

LAPPEENRANNAN-LAHDEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
School of Energy Systems
Energiatekniikka
BH10A0202 Energiatekniikan kandidaatintyö

**Energiateknisiä ratkaisuja ruuanvalmistuksen aiheuttamiin
päästöihin köyhissä maissa**

Energy technological solutions to emissions caused by cooking in
poor countries

Lappeenrannassa 6.5.2021
Iida Tapanainen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT

School of Energy Systems

Energiatekniikka

Iida Tapanainen

Energiateknisiä ratkaisuja ruuanvalmistuksen aiheuttamiin päästöihin köyhissä maissa

Kandidaatintyö 2021

Tarkastaja: Kari Myöhänen

Ohjaaja: Kari Myöhänen

36 sivua, 4 kuvaa

Hakusanat: energiatekniikka, köyhät maat, päästöjen vähentäminen, ruuanvalmistus

Alkeellisesta ruuanvalmistuksesta syntyvät päästöt aiheuttavat merkittäviä terveys- ja ympäristöhaittoja köyhissä maissa. Tässä kandidaatintyössä perehdytään köyhien maiden ruuanvalmistukseen ja siitä aiheutuviin päästöihin sekä tarkastellaan erilaisia ratkaisuja päästöjen vähentämiseksi. Työssä käydään pääpiirteittäin läpi myös puhtaan energian saatavuuden nykytilanne ja viimeaikainen kehitys. Työn tavoitteena on vertailla eri ratkaisu- vaihtoehtojen toimivuutta nykytilanteessa ja tulevaisuudessa.

Puhtaan ja nykyaikaisen energian luotettavan saatavuuden varmistaminen kaikille ihmisille on yksi Yhdistyneiden kansakuntien kestävä kehityksen tavoitteista. Puhtaan energian saatavuus vaikuttaa merkittävästi myös puhtaan ruuanvalmistuksen saatavuuteen. Parhaassa mahdollisessa tilanteessa kaikilla maailman ihmisillä olisi käytettävissään sähköä, mutta tätä ei tulla nykyisellä sähkön saatavuuden kehityksellä saavuttamaan vielä 2020-luvun aikana. Tästä johtuen tarve erilaisten sähköverkosta riippumattomien, energiatehokkaiden ja päästöttömien puhtaan ruuanvalmistuksen keinojen kehittämiseksi ja käyttöönotolle on huomattava.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

SISÄLLYSLUETTELO

LYHENNELUETTELO

1	JOHDANTO	5
2	RUUANVALMISTUKSEN AIHEUTTAMAT PÄÄSTÖT KÖYHISSÄ MAISSA	7
2.1	Merkittävimmät terveys- ja ympäristöhaitat	9
3	PUHTAAN ENERGIAN SAATAVUUDEN KEHITYS JA NYKYTILANNE.....	11
3.1	Uusiin energiamuotoihin siirtymistä kuvaavat mallit.....	14
4	ENERGIATEKNISIÄ RATKAISUJA RUUANVALMISTUKSEN AIHEUTTAMIIN PÄÄSTÖIHIN	16
4.1	Kehittyneet liedet ja parannettu ilmanvaihto.....	17
4.2	Nestekaasu	18
4.3	Aurinkoenergia	20
4.3.1	Aurinkosähköjärjestelmät	21
4.3.2	Aurinkokeittimet	23
4.4	Sähkökäyttöiset liedet ja keittimet.....	24
4.4.1	Sähköliedet ja keittolevyt.....	26
4.4.2	Induktio- ja infrapunaliedet.....	26
4.4.3	Sähköiset riisikeittimet ja painekattilat	27
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	29
6	YHTEENVETO	31
	LÄHTEET	32

LYHENNELUETTELO

Lyhenteet

CTCN	Climate Technology Centre & Network
ESMAP	Energy Sector Management Assistance Program
EIA	Energy Information Administration
IEA	International Energy Agency
LPG	Liquefied Petroleum Gas
Norad	Norwegian Agency for Development Cooperation
WHO	World Health Organization

1 JOHDANTO

Ruuanvalmistus avotulella ja alkeellisilla huonotehoisilla liesillä, joiden polttoaineina käytetään biomassaa tai hiiltä, aiheuttaa huomattavia ympäristö- ja terveyshaittoja köyhissä maissa. Ruuanvalmistukseen käytettävissä tiloissa on usein riittämätön ilmanvaihto, jonka seurauksena palamisessa syntyvät päästöt jäävät sisäilmaan ja päätyvät sitä kautta hengitysteihin. Sisäilmansaasteiden hengittämisen aiheuttamista terveyshaitoista kärsivät eniten ruuanlaitosta vastuussa olevat naiset ja äitiensä lähetyvillä pysyttelevät lapset. Ruuanvalmistuksessa syntyvien päästöjen on arvioitu olevan osallisena jopa 3,8 miljoonaan ennenaikaiseen kuolemaan vuosittain (WHO 2018).

Biomassan ja hiilen palamisessa vapautuu terveydelle haitallisten päästöjen ohella myös ympäristölle haitallisia päästöjä. Eniten ruuanvalmistuksen päästöistä on haittaa ilmastolle, sillä esimerkiksi hiilidioksidi, hiilimonoksidi ja pienhiukkaset edistävät ilmastonmuutosta. Lisäksi biomassan runsas käyttö polttoaineena aiheuttaa maaperän huononemista ja metsäkatoa, jotka uhkaavat esimerkiksi heikentää luonnon monimuotoisuutta.

Monet eri järjestöt ja yritykset ovat huomioineet köyhien maiden ruuanvalmistuksessa syntyvien päästöjen aiheuttamat ongelmat ja pyrkineet kehittämään ratkaisuja tilanteeseen. Lähimenneisyydessä useiden järjestöjen työ on painottunut vahvasti kehittyneempien liesien käytön edistämiseen, mutta köyhissä maissa on jatkuva tarve myös muille vaihtoehdoille. Tulevaisuudessa erityisesti sähkön saatavuuden kehitys ja sähkökäyttöisten ruuanvalmistusvälineiden yleistyminen tulevat vaikuttamaan merkittävästi köyhien maiden ruuanvalmistukseen.

Tässä kandidaatintyössä perehdytään ruuanvalmistuksesta aiheutuviin päästöihin ja niiden aiheuttamiin terveys- ja ympäristöhaittoihin köyhissä maissa, tarkastellaan nykyaikaisen energian saatavuuden kehitystä ja nykytilannetta sekä vertaillaan erilaisia energiateknisiä ratkaisuja päästöistä aiheutuvien ongelmien korjaamiseksi. Työn tavoitteena on löytää erilaisia mahdollisimman tehokkaita keinoja päästöjen vähentämiseksi ja vertailla niitä keskenään. Vertailussa huomioon otettavia seikkoja ovat valmistettavuus, huollettavuus ja

kustannukset. Työssä keskitytään erityisesti eri ratkaisujen soveltuvuuteen yksittäisten kotitalouksien käyttöön.

Lisäksi ratkaisujen vertailussa otetaan huomioon myös niiden vaikutus päästöjen vähene-
miseen ja niiden toimivuus myös pidemmällä aikavälillä. Työn tekemisessä on hyödynnet-
ty aiheetta koskevaa kirjallisuutta ja aiempaa tutkimustietoa sekä eri järjestöjen tekemästään
työstä tarjoamaa informaatiota.

2 RUUANVALMISTUKSEN AIHEUTTAMAT PÄÄSTÖT KÖYHIS- SÄ MAISSA

Yli 2,6 miljardia ihmistä eri puolilla maailmaa valmistaa ruokansa avotulella tai alkeellisilla ja tehottomilla liesillä käyttäen ensisijaisina energianlähteinään biomassaa, esimerkiksi puuta, eläinten lantaa tai maanviljelyn sivutuotteita, ja hiiltä. Suurin osa näistä ihmisistä on köyhiä ja asuu matalan tulotason tai keskitulotason maissa. (IEA 2020b.)

Köyhien maiden käyttämät perinteiset ruuanvalmistusmenetelmät ovat melko tehottomia ja aiheuttavat yhdessä käytettyjen polttoaineiden kanssa runsaasti haitallisia päästöjä. Köyhissä maissa ruuanvalmistukseen käytettävien tilojen ilmanvaihto on usein myös riittämätön, joten avotulella tai heikkotehoisissa liesissä tapahtuvassa palamisessa syntyvä savu ja muut haitalliset päästöt jäävät leijumaan sisäilmaan. (WHO 2018.) Palamisessa syntyy esimerkiksi hiilimonoksidia ja pienhiukkasia, jotka molemmat aiheuttavat hengitettynä merkittäviä terveyshaittoja ja ovat tutkitusti osallisena huomattavaan määrään ennenaikaisia kuolemia (Amegah & Jaakkola 2016).

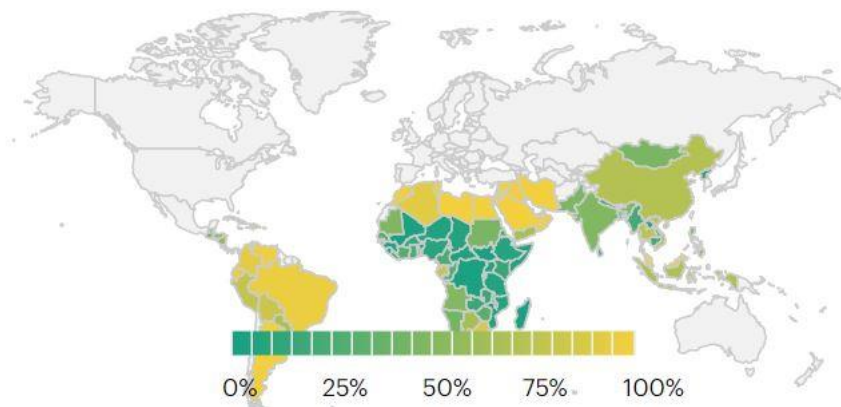
Huonolaatuisen sisäilman hengittäminen vahingoittaa erityisesti naisia ja tyttöjä, jotka ovat perinteisesti monissa köyhissä maissa vastuussa ruuanvalmistuksesta. Naisten ja tyttöjen ohessa terveyshaitoista kärsivät pienet lapset, jotka pysyttelevät äitiensä lähellä näiden valmistaessa ruokaa. (WHO 2018.)

Monet palamisessa vapautuvat yhdisteet ovat terveyden lisäksi haitallisia myös ympäristölle. Ihmisten toiminnan aiheuttamat hiilidioksidipäästöt ja muut kasvihuonekaasupäästöt ovat suurin yksittäinen ilmastonmuutosta edistävä tekijä (Ritchie & Roser 2020). Kiinteän polttoaineen polttaminen tuottaa vuodessa noin gigatonnin hiilidioksidia ja aiheuttaa jopa 58 % maapallon mustan hiilen päästöistä. Yhteensä tämä tekee noin 2 % koko maapallon vuotuisista päästöistä. (Puliti 2019.)

Ilmansaasteiden ohella biomassan polttamiseen liittyviä ympäristöhaittoja ovat metsien häviäminen ja maaperän huonontuminen (van der Kroon & Brouwer & Beukering 2011). Vaikka yksittäisten kotitalouksien ruuanvalmistuksesta aiheutuvat päästöt voivat alkuun vaikuttaa merkityksettömiltä, on ympäristövaikutusten vakavuutta tarkasteltaessa huomioi-

tava biomassaa ja hiiltä pääasiallisena polttoaineenaan käyttävien kotitalouksien suuri määrä.

Kuvassa 1 on kuvattu kartalla eri värein köyhien maiden väestönosuuksia, joilla on ollut mahdollisuus puhtaaseen ruuanvalmistukseen vuonna 2018. Kuten kuvasta voidaan huomata, mahdollisuuden puhtaaseen ruuanlaittoon puuttuminen on globaali ongelma köyhissä maissa, mutta se on erityisesti keskittynyt Saharan eteläpuoliseen Afrikkaan ja kehittyviin Aasian maihin. Keinoja puhtaaseen ruuanvalmistukseen ei ole näille ihmisille joko ollenkaan saatavilla tai niiden saanti on hyvin rajattua (IEA 2020b). Puhtaalla ruuanvalmistuksella tarkoitetaan tässä yhteydessä ruuanvalmistustapoja ja -välineitä, jotka eivät aiheuta terveydelle tai ympäristölle haitallisia päästöjä.



Kuva 1. Mahdollisuuden puhtaaseen ruuanvalmistukseen omaavan väestön osuus vuonna 2018 (IEA 2020b).

Mahdollisuus puhtaaseen ruuanvalmistukseen liittyy läheisesti sähkön tai muiden nykyaikaisten energianlähteiden saatavuuteen. Erot puhtaan energian ja ruuanvalmistuksen keinojen saatavuudessa ovat köyhien maiden sisälläkin huomattavia. Vuonna 2020 köyhien maiden maaseutujen ihmisistä vain 37 % pystyi valmistamaan ruokansa puhtaasti, kun taas kaupunkialueilla vastaava lukema oli jopa 83 % (IEA et al. 2020, 43). Puhtaan energian saatavuuden nykytilannetta ja kehitystä käsitellään tarkemmin luvussa 3.

Ruuanvalmistukseen perinteisin menetelmin ja polttoaineen hankintaan kuluu lisäksi runsaasti aikaa, mikä vaikuttaa myös osaltaan köyhien maiden naisten mahdollisuuteen käydä

töissä. McKinsey Global Institute arvioi vuonna 2015 julkaisemassaan raportissa, että naisten siirtyminen työmarkkinoille voisi lisätä globaalia vuotuista bruttokansantuotetta jopa 26 %. (Woetsel et al. 2015) Nykyaikaisten ruuanvalmistuskeinojen saatavuus voisi siis parantaa köyhien maiden taloustilannetta, ja sitä kautta myös mahdollistaa puhtaan ruuanvalmistuksen välineiden saatavuuden yhä useammalle kotitaloudelle (Batchelor et al. 2018).

2.1 Merkittävimmät terveys- ja ympäristöhaitat

Ruuanvalmistuksesta aiheutuvat sisäilmansaasteet on pystytty yhdistämään erilaisiin sydän- ja verisuonisairauksiin, useisiin akuutteihin ja kroonisiin keuhko- ja hengitystiesairauksiin, kaihiin, lasten alhaiseen syntymäpainoon ja kuolleena syntymiseen (Amegah & Jaakkola 2016). Maailman terveysjärjestön WHO:n mukaan ruuanvalmistuksen päästöistä aiheutuvista sairauksista vakavimpia ovat keuhkokuume, krooninen keuhkohtaumatauti, aivohalvaus, iskeeminen sydänsairaus ja keuhkosityöpä. Nämä päästöjen hengittämisestä aiheutuvat sairaudet aiheuttavat vuodessa noin 3,8 miljoonaa ennen aikaista kuolemaa. (WHO 2018.)

Sairauksista eniten ennen aikaista kuolemaa aiheuttavat keuhkokuume ja iskeeminen sydänsairaus. Sisäilmansaasteet lähes kaksinkertaistavat riskin lapsuusiän keuhkokuumeeseen ja aiheuttavat miltei puolet alle viisivuotiaiden lasten kuolemaan johtaneista keuhkokuumeetapauksista. Aikuisilla vastaavasti noin 30 % kuolemaan johtaneista keuhkokuumeetapauksista on yhdistettävissä ruuanvalmistuksesta aiheutuneisiin päästöihin. Sisäilmansaasteisiin liittyvän iskeemisen sydänsairauden puolestaan on arvioitu aiheuttavan jopa miljoona ennen aikaista kuolemaa vuosittain. (WHO 2018.)

Ympäristön kannalta merkittävimmät haitat liittyvät ilmastonmuutokseen. Huonotehoisissa uuneissa syntyy hiilidioksidin ja hiilimonoksidin ohella biomassan epätäydellisen palamisen takia nokihiukkasia eli mustaa hiiltä ja metaania, jotka vaikuttavat molemmat voimakkaasti ilmastonmuutokseen. Mustan hiilen elinikä ilmakehässä on lyhyt, mutta se sitoo lämpöä tehokkaasti ja sen asettuessa säteilyä heijastavien pintojen, kuten lumen tai jään päälle, lämpöä sitova vaikutus tehostuu huomattavasti. (ESMAP 2020, 31.)

Hiilidioksidi on ihmisten toiminnasta aiheutuvista ilmastoja lämmittävistä kasvihuonekaasuista merkittävin. Sen määrä ilmakehässä kasvaa jatkuvasti. Hiilidioksidipäästöjen häviäminen ilmakehästä on hidasta. Mustan hiilen tavoin metaanin elinikä ilmakehässä on suhteellisen lyhyt. Metaani on kuitenkin erittäin voimakas kasvihuonekaasu ja vaikuttaa ilmakehässä ilmastoja lämmittävästi. (Ilmasto-opas n.d.)

3 PUHTAAN ENERGIAN SAATAVUUDEN KEHITYS JA NYKYTILANNE

Puhtaan ja nykyaikaisen energian saatavuudella on merkittävä vaikutus ruuanvalmistuksesta aiheutuviin päästöihin. Kotitalouksien kannalta puhdas ja nykyaikainen energia tarkoittaa käytännössä sähköä joko kantasähköverkosta tai esimerkiksi aurinkosähköjärjestelmistä tai kantaverkon ulkopuolisista miniverkoista saatuna.

Yhdistyneet kansakunnat on asettanut kestävän kehityksen tavoitteeksi 7 varmistaa edullisen, kestävän ja uudenaikaisen energian luotettavan saatavuuden kaikille ihmisille. Tämän tavoitteen ensimmäisen alatavoitteen mukaisesti luotettavan ja uudenaikaisen energian tulisi olla kaikkien saatavilla vuoteen 2030 mennessä (United Nations 2020). Köyhien maiden kannalta tämän tavoitteen toteutuminen olisi samalla merkittävä askel kohti puhtaan ruuanvalmistuksen yleistä ja tasavertaista saatavuutta.

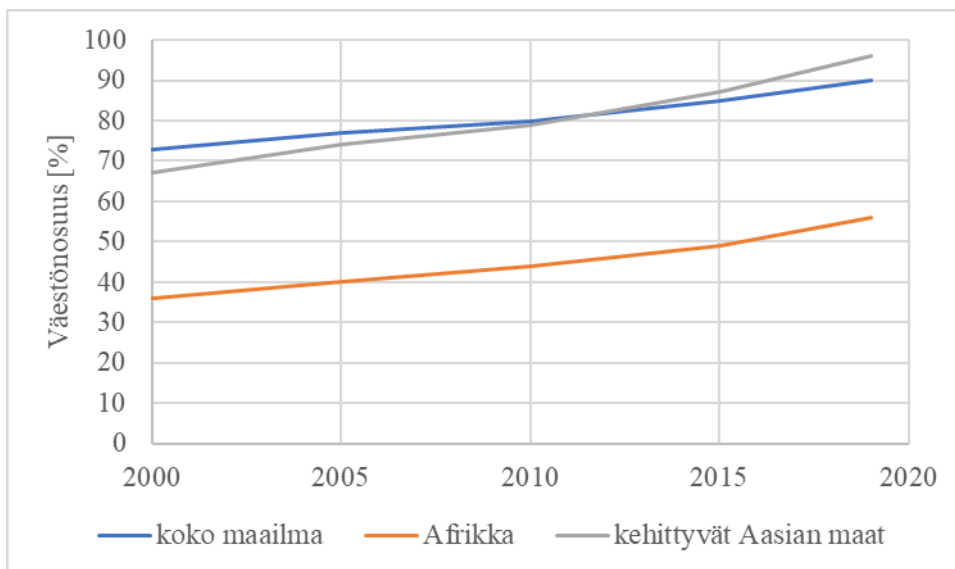
Vuonna 2010 sähköä oli saatavilla hieman yli 80 %:lla maailman väestöstä. Vuoteen 2018 mennessä tämä osuus nousi lähes 90 %:n. Ilman sähköä olevien ihmisten määrä laski siis noin 1,2 miljardista noin 789 miljoonaan tämän ajanjakson aikana väestönkasvusta huolimatta. (IEA et al. 2020, 15.) Uudenaikaisen energian saatavuus on siis parantunut erityisesti 2010-luvulla, mutta Kansainvälinen energiajärjestö IEA arvioi silti vuonna 2020 julkaisemassaan raportissa, että nykyisellä kehityksellä ei tulla saavuttamaan maailmanlaajuista mahdollisuutta puhtaan energian käyttöön tavoiteltuun vuoteen 2030 mennessä (IEA 2020b).

Toistaiseksi paras tilanne sähkön saatavuudessa saavutettiin vuonna 2019. Tällöin ilman sähköä eläviä ihmisiä oli noin 771 miljoonaa. Loppuvuonna 2019 syntynyt maailmanlaajuinen koronapandemia kuitenkin hidasti sähkön saatavuuden parissa tehtävän työn etenemistä huomattavasti. Pandemiasta johtuen ilman sähköä olevien ihmisten määrän on arvioitu kasvavan lähivuosina, kun väestönkasvu ylittää Intiassa ja Afrikassa sähkön saatavuuden kehityksen. (IEA 2020b.)

Sähkön saatavuuden kehitys 2000-luvulla koko maailmassa, Afrikassa ja kehittyvissä Aasian maissa on esitetty graafisesti kuvassa 2. Kuvan luvut pohjautuvat IEA:n World

Energy Outlook 2020-julkaisun Electricity Access Database-tietokantaan. Kuvasta voidaan havaita Afrikassa sähkön saatavuuden olevan keskimäärin huomattavasti heikompi kuin muualla maailmassa. Viimeisimpänä tietokannasta löytyvänä vuonna 2019 sähköä oli saatavilla alle 60 %:lle Afrikan väestöstä. Tässä kuvaajassa esitetyssä kehityksessä ei kuitenkaan ole huomioitu sitä, että ero Pohjois-Afrikan ja Saharan eteläpuolisen Afrikan sähkön saatavuudessa on suuri. Vuonna 2019 Pohjois-Afrikassa sähköä oli saatavilla lähes koko väestölle, kun taas Saharan eteläpuolisessa Afrikassa yli puolet väestöstä oli yhä ilman sähköä. (IEA 2020a.)

Kehittyvät Aasian maat puolestaan ovat ohittaneet koko maailman keskiarvon sähkön saatavuudessa jo 2010-luvun alkupuolella. Aasiassa myös maakohtainen vaihtelu sähkön saatavuudessa on huomattavasti Afrikan maita pienempää. (IEA 2020a.) Tätä eroa selittävät esimerkiksi sähkön kallis hinta ja ihmisten köyhyys sekä sähköverkkojen kehityksestä vastaavien tahojen hidas toiminta erityisesti Saharan eteläpuolisessa Afrikassa. Lisäksi ongelmana on myös tiedon puute puhtaan energian käyttöön siirtymisen hyödyistä. (Odarno 2019.)

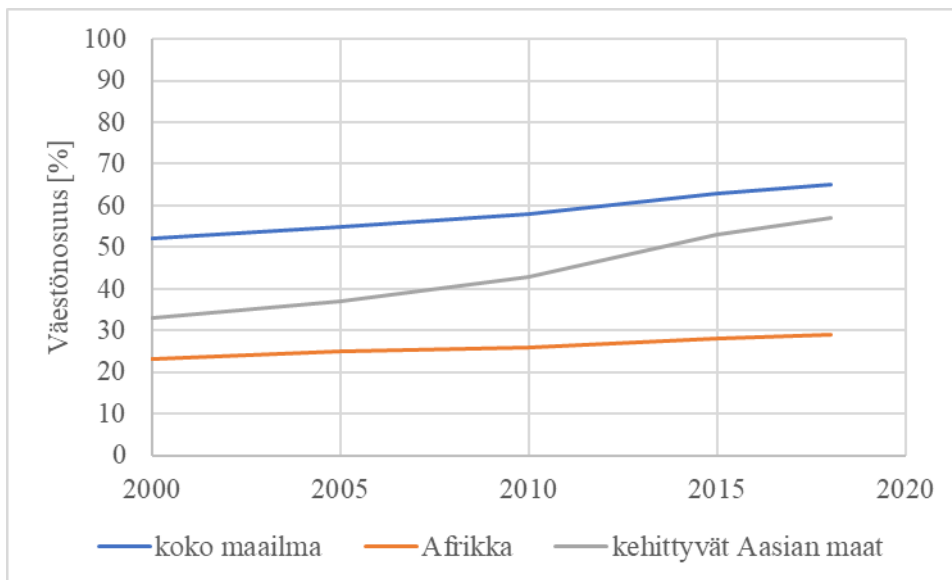


Kuva 2. Mahdollisuuden sähkön käyttöön omaavan väestönosuuden kehitys 2000-luvulla koko maailmassa, Afrikassa ja kehittyvissä Aasian maissa (IEA 2020a).

Vaikka puhtaan energian saatavuus on merkittävässä roolissa ruuanvalmistuksen päästöjen vähentämisessä, mahdollisuus puhtaaseen ruuanvalmistukseen puuttuu toistaiseksi vielä

huomattavasti suuremmalta määrältä ihmisiä kuin mahdollisuus sähkөөn. Tähän vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi modernien kaasu- ja sähkökäyttöisten liesien korkeat hinnat köyhien perheiden tulotasoon nähden, sähkön hinta, sähköverkon epävarmuus joillakin alueilla ja sähkön käyttäminen ensisijaisesti kotitalouden muihin tarpeisiin, kuten valaistukseen (WHO 2016, 3).

Puhtaan ruuanvalmistuksen saatavuuden kehitys 2000-luvun aikana koko maailmassa, Afrikassa ja kehittyvissä Aasian maissa on esitetty alla kuvassa 3. Kuvan luvut pohjautuvat IEA:n World Energy Outlook 2019-julkaisun Clean Cooking Access Database-tietokantaan (IEA 2019).



Kuva 3. Mahdollisuuden puhtaaseen ruuanvalmistukseen omaavan väestönosuuden kehitys 2000-luvulla koko maailmassa, Afrikassa ja kehittyvissä Aasian maissa (IEA 2019).

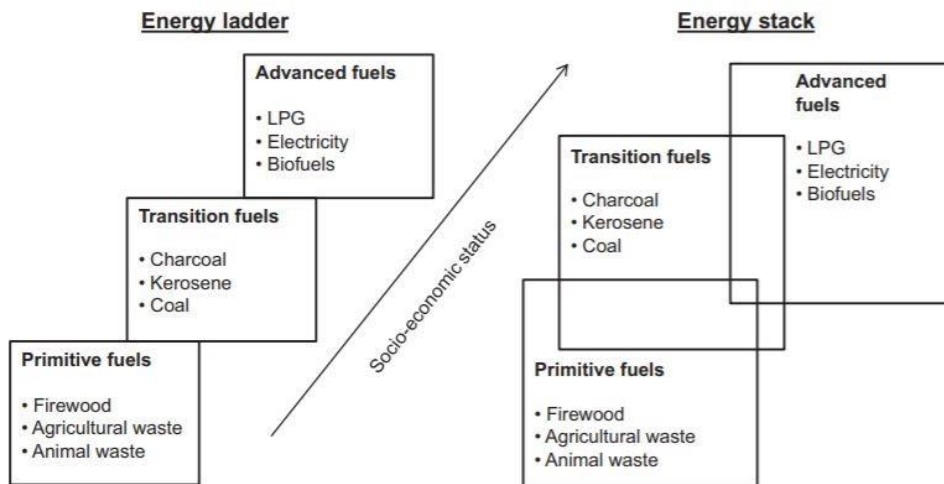
Kuvasta 3 voidaan havaita, että puhtaan ruuanvalmistuksen saatavuus on 2000-luvulla parantunut koko maailmassa. Afrikassa kehitys on kuitenkin ollut, samoin kuin sähkön saatavuuden osalta, merkittävästi muuta maailmaa hitaampaa. Tähän vaikuttavat pitkälti samat tekijät kuin sähkön saatavuuden kehityksessä. Lisäksi on huomioitava, että myös tässä kuvaajassa esitetyt luvut ovat keskiarvoja tarkasteltavalla alueella sijaitsevien maiden tilanteista, ja ero Pohjois-Afrikan ja Saharan eteläpuolisen Afrikan välillä on huomattava. Vuonna 2018 Pohjois-Afrikassa jopa 98 %:lla väestöstä oli mahdollisuus puhtaaseen ruuanvalmistukseen, kun taas Saharan eteläpuolisessa Afrikassa vastaava luku oli vain 17

%. Kehittyvissä Aasian maissa puhtaan ruuanvalmistuksen saatavuus on kasvanut selkeästi nopeammin ja erot eri maiden välillä ovat pienempiä. (IEA 2019.)

3.1 Uusiin energiamuotoihin siirtymistä kuvaavat mallit

Kun tarkastellaan uusiin energiamuotoihin ja sitä kautta puhtaampaan ruuanvalmistukseen siirtymistä, järjestöjen ja yritysten tekemän työn huomioiminen ei pelkästään riitä. Kotitalouksien kokemuksilla ja päätöksillä on huomattava merkitys uusien energianlähteiden käyttöönotossa.

Kotitalouksien käyttäytymistä kuvaamaan kehitettyjä malleja ovat energiatikapuumalli ja usean eri energianlähteen rinnakkaista käyttöä kuvaava malli eli energy stacking. Kuvassa 4 on kuvattu yksinkertaisesti molemmat mallit. Molemmissa malleissa on oletuksena, että siirtymä kohti nykyaikaisempia polttoaineita tapahtuu kotitalouksien sosioekonomisen aseman parantuessa, eli tulojen, elinolosuhteiden, koulutuksen sekä perheen sosiaalisen aseman parantuessa (van der Kroon & Brouwer & Beukering 2020, 505).



Kuva 4. Siirtymä energianlähteiden välillä sosioekonomisen aseman parantuessa (van der Kroon & Brouwer & Beukering 2013, 505.)

Kuvassa 4 vasemmalla esitetyn energiatikapuumallin perusoletus on, että kotitaloudet siirtyvät nykyaikaisempien energianlähteiden pariin talouden sosioekonomisen aseman kasva-

essa siten, että otettaessa uusi polttoaine käyttöön, aiemmasta vaihtoehdosta luovutaan täysin. Tätä kutsutaan polttoaineiden vaihtamiseksi (engl. fuel switching). Energiatikapuumallissa alimmalla askelmalla ovat köyhien maiden perinteiset polttoaineet eli puu, eläinten lanta ja maatalousjäte. Keskimmaisella askelmalla ovat niin kutsutut siirtymäpolttoaineet eli hiili, puuhiili ja kerosiini. Mallin ylimmällä askelmalla ovat nykyaikaiset, kehittyneet polttoainevaihtoehdot, joihin kuuluvat nestekaasu, sähkö ja erilaiset biopolttoaineet.

Energiatikapuumalli ei kuitenkaan ota huomioon sitä, että siirtymä polttoaineesta toiseen on todellisuudessa harvoin näin suoraviivainen. Todellisuudessa kotitalouksien tulojen ja polttoaineiden hintojen vaihtelut sekä mahdolliset epävarmuudet polttoaineen saannissa saavat taloudet käyttämään useampia polttoaineita rinnakkain ja jopa siirtymään edestakaisin eri polttoaineiden välillä. Joskus myös kulttuurilla ja siihen liittyvillä perinteillä on jarruttava vaikutus uusiin energianlähteisiin ja niiden vaatimaan teknologiaan siirtymisessä.

Edellä mainittujen seikkojen takia kuvassa 4 oikealla esitetty energy stacking-malli kuvaa todellista siirtymää polttoaineiden välillä todenmukaisemmin. Tässä mallissa polttoaineet jaotellaan energiatikapuumallin tavoin kolmeen kategoriaan, mutta välittömän siirtymän sijaan on otettu huomioon useampien polttoaineiden samanaikaisen käytön mahdollisuus (van der Kroon & Brouwer & Beukering 2013, 506).

4 ENERGIATEKNISIÄ RATKAISUJA RUUANVALMISTUKSEN AIHEUTTAMIIN PÄÄSTÖIHIN

Kuten luvussa 3 todettiin, kaikkien maapallon kotitalouksien liittäminen sähköverkkoon ei vielä toistaiseksi ole saavutettavissa oleva tavoite. Tästä johtuen verkosta saatavalla sähköllä toimivien liesien ja keittimien ohella myös muiden ruuanvalmistustapojen kehittäminen ja vertailu ovat tärkeitä toimia pohdittaessa keinoja ruuanvalmistuksen päästöjen vähentämiseksi.

Keskeisimmät menetelmät päästöjen vähentämiseksi ovat perinteisten kiinteiden polttoainelähteiden vaihtaminen nykyaikaisempiin, puhtaampiin energianlähteisiin sekä parempien ja tehokkaampien liesien kehittäminen ja käyttöönotto. Sisäilmansaasteisiin voidaan vaikuttaa myös parantamalla ruuanvalmistukseen käytettävien tilojen ilmanvaihtoa. (Amegah & Jaakkola 2016.)

Tässä työssä tarkastellaan jo käytössä olevia polttoaineita ja menetelmiä, joista on saatavilla aiempaa tutkimustietoa. Tarkasteltaviksi ratkaisuksi päästöjen vähentämiseen on valittu kehittyneet liedet ja parannettu ilmanvaihto, nestekaasun käyttäminen polttoaineena, aurinkoenergia sekä verkosta saatavalla sähköllä toimivat laitteet. Näitä ratkaisuvaihtoehtoja tarkastellaan esimerkiksi valmistettavuuden ja saatavuuden, huollettavuuden sekä kustannuksien kautta. Lisäksi on huomioitu eri ratkaisuvaihtoehtojen vaikutus päästöjen ja niistä aiheutuvien haittojen vähenemiseen.

Mahdollisista ratkaisuista on rajattu pois esimerkiksi vesi- ja tuulivoima sekä geoterminen energia. Näiden energianlähteiden vaikutuksista köyhien maiden ruuanvalmistuksen päästöihin ei ole vielä riittävästi luotettavaa tietoa saatavilla. Lisäksi nämä energiamuodot ovat myös tärkeämmässä asemassa sähköntuotannossa kuin suoraan yksittäisten kotitalouksien käytössä. Vesi- ja tuulivoima sekä geoterminen energia ovat kuitenkin lupaavia tulevaisuuden ratkaisuja puhtaamman energian tuotantoon köyhissä maissa turvallisuutensa, edullisuutensa ja ympäristöystävällisyytensä takia (Amegah & Jaakkola 2016).

4.1 Kehittyneet liedet ja parannettu ilmanvaihto

Lähimenneisyydessä suurin panostus köyhien maiden ruuanvalmistuksen päästöjen vähentämiseksi ja energiatehokkuuden parantamiseksi on keskittynyt kehittyneempien liesien kehittämiseen ja markkinointiin. Kehittyneiden liesien (engl. Improved Cook Stoves, ICS) suosio eri kehitysohjelmissa on perustunut niiden suhteellisen edulliseen hintaan, helppoon valmistettavuuteen ja epäpoliittisuuteen. (Batchelor et al. 2018.) Yksinkertaisimmillaan kehittyneillä liesillä voidaan tarkoittaa liesiä, jotka käyttävät alkeellisten liesien tapaan polttoaineenaan biomassaa, mutta joiden paremman tehokkuuden avulla saadaan vähennettyä haitallisten päästöjen syntymistä ja pienennettyä tarvittavan polttoaineen määrää (CTCN n.d.).

Yksi helpoimmista keinoista parantaa liedien tehokkuutta on tulipesän, jossa palaminen tapahtuu, parempi suojaaminen. Tällä tavalla saadaan tehokkaasti vähennettyä hukkaan menevää lämpöä ja myös suojattua tulta ilmavirralta, mikä puolestaan vähentää esimerkiksi noen ja pienhiukkasten leviämistä sisäilmassa. Lisäksi liesien suunnittelussa voidaan kiinnittää huomiota palamiskaasujen virtaukseen ja ohjata se kulkemaan ylöspäin, jolloin saadaan kasvatettua lämmönsiirtoa ruuanvalmistusastiaan ja näin parannettua liedien tehokkuutta. Monet näistä liesistä ovat valmistettu perinteisistä materiaaleista, kuten mudasta ja hiekasta, sillä molempien saanti on helppoa ja lähes ilmaista. (CTCN n.d.)

Alkeellisten liesien hyötysuhde on keskimäärin vain noin 5–10 %, kun taas kehittyneillä liesillä voidaan saavuttaa parhaimmillaan jopa 40 % hyötysuhteita. Polttoaineen tarvetta saadaan siis vähennettyä huomattavasti. Kehittyneet liedet voidaan myös suunnitella ja valmistaa paikallisia käyttöolosuhteita vastaaviksi, mikä tekee niistä monipuolisen vaihtoehdon. (CTCN n.d.)

Kehittyneiden liesien etuja ovat siis halpa hinta ja kohtalaisen helppo valmistettavuus ja korjattavuus. Kotitalouksien polttoainekustannukset eivät kehittyneempiin liesiin siirryttäessä lisäänty. Päinvastoin kotitaloudet, jotka keräämisen sijasta ostavat polttoainetta, saattavat liedien paremman hyötysuhteen ansioista säästää polttoainekuluissa. Ongelmaksi kehittyneiden liesien käytössä kuitenkin nousee se, että ruuanvalmistuksen aiheuttamat päästöt eivät juurikaan vähene. Hyvällä liedien suunnittelulla voidaan saavuttaa kohtalaisia tu-

loksia, mutta sisäilmansaasteiden määrä ei laske riittävän alas, jotta se täyttäisi esimerkiksi WHO:n suositukset riittävästä sisäilman laadusta. (Amegah & Jaakkola 2016.)

Toinen yksinkertainen ja melko edullinen keino vähentää kotitalouksien ilmansaasteille altistumista on parannella liesien ohella asuinrakennuksia. Esimerkiksi ilmanvaihdon parantaminen lisäämällä tai suurentamalla keittiön ikkunoita ja rakentamalla savupiippuja voisi auttaa ohjaamaan palamisessa syntyviä päästöjä pois sisätiloista. Lisäksi ruuanvalmistukseen käytetyn tilan erottaminen muista asuintiloista vähentäisi päästöille altistumista huomattavasti. (Amegah & Jaakkola 2016.)

Vaikka tehokkaampi tapa vähentää ruuanvalmistuksen aiheuttamia päästöjä olisi vaihtaa puhtaampiin kaasumaisiin ja nestemäisiin polttoaineisiin, on todennäköistä, että suurin osa köyhien maiden väestöstä on vielä pitkään riippuvainen biomassan polttamisesta. Kehittyneitä liesiä ja asuintilojen parannettua ilmanvaihtoa voidaan siten pitää hyvänä portaana alkeellisten liesien käytön ja nykyaikaisen, puhtaan ruuanvalmistuksen välillä hyvän saataavuutensa ja edullisten hintojensa ansiosta.

4.2 Nestekaasu

Nestekaasu (LPG, Liquefied Petroleum Gas) on normaalipaineessa- ja lämpötilassa kaasumaisten hiilivetyjen propaanin ja butaanin seos, joka saadaan nestemäiseen muotoon paineistamalla. Nestekaasu on fossiilinen polttoaine, jota saadaan öljynjalostuksen sivutuotteena ja maaperän kaasuesiintymistä. Ruuanlaiton ohella nestekaasu on yleisesti käytetty polttoaine kotien ja veden lämmityksessä sekä liikennevälineissä. (Hahn 2020.)

Nestekaasu on puhdasta ja palaa tehokkaasti, on valmista käyttöön sellaisenaan ja vähentää ruuanlaittoon kuluva-aikaa sekä siitä syntyviä päästöjä huomattavasti. Sudanissa vuonna 2005 toteutetun tutkimuksen perusteella käyttämällä nestekaasua polttoaineena saatiin sisäilmansaasteiden määrä pienhiukkasten osalta laskemaan alle puoleen ja hiilimonoksidin osalta noin neljäsosaan perinteisten polttoaineiden käyttöön verrattuna. (Amegah & Jaakkola 2016.)

Merkittävimpiä ongelmia nestekaasun käyttämisessä ruuanvalmistuksen polttoaineena ovat kotitalouksien köyhyys ja toimitusketjujen epävarmuus. Nestekaasun käyttäminen on perinteisiin polttoaineisiin verrattuna kallista ja sen saatavuus voi olla hankalaa, sillä sen jakelu on rajallista. Huono saatavuus voisi johtaa siihen, että kotitalouden jäsenten täytyisi matkustaa pitkiä matkoja ostamaan nestekaasua, mikä osaltaan lisäisi sen käyttämisen kustannuksia. Lisäksi monille kaikista köyhimmille talouksille jo nestekaasukäyttöisen liedan ja muun tarvittavan välineistön ostaminen on liian kallista, vaikka niitä onkin hyvin saatavilla. (Amegah & Jaakkola 2016.)

Nestekaasun käyttö polttoaineena on mahdollista useissa erityyppisissä liesissä. Useimmat liesistä ovat kuitenkin teräksestä valmistettuja, muutamia lasisia osia sisältäviä ja niissä on tyypillisesti yksi, kaksi tai neljä keittolevyä. Esimerkiksi yksinkertaisen, kahden levyn liedan keskimääräinen hinta Afrikassa on noin 20 euroa. Uudelleentäytettävä kaasupullo puolestaan maksaa keskimäärin hieman alle 30 euroa. (Leach & Oduro 2015, 12.) Liedan ja kaasupullon yhteensä noin 50 euron hankintakustannukset ovat useille köyhimpien maiden kotitalouksille todella korkeat.

Nestekaasun kustannuksia polttoaineena voidaan arvioida sen lämpöarvon ja litrahinnan perusteella, kun tiedetään likimäärin ruuanvalmistukseen tarvittavan energian määrä. Nestekaasun, jossa suurin osa seoksesta on propaania, tehollinen lämpöarvo on noin 46 MJ/kg eli 12,8 kWh/kg ja tiheys 0,72 kg/m³ (Alakangas et al. 2016, 188). Jos keskikokoisen perheen energiankulutuksen ruuanlaittoon arvioidaan olevan keskimäärin 1,99 kWh päivässä ja nestekaasulieden hyötysuhteeksi arvioidaan noin 60 %, saadaan päivittäiseksi energiantarpeeksi noin 3,18 kWh (Leach & Oduro 2015, 11).

Nestekaasu varastoidaan erikokoisissa kaasupulloissa, joista 15 kilogramman kaasupullo on kotitalouksien yleisesti käyttämä (Leach & Oduro 2015, 11). 15 kilogramman kaasupullostsa saadaan lämpöarvolla 12,8 kWh/kg energiaa noin 192 kWh, kun jätetään mahdolliset häviöt huomioimatta. 3,18 kilowattitunnin päivittäisellä energiantarpeella yksi 15 kilogramman nestekaasupullo riittäisi siis noin 60 päivää. Kun vielä huomioidaan nestekaasun tiheys, saadaan 15 kilogramman kaasupullon sisältämän nestekaasun määräksi 20,8 litraa. Maaliskuussa 2021 nestekaasun keskihinta maailmassa oli noin 0,56 e litralta (GlobalPet-

rolPrices, 2021). Nestekaasun käyttäminen polttoaineena ruuanvalmistuksessa maksaisi siten edellä tehdyin oletuksin noin 11,6 euroa 60 päivältä eli noin 5,8 euroa kuukaudessa.

Toistaiseksi kansainvälisten järjestöjen ja yritysten kiinnostus sitoutua nestekaasun käyttöä edistäviin ohjelmiin on ollut vähäistä. Muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta useimmat toimijat ovat lähinnä keskittyneet tarkastelemaan nestekaasun korvaamisesta vielä puhtaammilla polttoaineilla syntyviä positiivisia vaikutuksia. Nestekaasumarkkinoiden kehityksen kannalta tärkeää olisi päinvastoin lisätä tietoa nestekaasun eduista verrattuna biomassaan. Näin voitaisiin luoda kysyntää, lisätä tarjontaa, ja mahdollisesti saada myös aikaan hintojen laskua nestekaasun suosion kasvaessa. (Norad 2020, 5, 22.)

Nestekaasu ei fossiilisena polttoaineena ole kuitenkaan pitkäaikainen ratkaisu puhtaampaan ruuanvalmistukseen. Nestekaasun varastot ovat rajalliset ja sen käytöllä on vaikutusta ilmastonmuutoksen etenemiseen, vaikka perinteisiin kiinteisiin polttoaineisiin verrattuna siitä aiheutuvat päästöt ovat pienet. Nestekaasu toimii kuitenkin hyvänä siirtymäpolttoaineena perinteisten polttoaineiden ja vielä kehittyneempien, täysin päästöttömien vaihtoehtojen välillä. (Batchelor et al. 2018, 259.) Nestekaasu soveltuu myös hyvin käytettäväksi muiden polttoaineiden rinnalla, ja useat kotitaloudet käyttävätkin sitä esimerkiksi biomassan polttamisen ohessa (Norad 2020, 2).

4.3 Aurinkoenergia

Aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää ruuanvalmistuksen tarpeisiin joko aurinkosähköjärjestelmien tai aurinkokeittimien avulla. Aurinkosähköjärjestelmissä auringon säteilyenergia muutetaan sähköksi ja tarvittaessa varastoidaan käyttöä varten. Aurinkokeittimissä aurinkoenergiaa käytetään suoraan lämmön tuottamisessa ruuanvalmistukseen.

Aurinkoenergian käyttöä edistäviä sekä kaupallisia että voittoa tavoittelemattomia yhdistyksiä ja yrityksiä on paljon. Jotkut näistä toimijoista ovat aktiivisia kansainvälisesti, osa on keskittynyt tiettyyn maahan tai maanosaan. Aurinkoenergian käyttöä pyritään edistämään esimerkiksi kehittämällä yhä paremmin toimivaa, energiatehokasta ja edullista teknologiaa sekä tarjoamalla köyhien maiden ihmisille lisää tietoa aurinkoenergiaan siirtymisen

eduista. Kehitteillä on myös erilaisia maksujärjestelmiä, jotka mahdollistavat köyhille kotitalouksille pienissä erissä maksamisen suurien kertamaksujen sijaan. Näin voitaisiin nopeuttaa ja helpottaa aurinkoenergian käyttöönottoa vähentämällä järjestelmien tai keitinten ostohinnan säästämiseen kuluva-aikaa. (Renewable Energy World 2014.)

4.3.1 Aurinkosähköjärjestelmät

Yksinkertaistetusti aurinkosähköjärjestelmät perustuvat auringon säteilyenergian muuttamiseen sähkövirraksi. Ruuanvalmistuksesta aiheutuvien päästöjen vähentämisen kannalta aurinkoenergian käyttäminen on tehokas vaihtoehto, sillä aurinkosähkön tuotannosta ei aiheudu ilmansaasteita tai kasvihuonekaasuja. Aurinkosähköjärjestelmien ympäristöhaitat painottuvat enemmän valmistuksen, materiaalien hankinnan ja järjestelmän käytöstä poistamisen aiheuttamiin päästöihin, jotka eivät ole ruuanvalmistuksen päästöjen kannalta merkityksellisiä. (EIA 2020.)

Auringon säteilyn osalta olosuhteet vaihtelevat niin maantieteellisen sijainnin kuin vuodenajan ja sääolosuhteidenkin mukaan. Suurin potentiaali aurinkosähkön hyödyntämiseen ruuanvalmistuksen tarpeisiin on Afrikassa, jossa olosuhteet sähköntuotannon kannalta ovat hyvät useissa eri maissa. Hyviä esimerkkejä korkean säteilyintensiteetin ja vähäisen vaihtelun alueista Afrikassa ovat esimerkiksi päiväntasaajan korkeudella sijaitsevat Kenia ja Tansania. (Leach & Oduro 2015, 12.)

Aurinkokennoston tehtävä akkuun yhdistettynä on tuottaa päivittäin riittävästi sähköä varastoon, jotta sen avulla voidaan valmistaa ruokaa kotitalouden tarpeiden mukaan. Järjestelmän mitoituksessa on talouden tarpeiden ohella tärkeää pohtia myös, mikä on järjestelmän odotettu päivittäinen sähköntuotanto. Tätä kautta voidaan myös tarkastella latauksen päivittäistä purkua eli sähkön käyttöä ruuanvalmistuksen tarpeisiin. (Leach & Oduro 2015, 10–13.)

Aurinkosähköjärjestelmien hinnoissa on tapahtunut viimeisen vuosikymmenen aikana huomattavaa laskua ja myös akkuteknologia on kehittynyt, kun taas puuhiilen sekä poltto-puun hinnat ovat nousseet metsäkadosta kärsivillä alueilla. Nämä seikat tekevät sähköver-

kon ulottumattomissa oleville alueille suunnitellusta aurinkosähköllä (engl. solar photovoltaics, PV) toimivasta ruuanvalmistusjärjestelmästä eli PV-eCook:sta tulevaisuudessa mahdollisen vaihtoedon perinteisille ruuanvalmistusmenetelmille. PV-eCook koostuu ruuanlaittovälineestä, esimerkiksi liedestä, akusta, lataussäätimestä ja aurinkokennostosta. (Batchelor et al. 2018, 258.)

Akkujen käyttöikä on rajallinen fysikaalisten ja kemiallisten muutosten takia. Käyttöikää voidaan tarkastella joko käytössäoloajan tai latauksien ja niiden purkamisten määrän kautta. Akkujen tarkan hinta-arvion muodostaminen yksiselitteisesti on hankalaa, koska erilaiset käyttöolosuhteet, kuten kuuma ja pölyinen ympäristö, voivat vaikuttaa niiden käyttöikään ja uusimisen tarpeeseen. (Leach & Oduro 2015, 13, 21.)

Aurinkosähköjärjestelmässä kustannukset koostuvat akkujen lisäksi järjestelmän ostohinnasta ja sen asentamisen hinnasta. Järjestelmän käyttämisestä ei aiheudu jatkuvia kuluja. (Leach & Oduro 2015.) Hintojen laskun ansiosta vuonna 2020 on kuitenkin esitetty arvioksi kotitalouden aurinkosähköjärjestelmän kustannuksista sen käyttöajalle vain noin 10 euroa kuukaudessa. Monilla alueilla kotitaloudet maksavat tätä enemmän perinteisistä, runsaspäästöisistä polttoaineista. Osa kotitalouksista toisaalta kerää puuta, lantaa ja maatalouden sivutuotteita käyttöönsä ilmaiseksi. Näiden talouksien kohdalla rahallinen etu perustuu lähinnä keräilyyn ja ruuanvalmistukseen kuluvan ajan vapautumisesta esimerkiksi työntekoon ja sitä kautta tulojen kasvuun. (Batchelor et al. 2018, 259.)

Aurinkopaneelien asennuksesta aiheutuu kustannuksia, sillä asennuksen suorittaa yleensä ammattilainen. Asennuksessa täytyy huomioida paneelien oikea asettelu varjojen välttämiseksi ja riittävän ilmavirran varmistamiseksi. Riittävä ilmavirta varmistaa, että käyttölämpötilat eivät pääse nousemaan liian korkeiksi ja aiheuttamaan vahinkoa järjestelmälle. Aurinkopaneelien ja akun yhdistelmän asentaminen edellyttää samojen asioiden huomiointia, ja voi joissain tapauksissa olla jopa haastavampi sijoittaa oikein. (Leach & Oduro 2015, 13.)

Oikein mitoitettuna, asennettuna ja huollettuna aurinkosähköjärjestelmän etuja ympäristöystävällisyyden ohessa ovat helppokäyttöisyys, luotettavuus ja pitkäikäisyys. Aurinkosähköjär-

jestelmän vaatimiin huoltotoimenpiteisiin kuuluvat esimerkiksi kosteusongelmien ja korroosion ehkäisy, aurinkopaneelien taakse ja alle kerääntyvän palamisherkan materiaalin, kuten pölyn tai kuivien lehtien tai oksien, poisto. Lisäksi paneelien pinnoille kertynyttä pölyä on ajoittain hyvä poistaa vedellä pesemällä tai pehmeällä harjalla harjaamalla. Laitteiston toiminnan seuraaminen on myös tärkeää, jotta mahdollisiin vikoihin saadaan reagoitua ajoissa. Nämä ylläpidolliset toimenpiteet ovat varsin yksinkertaisia ja kotitalouden jäsenten helposti suoritettavissa. (Motiva 2020.)

4.3.2 Aurinkokeittimet

Aurinkokeitin on ruuanvalmistukseen kehitetty väline, joka kerää ja ohjaa auringon säteilyn suoraan ruuanvalmistusastian lämmittämiseen. Aurinkokeittimiä on suunniteltu ja voidaan valmistaa eri kokoisina ja mallisina vastaamaan erilaisten olosuhteiden ja ruuanvalmistustapojen tarpeita. Aiemmin aurinkokeittimet ovat olleet melko hitaita ja epäkäytännöllisiä käyttää, mutta nykyaikaisemmat materiaalit ovat vähentäneet aurinkokeittimellä ruuanvalmistukseen kuluvaa aikaa huomattavasti. (GoSun 2020.)

Aurinkokeittimiä voidaan jaotella eri tyyppeihin esimerkiksi sen perusteella, onko keittimessä lämpöä keräävä taso vai parabolinen säteilyä heijastava pinta. Lisäksi jaottelussa voidaan tarkastella sitä, hyödynnetäänkö auringon säteily suoraan vai välillisesti siirtämällä se ruuanvalmistusastiaan lämmönsiirtolaitteiden tai väliaineiden avulla. Käytännössä siis tason muotoisten keräimien tapauksessa ruuanvalmistusastia joko sijoitetaan suoraan keräimeen tai lämpö siirretään keräimestä välillisesti astiaan. Parabolinen heijastava pinta puolestaan joko heijastaa siihen saapuvan säteilyn suoraan ruuanvalmistusastiaan tai lämpö siirretään samaan tapaan kuin tasomaisessa keräimessä. (Schwarzer & da Silva 2007.)

Parabolisen heijastavan pinnan toimimisen kannalta on tärkeää, että sen asentoa voidaan vaihtaa auringon säteilyn mukaan. Tason muotoinen keräin voidaan puolestaan asentaa kiinteästi, sillä siinä ei tapahdu heijastumista, johon säteilyn tulokulma vaikuttaisi. Välillisesti säteilyä hyödyntävissä malleissa järjestelmään on myös mahdollista lisätä lämpövarasto, joka mahdollistaa esimerkiksi ruuanvalmistuspaikan siirtämisen sisätiloihin. (Schwarzer & da Silva 2007.)

Yksinkertaisenkin aurinkokeittimen asentaminen ja käyttöönotto vaatii hyvän suunnittelun. Yksinkertaisimpien mallien suunnittelu sujuu useimmiten laskennallisesti melko yksinkertaisten yhtälöiden avulla, mutta monimutkaisempien mallien tarkastelu voi vaatia niiden toiminnan simulointia. Tärkeimpiä suunnittelussa huomioitavia asioita on se, että auringon säteilyä saadaan kerättyä riittävästi ruuanvalmistuksen tarpeisiin. Erilaisilla asetuilla ja materiaaleilla voidaan myös pyrkiä parantamaan aurinkokeittimen hyötysuhdetta ja vähentämään ruuanvalmistukseen kuluva-aikaa. (Schwarzer & da Silva 2007.)

Hyvin suunnitellun aurinkokeittimen etuja ovat sen avulla saavutettavissa olevat korkeat lämpötilat ja soveltuvuus useiden erityyppisten ruokien valmistukseen. Erityisesti parabolisen heijastavan pinnan avulla säteilyn intensiteettiä riittävästi kasvattamalla voidaan myös saavuttaa parhaimmillaan melko lyhyitä ruuan lämpenemiseen kuluvia aikoja. Aurinkokeittimien huonoihin puoliin lukeutuvat niiden aiheuttamat tulipalo- ja palovammariskit sekä usein suuri koko. Lisäksi keittimen käyttäjän tulee huolehtia parabolisen heijastavan pinnan asennon säätämisestä. (Mbodji & Hajji 2016.)

4.4 Sähkökäyttöiset liedet ja keittimet

Sähköverkko ei vielä tavoita kaikkia köyhien maiden kotitalouksia, mutta sen laajentuessa yhä useammalla kotitaloudella on mahdollisuus valmistaa ruokansa erityyppisillä sähkökäyttöisillä liesillä ja keittimillä. Tulevaisuudessa sähkön käyttö ruuanvalmistuksessa tulee olemaan edullinen ja tehokas vaihtoehto useissa eri ympäristöissä. (ESMAP 2020, 13.)

Yleisesti erityyppisten sähköliesien ja -keittimien etuja ovat käytön turvallisuus ja päästötömyys sekä lyhyt ruuanvalmistusaika. Nykyaikaisten liesien ja keittimien energiankulutus on myös huomattavasti vanhempia laitteita vähäisempää eli käyttökustannukset pysyvät yleensä kohtuullisina. Osalla alueista, joilla sähköä on jo saatavilla, sähkökäyttöisten ruuanvalmistusvälineiden kustannukset ovat jo alittaneet perinteisten polttoaineiden kustannukset. Jos kehitys jatkuu samansuuntaisena, tulevaisuudessa sähkön hyödyntämisestä ruuanvalmistuksen tarpeisiin tulee kotitalouksille yhä kannattavampaa. (ESMAP 2020, 13–15, 33.)

Yrityksillä on suuri rooli sähkön hyödyntämisen yleistymisessä. Uudelle, luotettavalle teknologialle on tarvetta erityisesti alueilla, joilla sähkön saatavuudessa on häiriöitä. Lisäksi eri yhdistyksiä ja rahoituslaitoksia tarvitaan helpottamaan kotitalouksille sähkön käyttämiseen siirtymisestä syntyviä kustannuksia. Kehitteillä on ollut esimerkiksi malleja, joissa kotitaloudet maksavat sähkökäyttöiset laitteensa säännöllisissä erissä, joiden suuruus vastaa kustannuksia, jotka biomassan polttamisesta syntyisivät samassa ajassa. Kun sähköliesien ja keittimien hinnat jaetaan niiden yleensä melko pitkälle käyttöiälle, tulevat ne halvemmaksi kuin biomassan käyttö polttoaineena, mutta monille köyhille perheille noin 40–100 euron ostohinta on kuitenkin liian kallis kerralla maksettavaksi. Ostohinnan jakaminen pienempiin eriin luo yhä useammalle kotitaloudelle mahdollisuuden siirtyä valmistamaan ruokansa sähköllä. (ESMAP 2020, 13, 118–119.)

Akkujen hyödyntäminen on myös hyvä vaihtoehto sähkön saannin luotettavuuden parantamiseen alueilla, joilla sähköverkon toiminta on vaihtelevaa. Kotitaloudet voisivat hyödyntää akkuihin varastoitua energiaa ruuanvalmistuksen ohella esimerkiksi valaistukseen. Tässäkin vaihtoehtoehdossa suurimmaksi esteeksi nousevat kustannukset. Epävarman sähköverkon alueille erityisesti suunnitellut akut ja niiden kanssa yhteensopivat liedet ja keittimet ovat yleensä melko hintavia. (ESMAP 2020, 15, 120–121.)

Vaikka ruuanvalmistus sähköliesillä ja -keittimillä onkin teoriassa päästötöntä, riittävän ilmanvaihdon varmistaminen on silti tärkeää, sillä ruuanvalmistus vapauttaa aina pienhiukkasia ja kaasuja ilmaan (Matthews 2021). Riittävä ilmanvaihto auttaa pitämään sisäilman laadun hyvänä ja vähentämään erilaisia hengitystieoireita.

Suosittuja vaihtoehtoja sähköiseen ruuanvalmistukseen ovat sähköliedet, keittolevyt, induktio- ja infrapunaliedet ja sähköiset riisikeittimet ja painekattilat. Näiden laitteiden energiankulutus on nykyaikana sen verran pieni, että suurinta osaa niistä voidaan käyttää myös esimerkiksi aurinkosähköjärjestelmästä saatavalla sähköllä tai akkuihin varastoidun energian avulla. (ESMAP 2020, Matthews 2021.) Koska tässä kandidaatintyössä keskitytään ruuanvalmistuksesta aiheutuviin päästöihin, ei sähköliesiä ja -keittimiä tarkasteltaessa oteta

huomioon niiden käyttämän sähkön tuotantotapoja ja sähkön tuotannosta mahdollisesti aiheutuvia päästöjä.

4.4.1 Sähköliedet ja keittolevyt

Eri sähkökäyttöisiä ruuanvalmistusvälineitä tarkasteltaessa perinteiset sähköliedet ja keittolevyt jäävät tehokkuuden osalta huonoimmiksi vaihtoehdoiksi. Sähköliedellä tarkoitetaan tässä yhteydessä keittolevyistä ja uunista koostuvaa liettä. Keittolevyt puolestaan ovat pienikokoisia, usein vain yhdestä tai kahdesta kuumenevasta levyistä koostuvia laitteita. (ESMAP 2020, 38.)

Yleisellä tasolla sähköliesien ja keittolevyjen energiatehokkuus ei kuitenkaan ole erityisen huono. Niillä voidaan parhaimmillaan saavuttaa yli 70 %:n hyötysuhteita, ja ne lämpenevät nopeasti sekä reagoivat hyvin lämpötilan muutoksiin. Toisaalta ne vaativat hyvän kontaktin levyn ja ruuanvalmistusastian välille toimiakseen ihanteellisesti. Lieden tai keittolevyn tehokkuus laskee, jos ruuanvalmistusastian pohja on esimerkiksi huomattavasti levyä pienempi tai ei täysin tasainen. Tällöin osa lämpöenergiasta siirtyy suoraan ympäristöön, eikä tule käytetyksi ruuan kypsentämiseen. Lieden pinta tulisi myös pitää mahdollisimman puhtaana tehokkaan lämmönsiirron varmistamiseksi. (Matthews 2021.) Lisäksi liedellä tai keittolevyllä ruokaa valmistettaessa lämpöhäviöitä ympäristöön tapahtuu usein myös kattilan tai pannun kautta konvektiolla ja säteilemällä, mitä voidaan vähentää hieman lisäämällä astioihin kansi (ESMAP 2020, 160).

4.4.2 Induktio- ja infrapunaliedet

Induktioliesillä saavutetaan perinteisiä liesiä ja keittolevyjä paremmat, jopa 80 %:n hyötysuhteet. Induktioliesien toiminta ei perustu itse lieden lämpenemiseen. Sen sijaan ne luovat vaihtovirran avulla sähkömagneettisen kentän, joka saa ferromagneettisten kattiloiden ja pannujen molekyylit virittymään, jolloin kyseinen ruuanvalmistusastia ja sen sisältö lämpenevät. Näin itse lieden pinta säilyy viileämpänä ja energia saadaan tehokkaasti hyödynnettyä ruuan lämmitykseen kattilassa tai pannulla. Toimintaperiaatteensa takia induktioliedestä ei vapaudu ympäristöön hukkalämpöä yhtä paljon kuin perinteisistä keittolevyistä, mikä auttaa osaltaan säästämään energiaa. (Matthews 2021.)

Induktioliesien hyviä puolia ovat myös niiden soveltuvuus erikokoisiin tiloihin ja vaihtelevien ruokamäärien valmistukseen. Induktioliedet ovat myös erittäin turvallisia ja nopeita käyttää. Jotta induktioliesi kuitenkin toimisi halutulla tavalla, täytyy ruuanvalmistukseen käytettävien astioiden sisältää rautametalleja. Sopivia materiaaleja astioille ovat ruostumaton teräs, hiiliteräs ja valurauta. Vaihtoehtoisesti muista materiaaleista valmistettuja kattiloita ja pannuja voidaan käyttää jostakin edellä mainitusta materiaaleista valmistetun liitännätälevyn avulla. Liitännätälevy asetetaan induktiolieden ja astian väliin, jolloin liitännätälevy lämpenee ja lämpö johtuu sen kautta ruuanvalmistusastiaan. (Matthews 2021.)

Erityisesti köyhien maiden kannalta induktioliesien huonoimpia puolia on niiden paljon perinteisiä liesiä kalliimmat hinnat. Kotitalouksien käyttöön tarkoitettujen induktioliesien hinnoissa on kuitenkin tapahtunut laskua viime vuosina niiden kasvavan suosion takia. Induktioliedet ovat muutoin toimintavarmoja ja kestäviä, mutta niiden lasikeraaminen pinta vaurioituu melko herkästi. (Matthews 2021.)

Infrapunaliesien toiminta puolestaan perustuu säteilyn hyödyntämiseen (ESMAP 2020, 38). Ne koostuvat halogeenilampuista ja säteilevistä keloista, jotka mahdollistavat lämmön siirtämisen ruuanvalmistusastiaan suoralla infrapunasäteilyllä. Toisin kuin induktioliedet, infrapunaliedet eivät vaati erityisiä ruuanvalmistusasioita toimiakseen oikein. (Cameron 2020). Molemmissa voidaan kuitenkin vähentää ruuanvalmistusastian kautta tapahtuvia lämpöhäviöitä suosimalla kannellisia pannuja ja kattiloita (ESMAP 2020, 161).

Infrapunaliesissä lieden keraaminen pinta lämpenee säteilyn ansiosta enemmän kuin induktioliesissä, mutta tarkalla suunnittelulla on pyritty minimoimaan lämmönhukkaa mahdollisimman paljon. Ruuanvalmistuksen kannalta induktio- ja infrapunaliedet ovat varsin samankaltaisia, ja myös niiden hyötysuhteet ovat samaa luokkaa. (Cameron 2020.)

4.4.3 Sähköiset riisikeittimet ja painekattilat

Vaihtoehdon erilaisille liesille ja keittolevyille tarjoavat sähköllä toimivat riisikeittimet ja painekattilat. Energiategokkuudeltaan ne ovat moderneista ruuanvalmistusvälineistä par-

haimpia, mutta häviävät esimerkiksi liesille ruuanvalmistuksen monipuolisuudessa. Riisikeittimet ja painekattilat koostuvat yksittäisestä syvästä kulhosta, jossa ruoka kypsyy. Ne soveltuvat siten lähinnä ruokien valmistamiseen keittämällä, mikä voi mahdollisesti rajata joitakin ruokalajeja pois. (ESMAP 2020, 38.)

Riisikeittimet ovat helposti saatavissa olevia, edullisia, vähän energiaa kuluttavia ja melko hyvin eristettyjä laitteita. Niiden toiminta perustuu lämmön siirtymiseen johtumalla kulhon seinämistä ruokaan. Hyvin toimiva eristys puolestaan vähentää tehokkaasti lämmönsiirtoa astiasta ympäristöön. Riisikeittimet myös mahdollistavat ajastimien avulla muiden asioiden tekemisen ruuanvalmistuksen aikana. Nopeudeltaan ne ovat keskinkertaisia. Vaikka riisikeittimet eivät sovellu kovin monipuoliseen ruuanvalmistukseen, ne ovat suosittuja esimerkiksi Aasiassa, jossa riisi on merkittävä osa paikallista ruokakulttuuria. (ESMAP 2020, 37, 77.)

Painekattilat ovat tässä työssä käsitellyistä välineistä tehokkaimpia ja ruuanvalmistus niillä on nopeaa, mutta ne eivät vielä ole kovin laajalti käytössä. Painekattiloiden saatavuus on melko hyvä ja hinnat kohtuullisia, mutta köyhien maiden ihmisille on toistaiseksi ollut tarjolla hyvin vähän tietoa niiden toiminnasta ja käyttämisestä, mikä on todennäköisesti vaikuttanut niiden suosion hitaaseen kasvuun. Painekattiloiden tehokkuus ja nopeus perustuvat paineistettuun kiehunnaan ja kattilan täyteen eristämiseen, jonka ansiosta lämpöhäviöitä ei pääse tapahtumaan. Kaikissa muissa sähköliesissä ja -keittimissä lämpöä pääsee siirtymään joko itse laitteesta tai ruuanvalmistusastiasta ympäristöön. (ESMAP 2020, 38, 70.)

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Alkeellinen ruuanvalmistus aiheuttaa runsaasti terveydelle ja ympäristölle haitallisia päästöjä köyhissä maissa. Näitä päästöjä voidaan pyrkiä vähentämään joko vaihtamalla ruuanvalmistuksen energianlähdettä, parantamalla ruuanvalmistukseen käytettäviä välineitä tai yhdistelemällä molempia keinoja. Yksiselitteistä sopivimman ratkaisun valitseminen ei kuitenkaan ole, sillä kaikissa vaihtoehtoissa on useita hyviä ja huonoja puolia.

Kehittyneet liedet ja parannettu ilmanvaihto ovat helposti saatavilla olevia ja halpoja keinoja vähentämään ruuanvalmistuksen päästöistä aiheutuvia terveyshaittoja. Niillä saadaan vähennettyä sisäilmansaasteiden leviämistä ja päätymistä hengitysteihin. Palamisessa syntyvien päästöjen määrä pysyy kuitenkin lähes samana, vaikka kehittyneiden liesien hyötysuhteet ovat alkeellisempiin liesiin verrattuna hieman paremmat ja savu ohjataan pois sisätiloista. Päästöistä aiheutuvien ympäristöhaittojen vähentämiseen keino on siis melko tehoton.

Nestekaasua käyttämällä puolestaan saavutetaan huomattava ero ruuanvalmistuksessa syntyvien päästöjen määrässä verrattuna biomassaan ja hiileen. Nestekaasuliesien ja muun tarvittavan välineistön hinnat ovat kuitenkin köyhimpien maiden tulotasoon verrattuna kalliita ja niiden käytön edistämiseksi tehty työ on vielä vähäistä. Lisäksi toimitusketjujen epävarmuudet voivat estää kotitalouksia siirtymästä ainakaan täysin riippuvaisiksi nestekaasun käyttämisestä.

Ruuanvalmistuksessa syntyvien päästöjen vähentämisen kannalta aurinkoenergia ja sähköverkosta saatavan sähkön käyttö ovat tehokkaimmat keinot. Sähköverkkoon kuuluminen ja luotettava sähkön saatavuus eivät kuitenkaan ole toistaiseksi kaikkien kotitalouksien saavutettavissa. On myös melko vaikeaa ennustaa, saadaanko sähköverkkoa koskaan ulottumaan ja toimimaan ongelmitta kaikista syrjäisimmille alueille. Harvaan asutetulla maaseudulla sähköverkosta saatavalla sähköllä toimivat liedet eivät siten ainakaan lähitulevaisuudessa ole todennäköisesti käytössä ainakaan ainoana ruuanvalmistuskeinona. Pidemmällä aikavälillä akkuteknologian kehitys, erilaiset kantaverkon ulkopuoliset miniverkot ja paikallisesti, esimerkiksi vesi- tai tuulivoimalla, tuotettu sähköenergia voivat mahdollisesti toimia ratkaisuna sähköverkon ulottumattomissa olevilla alueilla.

Jos sähköä on saatavilla, erilaisia liesiä ja keittimiä on saatavilla useita erilaisia. Lähes kaikki nykyaikaiset sähköllä toimivat liedet ja keittimet toimivat hyvällä hyötysuhteella ja kuluttavat vähän energiaa, vaikka vaihtelua eri tyyppien välillä esiintyykin. Pääsääntöisesti kaikista näistä liesistä ja keittimistä löytyy malleja, joita voidaan käyttää myös aurinkoenergialla tai akkuihin liitettynä suoraan verkosta saatavan sähkön ohella.

Aurinkosähköjärjestelmät ja aurinkokeittimet tarjoavat hyvän mahdollisuuden päästöttömään energiaan myös alueilla, jonne sähköverkko ei ulotu. Vielä toistaiseksi aurinkosähköjärjestelmien käyttöönotto ei ole kaikista köyhimpien kotitalouksien ulottuvilla, mutta tulevaisuudessa hintojen jatkaessa laskuaan ja erilaisten maksutapojen kehittyessä järjestelmät ovat yhä useampien saavutettavissa. Aurinkokeittimet ovat edullisempi mahdollisuus hyödyntää aurinkoenergiaa, mutta niiden huonoihin puoliin kuuluvat keitinten hitaus ja suuri kokoisuus.

Päästöistä aiheutuvien terveys- ja ympäristöhaittojen vähentämisen kannalta jokainen askel kohti puhtaamman energian käyttöä ja puhdasta ruuanvalmistusta on positiivinen asia. Fuel stacking-mallin mukainen useiden energiamuotojen rinnakkainen käyttö ja samalla luopuminen vähitellen vanhoista polttoaineista ja teknologioista on useimmille köyhille ihmisille realistisin tapa siirtyä kohti päästötöntä ruuanvalmistusta. Tulevaisuudessa sähkön saatavuuden parantuessa ja sähköisten ruuanvalmistusvälineiden yleistyessä tullaan toivottavasti siirtymään lähemmäs energiatikapuumallia, jossa yhä useammalla taloudella olisi mahdollisuus vaihtaa vanhanaikaiset, runsaspäästoiset polttoaineet sähköön suoraan.

6 YHTEENVETO

Tässä kandidaatintyössä tutkittiin erilaisia ratkaisuja köyhien maiden ruuanvalmistuksesta aiheutuviin päästöihin. Työn tavoitteena oli etsiä ja tarkastella tietoa eri ratkaisujen soveltuvuudesta päästöjen vähentämisen keinoina eri puolilla maailmaa. Aluksi käytiin myös lyhyesti läpi köyhien maiden ruuanvalmistusta ja sen aiheuttamia terveys- ja ympäristöhaittoja sekä puhtaan energian ja ruuanvalmistuksen saatavuuden nykytilannetta ja viimeaikaista kehitystä.

Puhtaan ruuanvalmistuksen saatavuuden todettiin parantuneen 2010-luvun aikana huomattavasti. Maailmassa on kuitenkin yhä yli kaksi ja puoli miljardia ihmistä, joilla ei ole käytössään keinoja puhtaaseen ruuanvalmistukseen. Myös sähkön saatavuudessa on yhä huomattavia ongelmia erityisesti köyhien maiden syrjäseuduilla. Sähkön saatavuuden kehitystä hidastavia tekijöitä ovat esimerkiksi köyhien maiden nopea väestönkasvu ja vuonna 2019 syntynyt maailmanlaajuinen koronapandemia.

Eri ratkaisuvaihtoehtoja ruuanvalmistuksen päästöjen vähentämiseen vertailtiin saatavuuden, kustannuksien, huollettavuuden ja päästöjen vähenemisen osalta. Ratkaisuvaihtoehtojen tarkastelu ja vertailu suoritettiin käyttämällä apuna aiempaa aihetta käsittelevää tutkimustietoa. Eri järjestöt ja yritykset ovat keränneet tietoa köyhien maiden tilanteesta puhtaan ruuanvalmistuksen ja sähkön saatavuuden osalta ja kehittäneet ratkaisuja päästöjen aiheuttamien ongelmien vähentämiseksi. Työssä ratkaisujen vertailu keskittyi jo olemassa ja käytössä olevien polttoaineiden ja teknologioiden toimivuuteen ja tulevaisuudennäkymiin.

Eri ratkaisukeinoja tarkasteltaessa oli hankalaa valita yksiselitteisesti parasta vaihtoehtoa. Verkosta saatavalla sähköllä ja aurinkoenergialla toimivilla laitteilla saadaan vähennettyä päästöjä tehokkaimmin, mutta kalliit hinnat ja epävarma sähkön saatavuus hankaloittavat niiden laajaa käyttöönottoa. Muut keinot, eli nestekaasu ja kehittyneet liedet, häviävät sähkölle päästöjen vähentämisessä, mutta ovat monesti helpommin saatavilla ja edullisempia. Nykyhetken tilanteessa, jossa sähköä ei vielä ole luotettavasti saatavilla kaikille maailman ihmisille, eri polttoaineiden ja teknologioiden rinnakkainen käyttö on hyvä vaihtoehto edistämään vähitellen tapahtuvaa siirtymää kohti täysin päästötöntä puhdasta ruuanvalmistusta.

LÄHTEET

Alakangas, Eija, Hurskainen, Markus, Laatikainen-Luntama & Korhonen, Jaana. 2016. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Espoo: Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. [Verkkoaineisto, pdf]. [Viitattu: 23.3.2021]. Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2016/T258.pdf>

Amegah, Adeladza Kofi & Jaakkola, Jouni. 2016. Household air pollution and the sustainable development goals. [Verkkoaineisto]. Bulletin of the World Health Organization. Vol. 94. S. 215-221. [Viitattu 25.3.2021]. Saatavissa: <https://www.who.int/bulletin/volumes/94/3/15-155812/en/>

Batchelor, Simon et al. 2018. Solar electric cooking in Africa: Where will the transition happen first? [Verkkoaineisto]. Energy Research & Social Science. Vol. 40. S. 257-272. [Viitattu 30.3.2021]. ISSN 2214-6296. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629618301087>

Cameron, Steffani. 2020. Induction Vs. Infrared Cooktop. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 25.4.2021]. Saatavissa: <https://www.hunker.com/13408104/induction-vs-infrared-cooktop>

Climate Technology Centre & Network (CTCN). n.d. Improved Cook Stoves. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 25.3.2021]. Saatavissa: <https://www.ctc-n.org/technologies/improved-cook-stoves>

Energy Information Administration (EIA). 2020. Solar explained. Solar energy and the environment. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 24.3.2021]. Saatavissa: <https://www.eia.gov/energyexplained/solar/solar-energy-and-the-environment.php>

Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP). 2020. Cooking with Electricity: A Cost Perspective. Washington, DC: World Bank. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 20.4.2021]. Saatavissa: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/34566>

GlobalPetrolPrices.com. 2021. LPG prices. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 20.3.2021]. Saatavissa: https://www.globalpetrolprices.com/lpg_prices/

GoSun. 2020. The Ultimate Solar Cooker Guide. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 8.4.2021]. Saatavissa: <https://gosun.co/blogs/news/the-ultimate-solar-cooker-guide>

Hahn, Eric. 2020. Liquefied Petroleum Gas: LPG - What is LPG? [Verkkoaineisto]. [Viitattu 22.3.2021]. Saatavissa: <https://www.elgas.com.au/blog/492-what-is-lpg-lpg-gas-lp-gas>

Ilmasto-opas.fi. n.d. Kasvihuonekaasut lämmittävät. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 31.3.2021]. Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/3a576a6e-bec5-44bc-a01d-11497ebdc441/kasvihuonekaasut-lammittavat.html>

International Energy Agency (IEA). 2019. Clean Cooking Access Database. [Verkkoaineisto, xlsx]. [Viitattu 24.3.2021]. Saatavissa: <https://www.iea.org/reports/sdg7-data-and-projections/access-to-clean-cooking>

International Energy Agency (IEA). 2020a. Electricity Access Database. [Verkkoaineisto, xlsx]. [Viitattu 24.3.2021]. Saatavissa: <https://www.iea.org/reports/sdg7-data-and-projections/access-to-electricity>

International Energy Agency (IEA). 2020b. SDG7: Data and Projections. Paris: International Energy Agency. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 26.3.2021]. Saatavissa: <https://www.iea.org/reports/sdg7-data-and-projections>

IEA, IRENA, UNSD, World Bank, WHO. 2020. Tracking SDG 7: The Energy Progress Report. [Verkkoaineisto, pdf]. Washington DC: World Bank. [Viitattu 28.3.2021]. Saatavissa: https://trackingsdg7.esmap.org/data/files/download-documents/tracking_sdg_7_2020-full_report_-_web_0.pdf

van der Kroon, Bianca, Brouwer, Roy, van Beukering, Pieter, J.H. 2012. The energy ladder: Theoretical myth or empirical truth? Results from a meta-analysis. [Verkkoaineisto, pdf]. [Viitattu 28.3.2021]. Saatavissa:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032112006594>

Leach, Matthew & Oduro, Richard. 2015. Preliminary design and analysis of a proposed solar and battery electric cooking concept: costs and pricing. [Verkkoaineisto, pdf]. Iso-Britannia: Evidence on Demand. [Viitattu 24.3.2021]. Saatavissa:

https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a08974e5274a31e00000b8/E-Cooking_RQ1_Final_231115.pdf

Matthews, Leigh. 2021. Which is the More Energy Efficient Stovetop – Gas, Electric, or Induction? [Verkkoaineisto]. [Viitattu 30.4.2021]. Saatavissa:

<https://www.leafscore.com/eco-friendly-kitchen-products/which-is-more-energy-efficient-gas-electric-or-induction/>

Mbodji, Ndiaga & Hajji, Ali. 2016. Performance Testing of a Parabolic Solar Concentrator for Solar Cooking. [Verkkoaineisto, pdf]. [Viitattu 8.4.2021]. Saatavissa:

https://www.researchgate.net/publication/301703414_Performance_Testing_of_a_Parabolic_Solar_Concentrator_for_Solar_Cooking

Motiva. 2020. Aurinkosähkö. Huolto ja Kunnossapito [Verkkoaineisto]. [Viitattu 23.3.2021]. Saatavissa:

https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelman_kaytto/huolto_ja_kunnossapito

Norwegian Agency for Development Cooperation (Norad). 2020. Final Report: Study on the Potential of Increased Use of LPG for Cooking in Developing Countries. [Verkkoaineisto, pdf]. Oslo: Multiconsult. [Viitattu 1.5.2021]. Saatavissa:

https://www.multiconsultgroup.com/assets/LPG-for-Cooking-in-Developing-Countries_Report-by-Multiconsult.pdf

Odarno, Lily. 2019. Closing Sub-Saharan Africa's Electricity Access Gap: Why Cities Must Be Part of the Solution. [Verkkoaineisto]. Washington DC: World Resources Institute. [Viitattu 30.4.2021]. Saatavissa: <https://www.wri.org/insights/closing-sub-saharan-africas-electricity-access-gap-why-cities-must-be-part-solution>

Puliti, Riccardo. 2019. Clean Cooking: Why it Matters. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 22.3.2021]. Saatavissa: <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2019/11/04/why-clean-cooking-matters>

Ritchie, Hannah & Roser, Max. 2020. CO2 and Greenhouse Gas Emissions. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 28.2.2021]. Saatavissa: <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>

Schwarzer, Klemens & da Silva, Maria Eugênia Vieira. 2007. Characterisation and design methods of solar cookers. [Verkkoaineisto]. Solar Energy. Vol. 82. S. 157–163. [Viitattu 1.4.2021]. ISSN 0038-092X. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X07001314>

United Nations. 2020. Sustainable Development Goals: 7. Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all. [Verkkoaineisto]. [Viitattu: 20.3.2021]. Saatavissa: <https://sdgs.un.org/goals/goal7>

Woetzel, Jonathan et al. 2015. How advancing women's equality can add \$12 trillion to global growth. [Verkkoaineisto]. McKinsey Global Institute. [Viitattu 26.3.2021]. Saatavissa: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/employment-and-growth/how-advancing-womens-equality-can-add-12-trillion-to-global-growth>

World Health Organization (WHO). 2016. Household Energy Use: Catalogue of Cooking, Heating and Lighting Fuels and Technologies. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 30.4.2021]. Saatavissa:

<https://mics.unicef.org/files?job=W1siZiIsIjIwMTcvMDIvMDMvMTYvMjc0MjUvNTk5L1BpY3RvcmlhbHNfV0hPX0hvdXNlaG9sZF9FbmVyZ3lfVXNlX0NhdGFsb2d1ZV99TZXB0ZW1iZXJfMjAxNi8ucGRmIl1d&sha=57b4a452fcc0ac88>

World Health Organization (WHO). 2018. Household air pollution and health. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 28.3.2021]. Saatavissa: <https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/household-air-pollution-and-health>

World Health Organization (WHO). 2021. Indoor air pollution and household energy. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 30.3.2021]. Saatavissa: <https://www.who.int/heli/risks/indoorair/indoorair/e>