opinnäytteessäni käytetyt tekoälytyökalut ja niiden käyttötarkoitukset on kuvailtu alla:

xAI Grok 3
Tiedonhaun tukena ja tekstin viimeistelyssä.

Microsoft Copilot
Tiedonhaun tukena ja tekstin viimeistelyssä.

Perplexity AI
Tiedonhaun tukena.

OpenAI ChatGPT-4
Tiedonhaun tukena.

Andor Tekoälyavustaja Beta
Tiedonhaun tukena.

Olen tietoinen siitä, että olen täysin vastuussa koko opinnäytteeni sisällöstä, mukaan lukien tekoälyllä tuotetut osat, ja hyväksyn vastuun mahdollisista eettisten ohjeiden rikkomuksista.

ABSTRACT

Altti Saarisalo: Building Self-Sufficiency in Disruption Situations: Preparedness Measures in Apartment Building Design
Master's Thesis
Tampere University
Degree Programme in Architecture
May 2025

This master's thesis examines design solutions for apartment buildings to enhance their self-sufficiency and habitability during sudden disruptions, such as interruptions in electricity, heating, water, food supply, and radiation hazard situations. The study focuses on Finnish urban housing and proposes practical preparedness measures that can be considered during the building design phase.

The work is based on an extensive literature review of scientific articles, official publications, statistics, and industry literature. The methods include theoretical analysis of threats and preparedness solutions, and scenario analysis evaluating the self-sufficiency of a hypothetical apartment building during 72-hour and two-week disruption scenarios.

The results indicate that the reliance of apartment buildings on centralised systems, such as district heating and the electricity grid, increases their vulnerability. Self-sufficiency can be improved through backup power, local heating solutions, water storage, and food supply support systems. Short-term disruptions (72 hours) can be managed with small backup systems, while longer disruptions (14 days) require more extensive solutions, such as fuel reserves and local production systems.

The thesis emphasises the role of designers in promoting preparedness and suggests that combining cost-effective centralised systems with backup systems provides the best balance for meeting the needs of normal conditions and disruptions. The findings support a transition toward decentralised and resilient systems that reduce apartment buildings' dependence on external infrastructure.

Keywords: resilience, self-sufficiency, security of supply, apartment building design, disruptions

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin Originality Check service.

The AI tools used in my thesis and the purpose of their use have been described below:

xAI Grok 3

Used to support information retrieval and text finalisation.

Microsoft Copilot

Used to support information retrieval and text finalisation.

Perplexity AI

Used to support information retrieval.

OpenAI ChatGPT-4

Used to support information retrieval.

Andor AI Research Assistant Beta

Used to support information retrieval.

I am aware that I am totally responsible for the entire content of the thesis, including the parts generated by AI, and accept the responsibility for any violations of the ethical standards of publications.

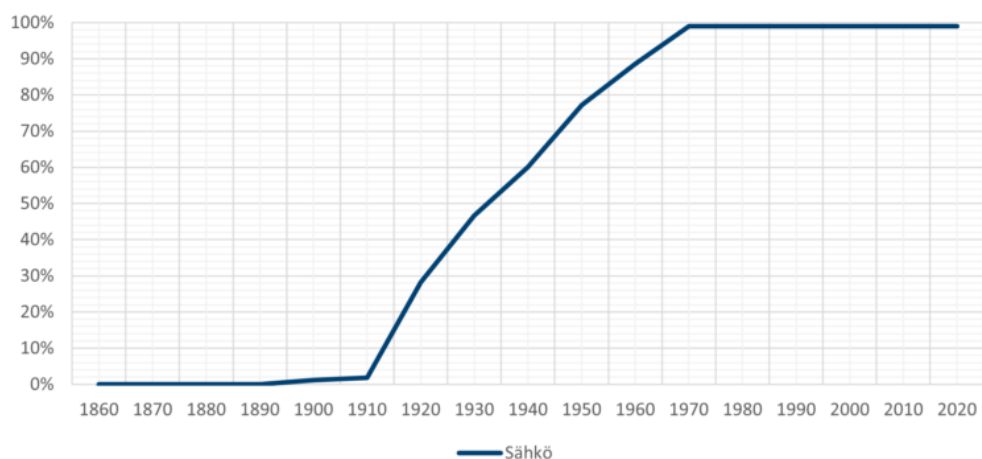
SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	4
2. UHAT	7
2.1 Sähkökatko	11
2.2 Lämmitysjärjestelmän häiriö	13
2.3 Vesikatko	15
2.4 Elintarvikehuollon häiriö	16
2.5 Säteilyvaaratilanne	17
3. VARAUTUMISEN KEINOT	19
3.1 Varavoima	19
3.2 Lämmitys	21
3.3 Vesi	23
3.4 Ruoka	25
3.5 Säteilyvaara	25
4. KERROSTALON VARAUTUMISEN SUUNNITTELU	26
4.1 72 tuntia: varastointi ja selviytyminen	26
4.2 2 viikkoa: omavarainen asuminen	29
5. YHTEENVETO	37

1. JOHDANTO

Kaupungistuminen ja moderni teknologia ovat merkittävästi muuttaneet asumistapojamme ja resurssien käyttöä viime vuosisatojen aikana. Siirtymä maaseudun omavaraisista yhteisöistä tiiviisiin kaupunkikeskuksiin on tuonut taloudellisia ja sosiaalisia hyötyjä, mutta samalla lisännyt haavoittuvuuksia. Erityisesti kerrostalot ovat riippuvaisia energiaverkostoista, vesihuollosta ja logistiikkaketjuista, jotka mahdollistavat arjen sujuvuuden mutta tekevät niistä alttiita häiriöille. Suomessa tämä näkyy siirtymänä itsenäisistä lämmitysratkaisuista, kuten puulämmityksestä, keskitettyyn kaukolämpöön. Samalla energian hintavaihtelut, luonnonkatastrofit ja yhteiskunnalliset kriisit korostavat tarvetta arvioida kaupunkiympäristöjen varautumista.

Kerrostalojen talotekniikan omavaraisuus on vähentynyt merkittävästi keskitettyjen järjestelmien yleistyessä viimeisen vuosisadan aikana. Vielä 1900-luvun alussa lämmitys hoidettiin polttamalla kiinteitä polttoaineita huonekohtaisessa pönttöuunissa tai lämpökattilassa kellarissa (Käyhkö 2023), kun taas vuonna 2024 jo vähintään 72 % suomalaisista kerrostaloista käytti kaukolämpöä (Varke 2025a). Myös sähköt yleistyivät asuinrakennuksissa muutamassa vuosikymmenessä (Kuva 1). Teollisen vallankumouksen jälkeinen keskittämisen aikakausi (Mumford 1962) on kuitenkin alkanut väistyä energia-alalla, jossa hajautettu tuotanto on noussut esiin energian hinnan nousun ja saatavuuden epävarmuuden vuoksi (Candil ym. 2025; Peterson 2024; Reynolds 2025).



Kuva 1 Sähkön yleistyminen asunnoissa (Käyhkö 2024 Heikkosesta 1971)

Keskitettyihin järjestelmiin, kuten sähköverkkoon, kaukolämpöön ja vesihuoltoon, siirryttiin niiden tehokkuuden ja vaivattomuuden vuoksi (Mokyr 1992, 113–114). Esimerkiksi lämpöä on kustannustehokasta tuottaa keskitetysti, jolloin asukkaiden tai isännöitsijän ei tarvitse vastata ylläpidosta. Keskitetyt järjestelmät toimivat erinomaisesti tavallisissa olosuhteissa, kun kaikki toimii ja pienet häiriöt saadaan helposti korjattua. Vakavampi häiriö voi kuitenkin katkaista lämmityksen koko rakennuksesta, jolloin asukas jää odottamaan verkon ylläpitäjän toimia ilman omia vaikutusmahdollisuuksia. Pitkä katkos, kuten kaukolämmön keskeytyminen -20 °C pakkasella, voi tehdä tiloista asumiskelvottomia vuorokaudessa. Asukkaan vaikutusmahdollisuudet riippuvat hänen varautumisestaan häiriötilanteeseen. Maaseudulla keskitetyn järjestelmän häiriöt ovat yleisempiä kuin taajamassa, ja niihin on perinteisesti varauduttu erilaisilla varajärjestelmillä (Sallinen 2024), kuten puulämmityksellä tai aggregaatilla, jotka antavat mahdollisuuden pitää rakennuksen asuinkelpoisena häiriötilanteessakin. Tutkimusten mukaan tehokas varautuminen ja toiminta häiriötilanteissa vähentävät häiriöitä jokapäiväisessä elämässä, omaisuusvahinkoja sekä jopa sairastuvuutta ja kuolleisuutta (Diekman ym. 2007, 495).

Pientalossa varajärjestelmä on melko helppo järjestää, ja esimerkiksi varalämmitysjärjestelmiä on suuressa osassa suomalaisista pientaloista. Kerrostalossa varajärjestelmiä on huomattavasti vähemmän. (Varke 2025c) Pitkissä häiriötilanteissa ongelmallisia ovat kerrostalot, jotka ovat täysin keskitettyjen järjestelmien varassa. Ratkaisuna voidaan järjestää vara- tai tukijärjestelmiä, jotka otetaan käyttöön keskitetyn järjestelmän häiriön aikana. Pientalon tapauksessa voidaan jopa saavuttaa täysi omavaraisuus, mutta kerrostalossa se ei ole käytännössä mahdollista kustannusten ja nykyisen asumistason vaatimusten takia. Sen sijaan hyvä ratkaisu sekä kustannusten että varautumisen kannalta on käyttää häiriöttömässä tilanteessa kustannustehokkaita keskitettyjä järjestelmiä, ja niiden rinnalla varajärjestelmiä, jotka toimivat myös häiriötilanteen aikana.

Tässä diplomityössä tutkin, miten suunnittelija voi parantaa kerrostaloasukkaan omavaraisuutta häiriötilanteissa. Tarkennan tätä kysymällä, millaiset varajärjestelmät soveltuvat kerrostaloihin. Työ käsittelee suomalaisten asuinkerrostalojen keinoja varautua äkillisiin häiriötilanteisiin. Muita rakennustyyppejä sekä ulkomaisia kohteita esiintyy joissain esimerkeissä, mutta niitä ei tarkastella järjestelmällisesti. Häiriötilanteilla tarkoitan äkillisiä, tunneista päiviin kestäviä tilanteita. Hyvin pitkän aikavälin muutoksiin, kuten merenpinnan nousuun ja siitä mahdollisesti rakennettuun ympäristöön aiheutuviin seurauksiin en ota tässä työssä kantaa.

Työni perustuu kirjallisuuskatsaukseen, joka kattaa suomalaisia ja kansainvälisiä lähteitä rakennusten omavaraisuudesta, häiriötilanteista ja varautumiskeinoista. Aineisto koostuu tieteellisistä artikkeleista, viranomaisten julkaisuista, tilastotiedoista sekä rakennusalan kirjallisuudesta ja verkkolähteistä. Menetelminä käytän teoreettista analyysia uhkien ja varautumisratkaisujen tarkasteluun kerrostalojen suunnittelun näkökulmasta sekä skenaarioanalyysia, jossa arvioin kuvitteellisen kerrostalon omavaraisuutta 72 tunnin ja kahden viikon häiriötilanteissa yhdistämällä teoretiedon käytännön sovelluksiin. Skenaarioiden aikarajat, 72 tuntia ja kaksi viikkoa, on valittu edustamaan äkillisten häiriöiden kestoajoja Suomessa. 72 tuntia vastaa viranomaisten varautumissuosituksia kotitalouksille (Laurikainen 2020; SPEK ei pvm.-b). Kahden viikon katkos puolestaan kuvaa harvinaisempaa mutta vakavaa tilannetta, kuten laajamittaista energiaverkon häiriötä tai logistiikkaketjujen keskeytymistä.

Toisessa luvussa selvitän rakennukseen kohdistuvia äkillisiä uhkia ja niiden vaikutuksia. Kolmannessa luvussa kokoan erilaisia varautumisen ratkaisuja edellä kuvattuihin uhkiin. Neljännessä luvussa esitän ratkaisujen mahdollisia sovelluksia uuden kerrostalon suunnittelussa.

2. UHAT

Tässä luvussa tarkastelen uhan määritelmää ja ominaisuuksia keskittyen siihen, miten ne liittyvät kerrostalojen omavaraisuuden haasteisiin häiriötilanteissa. Uhka on arkikielessä ymmärrettävä käsite, mutta sen tarkka merkitys vaihtelee Seppälän (2011) mukaan näkökulmasta riippuen huomattavasti. Hän toteaa uhan määritelmän laajentuneen viime vuosina varsinkin turvallisuuspoliittisessa keskustelussa, jolloin sen käyttökelpoisuus on heikentynyt. Kuitenkin turvallisuustieteissä uhka on melko vakiintunut käsite ja se on määritelty muun muassa Kokonaisturvallisuuden sanastossa (Sanastokeskus 2017, 40): *”mahdollisesti toteutuva haitallinen tapahtuma tai kehityskulku”*. Allen ja Derr (2016, 11–12) kuvaavat kirjassaan *Threat assessment and risk analysis* uhan miksi tahansa, mikä voi käyttää hyväksi kohteen haavoittuvuutta ja tehdä sille vahinkoa. He esittelevät uhan osana riskienhallinnassa käytettävää kaavaa $riski = uhka \times haavoittuvuus \times vaikutus$. Kokonaisturvallisuuden sanastossa (Sanastokeskus 2017, 41) riskille esitetään samankaltainen kaava $riski = todennäköisyys \times vaikutus$. Todennäköisyys voidaan tulkita uhan ja haavoittuvuuden tuloksi, mikä tekee kaavoista sisällöllisesti yhteneväiset.

Uhka on siis se, mitä vastaan riskienhallinnassa suojaudutaan (Allen & Derr 2016, 12). Riskienhallinta koostuu uhan lisäksi myös edellä mainituista haavoittuvuudesta ja vaikutuksesta. Allen ja Derr (2016, 9) luonnehtivat riskienhallinnan *”prosessiksi, jossa toimitaan riskien vähentämiseksi kohtuulliselle ja hyväksyttävälle tasolle”*. He jakavat riskienhallinnan viiteen osaan: suojeltavien resurssien arviointi, uhkien määrittely, haavoittuvuuksien tarkastelu, riskien arviointi sekä vastatoimenpiteiden määrittely. Tässä luvussa keskityn viidestä osasta toiseen, uhkien määrittelyyn, eli selvitän mitä äkillisiä uhkia rakennukseen voi kohdistua, minkälaisia ominaisuuksia uhilla on ja arvioin niiden aiheuttamaa riskiä. Myöhemmissä luvuissa arvioin suojeltavia resursseja eli rakennuksia ja niiden haavoittuvuuksia, sekä esitän vastatoimenpiteitä määriteltyjä uhkia vastaan.

Uhan käsite jaetaan esimerkiksi puolustusvoimissa Seppälän (2011) mukaan kolmeen tasoon: uhkamalli, uhkakuva ja uhka-arvio. Näistä uhkamalli ja uhka-arvio esiintyvät myös kokonaisturvallisuuden sanastossa (Sanastokeskus 2017, 41). Uhkamalli on yleinen ja laaja kuvaus, kun taas uhkakuvasssa mallia tarkennetaan määrittelemällä uhan tekijä tai aiheuttaja (P. Seppälä 2011). Uhka-arvio on käytännönläheinen arvio, jossa tarkastellaan uhan *”lähdeä, kohdetta, toteutumistapaa, todennäköisyyttä, vaikutuksia*

tehtävien hoitamiseen sekä vastatoimenpidemahdollisuuksia ja niiden valmisteluun tarvittavaa aikaa” (Sanastokeskus 2017, 41).

Toinen lähestymistapa uhkiin löytyy Meloy, Hartin ja Hoffmannin (2013) jaottelusta, joka erottaa uhkaan varautumisen kahteen osaan: uhkakartoitukseen (engl. *threat assessment*) ja uhan hallintaan (engl. *threat management*). Uhkakartoituksella he tarkoittavat tiedon keräämistä päätöksenteon tueksi, ja uhan hallinnalla toimia, joilla tilanteen hallinta voidaan ylläpitää tai saavuttaa. Kuva 2 havainnollistaa uhkiin varautumisen vaiheita (Meloy ym. 2013, 4; P. Seppälä 2011) suhteessa riskienhallinnan prosessiin (Allen & Derr 2016, 11).



Kuva 2 Uhkiin varautumisen vaiheet osana riskienhallinnan prosessia.

Puolustusministeriön (2010, 13) laatimassa *Yhteiskunnan turvallisuusstrategiassa* uhat jaetaan mittakaavaan mukaan kolmeen: globaalit, kansalliset ja yksilöön kohdistuvat uhat. Lisäksi olen tarkentanut mallia lisäämällä yksilön ja kansallisen tason väliin yhteisöön kohdistuvan uhkamittakaavan. Kuva 3 havainnollistaa, miten maailmanlaajuiset uhat (esim. kansainvälisten suhteiden epävakaus) voivat vaikuttaa kansallisiin uhkiin (esim. energiahuollon häiriö), jotka edelleen heijastuvat yhteisö- ja yksilötasolle (esim. sähkökatko kerrostalossa).



Kuva 3 Uhkien jakautuminen (mukailien Puolustusministeriö 2010, 13)

Häiriötilanteisiin varaudutaan yhteiskunnassa monella eri tasolla. Laurikaisen (2016) mukaan lähimpänä yksittäistä kansalaista on yksilötason uhkiin varautuminen, koska vastuu siitä on hänellä itsellään. Koti tai asunto kuuluu selkeästi yksilötason varautumiseen. Näin ollen pientalo on lähes kokonaan yksilötasoista varautumista. Omistaja voi tehdä varautumistoimenpiteitä itsenäisesti ja tarvitsee siihen apua vain suuremmissa muutoksissa. Sen sijaan asuinkerrostalossa asunto-osakeyhtiö omistaa rakennuksen ja asukas omistaa vain osakkeen, joka oikeuttaa hallitsemaan huoneistoa (Asunto-osakeyhtiölaki 1599/2009, luku 1 § 2). Varautumistoimenpiteiden tekeminen on omistusrakenteen vuoksi monimutkaista ja ongelma korostuu entisestään vuokra-asunnossa. Lisäksi kerrostalon monimutkainen talotekniikka ja rakenne vaatii usein ammattilaisia suunnittelemaan ja toteuttamaan jo pieniäkin muutoksia. Kerrostalon varautumisen voi siis ajatella lukeutuvan yhteisötasoon. Tässä diplomityössä käsittelem kerrostaloon ja sen käyttöön kohdistuvia uhkia, jolloin mielekkäin uhkataso on yhteisöön kohdistuvat uhat. Yksilötason uhkia tarkastellaan osassa tapauksista, joissa se on varautumisen keinon kannalta mielekästä, esimerkiksi asukkaan omien varavirtalähteiden käytössä lyhyissä sähkökatkoissa. Uhkien syyt johdetaan kansalliselta tasolta, mutta maailmanlaajuisten uhkien vaikutusta ei tässä työssä juuri käsitellä.

Rakennukseen kohdistuvia uhkia voidaan lähestyä varautumisen kannalta ainakin kahdesta näkökulmasta: rakennukseen itseensä, tai rakennuksen asumiskelpoisuuteen kohdistuvat uhat. Rakennukseen kohdistuvia uhkia ovat sellaiset tapahtumat, jotka vaikuttavat haitallisesti sen kuntoon. Esimerkiksi pitkä sähkökatko talvisaikaan voi rikkoa vesikiertoisen lämmönjaon, kun vesi jäätyy ja halkaisee putket. Toisesta näkökulmasta

uhan aiheuttavat sellaiset asiat, jotka vaikuttavat kielteisesti rakennuksen asumiskelpoisuuteen. Edellinen tilanne katkaisee asukkaalta lämmityksen, jolloin rakennus viilenee pian ulkolämpötilaan ja asumisen jatkamiseksi on tehtävä ylimääräisiä toimenpiteitä. Sama tapahtuma vaikuttaa usein sekä rakennukseen että sen asumiskelpoisuuteen, mutta varautumistoimenpiteet voivat olla erilaisia näkökulmasta riippuen. Tarkastelen uhkia ensisijaisesti asumiskelpoisuuden kannalta. Lisäksi rakennukseen kohdistuvaa uhkaa on syytä tarkastella ajallisen keston perusteella, sillä lyhyet häiriöt (esim. muutaman sekunnin sähkökatko) vaativat erilaisia varautumistoimia kuin pitkät katkokset (esim. useita päiviä kestävä vesikatko). Lyhyissä häiriöissä voidaan tukeutua tilapäisiin ratkaisuihin, kuten varavirtalähteisiin, jotka ylläpitävät perustoimintoja. Pitkissä katkoissa tarvitaan laajempia varajärjestelmiä, kuten varalämmitysjärjestelmiä, jotta rakennuksen asumiskelpoisuus säilyy.

Sisäministeriön (2023, 12–15) laatimassa *Kansallisessa riskiarviossa* esitellään uhkamalleja Suomea mahdollisesti koskevista turvallisuusympäristön häiriöistä. Malleja on yhteensä 15, joista seitsemän olen arvioinut liittyvän suoraan rakennukseen ja sen asumiskelpoisuuteen. Lihavoitujen mallien alle olen koonnut Kansallisessa riskiarviossa eriteltyjä tarkempia uhkia, joiden voi ajatella kohdistuvan kerrostaloihin.

Energiahuollon häiriöt (s. 53–56): rakennusten lämmitys, elintarvikehuolto.

Vesihuollon häiriöt (s. 76–77): veden saastuminen, jakeluhäiriöt (esim. sähkökatko).

Elintarvikehuollon häiriöt ja ruoka- ja ravintoturvan heikkeneminen (s. 78–81): saastuminen, toimitusketjujen häiriöt, tuotannon häiriöt

Terveysturvallisuuden häiriöt (s. 66–75): kemialliset uhat, säteilyvaaratilanteet, ravinnon ja juomaveden turvallisuus.

Laajat tai pitkäkestoiset onnettomuustilanteet (s. 82–93): säteilyvaaratilanne, maastopalot ja myrkylliset savukaasut.

Yhteiskunnan rakenteisiin tai laajoihin ihmisjoukkoihin tehty terroristinen tai muu väkivaltainen isku (s. 44–46): sähköverkot, saastuminen, CBRNE-vaarat.

Sotilaallisen voiman käyttö (s. 37–41): sähkön ja energian jakeluverkot, vesihuolto, CBRNE-vaarat.

Muita uhkamalleja, jotka eivät suoraan liity rakennuksiin, ovat:

Tieto- ja viestintäverkkojen ja palveluiden häiriöt.

Informaatiovaikuttaminen

Poliittinen, taloudellinen ja sotilaallinen painostus

Laajamittainen maahantulo ja painostaminen maahantulijoita ohjaamalla

Isojen väkijoukkojen, ryhmien tai yhteisöjen väkivaltainen liikehdintä tai yhteiskuntajärjestystä vaarantava toiminta

Julkisen talouden häiriöt

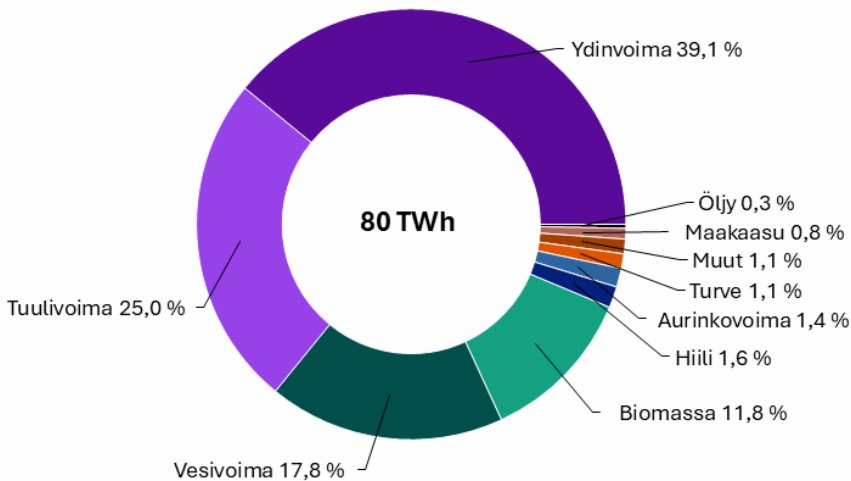
Rahoitusjärjestelmän häiriöt

Kuljetusten jatkuvuuden häiriöt

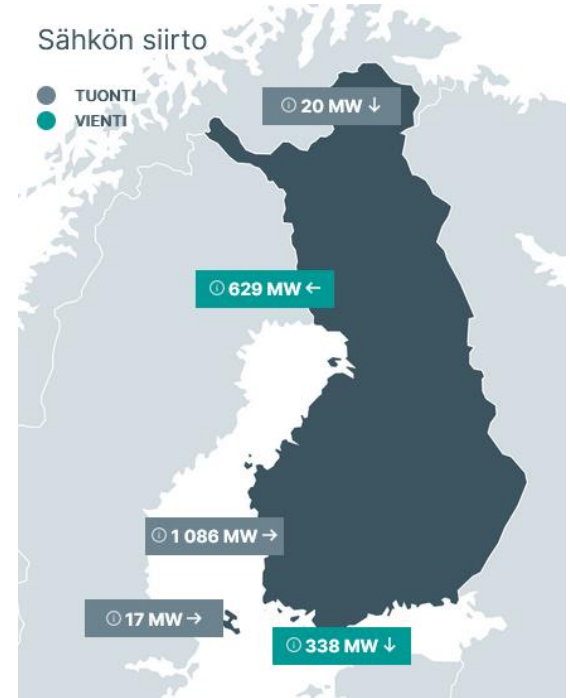
Tarkemmat uhat jakautuvat luontevasti viiteen uhkakuvaan: sähkö-, lämmitys- tai vesikatko, elintarvikehuollon häiriö sekä säteilyvaaratilanne. Seuraavissa alaluvuissa tarkastelen tarkemmin uhkakuvia.

2.1 Sähkökatko

Sähköä tuotetaan voimalaitoksissa pääasiassa ydinvoimalla, tuulivoimalla, vesivoimalla ja biomassalla (Kuva 4), ja tarvittaessa sitä tuodaan ulkomailta (Kuva 5). Sähkö siirretään verkkoon, joka koostuu kanta-, alue- ja jakeluverkosta. Kantaverkko kuljettaa sähköä pitkiä matkoja korkealla jännitteellä, ja muuntoasemilla jännite lasketaan jakeluverkkoon sopivaksi (Elovaara & Haarla 2011, 58–62; Laitinen & Vainio 2009, 5; Lehto ei pvm.). Suuri osa sähköverkosta on ilmajohtoa, joka kulkee ulkoilmassa pylväiden varassa, mutta kaupungeissa johdot on yleensä kaivettu maan alle, jossa ne ovat paremmassa suojassa häiriöiltä (Laitinen & Vainio 2009, 7).



Kuva 4 Sähkön tuotanto Suomessa tuotantomuodoittain vuonna 2023 (Energiateollisuus 2023)



Kuva 5 Sähkön tuonti ja vienti 2.4.2025 kello 09:57 (Fingrid 2025)

Sähkökatkojen yleisiä syitä ovat huono sää, tahallinen vahingonteko ja tehopula (Laitinen & Vainio 2009, 7–9). Huono sää uhkaa erityisesti ilmajohtoja kaatuvien puiden vuoksi, jotka voivat kaatua tai painautua lumen painosta johdon päälle. Sen sijaan kantaverkon ympärille raivataan yleensä leveä johtokatu, jotta puut eivät yllä koskettamaan johtoa. (Laitinen & Vainio 2009, 7) Kantaverkon yleisimpiä vian aiheuttajia ovatkin kaatuvien puiden sijaan salamaniskut (Elovaara & Haarla 2011, 272–273). Yhteiskunnan sähköriippuvuuden vuoksi sähköjakoverkko ja voimalaitokset ovat myös mahdollisia terrorismin tai poliittisen painostuksen kohteita. Vihamieliselle toimijalle sähköjaketun häirintä voi olla tehokas keino edistää omia tarkoituksiaan esimerkiksi sotilaallisen voimankäytön tai terrori-iskun avulla. (Laitinen & Vainio 2009, 9; Sisäministeriö 2023, 53) Kolmas mahdollinen syy sähkökatkole on tehopula. Tämä koskee erityisesti kulutuksen huipputilanteita, esimerkiksi kovien pakkasten aikaan. Jos sähkön tuonti ja tuotanto eivät näytä riittävän vastaamaan kulutukseen, kantaverkkoyhtiö Fingrid voi jopa rajoittaa kulutusta katkaisemalla osia sähköjaketusta hetkeksi kerrallaan. (Laitinen & Vainio 2009, 9; Sisäministeriö 2023, 53–55)

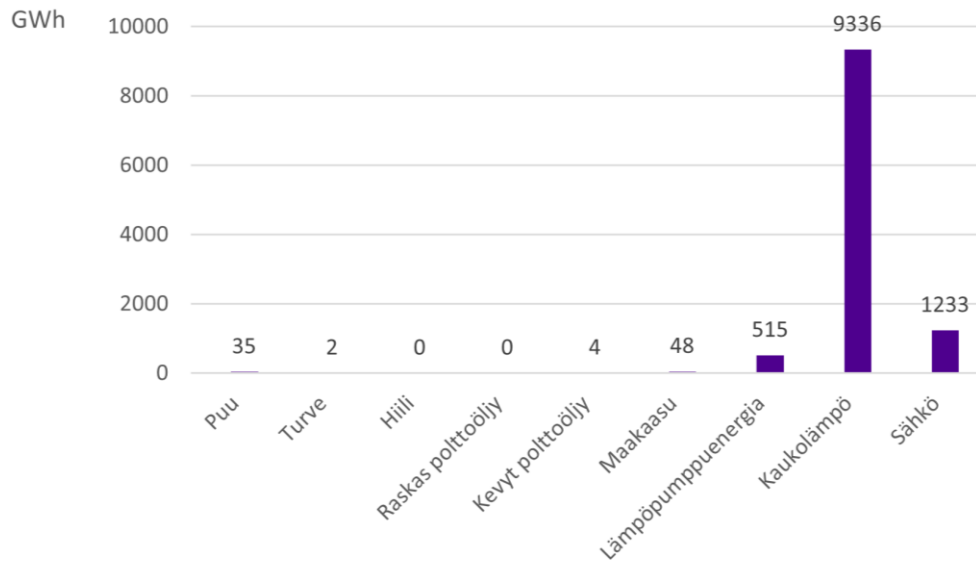
Sähkökatko on useimmiten niin lyhyt, ettei sitä edes välttämättä huomaa. Lyhyt katko saattaa kestää alle sekunnista muutamaan minuuttiin. Se johtuu yleensä sähköverkon suojausjärjestelmän toiminnasta. Kun järjestelmä havaitsee vian, se keskeyttää sähköjaketun ja yrittää kytkeä sähkön uudelleen päälle noin sekunnin kuluessa. Jos

takaisinkytkentä ei onnistu, järjestelmä yrittää uudestaan muutaman minuutin kuluttua. (Caruna ei pvm.) Yli kolmen minuutin katkon jälkeen puhutaan pitkästä sähkökatkosta (Laitinen 2015, 7). Pitkästä sähkökatkosta käytetään myös toista määritelmää kuluttajansuojan yhteydessä. Sähkönkuluttaja on oikeutettu niin sanottuun vakiokorvaukseen, mikäli sähkökatkos kestää yli 12 tuntia. (Laitinen 2015, 7; Sähkömarkkinalaki 588/2013 § 100)

Sähkökatkon vaikutukset rakennukseen riippuvat sen kestosta. Erittäin lyhyellä katkolla (alle 3 minuuttia) on vähäinen vaikutus, esimerkiksi vesi- ja jätevesihuolto toimivat normaalisti. Pitkittänyt, tunteja kestävä katko sen sijaan vaikeuttaa asukkaiden arkea, koska se keskeyttää muun muassa koneellisen ilmanvaihdon, veden pumppauksen ja lämmityksen. Lisäksi valot ja kodinkoneet sammuvat, ruoanlaitto hankaloituu ja hissit pysähtyvät. (Caruna 2023)

2.2 Lämmitysjärjestelmän häiriö

Rakennuksen lämmitys vaatii etenkin talvisaikaan runsaasti energiaa, joka voidaan tuottaa joko kiinteistössä paikan päällä tai keskitetysti kaukolämmöllä suuremmassa lämpölaitoksessa (Korkala 2018, 18). Suomessa kerrostaloissa yleisin lämmitysmuoto on kaukolämpö (Kuva 6), jota käyttää 68 % vuosina 2020–2023 valmistuneista kerrostaloista (Varke 2025b). Kaukolämmössä vesi lämmitetään voimalaitoksessa, kuljetetaan putkistoa pitkin rakennusten lämmönjakokeskuksiin ja jaetaan sieltä vesikiertoisen lämmönjakojärjestelmän kautta huoneistoihin (Korkala 2018, 18–19). Kaukolämmön toimintavarmuus on korkea – vuonna 2023 sen keskeytykset olivat vain 0,02 % ajasta (Energiateollisuus ry 2024) – mutta sen keskitetty luonne tekee siitä haavoittuvan tietyissä häiriötilanteissa.

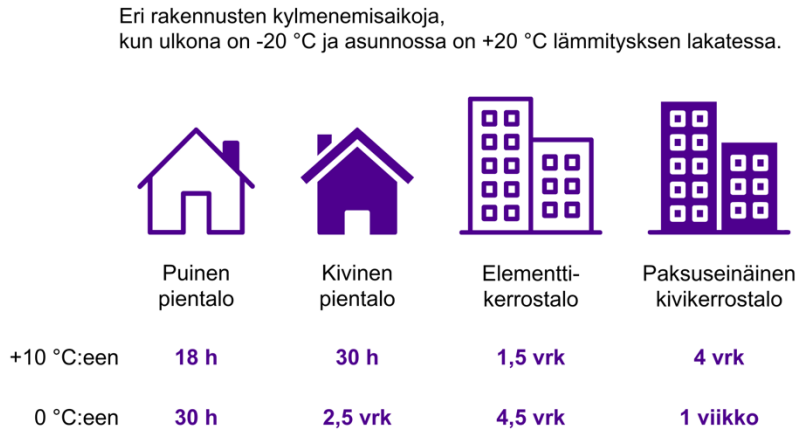


Kuva 6 Asuinkerrostalojen lämmitysenergian kulutus energialähteittäin 2023 (Tilastokeskus 2024)

Lämmitysjärjestelmän häiriö voi *Kansallisen riskiarvion* (Sisäministeriö 2023) mukaan johtua esimerkiksi energiahuollon häiriöstä, kuten polttoainepulasta tai voimalaitoksen teknisestä viasta, sekä ulkoisista uhkista, kuten sotilaallisesta toiminnasta tai tahallisesta vahingonteosta. Kaukolämpöverkkoon kohdistuvat riskit muistuttavat sähköverkon uhkia: esimerkiksi putkirikko tai vihamielisen toimijan hyökkäys lämpölaitokseen voi keskeyttää lämmönjakelun laajalta alueelta. Lisäksi sähkökatko katkaisee usein lämmityksen, sillä vesi- ja ilmakiertoiset järjestelmät ovat sähköriippuvaisia kiertovesipumppujen ja puhaltimien vuoksi (Korkala 2018, 86–87). Myös kiinteistökohtaiset viat, kuten lämmönvaihtimen rikkoutuminen, voivat aiheuttaa häiriöitä, mutta nämä ovat nopeammin korjattavissa.

Lämmitysjärjestelmän häiriö heikentää tai katkaisee rakennuksen lämmityksen, mikä vaikuttaa sekä asumiskelpoisuuteen että rakenteisiin ja talotekniikkaan. Kuva 7 havainnollistaa rakennusten kylmenemisaikoja lämmityksen lakatessa: esimerkiksi betonielementtitalossa sisälämpötila laskee -20 °C :n ulkolämpötilassa $+10\text{ °C}$:een noin 36 tunnissa, kun taas puurakenteinen talo kylmenee nopeammin pienemmän lämmönvarauskyvyn vuoksi. Pitkittyessään katkos voi jäädä vesi- ja ilmakiertoiset putket, mikä johtaa putkirikkoon ja vesivahinkoihin rakenteissa (Motiva 2025). Asumiskelpoisuuden kannalta Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysasetus (545/2015) määrittelee asuinhuoneen lämpötilan alarajaksi $+18\text{ °C}$, joka alittuu nopeasti ilman lämmitystä talviolosuhteissa. Kaukolämpöön tukeutuvissa kerrostaloissa

asukkailla ei ole vaikutusmahdollisuuksia häiriön korjaamiseen, toisin kuin pientaloissa, joissa varalämmitys (esim. puutakka) on yleisempi (Varke 2025c).



Jos raitisilmaventtiilit ovat auki, kylmeneminen nopeutuu 0,5–1 vuorokautta.

Luvut on laskettu jo rakennetuista asunnoista. Uusien rakennusten kylmenemisajat ovat pidempiä, koska niissä on parempi lämmöneristys.

Kuva 7 Rakennusten kylmenemisaikoja (mukaillen Puolustusministeriö 2019, 40)

Lämmityskatkosten vaikutukset korostavat kerrostalojen riippuvuutta keskitetyistä järjestelmistä ja sähkön saatavuudesta. Suomessa kaukolämmön luotettavuus on erinomainen normaalioloissa, mutta vakavissa häiriötilanteissa – kuten laajassa sähkökatkossa tai verkoston vauriossa – rakennusten omavaraisuus on lähes olematonta ilman varajärjestelmiä. Tämä alleviivaa tarvetta omavaraisuutta lisääville suunnitteluratkaisuille, kuten paikallisille lämmönlähteille tai varavaimalle, joita tarkastellaan alaluvuissa 3.1 ja 3.2. Kerrostalojen omavaraisuuden parantaminen edellyttää siirtymistä kohti hajautettuja järjestelmiä, jotka vähentävät rakennusten häiriöherkkyyttä ulkoisista verkoista.

2.3 Vesikatko

Taajamissa kunnallinen vesihuoltolaitos vastaa puhtaan veden tuottamisesta keskitetyssä puhdasvesilaitoksessa ja sen jakelusta verkoston kautta kiinteistöille. Lisäksi se huolehtii jäteveden viemäroinnistä ja puhdistuksesta. Haja-asutusaleilla vesihuollon voi järjestää joko vesiosuuskunta keskitetysti tai kiinteistöt itse paikallisesti. (Ketola ym. 2017, 42–44)

Kansallisen riskiarvion (Sisäministeriö 2023, 76–77) mukaan vesihuollon keskeisiä uhkia ovat veden saastuminen, tekniset häiriöt ja tahallinen vahingonteko. Saastuminen voi johtua esimerkiksi kemikaalivuodosta tai inhimillisestä virheestä, kuten Nokian vesikriisissä vuonna 2007 (Aho ym. 2009). Teknisiä häiriöitä voivat aiheuttaa putkirikot tai pumppujen vikaantuminen, kun taas tahallinen toiminta, kuten kyberhyökkäys vesilaitoksen ohjausjärjestelmään, on noussut esiin huoltovarmuuden uhkana (Katko 2013, 262). Sähkökatkot keskeyttävät usein vedenjakelun, sillä pumput ja vedenkäsittelylaitteet toimivat sähköllä. Myös kiinteistökohtaiset viat, kuten tukkeutunut viemäri tai rikkoutunut käyttövesiputki voivat häiritä vesihuoltoa, mutta näiden vaikutus rajoittuu yksittäiseen rakennukseen.

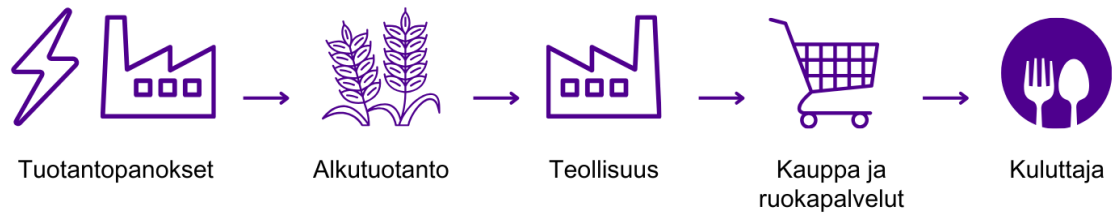
Vesihuollon häiriö ei suoraa vaikuta rakennuksen toimintaan, mutta sen sijaan asumiskelpoisuus heikentyy huomattavasti ilman vettä ja viemärijärjestelmiä. Puolustusministeriön mukaan (2019, 16–18) ensisijainen ongelma vesikatkotilanteessa on juomaveden puute: suomalainen käyttää päivässä keskimäärin 3 litraa vettä juomiseen ja ruoanlaittoon. Yhteensä vettä kuluu vuorokaudessa noin 120 litraa asukasta kohden (Korhonen ym. 2020, 10, 15). Ilman vettä wc:tä ei voi käyttää, jos viemäripumput lakkaavat toimimasta tai paine putkistossa katoaa. Pitkittyessään katkos voi johtaa terveysongelmiin hygienian heikkenemisen vuoksi. Kerrostaloissa vaikutukset korostuvat, sillä asukkailla ei ole pääsyä varaveteen toisin kuin haja-asutusalueilla, joissa kaivo voi toimia varajärjestelmänä.

Vesihuollon häiriöt osoittavat kerrostalojen haavoittuvuuden keskitettyyn infrastruktuuriin erityisesti kaupungeissa, joissa vaihtoehtoiset vedenlähteet puuttuvat. Vaikka verkoston toimintavarmuus lienee korkea, vakavat häiriöt kuten laaja saastuminen tai sähkökatkos, voivat keskeyttää vedenjakelun tunneiksi, päiviksi tai jopa viikoiksi. Tämä korostaa tarvetta kiinteistökohtaisille varautumisratkaisuille, kuten vesivarastoille tai varapumpuille, joita käsitellään alaluvussa 3.3. Omavaraisuuden parantaminen edellyttää suunnittelijoilta ennakointia, jotta asukkaiden perustarpeet voidaan turvata häiriötilanteissa.

2.4 Elintarvikehuollon häiriö

Suomen elintarvikehuolto perustuu keskitettyyn logistiikkaan, joka kuljettaa ruoan tuottajilta kauppoihin ja asukkaille (Sisäministeriö 2023, 78). Kerrostaloasukkaat ovat riippuvaisia tästä ketjusta, sillä tilaa varastoille tai omalle tuotannolle ei juuri ole, toisin kuin pientaloissa. Päivittäistavarakauppa ry (2022, 5) jakaa ruoan tuotannon viiteen osaan: tuotantopanokset, alkutuotanto, teollisuus, kauppa ja ruokapalvelut sekä kuluttaja

(Kuva 8). Normaalioloissa järjestelmä on tehokas, mutta häiriötilanteissa sen haavoittuvuus korostuu.



Kuva 8 Elintarvikehuollon toiminta (mukaillen Päivittäistavara-kauppa ry 2022, 5)

Häiriöt voivat johtua monista syistä. Yksittäinen häiriö, kuten satovahinko ei yleensä vaikuta laajasti, koska vaihtoehtoja on saatavilla. Vakavammat uhat syntyvät, kun useita osia ketjusta häiriintyy, esimerkiksi sähkökatko pysäyttää kylmäketjut ja logistiikan. Saastuminen kemiallisista tai biologisista uhista, kuten teollisuusonnettomuuksista, voi myös keskeyttää jakelun. Ulkoiset uhat, kuten terroristiset iskut logistiikkaverkostoihin tai ruoan tuotantoon ovat harvinaisia mutta mahdollisia. (Sisäministeriö 2023, 80)

Vaikutukset kerrostaloihin riippuvat häiriön kestosta. Lyhytaikaisissa häiriöissä kotitalouksien varmuusvarastot voivat riittää ylläpitämään ravinnonsaantia. Pitkittyneissä häiriötilanteissa, kuten laajamittaisissa logistiikkaketjujen keskeytyksissä, pelkät varastot eivät kuitenkaan ole riittäviä, vaan ruoan saamiseksi voidaan tarvita viranomaisten järjestämää hätäapua tai asukkaiden siirtymistä toimiviin jakelupisteisiin. Sähkökatkon aikana kylmälaitteiden pettäminen voi johtaa varastojen nopeaan pilaantumiseen, mikä pahentaa tilannetta. Vaikka rakennus itsessään ei vaurioidu, asumiskelpoisuus heikkenee merkittävästi ravinnon loppuessa. Toisin kuin pientaloissa, joissa suuremmat varastotilat ja mahdollisuudet esimerkiksi omaan ruoantuotantoon voivat lievittää tilannetta, kerrostaloissa tilanpuute rajoittaa näitä vaihtoehtoja. Rakennuksen suunnittelussa voidaan kuitenkin parantaa varautumista häiriötilanteisiin esimerkiksi tarkoituksenmukaisilla varastotiloilla tai pienimuotoisella ruoantuotannolla, kuten kattopuutarhoilla. Näitä keinoja käsitellään tarkemmin luvuissa 3 ja 4.

2.5 Säteilyvaaratilanne

Säteilyturvakeskuksen (2020, 11–12) mukaan vakava radioaktiivinen säteilyvaaratilanne johtuu joko ydinaseen käytöstä tai ydinvoimalaitoksen onnettomuudesta. Säteilyvaaratilanteen todennäköisyys on pieni, mutta sen vaikutukset voivat olla tuhoisia.

Suuri ydinase tai -onnettomuus tuottaa säteilypilven, jonka kulkureitillä ihmisten täytyy suojautua jopa satojen kilometrien säteellä onnettomuuspaikasta. (Säteilyturvakeskus 2020, 11–12) Säteily ei vaikuta rakennukseen tai sen järjestelmiin, mutta heikentää asumiskelpoisuutta merkittävästi rajoittamalla asukkaiden turvallista oleskelua ja liikkumista. Suojautumista vaativia tilanteita voivat aiheuttaa radioaktiivisen säteilyn lisäksi esimerkiksi kemialliset aineet, biologiset taudinaiheuttajat sekä räjähteet (Sisäministeriö 2017, 10). Käsittelen yksinkertaisuuden vuoksi vain radioaktiivisen säteilyn aiheuttamia säteilyvaaratilanteita ja niiden vaikutusta rakennuksen asumiskelpoisuuteen.

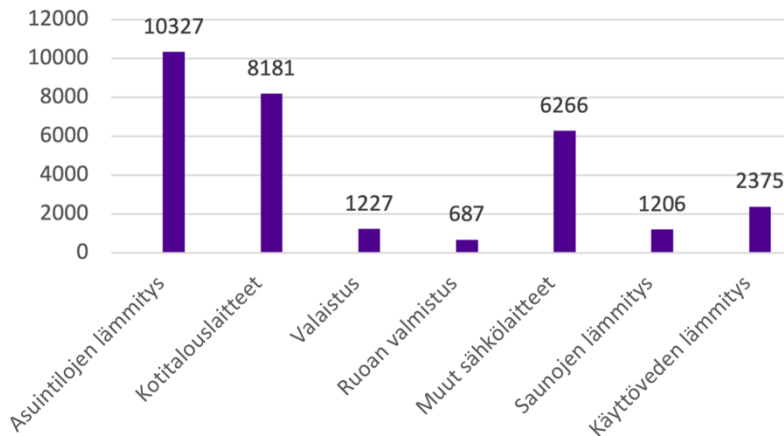
3. VARAUTUMISEN KEINOT

Tässä luvussa käsittelen erilaisia keinoja varautua edellä määriteltyihin häiriötilanteisiin. Keskityn sellaisiin keinoihin, joihin on mielekästä vaikuttaa rakennuksen suunnitteluvaiheessa. Ensimmäisenä tarkastelen sähkön tuottamista häiriötilanteessa, eli varavoimaa. Monet rakennuksen tekniset järjestelmät toimivat sähköllä, joten varavoiman saaminen ratkaisee useita ongelmia. Seuraavaksi käsittelen taloteknisistä järjestelmistä lämmitystä ja vesihuoltoa. Nämä tarvitsevat usein sähköä toimiakseen, mutta eri ratkaisujen sähköntarve voi olla huomattavan erilainen. Elintarvikehuolto ei liity suoraan rakennukseen, mutta asumiskelpoisuuteen sillä on suuri vaikutus ja varautumista häiriöön on mahdollista helpottaa rakennuksen suunnitteluvaiheessa. Viimeisenä keskityn keinoihin suojautua säteilyvaaratilanteessa.

3.1 Varavoima

Suomalaiset kotitaloudet ovat erittäin riippuvaisia sähköstä (Laitinen & Vainio 2009, 3). Asumisessa sähköä kuluu eniten rakennusten lämmitykseen, kotitalouslaitteille sekä muille sähkölaitteille (Kuva 9). Monet rakennuksen järjestelmät toimivat ainakin osittain sähköllä, joten suuri osa rakennuksen ongelmista häiriötilanteessa ratkeaa, jos sähkö tai edes osa sähköstä saadaan toimimaan. Jos sähköverkosta ei jostain syystä saada sähköä tai jos rakennuksen oma sähköjärjestelmä ei toimi, täytyy tarvittava sähkö tuottaa varavoimalla. Varavoima tarkoittaa Energiasanaston (1989 viitattu Sanastokeskus 2025) mukaan energiantuotantojärjestelmää, joka on normaalioloissa vajaakäytöllä, mutta voidaan ottaa tarvittaessa käyttöön. Varavoima mielletään yleisessä keskustelussa usein polttoainekäyttöiseksi generaattoriksi (Wikipedia 2024), kuten aggregaattiksi, mutta tässä työssä termiä käsitellään Energiasanaston (1989 viitattu Sanastokeskus 2025) määritelmän mukaan laajemmin. Sähköverkossa ja tuotantolaitoksissa on myös varavoimajärjestelmiä (Fingrid 2021), mutta tässä työssä keskitytään paikallisiin järjestelmiin, joihin voi vaikuttaa rakennuksen suunnittelussa. Tarkastelen varavoimajärjestelmistä ensin polttoainekäyttöisiä aggregaattia ja mikro-CHP-laitetta. Seuraavaksi käsittelen tuuli- ja aurinkovoimaa sekä niihin liittyviä akkujärjestelmiä.

Sähköenergian käyttökohteet asuintaloissa 2023, GWh



Kuva 9 Sähköenergian käyttökohteet asuintaloissa vuonna 2023 (Tilastokeskus 2024)

Aggregaatti on laite, joka tuottaa sähköä polttomoottorin avulla, ja sitä käytetään yleensä paikoissa, joissa ei ole vakituista sähkönsyöttöä kuten työmailla, mökeillä ja varavirtalähteinä kotona. Aggregaattien teho vaihtelee paljon riippuen käyttötarkoituksesta. Kotitalouskäyttöön tarkoitettujen pienien aggregaattien tuottamat tehot ovat noin 1–2 kW jatkuvaa tehoa, kun taas suuremmat mallit voivat tuottaa yli 10 kW. (Puuilo ei pvm.; Yleiskone 2024) Teollisuusaggregaattien teho vaihtelee noin 50 kW:sta jopa yli kolmeen MW:iin. (Generator Source 2025) Aggregaatin polttoaineenkulutus riippuu polttoaineesta ja moottorin koosta. Bensiinikäyttöiset aggregaattit ovat yleensä kevyempiä ja halvempia hankintahinnaltaan, mutta dieselkäyttöiset säästävät kustannuksia aktiivisessa käytössä koska ne kuluttavat vähemmän polttoainetta. Aggregaatti toimii monessa tilanteessa hyvänä varavirtalähteenä, kunhan sen ominaisuudet (teho, sähkön laatu, syöttö jne.) on valittu käyttötarkoitukseen nähden oikein. (Aggregaattit 2025)

Mikro-CHP (engl. *Micro Combined Heat and Power*) laitokset ovat pienikokoisia järjestelmiä, jotka tuottavat sekä lämpöä että sähköä samasta polttoaineesta. Laitos tuottaa sähköä generaattorilla ja samalla ohjaa polttomoottorin hukkalämmön lämmitykseen ja kuumaan veteen. Polttoaineena käytetään usein maakaasua, mutta vaihtoehtoisia ovat myös nestekaasu, biokaasu ja biomassat. (EA Technology 2021) Mikro-CHP laitteiden teho vaihtelee tyypillisesti 1 kW:sta 50 kW:iin. Polttoaineenkulutus riippuu käytetystä polttoaineesta ja laitteen tehokkuudesta. (Energy Saving Trust 2022; Junttila 2023)

Pientuulivoima on tuulivoimaa, jonka nimellisteho on enintään noin 1 kW. Joskus myös maataloudessa ja pienteollisuudessa käytettäviä noin 50–100 kW:n voimaloita kutsutaan

pientuulivoimaksi. (Motiva 2024c; Tuomi 2024) Tuulivoimaloita on kahta päätyyppiä: vaaka- ja pysty akselinen. Vaaka-akselinen on yleinen tyyppi teollisissa tuulivoimaloissa, koska ne voidaan sijoittaa vakaisiin tuulioloihin riittävän korkealle. Pysty akselinen tuuliturbiini on hyvä vaihtoehto esimerkiksi rakennettuun ympäristöön, jossa on epäoptimaaliset tuuliolot. Pysty akselinen turbiini toimii yhtä hyvin tuulen suunnasta riippumatta, joten sen voi asentaa matalammalle ja pyörteisempiin tuulioloihin. (RIL 2014, 60; Tummala ym. 2015, 1353–1354) Samalla matala asennuskorkeus helpottaa turbiinin huoltoa. Pysty akselisen tuuliturbiini on vaaka-akselista merkittävästi hiljaisempi ja tuottaa vähemmän värähtelyitä (Tummala ym. 2015, 1360).

Aurinkopaneelit muuttavat auringon säteilyenergian tasasähköksi, jota voidaan käyttää suoraan esimerkiksi kodinkoneissa, muuntaa invertterin avulla vaihtosähköksi tai varastoida akkuihin (Aarni & Kettunen 2024a). Paneelien nimellisteho ilmoitetaan piikkiwatteina (W_p), mitattuna standardiolosuhteissa (säteily määrä 1 000 W/m², lämpötila 25 °C). Esimerkiksi 1 kW_p:n järjestelmä vaatii noin 5 m² katon pinta-alaa ja tuottaa vuoden aikana Etelä-Suomessa 800–1 000 kWh, Pohjois-Suomessa 700–900 kWh. (Aarni & Kettunen 2024b) Aurinkosähkö ja akut lisäävät kerrostalon energiaomavaraisuutta ja vähentävät riippuvuutta sähköverkosta, kun järjestelmä suunnitellaan hyvin. Katon pinta-alan ja kantavuuden tulee riittää paneeleille, ja inverttereille sekä akuille tarvitaan tekninen tila. Varjostaviin rakenteisiin rakennuksen ympärillä on hyvä kiinnittää huomiota, jotta kaikki auringosta tuleva säteilyenergia pääsee paneelin pintaan saakka.

Vesivoimalla tarkoitetaan virtaavan veden liike-energian muuttamista generaattorilla sähköenergiaksi. Suomessa pienvesivoimalan putouskorkeus on tyypillisesti 2–6 metriä ja teho 100–1000 kW. (RIL 2014, 64–65) Vesivoiman hyödyntäminen kerrostalon varavoimana voi olla hyvä ratkaisu, jos sitä on saatavilla. Se ei ole kuitenkaan yleistettävä ratkaisu, koska riittävää virtaamaa tai putouskorkeutta on harvoin saatavilla varsinkaan taajama-alueen kerrostalotontilla.

3.2 Lämmitys

Valtion tukeman asuntorakentamisen keskuksen (Varke 2025a) tilastojen mukaan vuosina 2020–2023 valmistuneista kerrostaloista 68 % käytti kaukolämpöä ja 15 % maalämpöä päälämmönlähteenä, ja nämä olivat tilaston mukaan ainoita käytettyjä päälämmitysjärjestelmiä. Loput 17 % kerrostaloista ovat lämmitysjärjestelmän osalta vielä dokumentoimatta, mikä viittaa siihen, että kaukolämmön ja maalämmön osuudet ovat todennäköisesti hieman suurempia. Maalämpö on paikallinen lämmöntuotantomuoto, joka voi toimia itsenäisesti. Laite tarvitsee kuitenkin sähköä

toimiakseen, joten sen häiriötön käyttö edellyttää pientä varavoimaratkaisua, kuten aggregaattia sähkökatkojen varalle. Sitä vastoin kaukolämpö on keskitetty järjestelmä, jonka häiriöt vaikuttavat laajasti käyttäjiin. Energiategollisuuden (2024) mukaan kaukolämmön toimintavarmuus oli vuonna 2023 99,98 %. Harvinaisissa häiriötilanteissa – esimerkiksi putkirikon tai voimalaitoksen vian sattuessa – keskeytys voi kuitenkin jättää lukuisia kerrostaloja ilman lämmitystä, etenkin kylminä talvikuukausina. Kaukolämmön keskeytyksessä asukkailla ei ole vaikutusmahdollisuuksia tilanteen korjaamiseen, sillä järjestelmä on täysin riippuvainen operaattorin toiminnasta. Kaukolämmön häiriöön voidaan varautua joko siirtymällä kokonaan paikalliseen lämmöntuotantoon tai käyttämällä varalämmitysjärjestelmää. Kerrostaloon soveltuvia paikallisia lämmöntuotantojärjestelmiä ovat erilaiset lämpöpumput sekä bioenergia.

Maalämpöpumppu kerää porakaivon tai vaakaputkiston avulla maaperään, kalliioon tai vesistöön varastoitunutta lämpöenergiaa rakennuksen vesikiertoiseen lämmönjakojärjestelmään. Sen hyötysuhde on Suomessa noin 2,5–3,5. Järjestelmä sopii kerrostaloihin, joissa on riittävästi tonttitilaa porauksille tai putkistolle. Maalämpö voidaan mitoittaa joko kattamaan koko rakennuksen lämmitystarpeen tai tukemaan kaukolämpöä. Kylmissä olosuhteissa maalämmön teho pysyy vakaana koska maaperän lämpötila on tasainen ympäri vuoden. Järjestelmä tarvitsee sähköä ja siksi häiriötilanteissa varavoimaratkaisu on tarpeellinen. Maalämmön käyttökustannukset ovat pienet, mutta alkuinvestointi on melko suuri. (Kettunen 2024b)

Ilma-vesilämpöpumppu (IVLP) siirtää ulkoilman lämpöenergiaa rakennuksen vesikiertoiseen lämmönjakojärjestelmään ulkoyksikön lämmönvaihtimen avulla. Laitteen hyötysuhde on noin 2–4. Se sopii kerrostaloihin, joissa on tilaa ulkoyksikölle esimerkiksi katolla. IVLP on hyvä vaihtoehto hybridiratkaisuksi kaukolämmön rinnalle, etenkin jos maalämpö ei ole mahdollinen tontin rajoitusten vuoksi. Kylmissä olosuhteissa laitteen teho laskee, ja alle -15 °C:n lämpötilassa lisälämmitystä saatetaan tarvita. IVLP vaatii sähköä toimiakseen, joten häiriötilanteissa, kuten sähkökatkoissa, varavoimaratkaisu on tarpeen. (Kettunen 2024a)

Poistoilmalämpöpumppu (PILP) siirtää rakennuksen poistoilmasta talteen otettua lämpöenergiaa vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään, kuten lattialämmitykseen tai käyttöveden lämmitykseen, hyödyntäen ilmanvaihdon hukkalämpöä. Se on energiatehokas, sillä se voi säästää 30–50 % lämmitysenergiasta keräämällä lämpöä, joka muuten menisi hukkaan, ja sopii kerrostaloihin, joissa on koneellinen poistoilmanvaihto. PILP on erityisen hyödyllinen saneerauskohteissa, joissa voidaan hyödyntää olemassa olevaa ilmanvaihtojärjestelmää. Kylmissä olosuhteissa sen teho riippuu poistoilman lämpötilasta ja määrästä, mutta se ei yksinään riitä kattamaan koko

lämmitystarvetta, vaan toimii parhaiten lisälämmönlähteenä. PILP vaatii sähköä toimiakseen, joten häiriötilanteissa, kuten sähkökatkoissa, varavoimaratkaisu, esimerkiksi sähkövastukset, on tarpeen. Motivan mukaan se on kustannustehokas ratkaisu kerrostaloissa, mutta sen hyötysuhde voi vaihdella ilmanvaihdon tehokkuuden mukaan. (Kettunen 2024c)

Ilmalämpöpumppu (ILP) siirtää ulkoilman lämpöenergiaa rakennuksen sisäilmaan ja käyttää siihen ulkoyksikköä sekä sisäyksikköä. Sen hyötysuhde on noin 2–5. Laite sopii kerrostaloihin, joissa on tilaa ulkoyksikölle esimerkiksi parvekkeella tai katolla. Ilmalämpöpumppu toimii hyvin lisälämmityslähteenä talvella ja jäähdytyksenä kesällä, mutta ei korvaa kokonaan päälämmitystä. Kylmissä olosuhteissa sen teho heikkenee ja pakkasilla lisälämpö voi olla tarpeellinen. Laite tarvitsee sähköä ja siksi häiriötilanteissa varavoimaratkaisu on välttämätön. (Kettunen 2025)

Keskukslämmityskattila tuottaa lämpöenergiaa rakennuksen lämmitysjärjestelmään polttamalla esimerkiksi biomassaa, kuten puuta, pellettejä tai biokaasua. Kylmissä olosuhteissa kattilan teho pysyy vakaana, koska ulkolämpötila ei vaikuta palamiseen. Kattilalle ja polttoainevarastolle täytyy varata riittävästi tilaa, ja rakennukseen pitää suunnitella savupiippu. Lisäksi järjestelmä vaatii jonkin verran ylläpitoa ja logistiikkaa. Sähköä kuluu esimerkiksi pumppuihin ja sytytykseen, joten sähkökatkon varalle tarvitaan varavoimaa. (Motiva 2024a) Paikallinen bioenergia voidaan maalämmön tavoin mitoittaa kattamaan koko rakennuksen lämmöntarve. Ylläpidon ja huoltamisen vuoksi bioenergia toimii kuitenkin luontevammin kaukolämmön tukilämmityksenä, jolla voidaan tarvittaessa lämmitellä koko rakennus.

3.3 Vesi

Veden saannin ja jätevesien käsittelyn varmistaminen häiriötilanteissa on olennainen osa kerrostalojen omavaraisuuden suunnittelua. Kunnallinen vesihuolto on hyvä ratkaisu normaalissa tilanteessa, mutta se voi keskeytyä esimerkiksi sähkökatkosten, luonnonkatastrofien tai infrastruktuurin vaurioiden vuoksi. Varajärjestelmät tarjoavat vaihtoehtoja vedenhankintaan ja jätevesien hallintaan, ja samalla vähentävät riippuvuutta keskitetystä vesijohtoverkostosta ja viemäroinnistä. Tässä alaluvussa tarkastellaan erilaisia veteen liittyviä varajärjestelmiä kerrostalon tapauksessa: vesikaivoa, sade- ja harmaan veden järjestelmiä, kuivakäymälää sekä korttelitason vesihuoltolaitosta. Näiden järjestelmien soveltuvuutta arvioidaan kerrostalon tarpeiden, tilavaatimusten ja paikallisten olosuhteiden perusteella, jotta voidaan arvioida mitkä vesihuollon varajärjestelmät toimivat parhaiten kerrostaloympäristössä häiriötilanteissa.

Vesikaivo tuottaa vettä rakennuksen käyttöön ottamalla sen pohjavedestä maaperän tai kallion sisältä. Se voi vähentää riippuvuutta kunnallisesta vesijohtoverkostosta, mutta toteuttaminen edellyttää esimerkiksi porakaivon rakentamista ja veden laadun säännöllistä tarkkailua. Pohjaveden esiintyminen maaperässä ja kalliolla mahdollistaa kaivon toiminnan myös kylmissä olosuhteissa, sillä pohjavesi sijaitsee syvällä ja on vähemmän altis jäätymiselle. (Hatva ym. 1996) Kaivo voi toimia sopivissa olosuhteissa kerrostalon vedenhankinnan pääjärjestelmänä. Se ei kuitenkaan ole yleispätevä ratkaisu kerrostalon vedenhankintaan, koska suuren kaivon toiminta vaatii tietyt maaperän ominaisuudet ja olosuhteet, joita ei välttämättä ole kerrostalon tontilla varsinkaan kaupunkialueella.

Kuivakäymälä toimii vesikatkon tai viemärihäiriön aikana varajärjestelmänä, koska se ei tarvitse vettä toimiakseen. Mikro-organismit hajottavat jätteen hallituissa olosuhteissa ja kuivike tehostaa prosessia vähentäen hajuja. (Aburto-Medina ym. 2020, 4; Elwell 2000) Jäte kiertää hyötykäyttöön, kuten lannoitteeksi ja vähentää vedenkulutusta (Langergraber & Muellegger 2005, 433). Kerrostaloissa kuivakäymälät voisivat toimia itsenäisinä yksikköinä asunnoissa tai keskitettyinä järjestelminä, joissa jäte ohjataan yhteiseen kompostointiin. Asuntokohtainen kuivakäymälä voi olla irtomainen ämpäri tai kiinteä laite, joka täytyy suunnitella rakennukseen. Samoin keskitetty kuivakäymäläjärjestelmä vaatii suunnittelua etukäteen.

Sade- ja harmaan veden kierrätys kerrostalossa vähentää vedenkulutusta ja tukee omavaraisuutta häiriötilanteessa. Sadevettä voidaan kerätä katoilta syöksyputkien kautta säiliöihin, puhdistaa ja käyttää esimerkiksi WC:n huuhteluun tai kasvien kasteluun. (Mäkelä 2022, 23–25) Harmaavedellä tarkoitetaan kotitaloudessa muita paitsi käymälästä tulevia jätevesiä (Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus 2020, 7). Harmaavesi voidaan kerätä erillisen putkiston avulla, puhdistaa yksinkertaisilla menetelmillä ja kierrättää uudelleen vastaaviin tarpeisiin (Nikkanen 2017, 19–20). Kerrostaloissa järjestelmä vaatii tilaa säiliöille ja erillisiä putkia, mikä lisää kustannuksia (Nikkanen 2017, 36). Toisaalta järjestelmä voisi toimia vesihuollon häiriön varajärjestelmänä, sillä se ei ole riippuvainen kunnallisesta verkosta. Sadevesisäiliöt ja kierrätetty harmaavesi tarjoaisivat varaveden esimerkiksi putkirikkojen aikana, kunhan säiliöissä on riittävästi vettä ja laitos toimii ilman ulkopuolista energiaa tai pienellä varavoimalla. Suomessa talviolosuhteet, kuten lumen kertyminen katoille, voivat kuitenkin rajoittaa sadeveden saatavuutta ajoittain.

3.4 Ruoka

Kerrostaloasukkaiden elintarvikehuoltoa häiriötilanteissa voidaan helpottaa rakennuksen suunnitteluvaiheen valinnoilla. Rakennukseen voidaan varata tilaa elintarvikkeiden säilytykseen, valmistukseen ja tuottamiseen. Kuivat elintarvikkeet ja säilykkeet säilyvät käyttökelpoisina pitkään tavallisissa asumisolosuhteissa, mutta jääkaappi- ja pakastintuotteet tarvitsevat varavoimaa tai muuten riittävän viileät olosuhteet (SPEK ei pvm.-a). Ruoan valmistusta voidaan tukea asunnoissa esimerkiksi riittävällä ilmanvaihdolla, jotta kaasukeittimien käyttö on turvallista. Valmistuksen voi järjestää myös yhteiskeittiöön tai grillikatokseen, jossa on puu- tai kaasuliesi sähkökatkon varalle. Ruoan tuottamista voi tukea suunnittelemalla sille tiloja parvekkeelle, pihalle tai rakennuksen katolle.

3.5 Säteilyvaara

Säteilyvaaratilanteelta suojautuminen riippuu siitä, miten lähellä säteilylähde on. Lähialue evakuoidaan ja eristetään, mutta kauempana ei tarvita yhtä järeitä toimenpiteitä. Kun ollaan sellaisella etäisyydellä, jossa säteilylähteelle ei altistuta suoraan, uhaksi jää ylikulkevan säteilypilven säteily. (Säteilyturvakeskus 2020, 22) Ensisijaisesti säteilyltä suojaudutaan sisätiloihin, suljetaan ilmanvaihto ja tiivistetään kaikki raot ja läpiviennit. Säteily läpäisee osittain ikkunat, joten paras paikka suojautua on esimerkiksi kellari, jossa on mahdollisimman vähän ikkunoita. (Säteilyturvakeskus 2020, 25) Väestönsuoja antaa hyvän suojan säteilyltä, mikäli se saadaan tarpeeksi nopeasti käyttökuntoon. Ydinaseen räjäytykseltä on syytä suojautua väestönsuojaan, mutta esimerkiksi ydinvoimalaonnettomuudelta suojautumiseen rakennuksen sisätilat tai kellari ovat riittäviä. (Säteilyturvakeskus 2020, 23)

4. KERROSTALON VARAUTUMISEN SUUNNITTELU

Tässä luvussa tarkastelen esimerkikerrostalon omavaraisuutta kahdessa erikestoisessa häiriötilanneskenaariossa: 72 tunnin (3 vrk) häiriötilanteessa, joka vastaa suomalaisten viranomaisten varautumissuositusta (SPEK ei pvm.-b), ja 14 päivän häiriötilanteessa, joka kuvaa pitkittyntä kriisiä. Skenaariot korostavat eroa lyhytaikaisen varautumisen ja pitkäaikaisen, lähes täysin itsenäisen toiminnan välillä. 72 tunnin varautumiseen riittää monissa tapauksissa varastointi, kun taas kahden viikon aikajänne kuvaa vakavia, pitkittyneitä kriisejä (esim. laajamittainen energiakatkos, luonnonkatastrofi tai infrastruktuurin romahdus), mikä haastaa rakennuksen omavaraisuuden äärimmilleen ja tuo esiin suunnittelun kannalta mielenkiintoisia näkökulmia.

72 tunnin skenaariossa käsittelen vain rakennuksen ehjänä säilymisen kannalta täysin välttämättömät toiminnot, joihin suunnitteluvaiheessa on mielekästä vaikuttaa. En ota huomioon asumiskelpoisuuden vaatimuksia, koska ihminen selviää useimmissa tapauksissa kolme vuorokautta kohtuullisella mukavuustason laskulla, kun kotitalouksien 72 tunnin varautumissuositusta on noudatettu. 14 päivän skenaariossa sen sijaan tarkastelen rakennuksen suunnitteluvaiheen valintoja, joilla asumiskelpoisuutta on mahdollista ylläpitää häiriötilanteessa lähes normaalilla tasolla. Lähes normaalilla asumiskelpoisuuden tasolla tarkoitan tilannetta, jossa esimerkiksi puhtaan veden säästämiseksi on käytettävä kuivakäymälää vesivessan sijaan.

Molemmat skenaariot, vain välttämätön 72 tuntia ja lähes normaali 14 päivää ovat ääriesimerkkejä ja useimpiin tilanteisiin sopiva ratkaisu olisi jotain näiden väliltä. Ei ole mielekästä esittää yhtä oikeaa ratkaisua, koska jokaisessa kiinteistössä on omat erityispiirteensä ja varautuminen on aina sopuratkaisu erilaisten tarpeiden välillä. Siksi esittelen tarkkojen ratkaisujen sijaan kaksi erilaista lähestymistapaa varautumiseen, joita voi soveltaa rakennuksen suunnittelussa.

4.1 72 tuntia: varastointi ja selviytyminen

Ensimmäisenä skenaariona käsittelen 72 tunnin eli kolmen vuorokauden häiriötilannetta. Suomen pelastusalan keskusjärjestö (SPEK) ja huoltovarmuuskeskus suosittelvat kotitalouksia varautumaan 72 tunnin häiriötilanteeseen muun muassa varastoimalla riittävästi ruokaa kolmen vuorokauden tarpeisiin ja hankkimalla patteritoimisen radion (SPEK ei pvm.-b). Skenaarion tarkoitus on esitellä varastointiin ja selviytymiseen

perustuvaa varautumisen lähestymistapaa, jossa rakennukseen suunnitellaan vain välttämättömiä varajärjestelmiä. Asukkaiden oletan selviytyvän lähtökohtaisesti kotivaran avulla niin, että rakennus tarjoaa vain suojan ulkoilmalta. Oletan tässä skenaariossa rakennuksen päälämmitysjärjestelmäksi kaukolämmön.

Lämmityksen kannalta vaativin ajankohta häiriötilanteelle on kova pakkanen, koska silloin sisä- ja ulkolämpötilan ero on suurimmillaan ja lämmitykseen tarvitaan eniten energiaa. Varautumisen ratkaisuja on syytä käsitellä tämän vaativimman tilanteen kautta. Puolustusministeriö (2019, 40) mukaan elementtikerrostalon sisäilman lämpötila laskee -20 °C :n pakkasella $+20\text{ °C}$:sta $+10\text{ °C}$:een 36 tunnissa eli 1,5 vuorokaudessa ja edelleen $+10\text{ °C}$:sta 0 °C :een kolmessa vuorokaudessa (Kuva 7). Tällöin voidaan karkeasti arvioida, että 72 tunnin lämmityskatkon jälkeen sisälämpötila on laskenut $+20\text{ °C}$:sta $+5\text{ °C}$:een. Asumismukavuus heikkenee tässä lämpötilassa jo huomattavasti, mutta se on kuitenkin selkeästi miellyttävämpi kuin ulkolämpötila.

Lämmityshäiriöön varautuessa on ensin hyvä keskittyä mahdollisimman pieneen energiankulutukseen, ja vasta sen jälkeen varajärjestelmiin. Suunnitteluvaiheessa energiankulutukseen voi vaikuttaa erityisesti niin sanotuilla passiivisilla keinoilla, joita ovat muun muassa rakennuksen suojaaminen tuulelta ja aurinkoenergian hyödyntäminen (Erat & Björkholtz 1982). Kun energiankulutus on pientä, varajärjestelmät voi mitoittaa pienemmälle kuormalle.

Suurin osa kerrostaloista lämmitetään kaukolämmöllä, jossa lämpö jaetaan yleensä vesikiertoisella lämmönjakojärjestelmällä (HSY 2025). Jos häiriötilanne on tavallinen sähkökatko, kaukolämpö luultavasti toimii normaalisti ja sähkökatko vaikuttaa lämmitysjärjestelmästä vain rakennuksen kiertovesipumppuun ja ilmanvaihtoon. Kiertovesipumpun tarvitsema sähkö on helppo tuottaa pienellä varajärjestelmällä (esim. aggregaatilla), jolloin lämmitysjärjestelmä toimii normaalisti. Kaukolämmön häiriössä kiertovesipumppu on yhtä lailla syytä pitää käynnissä, koska virtaava vesi hidastaa rakennuksen viilenemistä ja estää putkien jäätymistä. Kerrostalon lämpökapasiteetti on tosin ulkovaipan rakenteesta riippumatta sen verran suuri (Kuva 7), että kiertovesiputket pysyvät pysähtyneenäkin sulana ainakin muutaman vuorokauden. Ilmanvaihdon puuttuminen aiheuttaa erityisesti kosteudelle alttiissa tiloissa rakenteiden kastumisen riskin, joka voi johtaa esimerkiksi homevaurioihin pitkällä aikavälillä.

72 tunnin häiriötilanteessa sähköenergia on rakennuksen kunnon kannalta välttämätöntä vain kiertovesipumpun ja ilmanvaihdon pyörittämiseen. Muut sähkölaitteet, kuten valaistuksen ja keittiölaitteet voi korvata kotivaraan kuuluvilla välineillä. Hyvä ratkaisu kiertovesipumpun ja ilmanvaihdon ylläpitämiseksi on esimerkiksi aggregaatti, joka

tuottaa riittävästi energiaa rakennuksen tarpeeseen. Aggregaatin teho riippuu rakennuksen koosta ja välttämättömien järjestelmien sähkönkulutuksesta. Kun rakennus on suunniteltu huolella ja taloteknisten järjestelmien valinta onnistunut, jo melko pienellä varavoimalla voidaan saada rakennus tarvittaessa toimimaan ilman ulkopuolista sähkövirtaa.

Vesi ei ole häiriötilanteessa rakennuksen kunnan kannalta välttämätöntä, ja asukkaat pärjäävät kolme vuorokautta kotivaraan kuuluvalla vedellä. Ainoa vesihuoltoon liittyvä ongelma on sähkökatko, joka pysäyttää kunnallisen viemäriverkoston pumput. Tällöin viemäriä ei voi käyttää eikä wc:tä voi vetää. (Puolustusministeriö 2019, 18) Puolustusministeriön (2019, 19) mukaan väestönsuojissa pitää olla väliaikaisia vessoja, joita voi käyttää häiriötilanteessa. Asuntoihin voi myös suunnitella tavallisten käymälöiden lisäksi kuivakäymälöitä, jotka toimivat niin normaali- kuin häiriötilanteessa. Kuivakäymälä on hyvä ratkaisu veden kulutuksen pienentämiseksi, koska se tarvitsee toimiakseen hyvin vähän tai ei lainkaan vettä. Kevyimmät mallit ovat käytännössä vain kannellisia ämpäreitä, jotka voivat olla osa kotivaraa. Sen sijaan kiinteämmät ratkaisut täytyy ottaa suunnittelussa huomioon sekä teknisesti että myös tilaohjelman kannalta. Kiinteän kuivakäymälän voi sijoittaa esimerkiksi omaan wc-tilaan tai tavallisen wc:n yhteyteen. Tekniseksi haasteeksi muodostuu kerrostalossa erityisesti käymäläjätteen varastointi ja käsittely. Käymäläksi kannattaa valita erotteleva malli, joka johtaa kiinteän ja nestemäisen jätteen eri kanaviin (Langergraber & Muellegger 2005, 437). Nesteen voi johtaa suoraan viemäriin, jos mahdollista, tai esimerkiksi pieneen jätevesisäiliöön (Aburto-Medina ym. 2020, 2). Kiinteä jäte voidaan kerätä kellariin jätesäiliöön, joka tyhjennetään tietyin väliajoin. Muita vaihtoehtoja ovat jätteen kompostointi, polttaminen ja jäädyttäminen. (Aburto-Medina ym. 2020, 5–6)

Tarvittavan ruoan varaaminen kolmen vuorokauden tarpeisiin kuuluu SPEK:n (ei pvm.-c, 10–11) kotivarasuositukseen, eli se on asukkaan omalla vastuulla. Suunnittelussa ruokahuoltoa voi kuitenkin helpottaa esimerkiksi järjestämällä varavoimaa sekä riittävästi kaappi- ja varastotilaa. Ruoan valmistus onnistuu häiriötilanteessakin pääosin keittiössä, esimerkiksi sisätiloihin tarkoitettulla kaasukeittimellä (Tukes ei pvm.). Suurempia ruoanvalmistuslaitteita kuten grilliä on käytettävä ulkona, ja sen helpottamiseksi keittiöstä olisi hyvä olla helppo kulku parvekkeelle tai muihin ulkotiloihin. Ruoan valmistukseen tarvitaan usein myös vettä, jonka varastointiin tarvittavan tilan voi ottaa huomioon säilytystilojen mitoituksessa. Olennainen ruokahuollon osa kerrostalossa on ruoan säilyttäminen. Huoneenlämmössä säilyvät tuotteet eivät ole ongelma, mutta kylmäsäilytystä voi helpottaa varautumisen suunnittelussa. SPEK:n (ei pvm.-c, 13) ohjeen mukaan sähkökatkossa jääkaappituotteet pilaantuvat nopeasti, mutta

pakastimessa elintarvikkeet säilyvät hieman pidempään. Sopivaa ulkolämpötilaa voi käyttää hyödyksi, mutta varmempi ratkaisu on mitoittaa varavoima kattamaan kylmälaitteiden sähkönkulutus.

Säteilyvaaratilanteessa suojautumiseen on kerrostalossa muutamia keinoja. Ensinnäkin rakennuksessa tulisi olla jokin ikkunaton tila, jossa pystyy viettämään muutaman tunnin. Sen lisäksi ilmanvaihto on syytä sulkea ja mahdolliset raot tiivistää, jotta säteilyä pääsisi sisätiloihin mahdollisimman vähän. Osa säteilystä läpäisee ikkunalasin, joten tilassa tulisi olla mahdollisimman vähän ikkunapinta-alaa. (Säteilyturvakeskus 2020, 25) Jos säteilyn lähde on lähellä, alue evakuoidaan kokonaan. Jos säteily sen sijaan on peräisin kauempaa, ja säteilypilvi näyttää ylittävän esimerkkirakennuksen, viranomaisen voi evakuoinnin sijaan ohjeistaa asukkaita suojautumaan sisälle rakennuksiin. (Säteilyturvakeskus 2020, 22–23) Käsittelen sisälle suojautumista vain 72 tunnin skenaariossa, koska yli kaksi vuorokautta kestävässä säteilyvaaratilanteessa alue evakuoidaan (Itä-Uudenmaan pelastuslaitos 2019).

4.2 2 viikkoa: omavarainen asuminen

Kahden viikon varautumisskenaarion olen valinnut kuvaamaan häiriötilannetta, jossa pelkkä varastointi ei riitä, vaan rakennuksen asumiskelpoisuuden ylläpitämiseksi on järjestettävä omavaraisia järjestelmiä, kuten omaa lämmön- ja ruoantuotantoa. Käsittelen ratkaisuvaihtoehtoja energian, veden ja ruoan näkökulmista. Pyrin esittämään ratkaisuja, jotka takaavat lähes normaalin asumismukavuuden tason. Lähes normaalilla tasolla tarkoitan tilannetta, jossa asuminen rakennuksessa onnistuu pienillä poikkeamilla tavanomaisesta. Tällaisia ovat esimerkiksi 18 °C sisälämpötila 21 °C sijaan (Asumisterveysasetus 545/2015ei pvm.) tai kuivakäymälän käyttäminen vesivessan sijaan.

Energia

Kahden viikon häiriötilanteessa tarvitaan omavaraista sähkön- ja lämmöntuotantoa, jonka teho on riittävän suuri kattamaan energiatarpeen esimerkkirakennuksessa. Keskitetyssä järjestelmässä häiriö voi tulla esimerkiksi kaukolämpöverkkoon tai -laitoksiin, jolloin rakennuksen näkökulmasta ei ole mitään tehtävissä. Paikallinen lämmöntuotanto on omavaraisuuden kannalta parempi ratkaisu, koska talo- ja huolto-yhtiö voivat huoltaa ja korjata vikaantunutta järjestelmää itse. Hajautetut järjestelmät ovat myös vähemmän houkuttelevia kohteita vahingonteolle. Omavarainen sähköntuotanto voidaan saavuttaa joko yhdellä tai useammalla järjestelmällä. Yhden järjestelmän ratkaisu voidaan toteuttaa esimerkiksi aggregaatilla, lämmön ja sähkön

yhteistuotantolaitoksella tai tulevaisuudessa mahdollisesti myös mikroydinreaktorilla. Usean järjestelmän omavaraisessa energiantuotannossa voidaan käyttää esimerkiksi uusiutuvia aurinko-, tuuli- ja vesivoimaa, lämpöpumppuja, polttolämmitystä, generaattoreita tai akkuja. Järjestelmät voivat olla kokonaan tai osittain varalla ja käyttöönotettavissa häiriötilanteessa, tai ne voivat olla rakennuksen pääasiallinen järjestelmä. Varajärjestelmän tapauksessa pääjärjestelmänä voidaan käyttää keskitettyä järjestelmää, kuten kaukolämpöä tai sähköverkkoa. Sähköntuotto on näin myös hajautettua, jolloin samanaikaisten häiriöiden todennäköisyys pienenee. Ratkaisun huono puoli on se, että huollettavia ja maksettavia järjestelmiä on useampia. Varavoima pääjärjestelmänä on yksinkertaisempi ratkaisu, mutta sen käyttökustannukset voivat nousta keskitettyä järjestelmää suuremmiksi. Jos omavarainen pääjärjestelmä on kustannuksiltaan järkevä, se on yksinkertaisuutensa vuoksi varajärjestelmää parempi ratkaisu. Kuten aiemmin mainittu, Varken (2025b) mukaan vuosina 2020–2023 valmistuneissa kerrostaloissa 68 %:ssa on päälämmitysjärjestelmänä kaukolämpö ja 15 %:ssa maalämpö. 17 %:ssa rakennuksista lämmitysjärjestelmää ei ole vielä tilastoitu. Kaukolämpö on keskitetty järjestelmä, jonka rinnalle täytyy miettiä häiriötilanteiden varalle varalämmitysjärjestelmä. Sen sijaan maalämpö tuotetaan kiinteistön omalla tontilla, ja se tarvitsee vain hieman varavoimaa pumppujen pyörittämiseen. Maalämpö on siis omavarainen pääjärjestelmä, joka on lisäksi jo tällä hetkellä käytössä monessa uudessa kerrostalossa.

Omavaraisen energijärjestelmän tärkeä ominaisuus on luotettavuus. Sähköä ja lämpöä on kyettävä tuottamaan silloin, kun häiriötilanne on päällä. Sen vuoksi aurinko- ja tuulivoima sekä ilmalämpöpumput eivät sovellu varajärjestelmiksi. Ne saattavat olla normaalitilanteessa hyviä tukien energian lähteitä, mutta ne eivät ole luotettavia kaikissa olosuhteissa. Aurinkovoima ei toimi yöllä eikä talvella, tuulivoima vaatii tuulta ja ilmalämpöpumppujen teho laskee kovilla pakkasilla huomattavasti. Sen sijaan kaikissa oloissa luotettavia, kerrostaloon soveltuvia energiantuotannon muotoja ovat maalämpö ja polttamiseen perustuvat järjestelmät. Maalämpö kerää maaperään varastoitunutta lämpöä, johon ulkolämpötilalla tai muilla ulkoisilla olosuhteilla ei ole vaikutusta (Kettunen 2024b). Polttamalla saadaan tuotettua lämpöä, sähköä tai molempia. Aggregaatti tuottaa polttoaineesta sähköä polttomoottorin ja generaattorin avulla (Yleiskone 2024), lämpökattilassa saadaan polttamalla siirrettyä lämpöä rakennuksen vesikiertoiseen lämmönjakoon ja CHP-laitteilla tuotetaan polttamalla sekä sähköä että lämpöä (EA Technology 2021). Lämpökattilan huonoja puolia ovat sen tarvitsema huolto ja logistiikka sekä savupiippu. Vanhoissa rakennuksissa kattila voi toimia erinomaisena vara- ja

tukilämmityksenä, jos sen tarvitsemat rakenteet ovat jo olemassa esimerkiksi öljylämmityksen jäljiltä.

Kerrostalon lämmitys on haastavaa kokonaan ilman sähköä. Lämmönjakojärjestelmät eivät toimi ilman sähköä, joten ainoa vaihtoehto on huonekohtainen lämmitys. Se voidaan toteuttaa esimerkiksi puutakalla, valopetroli- tai kaasulämmittimellä. Valopetroli- ja kaasulämmittimet ovat kuluttajalaitteita, joiden käyttöä ei tarvitse ottaa suunnitteluvaiheessa huomioon. Sen sijaan puulämmityksen mahdollisuus täytyy suunnitella tarkasti etukäteen. Kerrostaloissa huonekohtainen puulämmitys oli vielä 1900-luvun alussa yleistä, mutta se on väistynyt tehokkaampien järjestelmien tieltä (Käyhkö 2023). Korkala (2018, 22) väittää, että uusiin kerrostaloihin rakennettaisiin enenevässä määrin puutakkoja lisälämmönlähteeksi, mutta hän ei mainitse esimerkkejä toteutuksesta. Puulämmitys ei ole nykyaikana varteenotettava vaihtoehto kerrostalon päälämmitysjärjestelmäksi. Tukilämmitysmuotona se voi toimia, mutta vaatii erityistä suunnittelua savunpoiston ja polttopuiden logistiikan osalta.

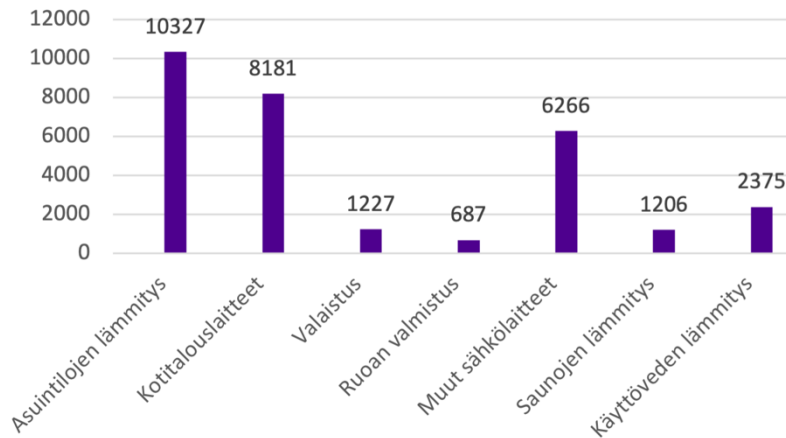
Lämmitykseen toimii häiriötilanteessa parhaiten järjestelmä, jonka hyötysuhde on mahdollisimman suuri. Tällöin lämmittämiseen kuluu mahdollisimman vähän sähköenergiaa. Esimerkiksi maalämpöjärjestelmässä hyötysuhde on lähteestä riippuen noin 1:3–1:4 (Costella 2024; Kettunen 2024b; Lämpöykkönen 2024). Lämpö saadaan maaperästä ja vain pumpun pyörittämiseen tarvitaan sähköä. Varavoimaksi riittää pieni järjestelmä, jonka teho riittää käyttämään pumppua. Vertailuna suoran sähkölämmityksen hyötysuhde on noin 1:1 (Haaga 2023), jolloin kaikki lämpö tuotetaan sähköllä ja varavoimajärjestelmän on kyettävä tuottamaan koko rakennuksen lämmitykseen tarvittava sähköenergia. Maalämpöpumppu mitoitetaan usein niin, että sillä katetaan 95–99 % lämmitystarpeesta ja loput sähkövastuksella (Kettunen 2024b). Mitoitus lasketaan normaaliolojen energiankulutuksella. Jos häiriötilanteessa sisälämpötilaa lasketaan 18 °C:een, myös tarvittava huipputeho laskee. Tällöin järjestelmä voi kattaa lämmitysenergian tarpeen kokonaan tai lähes kokonaan, jolloin sähkövastusta ei tarvita ja pienempi varavoima riittää.

Varavoimaratkaisu riippuu tarvittavan sähkön määrästä. Tarvittava sähkön määrä puolestaan riippuu siitä, mitä järjestelmiä on tarkoitus ylläpitää varavoimalla ja mikä on niiden sähköntarve. Rakennuksen kannalta olennaisia järjestelmiä ovat lämmitys ja ilmanvaihto. Jos rakennuksen lämpötila laskee kylmänä vuodenaikana liian alhaiseksi, rakenteet eivät toimi enää rakennusfysikaalisesti oikealla tavalla ja talotekniikasta ainakin vesikiertoiset järjestelmät voivat hajota. Toisaalta lähes normaalin asumismukavuuden tason saavuttamiseksi sähköä tarvitaan välttämättömän talotekniikan lisäksi muun muassa kotitalouslaitteille ja valaistukseen.

Tämän luvun johdannossa laskettiin esimerkikerrostalon energiankulutuksen olevan noin 658 kWh/vrk. Kuvasta 11 voidaan laskea, että asumisen energiankulutuksesta noin 59 % käytetään asuintilojen lämmitykseen, jolloin esimerkkirakennuksen energiankulutuksen lämmitykseen kuluva osuus on noin 388 kWh/vrk. Sisälämpötilaksi voidaan olettaa 21 °C (Motiva 2024b). Asumisterveysasetuksen (Asumisterveysasetus 545/2015ei pvm.) liitteessä 1 määritellään asuinhuoneen lämpötilan alarajaksi + 18 °C, jota käytän tavoitelämpötilana pitkittyneessä häiriötilanteessa. Sisälämpötilan laskun yhdellä asteella arvioidaan vähentävän energiankulutusta 5 % (Motiva 2024b). Sisälämpötilan lasku on $21 - 18 = 3$ astetta ja energiankulutus laskee $3 \times 5 \% = 15 \%$, jolloin esimerkkirakennuksen 18 °C lämmitykseen tarvittava energia on $388 \text{ kWh/vrk} \times 0,85 \approx 330 \text{ kWh/vrk}$.

Lämmitysjärjestelmän täytyy siis kyetä tuottamaan vähintään 330 kWh lämpötehoa vuorokaudessa. Järjestelmän tehon tulee olla $330 \text{ kWh} / 24 \text{ h} = 13,75 \text{ kW}$. Laskelma olettaa, että laite toimii täydellä teholla koko ajan ilman häviöitä. Todellisessa tilanteessa hyötysuhde ja muut tekijät voivat vaikuttaa tarvittavaan tehoon. Jos maalämpöjärjestelmän hyötysuhde on 4, tarvitaan 13,75 kW lämpötehon tuottamiseksi 2,75 kW sähkötehoa. Tämän lisäksi sähkötehoa tarvitaan myös muihin kohteisiin, joiden osuus voidaan arvioida kuvan 10 perusteella olevan noin 65 % koko sähkönkulutuksesta. Tällöin tarvittava sähköteho on yhteensä noin 7,86 kW. Tämän kokoluokan aggregaatteja on saatavilla kuluttajalaitteina, ja ne kuluttavat polttoainetta noin 4 litraa tunnissa (Yleiskone 2024). Pidemmän häiriötilanteen varalle kiinteistössä täytyy olla riittävästi polttoainetta. Esimerkiksi kuution säiliöllä polttoainetta riittää neljän litran kulutuksella noin 10 vuorokaudeksi. Säiliön voi rakentaa rakennuksen sisään, mutta se vaatii erikoissuunnittelua turvallisuuden takaamiseksi.

Sähköenergian käyttökohteet asuintaloissa 2023, GWh



Kuva 10 Sähköenergian käyttökohteet asuintaloissa vuonna 2023 (Tilastokeskus 2024)

Vesi

Vedensaanti on nykyään normaalioloissa välttämättömyys asuintaloissa. Korhosen ja kumppaneiden (2020, 10) mukaan suomalaisen keskimääräinen vedenkulutus on noin 120 litraa vuorokaudessa. Nesteytyksen lisäksi vettä käytetään esimerkiksi hygieniaan ja ruoanlaittoon. Rakennuksen kannalta veden saanti ei ole välttämätöntä. Toisin sanoen rakennus ei tarvitse vettä, mutta asukkaat tarvitsevat. Häiriötilanteessa rakennuksen vedentulo voi katketa, minkä varalle kunnilla ja viranomaisilla on erilaisia suunnitelmia kansalaisten vedensaannin varmistamiseksi. Esimerkiksi vesihuoltopooli (2011) on laatinut vesihuoltolaitoksille vedenjakeluoppaan, jossa eritellään varavedenjakelun toimenpiteitä. Keskitetty varautuminen on aiheellista, sillä Seppälän (2013) mukaan noin 90 % suomalaisista asuu keskitetyn vesihuollon piirissä. Vesi tulee kunnallistekniikan kautta, ja jos se katkeaa tai saastuu, asukkaat jäävät ilman talousvettä. Asukkaat ovat viranomaisten sekä oman varautumisensa varassa. Omavaraisuuden kannalta olisi hyödyllistä, että kiinteistö- tai korttelitasolla käytettäisiin varajärjestelmiä vesikatkon varalle. Samalla viranomaisten vedenjakelu kohdistuisi niihin kohteisiin, joissa sille on suurin tarve, esimerkiksi sairaaloihin. Vesihuollon varautuminen koostuu veden säästeliäästä käytöstä häiriötilanteessa, sekä niin sanotun varaveden järjestämisestä. Lisäksi veden pumppaamiseen tarvitaan sähköä, mikä on huomioitu varavoiman arvioinnissa aiemmin. Häiriötilanteessa helpottaa myös veden säännöstellä käyttö, mikä

perustuu suurelta osiin asukkaan vedenkäyttötottumuksiin. On kuitenkin joitain suunnitteluratkaisuita, joilla vedenkäyttöä voi ohjata pienemmäksi tai jopa lopettaa.

Omavaraisen vedenhankinnan kannalta vesikaivo olisi erinomainen ratkaisu, mutta sen kapasiteetti riittää harvoin kerrostalon pääjärjestelmäksi varsinkaan kaupunkialueella. Varajärjestelmänä se voi toimia, jos alue ja maaperä soveltuvat kaivon rakentamiseen. (SYKE 2021) Vaihtoehtoisia pääjärjestelmiä julkiselle vesihuollolle ei juuri ole, mutta varavettä voi järjestää käyttövesivaraajalla tai toisaalta veden kulutusta voi laskea suunnitteluratkaisuilla. Sen lisäksi puhtaan käyttöveden tarvetta voi pienentää muun muassa sade- ja harmaan veden kierrätyksellä, jäteveden käsittelyllä sekä kuivakäymälöillä, joita käsiteltiin 72 tunnin skenaarion yhteydessä. Kerrostalotontilla jäteveden imeytykseen on harvoin tarpeeksi tilaa, mutta sade- ja harmaan veden kierrätys on mahdollista (Mäkelä 2022). Edellisistä ratkaisuista kaivo sekä sade- ja harmaan veden kierrätysjärjestelmät tarvitsevat sähköä pumppujen pyörittämiseen, mutta kuivakäymälöitä on saatavilla kokonaan sähköttömiä malleja.

Rakennuksen vesiliittymän yhteyteen on mahdollista rakentaa käyttövesivaraaja, joka kierrättää normaalitilanteessa rakennukseen tulevan veden varaajan kautta. Kahden viikon häiriötilanteeseen käyttövesivaraaja ei riitä, mutta alkuvaiheessa talousvettä riittää varaajan koosta ja veden kulutuksesta riippuen ainakin vähäksi aikaa. Jos kulutus on normaalitilanteessakin suurta, käyttövesivaraajan tulisi olla huomattavan suuri kattaakseen esimerkiksi vuorokauden vedentarpeen. Siksi käyttövesivaraajan tapauksessa on syytä ottaa samalla käyttöön puhtaan talousveden käyttöä pienentäviä toimenpiteitä. Yksilötasolla tämä voisi tarkoittaa esimerkiksi vedenkäyttötottumuksien muuttamista säästeliäämmiksi. Suunnittelijan keinoja ovat esimerkiksi harmaan- ja sadeveden kierrätysjärjestelmät, joilla korvataan osa puhtaan veden käytöstä. Mäkelän (2022) mukaan sadeveden kerääminen on usein luontevaa rakennuksen katolla. Katolle satanut vesi voidaan johtaa suodatusjärjestelmän läpi säiliöön, josta vesi jaetaan huoneistojen käyttöön painovoimaisesti tai pumpun avulla. Suodatustoimenpiteiden määrä vaihtelee sen mukaan, mihin vettä aiotaan käyttää. Jos sadevedestä halutaan tehdä juomakelpoista, täytyy suodatus- ja puhdistustoimenpiteitä olla runsaasti. Jos sen sijaan sadevettä aiotaan käyttää esimerkiksi WC:n huuhteluun tai ulkotilojen pesuun, suodatus voi olla kevyempi puhdistus. (Mäkelä 2022)

Kunnallisen vesihuollon alueella ei ole tarkoituksenmukaista tuottaa kaikkea puhdasta juomavettä sadevedestä, koska normaalitilanteessa juomavesi saadaan joka tapauksessa kunnallisesta vesiverkostosta. Sen sijaan käyttövesivaraajan kapasiteetin riittävyys vuoksi on järkevää käyttää sade- ja harmaavettä sellaisiin käyttötarkoituksiin, joissa veden ei tarvitse olla yhtä puhdasta kuin juomavesi. Tällaisia

käyttötarkoituksia ovat esimerkiksi WC:n huuhtelu, ulkotilojen pesu, siivous ja kasvien kastelu. Karkea suodatus on myös halvempi ja yksinkertaisempi toteuttaa kuin järeämpi puhdistus. Kevyesti suodatettu sadevesi ei sovellu sellaiseen käyttöön, jossa se joutuu kosketuksiin ihon tai limakalvojen kanssa. Esimerkiksi juomavedeksi, pyykinpesuun tai peseytymiseen käytettävä sadevesi vaatii järeämmän puhdistuksen. Suodatus juomavedeksi voi kuitenkin olla tarkoituksenmukaista, jos halutaan varautua kahta viikkoa pidempiin häiriötilanteisiin tai jos julkisen varavedenjakelelu luotettavuutta on syytä epäillä.

Jätevesi johdetaan tavallisesti rakennuksen omia viemäreitä pitkin painovoimaisesti kunnalliseen viemäriverkostoon, joka kuljettaa jätevettä pumppujen avulla jätevedenpuhdistamoon (SYKE 2019). Sähkökatkon aikana ohjeistetaan välttämään veden laskemista viemäriin, koska kunnallinen viemäri ei vedä ilman pumppuja ja viemärit saattavat tulvia (Puolustusministeriö 2019, 19). Jäteveden käsittelyyn on erilaisia ratkaisuja, mutta monet niistä on suunniteltu mökkikäyttöön tai sellaisille alueille, jossa ei ole mahdollista liittyä kunnalliseen viemäriverkostoon. Haja-asutusalueille kehitettyjä jätevedenkäsittelyn ratkaisuja ovat muun muassa imeytyskenttä, jätevesisäiliö ja pienet jäteveden puhdistuslaitokset. Nämä kaikki tarvitsevat jonkin verran tilaa tontilla, joten ne eivät todennäköisesti mahdu kaupunkialueen kerrostalotontille.

Ruoka

Elintarvikehuolto on tärkeä osa kerrostalojen asumiskelpoisuuden ylläpitämistä pitkissä häiriötilanteissa, joissa logistiikkaketju ruoan tuottajilta kauppoihin on keskeytynyt (Sisäministeriö 2023, 79) tai kiinteistön sähköt ovat poikki. Toisin kuin pientaloissa, joissa on usein tilaa varastoille ja mahdollisuuksia omaan ruoantuotantoon, kerrostaloissa tilanpuute rajoittaa omavaraisuutta. Kerrostaloon voi kuitenkin suunnitella ratkaisuja, jotka tukevat ruoan valmistamista, varastointia ja pientä omaa tuotantoa häiriötilanteessa.

Pitkissä sähkökatkoksissa ruoanvalmistus ja kylmäsäilytys ovat haasteellisia, sillä sähköiset keittiölaitteet lakkaavat toimimasta. Ratkaisuna voi joko varavoiman mitoittaa kattamaan ruokahuoltoon tarvittavan sähkötehon, tai ottaa käyttöön vaihtoehtoisia ruoanvalmistus- ja kylmäsäilytyslaitteita. Esimerkiksi varavoima-aggregaatti voidaan mitoittaa kattamaan ruokahuollon tarvitsema sähköteho, ja taloyhtiöön voidaan suunnitella yhteisiä ruoanvalmistustiloja energiankulutuksen pienentämiseksi häiriötilanteessa. Suunnittelussa on hyvä varmistaa, että tällaisissa tiloissa on riittävä ilmanvaihto ja turvallista varastotilaa polttoaineelle. Vaihtoehtoisena energialähteenä

ruoanvalmistukseen ja kylmäsäilytykseen voidaan käyttää esimerkiksi kaasulaitteita, jotka toimivat ilman sähköä. Kerrostaloissa niiden käyttö edellyttää huolellista suunnittelua paloturvallisuuden ja ilmanvaihdon varmistamiseksi. Esimerkiksi taloyhtiön yhteiseen keittiöön voidaan asentaa kaasukeitin, jota täydennetään riittävällä nestekaasuvarastolla. Ulkotiloissa voi myös valmistaa ruokaa esimerkiksi grillissä. Vaihtoehtoinen tapa säilyttää elintarvikkeita viileässä on kylmäkellari. Kaupunkiympäristössä varsinaisen maakellarin rakentaminen on haastavaa tontin rajallisen koon ja maaperän vuoksi (Nurmisto 2011, 7, 10), mutta sen sijaan rakennuksen kellariin voidaan rakentaa viileitä säilytystiloja. Kylmäkellari ei silti ole uskottava varautumisen ratkaisu, koska niillä on hyvin vähän käyttöä normaalitilanteessa (Kivimäki 2014; Yli-Olli 2022).

Oma ruoantuotanto on rajallinen ratkaisu kahden viikon häiriötilanteessa, sillä uutta satoa ei ehdi tuottaa häiriön aikana. Kuitenkin jos oma viljely on osa normaalia elintarvikehuoltoa, se voi täydentää kotivaraa ja vähentää riippuvuutta ulkoisista lähteistä. Kerrostaloissa pienimuotoinen ruoantuotanto on mahdollista sisätiloissa, parvekkeilla tai yhteisillä alueilla. Sisätiloissa voidaan viljellä esimerkiksi yrttejä, vihanneksia ja salaatteja, mutta ne tarvitsevat valaistusta varsinkin talvisaikaan (Impecta Fröhandel 2019). Parvekeviljely tarjoaa lisämahdollisuuksia, mutta sen käyttö rajoittuu lämpimiin kuukausiin (Kaupunkiviljely ei pvm.). Kattavampaa ruoantuotantoa varten kerrostaloihin voidaan suunnitella kattopuutarhoja tai kasvihuoneita, jotka hyödyntävät rakennuksen kattoa tai piha-alueita. Kasvihuoneet mahdollistavat viljelyn ympäri vuoden, mutta niiden lämmitys ja valaistus lisäävät energiantarvetta.

5. YHTEENVETO

Tässä diplomityössä olen tarkastellut kerrostalojen omavaraisuuden parantamista äkillisissä häiriötilanteissa, kuten sähkö-, lämpö-, vesi- ja elintarvikehuollon katkoissa sekä säteilyvaaratilanteissa. Työn tavoitteena oli tunnistaa suunnitteluratkaisuja, jotka lisäävät rakennusten asumiskelpoisuutta ja vähentävät riippuvuutta keskitetyistä infrastruktuureista. Tutkimus perustui kirjallisuuskatsaukseen, teoreettiseen analyysiin ja skenaarioanalyysiin, jossa arvioitiin kuvitteellisen kerrostalon omavaraisuutta 72 tunnin ja kahden viikon häiriötilanteissa.

Keskeinen havainto on, että kerrostalojen riippuvuus keskitetyistä järjestelmistä, kuten kaukolämmöstä, sähköverkosta ja kunnallisesta vesihuollosta, tekee niistä haavoittuvia häiriötilanteissa. Lyhytaikaisissa 72 tunnin katkoissa asukkaiden oma kotivara on avainasemassa, mutta asumiskelpoisuutta voi parantaa pienillä varajärjestelmillä, kuten aggregaatilla tai käyttövesivaraajalla. Pitkäaikaisissa 14 vuorokauden häiriöissä tarvitaan asumiskelpoisuuden säilyttämiseksi laajempia ratkaisuja, kuten polttoainevarastoja varavalmalle ja paikallisia lämmitysjärjestelmiä. Säteilyvaaratilanteissa väestönsuojat ja tiivistetyt sisätilat ovat keskeisiä suojautumiskeinoja. Jokainen kiinteistö on kuitenkin erilainen, ja varautumisen ratkaisuja tulee arvioida ja soveltaa tapauskohtaisesti ottaen huomioon esimerkiksi haluttu varautumisen taso sekä kiinteistön ominaispiirteet.

Työ korostaa suunnittelijan roolia varautumisen edistämässä. Kustannustehokkaat keskitetyt järjestelmät yhdistettynä hajautettuihin varajärjestelmiin tarjoavat parhaan tasapainon normaaliolojen ja häiriötilanteiden tarpeisiin. Esimerkiksi maalämpöpumpun ja aggregaatin yhdistelmä osoittautui tehokkaaksi ratkaisuksi lämmityksen ja sähkön turvaamiseen. Vesihuollossa käyttövesivaraajat ja sadeveden kierrätys vähentävät riippuvuutta kunnallisesta verkosta, kun taas elintarvikehuollossa rakennukseen suunnitellut varastotilat ja pienimuotoinen ruoantuotanto tukevat omavaraisuutta.

Tulokset osoittavat, että kerrostalossa on jo olemassa olevilla ratkaisuilla mahdollista ylläpitää lähes normaalia asumiskelpoisuuden tasoa häiriötilanteessa. Omavaraisuus edellyttää kuitenkin sitä, että varautumisen pohdinta on mukana mahdollisimman aikaisessa vaiheessa rakennussuunnittelua. Jatkossa olisi tärkeää tutkia tarkemmin hajautettujen järjestelmien kustannusvaikutuksia ja niiden skaalautuvuutta erityyppisissä rakennuksissa sekä kehittää ohjeistuksia, jotka helpottavat varautumisen suunnittelua rakennusalalla.

LÄHTEET

- Aarni, M., & Kettunen, T., 2024a. *Auringosta sähköä*. Motiva. Saatavilla: <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perust eet/auringosta_sahkoa> [Luettu: 14. huhtikuuta 2025].
- Aarni, M., & Kettunen, T., 2024b. *Aurinkosähköjärjestelmän teho*. Motiva. Saatavilla: <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/a urinkosahkojarjestelman_teho> [Luettu: 14. huhtikuuta 2025].
- Aburto-Medina, A., Shahsavari, E., Khudur, L. S., Brown, S., & Ball, A. S., 2020. A Review of Dry Sanitation Systems. *Sustainability*, 12(14), Article 14. <https://doi.org/10.3390/su12145812>
- Aggregaatit, 2025. *Ostajan opas - näin valitset sopivan generaattorin*. Aggregaatit.com. Saatavilla: <<https://aggregaatit.com/ostajan-opas/>> [Luettu: 4. huhtikuuta 2025].
- Aho, P., Rantanen, H., & Wiikinkoski, T., 2009. *Puhdistetun jäteveden joutuminen talousvesiverkostoon Nokialla 28.-30.11.2007*. Onnettomuustutkintakeskus. Saatavilla: <https://www.turvallisuustutkinta.fi/material/attachments/otkes/tutkintaselostukset/fi/mu utonnettomuudet/2007/b22007y_tutkintaselostus/b22007y_tutkintaselostus.pdf>
- Allen, G., & Derr, R., 2016. *Threat assessment and risk analysis: an applied approach*. Butterworth-Heinemann.
- Asumisterveysasetus, 545/2015. Saatavilla: <<https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2015/545?language=fin>> [Luettu: 2. huhtikuuta 2025].
- Asunto-osakeyhtiölaki, 1599/2009. Saatavilla: <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/2009/1599?language=fin#part_1__chp_1__sec_1__hea ding> [Luettu: 24. maaliskuuta 2025].
- Candil, C., Klein, A., Currier, E., & Grimston, A., 2025, helmikuuta. *2025 Energy Transition Outlook: Digitalization, Decentralization and the Future of Power*. Saatavilla: <<https://www.lincolninternational.com/perspectives/articles/2025-energy-transition-outlook-digitalization-decentralization-and-the-future-of-power/>> [Luettu: 18. maaliskuuta 2025].
- Caruna, ei pvm. *Tietoa sähkökatkoista*. Saatavilla: <<https://caruna.fi/sahkokatkot/tietoa-sahkokatkoista>> [Luettu: 25. huhtikuuta 2025].
- Caruna, 2023. *Mitä tapahtuu sähkökatkon aikana? – Sähköiskun vaaraa ei ole, jos rakennuksen sähköasennukset ovat kunnossa*. Saatavilla: <<https://caruna.fi/ajankohtaista/mita-tapahtuu-sahkokatkon-aikana-sahkoiskun-vaaraa-ei-ole-jos-rakennuksen>> [Luettu: 2. huhtikuuta 2025].
- Costella, 2024. *Mikä on maalämmön hyötysuhde?* Costella Oy. Saatavilla: <<https://www.costella.fi/tietoa/mika-on-maalammon-hyotysuhde/>> [Luettu: 23. huhtikuuta 2025].
- Diekman, S. T., Kearney, S. P., O'Neil, M. E., & Mack, K. A., 2007. Qualitative Study of Homeowners' Emergency Preparedness: Experiences, Perceptions, and Practices.

Prehospital and Disaster Medicine, 22(6), 494–501.
<https://doi.org/10.1017/S1049023X00005318>

EA Technology, 2021. *Micro-Combined Heat & Power*. Saatavilla:
 <<https://netzerocheshire.eatechnology.com/building-decarbonisation/energy-efficiency-generation-usage/heating-systems-renewable-fuel-sources/micro-combined-heat-power/>> [Luettu: 4. huhtikuuta 2025].

Elovaara, J., & Haarla, L., 2011. *Sähköverkot I*. (2. p.) Gaudeamus.

Elwell, D., 2000. The Humanure Handbook—A Guide to Composting Human Manure, 2nd Edition. *Journal of Environmental Quality*, 29(3), 1020–1020.
<https://doi.org/10.2134/jeq2000.00472425002900030043x>

Energiatoteollisuus ry, 2024. *Kaukolämmön toimintavarmuus ja keskeytykset 2023*. Saatavilla: <https://energia.fi/wp-content/uploads/2023/11/Kaukolammon_toimitusvarmuus_2023.pdf> [Luettu: 10. huhtikuuta 2025].

Energy Saving Trust, 2022. *Micro combined heat and power*. Energy Saving Trust. Saatavilla: <<https://energysavingtrust.org.uk/advice/micro-combined-heat-and-power/>> [Luettu: 4. huhtikuuta 2025].

Erat, B., & Björkholtz, D., 1982. *Luonnonmukainen talo*. Rakentajain kustannus.

Fingrid, 2021. *Varavoimailaitokset*. Fingrid. Saatavilla:
 <<https://www.fingrid.fi/kantaverkko/maankaytto-ja-ymparisto/periaatteet-ja-toimintatavat/varavoimailaitokset/>> [Luettu: 25. huhtikuuta 2025].

Generator Source, 2025. *Generator Sizing Guide – What Size Generator Do I Need?* Saatavilla: <https://devgeneratorsource.bluemod.us/Sizing_A_Generator.aspx> [Luettu: 4. huhtikuuta 2025].

Haaga, H., 2023. *Ölly on hyötysuhteeltaan kilpailukykyinen lämmönlähde*. Lämmöllä. Saatavilla: <<https://lammolla.fi/oljy-on-hyotysuhteeltaan-kilpailukykyinen-lammonlahde/>> [Luettu: 21. huhtikuuta 2025].

Hatva, T., Lapinlampi, T., Gustafsson, J., Hiisvirta, L., Liimatainen, J., Salonen, L., Santala, E., & Seppänen, H., 1996. Kaivo-opas. *Suomen ympäristöopas*, 9, 38.

HSY, 2025. Kaukolämpö. *HSY Ilmastoinfo – Taloyhtiön energiaekspertti*. Saatavilla: <<https://ilmastoinfo.hsy.fi/verkkokurssit/energiaekspertti/lessons/lammitysjarjestelmat/topics/kaukolampojarjestelma/>> [Luettu: 2. huhtikuuta 2025].

Impecta Fröhandel, 2019. *Viisi vinkkiä sisäviljelyyn*. Impecta Fröhandel. Saatavilla: <<https://www.impecta.fi/fi/blogg/suunnittele-ja-istuta/2019/11/06/viisi-vinkkia-sisaviljelyyn.html>> [Luettu: 24. huhtikuuta 2025].

Itä-Uudenmaan pelastuslaitos, 2019. *Toimintaohje säteilyvaaran varalle*. Saatavilla: <https://www.fortum.fi/sites/default/files/documents/toimintaohje_sateilyvaara_fi_2019.pdf> [Luettu: 21. huhtikuuta 2025].

Junttila, J., 2023. *Understanding Micro CHP*. Winno Energy. Saatavilla: <<https://winnoenergy.com/understanding-micro-chp/>> [Luettu: 4. huhtikuuta 2025].

- Katko, T. S., 2013. *Hanaa! Suomen vesihuolto – kehitys ja yhteiskunnallinen merkitys*. Suomen Vesilaitosyhdistys ry.
- Kaupunkiviljely, ei pvm. *Parvekkeella ja ikkunalaudalla*. Kaupunkiviljely. Saatavilla: <https://kaupunkiviljely.fi/missa/parvekkeella_ ja_ ikkunalaudalla/> [Luettu: 24. huhtikuuta 2025].
- Ketola, J., Lairi, V., Laulumaa, M., & Nieminen, J., 2017. *Talotekniikka*. Sanoma Pro Oy.
- Kettunen, T., 2024a. *Ilma-vesilämpöpumppu*. Motiva. Saatavilla: <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologia/ilma-vesilampopumppu> [Luettu: 8. huhtikuuta 2025].
- Kettunen, T., 2024b. *Maalämpöpumppu*. Motiva. Saatavilla: <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologia/maalampopumppu> [Luettu: 8. huhtikuuta 2025].
- Kettunen, T., 2024c. *Poistoilmalämpöpumppu*. Motiva. Saatavilla: <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologia/poistoilmalampopumppu> [Luettu: 8. huhtikuuta 2025].
- Kettunen, T., 2025. *Ilmalämpöpumppu*. Motiva. Saatavilla: <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologia/ilmalampopumppu> [Luettu: 8. huhtikuuta 2025].
- Kivimäki, A., 2014. *Uusi elämä kerrostalon kylmäkellarille*. Sitra. Saatavilla: <<https://www.sitra.fi/blogit/uusi-elama-kerrostalon-kylmakellarille/>> [Luettu: 24. huhtikuuta 2025].
- Korhonen, A., Kuusela, M., Liski-Markkanen, S., & Marjomaa, T., 2020. *Kestävä vedenkäyttö - vedenkäyttöseelvitys*. Työtehoseura ry. Saatavilla: <https://www.motiva.fi/files/17613/Kestava_veden_kaytto_-_vedenkayttoseelvitys.pdf> [Luettu: 25. maaliskuuta 2025].
- Korkala, T., 2018. *Lämmitys – Hoito ja huolto*. (3. p.) Kiinteistömedia Oy.
- Käyhkö, K., 2023. *Lämmitys eri vuosikymmeninä - lämmitysjärjestelmien historia*. Saatavilla: <<https://www.rakennukset.fi/jarjestelmat/lammitysjarjestelmat-eri-aikakausina/>> [Luettu: 17. maaliskuuta 2025].
- Laitinen, J., 2015. *Sähkörüippuvuus modernissa yhteiskunnassa*. Turvallisuuskomitea. Saatavilla: <<https://www.defmin.fi/files/5516/Verkojulkaisu-Sahkoriippuvuus-modernissa-yhteiskunnassa.pdf>> [Luettu: 2. huhtikuuta 2025].
- Laitinen, J., & Vainio, S., 2009. *Pitkä sähkökatko ja yhteiskunnan elintärkeiden toimintojen turvaaminen*. Puolustusministeriö. Saatavilla: <https://www.defmin.fi/files/1436/pitka_sahkokatko_ ja_ yett.pdf> [Luettu: 2. huhtikuuta 2025].
- Langergraber, G., & Muellegger, E., 2005. Ecological Sanitation—a way to solve global sanitation problems? *Environment International*, 31(3), 433–444. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2004.08.006>

Laurikainen, H., 2016. *Kotitalouksien varautuminen Suomessa*. Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö. Saatavilla: <<https://uakk.fi/wp-content/uploads/2017/04/Kotitalouksien-varautuminen-Suomessa-tutkimus.pdf>> [Luettu: 27. helmikuuta 2025].

Laurikainen, H., 2020. *Mikä ihmeen 72 tuntia -suositus?* Saatavilla: <<https://72tuntia.fi/blogi/mika-ihmeen-72-tuntia-suositus/>> [Luettu: 10. huhtikuuta 2025].

Lehto, I., ei pvm. *Sähköverkot*. Energiateollisuus. Saatavilla: <<https://energia.fi/energiatietoa/energiaverkot/sahkoverkot/>> [Luettu: 2. huhtikuuta 2025].

Lämpöykkönen, 2024. *Maalämmön hyötysuhde: Tehokasta energian käyttöä*. Saatavilla: <<https://lampoykkonen.fi/lampomedia/artikkelit/maalammon-hyotysuhde-tehokasta-energian-kayttoa/>> [Luettu: 21. huhtikuuta 2025].

Meloy, J. R., Hart, S. D., & Hoffmann, J., 2013. Threat Assessment and Threat Management. Teoksessa *International Handbook of Threat Assessment*. (3–17) Oxford University Press, Incorporated.

Mokyr, J., 1992. *The Lever of Riches: Technological Creativity and Economic Progress*. Oxford University Press, Incorporated. Saatavilla: <<http://ebookcentral.proquest.com/lib/tampere/detail.action?docID=694032>> [Luettu: 24. maaliskuuta 2025].

Motiva, 2024a. *Bioenergia*. Saatavilla: <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia> [Luettu: 8. huhtikuuta 2025].

Motiva, 2024b. *Hallitse huonelämpötiloja*. Saatavilla: <https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/energiatehokas_arki/hallitse_huonelamptiloja> [Luettu: 15. huhtikuuta 2025].

Motiva, 2024c. *Pientuulivoima*. Saatavilla: <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/tuulivoima/pientuulivoima> [Luettu: 25. huhtikuuta 2025].

Motiva, 2025. *Pientaloihin vinkkejä pakkasiin*. Saatavilla: <https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/energiatehokas_pientalo/pientaloihin_vinkkeja_pakkasiin> [Luettu: 10. huhtikuuta 2025].

Mumford, L., 1962. *Technics and Civilization*. (8.) Routledge & Kegan Paul Ltd.

Mäkelä, M., 2022. *Sadeveden hyödyntäminen pienissä uudisrakennuksissa: Arkkitehtoninen vastaus ilmastokriisiin*. [Kandidaatintyö, Tampereen yliopisto]. Saatavilla: <<https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/138824/M%E4kel%E4Moona.pdf;jsessionid=63E8833494481DEA07A10BFB1FE4A81E?sequence=2>> [Luettu: 25. maaliskuuta 2025].

Nikkanen, I., 2017. *Kaksoisviemäröinti ja harmaan veden kierrätys*. [Turun ammattikorkeakoulu]. Saatavilla: <<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/132326/KAKSOISVIEMAROINTIJAHARMAANJATEVEDENKIERRATYS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> [Luettu: 9. huhtikuuta 2025].

Nurmisto, U., 2011. *Maakellari*. (2. p.) RAK, Rakennusalan kustantajat.

Peterson, D., 2024, lokakuuta 29. *Energy Independence: A Future Where Every Building is Self-Sufficient*. Saatavilla: <<https://www.energy-news.net/energy-independence-a-future-where-every-building-is-self-sufficient/>>

Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus, 2020. *Jätevesiopus: Jätevesien käsittely haja-asutusalueella*. Saatavilla: <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/185877/jatevesiopus_2020_kevyt%20%281%29.pdf?sequence=1> [Luettu: 25. maaliskuuta 2025].

PTY, P. ry, 2022. *Yhteistyöllä ratkaisuihin: Vahva ruokakauppa on edellytys toimivalle kotimaiselle elintarvikeketjulle*. Saatavilla: <<file:///C:/Users/tgalsa/Downloads/kaupan-nakokulmia-ruokakeskusteluun.pdf>> [Luettu: 3. huhtikuuta 2025].

Puolustusministeriö, 2010. *Yhteiskunnan turvallisuusstrategia*. Saatavilla: <https://turvallisuuskomitea.fi/wp-content/uploads/2015/10/yts_2010_fi_nettiin.pdf>

Puolustusministeriö, 2019. *Kun yhteiskunta lakkaa toimimasta – Näin varaudut pitkiin sähkökatkoihin*. Saatavilla: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161847/N%C3%A4in_varaudut_pitkiin_s%C3%A4hk%C3%B6katkoihin.pdf> [Luettu: 24. maaliskuuta 2025].

Puulo, ei pvm. *Aggregaatin valinta – Näin valitset oikean aggregaatin*. Saatavilla: <<https://www.puulo.fi/ideat-ja-vinkit/aggregaatin-valinta>> [Luettu: 4. huhtikuuta 2025].

Reynolds, T., 2025. *Decentralized Energy Systems: The Path to Self-Sufficiency*. Saatavilla: <<https://clouglobal.com/decentralized-energy-systems-the-path-to-self-sufficiency/>>

RIL, 2014. *Uusiutuvien lähienergioiden käyttö rakennuksissa*. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto.

Sallinen, P., 2024. Sähkökatkoihin voi varautua. *Energiauutiset*. Saatavilla: <<https://www.energiuutiset.fi/kategoriat/markkinat/kun-sahkot-katkeavat.html>> [Luettu: 17. maaliskuuta 2025].

Sanastokeskus, 2017. *Kokonaisturvallisuuden sanasto (TSK 50) | Sanastokeskus*. Sanastokeskus TSK ry. Saatavilla: <https://sanastokeskus.fi/tsk/fi/kokonaisturvallisuuden_sanasto_tsk_50-1089.html> [Luettu: 18. maaliskuuta 2025].

Sanastokeskus, 2025. *varavoima*. TEPA-termipankki. Saatavilla: <<https://termipankki.fi/tepa/fi/haku/varavoima>> [Luettu: 25. huhtikuuta 2025].

Seppälä, O., 2013. *Briefly in English*. Suomen Vesiyhdistys Ry. Saatavilla: <<https://www.vesiyhdistys.fi/english.html>> [Luettu: 22. huhtikuuta 2025].

Seppälä, P., 2011. Uhka käsitteenä. *Strategian asiatietoa*, 2011(16). Saatavilla: <<https://www.doria.fi/handle/10024/74127>> [Luettu: 18. maaliskuuta 2025].

Sisäministeriö, 2017. *Kansallinen CBRNE-strategia 2017*. Saatavilla: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160377/SM_29_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Luettu: 3. huhtikuuta 2025].

Sisäministeriö, 2023. *Kansallinen riskiarvio 2023*. Saatavilla: <<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/164627>> [Luettu: 19. maaliskuuta 2025].

SPEK, ei pvm.-a. *Varautuminen kotona*. Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö. Saatavilla: <<https://www.spek.fi/turvallisuus/varautuminen-kotona/>> [Luettu: 9. huhtikuuta 2025].

SPEK, ei pvm.-b. *72 tuntia – Pärjäisitkö omin avuin?* Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö. Saatavilla: <<https://72tuntia.fi/>> [Luettu: 24. maaliskuuta 2025].

SPEK, ei pvm.-c. *Varautuminen kotona*. Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö. Saatavilla: <https://72tuntia.fi/wp-content/uploads/2025/01/spek_72_tuntia_varautuminen_kotona_2025_01_21_v01.pdf> [Luettu: 21. huhtikuuta 2025].

SYKE, 2019. *Mihin viemäri vie jäteveden?* Vesi.fi. Saatavilla: <<https://www.vesi.fi/vesitieto/mihin-viemari-vie-jateveden/>> [Luettu: 22. huhtikuuta 2025].

SYKE, 2021. *Kaivon rakentaminen*. Vesi.fi. Saatavilla: <<https://www.vesi.fi/vesitieto/kaivon-rakentaminen/>> [Luettu: 22. huhtikuuta 2025].

Sähkömarkkinalaki 588/2013. Saatavilla: <<https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2013/588>> [Luettu: 24. maaliskuuta 2025].

Säteilyturvakeskus, 2020. *Säteilyvaara ja suojautuminen*. Saatavilla: <<https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/140104/esite-stuk-sateilyvaara-ja-suojautuminen-a4-rgb.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>

Tukes, ei pvm. *Kaasulaitteet - käytä nestekaasua turvallisesti*. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). Saatavilla: <<https://tukes.fi/koti-ja-vapaa-aika/kaasulaitteet>> [Luettu: 21. huhtikuuta 2025].

Tummala, A., Velamati, R. K., Sinha, D. K., Indraja, V., & Krishna, V. H., 2015. A review on small scale wind turbines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 1351–1371. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.027>

Tuomi, T., 2024. Yleistä pientuulivoimasta. *Lähienergia*. Saatavilla: <<https://lahienergia.org/yleista-pientuulivoimasta/>> [Luettu: 25. huhtikuuta 2025].

Varke, 2025a. *Energiatodistusrekisteri - Tilastot*. Saatavilla: <<https://www.energiatodistusrekisteri.fi/tilastot?kayttotarkoitus=3&vuosimin=2020&vuosimax=2023>> [Luettu: 8. huhtikuuta 2025].

Varke, 2025b. *Energiatodistusrekisteri - Tilastot Kerrostalot 2020–2023*. Saatavilla: <<https://www.energiatodistusrekisteri.fi/tilastot?kayttotarkoitus=3&vuosimin=2020&vuosimax=2023>> [Luettu: 1. huhtikuuta 2025].

Varke, 2025c. *Energiatodistusrekisteri - Tilastot, pientalot*. Saatavilla: <<https://www.energiatodistusrekisteri.fi/tilastot?kayttotarkoitus=1>> [Luettu: 24. maaliskuuta 2025].

Vesihuoltopooli, 2011. *Opas varavedenjakelelun järjestämisestä*. Vesi- ja viemärlaitosyhdistys. Saatavilla: <<https://www.vesilaitosyhdistys.fi/site/assets/files/4801/varavedenjakeleluopas.pdf>> [Luettu: 25. maaliskuuta 2025].

Wikipedia, 2024. *Varavoima*. Saatavilla:
<<https://fi.wikipedia.org/w/index.php?title=Varavoima&oldid=22378431>> [Luettu: 25. huhtikuuta 2025].

Yleiskone, 2024. *Miten aggregaatti toimii ja kytketään*. Saatavilla:
<<https://yleiskone.com/miten-aggregaatti-toimii/>> [Luettu: 4. huhtikuuta 2025].

Yli-Olli, M., 2022. *Kylmäkellarin poistaminen käytöstä*. Kiinteistöliitto. Saatavilla:
<<https://www.kiinteistoliitto.fi/blogit/lakipahkina/kylmakellarinpoistaminenkaytosta/>> [Luettu: 24. huhtikuuta 2025].