



Hiilineutraalit energiaratkaisut ja lämpöpumpputeknologia (HybE)

Tulosseminaari

3.10.2024

Seminaariohjjelma 3.10.2024

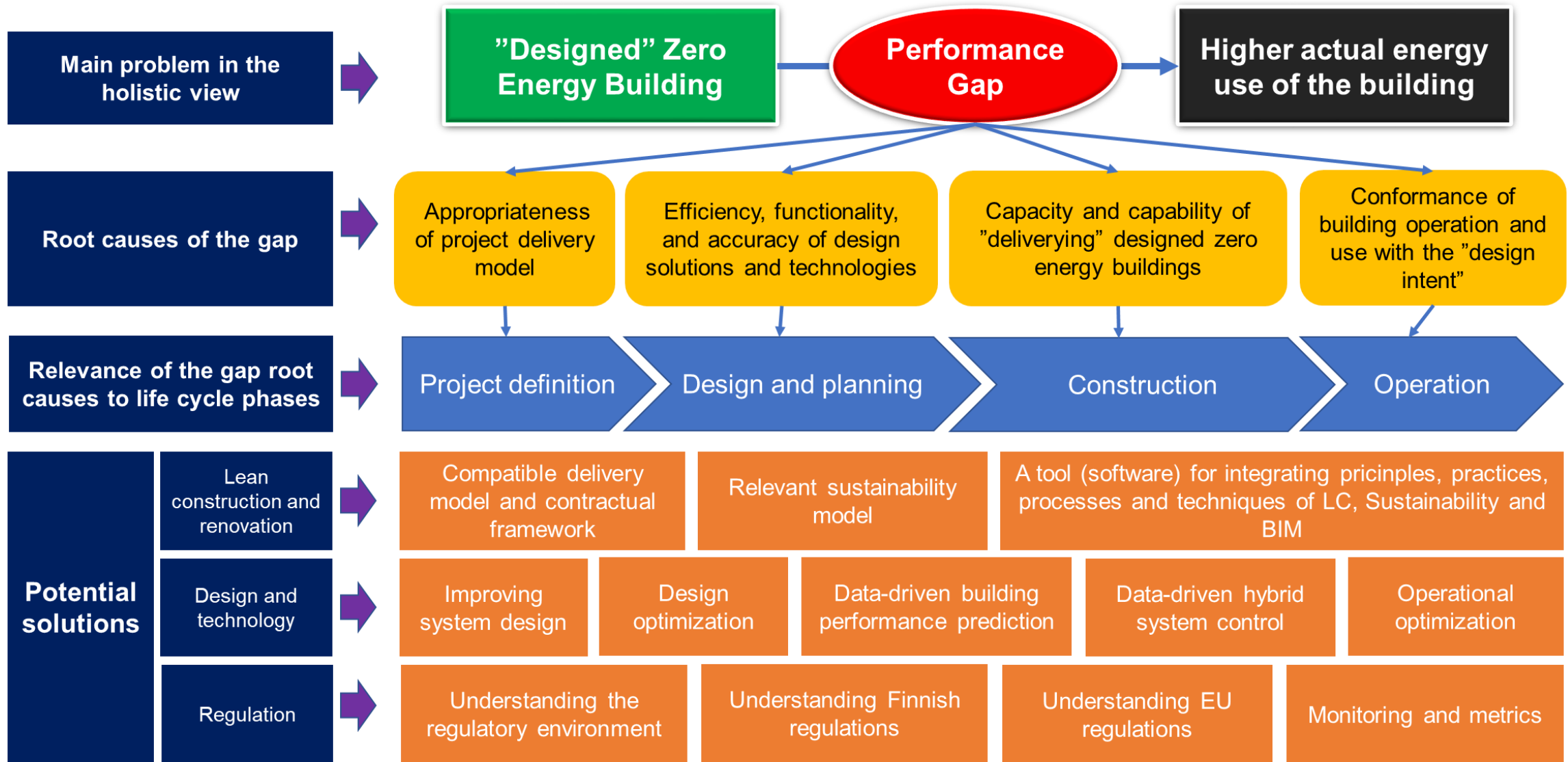
9:00 – 9:05	HybE-tutkimusohjelman esittely
9:05 – 9:30	Yhteistoiminnallisten rakentamishankkeiden ominaisuudet ja vaikutukset tuottavuuteen ja ympäristökestävyyteen
9:30 – 9:55	Hybridiennergiajärjestelmien riskienhallinta ja ylläpito
9:55 – 10:20	Alueellisen energiatuotannon mahdollisuudet, tulevaisuuden trendit ja liiketoimintamallit
10:20 – 10:45	Maalämpökentän regenerointi ilmalämpökeräimellä
10:45 – 11:00	Yhteenveto

HybE-hanke

- Hankeaika on 2022-2026
- Tavoitteena on edistää hiilineutraalia rakentamista ja hybridienergiajärjestelmien käyttöä kolmella tutkimuslinjalla
 - Rakentamisen prosessit
 - Rakennusten energiaratkaisut
 - Kiinteistöliiketoiminta
- Vuotuiset tutkimussprintit kaikista aihealueista
- Lisäksi toteutetaan väitöskirjatutkimusta

Yhteistyökumppanit ja ohjausryhmä

Paavo V. Suominen rahasto	Matti Pentti
STEK ry	Timo Kekkonen
Granlund konserni	Koordinointi Ville Pajukangas
Ramboll Finland Oy	Janne Jokisalo
HUS-yhtymä, Kiinteistö- ja toimitilapalvelut ja HUS Kiinteistöt	Jani Valkama Reima Haiminen
Senaatti-kiinteistöt	Tapio Jalo
Tampereen yliopisto	Piia Sormunen Janne Hirvonen Jukka Puhto



Tutkimussprintti 4

Exploring Characteristics of Deep Collaboration and Investigating Impacts of Collaborative Delivery Models on the Productivity and Environmental Sustainability of Construction Projects

Research questions and objectives

Research questions	Research objectives
1. What are the characteristics and realization mechanisms of deep collaboration in construction projects?	1. Discovering the characteristics and realization mechanisms of deep collaboration in construction projects.
2. How the performance of completed alliance type construction projects have been in terms of time, cost, safety, and stakeholder satisfaction ?	2. Investigating the performance of completed alliance construction projects in terms of time, cost, quality, safety, and stakeholder satisfaction.
3. How the performance of completed alliance type construction projects have been in terms of environmental sustainability (i.e., energy consumption and emissions) ?	3. Investigating the performance of completed alliance construction projects in terms of environmental sustainability (i.e., energy consumption and emissions).
4. Is there any difference between the productivity and environmental sustainability of alliance construction projects and traditional construction projects (e.g., design-bid-build)?	4. Broadening our understanding on the difference between productivity as well as environmental sustainability of collaborative (e.g., alliance) and traditional construction projects.

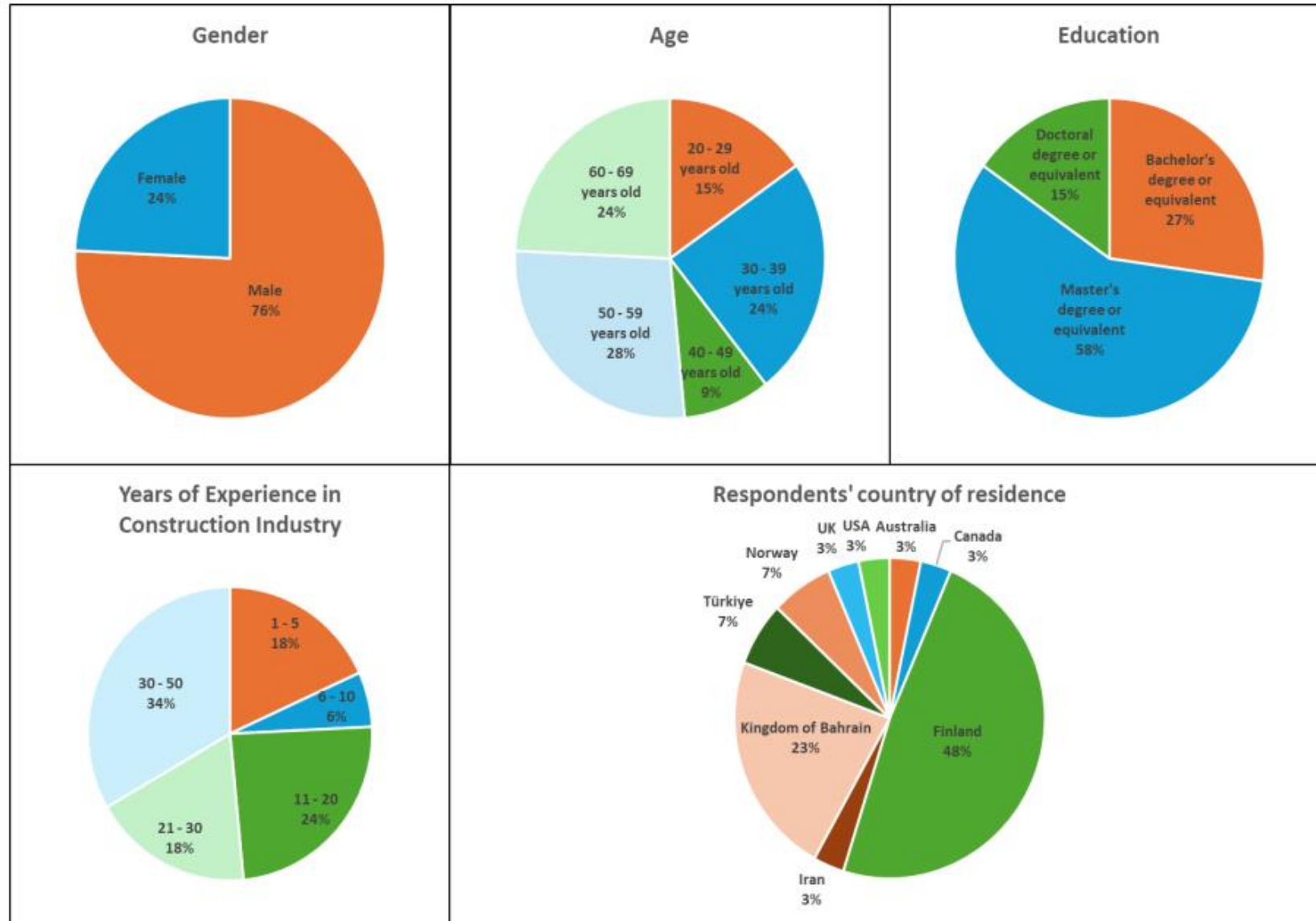


Figure 2. Demographic information of the survey respondents

Survey projects

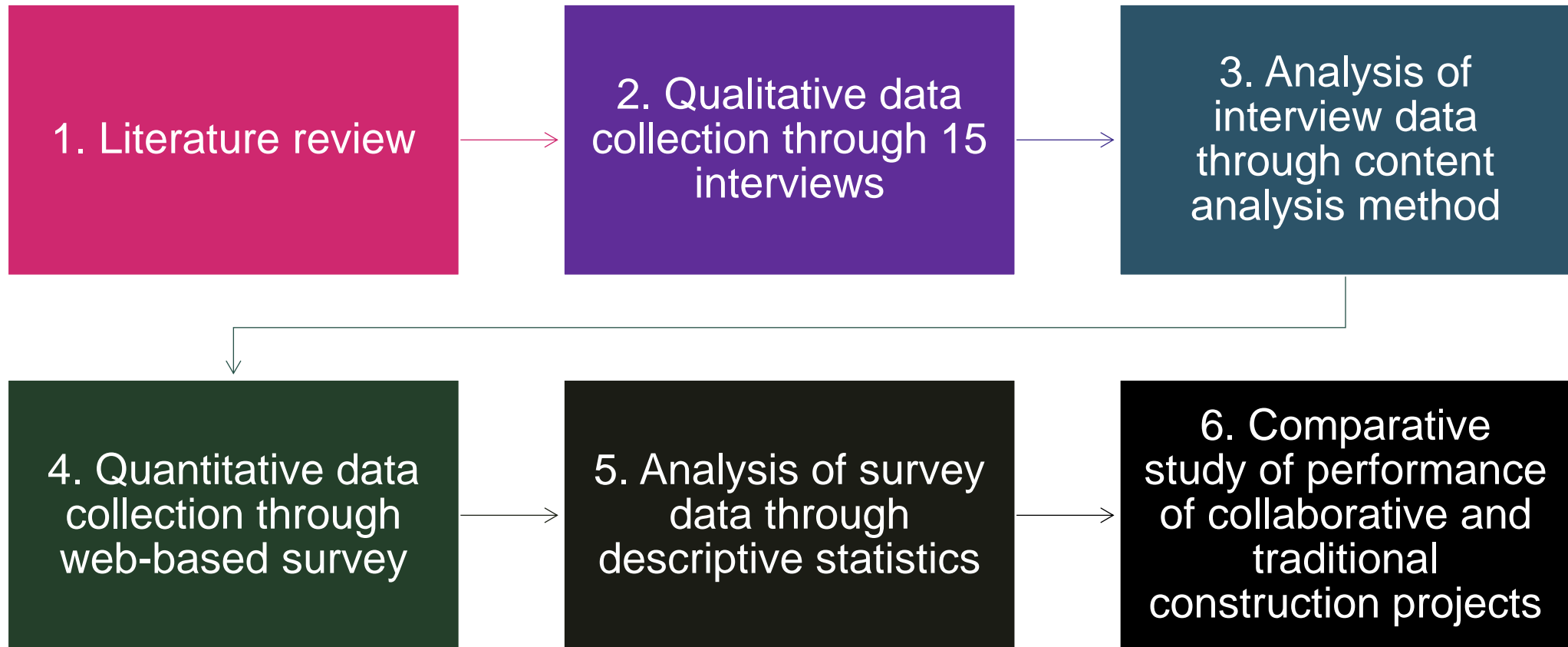
Table 4. Demographic information of survey respondents' latest project

No	Delivery model	Project type (i.e., construction category)	Country	Duration (year)	Budget
1	Alliance	Office building	Finland	8	220,000,000 €
2	Alliance	Office building	Finland	1.5	13,400,000 €
3	Alliance	Hospital building	Finland	4	33,000,000 €
4	Alliance	Gym/sport facility	Finland	3	28,000,000 €
5	Alliance	School/University building	Finland	4	141,000,000 €
6	Alliance	Hospital building	Finland	4.5	231,000,000 €
7	Alliance	Office building	Finland	3.5	21,000,000 €
8	Alliance	Hospital building	Finland	3	36,000,000 €
9	Partnering	School/University building	Finland	3	30,000,000 €
10	Partnering	Office building	Finland	2	25,000,000 €
11	Partnering	Office building	Finland	2	8,300,000 €
12	Partnering	School/University building	Finland	2	85,000,000 €
13	IPD	Gym/sport facility	Finland	6	300,000,000 €
14	CM	Office building	Finland	3	80,000,000 €
15	CM	Residential building	Finland	2	17,000,000 €
16	DB	Residential building	Australia	1	500,000 €
17	EPC	Office building	Bahrain	1	300,000 €
18	EPC	Residential building	Bahrain	2	330,000 €
19	EPC	Office building	Bahrain	2	1,000,000 €
20	EPC	Office building	Bahrain	2	1,200,000 €
21	CM	Residential building	Bahrain	3	-
22	IPD	Residential building	Bahrain	1.5	-
23	DBB	Office building	Bahrain	2	20,000,000 €
24	LPD	Office building	Bahrain	1	-
25	DBB	School/University building	Canada	2	-
26	IPD	School/University building	Canada	2	-
27	CM	Residential building	Iran	3	1,000,000 €
28	DB	Hospital building	Norway	2	5,900,000 €
29	Partnering	Gym/sport facility	Norway	7	62,000,000 €
30	DBB	Office building	United Kingdom	1	3,000,000 €
31	CM	Office building	United States	2	13,500,000 €
32	DB	Residential building	Türkiye	3	2,000,000 €
33	IPD	Shopping mall	Türkiye	3	2,000,000 €

Legend:

IPD: Integrated Project Delivery
 CM: Construction Management
 DB: Design-Build
 DBB: Design-Bid-Build
 EPC: Engineering, Procurement, Construction

Methodology



Deep collaboration - characteristics and enablers

Confidential

Characteristics of Deep Collaboration in Construction Projects

Open
communication

Financial
transparency
(i.e., open-book
cost mgmt)

Mutual trust

Sharing risk and
reward

Joint decision
making

Problem solving
attitude

Common goal

Active
interaction

Good team
spirit

Performance of collaborative construction projects

Confidential

Performance Evaluation of Construction Projects with Collaborative Delivery Models																					
Performance criteria	Alliance Projects								Average score for alliance projects	Partnering Projects					Average score for Partnering projects	IPD Projects				Average score for IPD projects	Average score for all collaborative projects
	Finland									Finland			Norway	Finland		Bahrain	Turkiye	Canada			
	Office building	Office building	Hospital	Sport facility	School building	Hospital	Office building	Hospital		School building	Office building	Office building	School building	Sport facility		Sport facility	Residential building	Shopping mall	School Building		
	Score (1-3)	Score (1-3)	Score (1-3)	Score (1-3)	Score (1-3)	Score (1-3)	Score (1-3)	Score (1-3)		Score (1-3)	Score (1-3)	Score (1-3)	Score (1-3)	Score (1-3)		Score (1-3)	Score (1-3)	Score (1-3)	Score (1-3)		
Time	3	3	3	2	2	2	1	1	2.125	2	2	1	1	3	1.80	2	2	2	2	2.00	2.00
Cost	3	3	3	3	2	2	1	1	2.25	3	2	2	1	3	2.20	1	3	2	2	2.00	2.18
Quality	3	3	3	3	3	3	3	2	2.88	3	3	3	3	1	2.60	3	2	2	2	2.25	2.65
Safety	3	3	3	2	2	2	2	2	2.38	3	2	2	2	3	2.40	2	3	2	2	2.25	2.35
Average score of four metrics per project	3	3	3	2.5	2.25	2.25	1.75	1.5	2.41	2.75	2.25	2	1.75	2.5	2.25	2	2.5	2	2	2.13	2.29
Energy consumption in the use phase	2	2	2	2	2	2	2	1	1.88	2	2	2	2	1	1.80	2	2	2	3	2.25	1.83
Scoring system legend										Average score legend											
Criteria	Description								Score	Average score		Meaning									
Time	The project completed ahead of schedule.								3	2 - 3		The performance <u>Exceeds</u> the target.									
	The project completed on time.								2												
	The project completed with delay.								1												
Cost	The project completed under budget.								3	1 - 1.99		The performance <u>Meets</u> the target.									
	The project completed on budget.								2												
	The project completed over budget.								1												
Quality	No quality error/rework								3	0 - 0.99		The performance <u>Does Not Meet</u> the target.									
	Minor quality error/rework								2												
	Major quality error/rework								1												
Safety	Accident free								3	Further info		The reported project with LPD model by one of the survey respondents was excluded from this evaluation due to the missing information on the performance of the project in terms of cost, safety and energy consumption in the use phase.									
	Minor accident(s) and minor injuries								2												
	Major/fatal accident(s)								1												
Energy consumption in the use phase	Less than target								3												
	According to the target								2												
	More than target								1												

Performance of traditional construction projects

Confidential

Performance Evaluation of Construction Projects with Traditional Delivery Models

Performance criteria	CM Projects					Average score for CM projects	DBB Projects		Average score for DBB projects	DB Projects				Average score for DB projects	EPC Projects				Average score for EPC projects	Average score for all traditional projects
	Finland	Finland	Bahrain	Iran	US		Canada	Bahrain		UK	Turkiye	Norway	Australia		Bahrain	Bahrain	Bahrain	Bahrain		
	Office building	Residential building	Residential building	Residential building	Office building		School building	Office Building		Office Building	Residential building	Hospital building	Residential building		Office Building	Residential Building	Office Building	Office Building		
	Score (1-3)	Score (1-3)	Score (1-3)	Score (1-3)	Score (1-3)		Score (1-3)	Score (1-3)		Score (1-3)	Score (1-3)	Score (1-3)	Score (1-3)		Score (1-3)	Score (1-3)	Score (1-3)	Score (1-3)		
Time	1	2	1	1	2	1.40	1	1	1	2	1	1	1	1.25	2	1	2	1	1.5	1.33
Cost	3	2	1	1	3	2.00	1	1	1	3	1	2	2	2	2	1	2	3	2	1.87
Quality	3	3	2	3	3	2.80	3	3	3	3	2	2	3	2.5	3	3	3	2	2.75	2.73
Safety	2	2	2	2	3	2.20	2	3	2.5	3	2	3	3	2.75	3	3	3	3	3	2.60
Average score of four metrics per project	2.25	2.25	1.50	1.75	2.75	2.10	1.75	2	1.875	2.75	1.5	2	2.25	2.125	2.5	2	2.5	2.25	2.3125	2.13
Energy consumption in the use phase	2	2	2	3	1	2.00	1	1	1	2	1	1	2	1.5	2	1	2	2	1.75	1.56
Scoring system legend										Average score legend										
Criteria	Description								Score	Average score				Meaning						
Time	The project completed ahead of schedule.								3	2 - 3				The performance <u>Exceeds</u> the target.						
	The project completed on time.								2											
	The project completed with delay.								1											
Cost	The project completed under budget.								3	1 - 1.99				The performance <u>Meets</u> the target.						
	The project completed on budget.								2											
	The project completed over budget.								1											
Quality	No quality error/rework								3	0 - 0.99				The performance <u>Does Not Meet</u> the target.						
	Minor quality error/rework								2											
	Major quality error/rework								1											
Safety	Accident free								3	Further info										
	Minor accident(s) and minor injuries								2											
	Major/fatal accident(s)								1											
Energy consumption in the use phase	Less than target								3											
	According to the target								2											
	More than target								1											

Summary of average score

	Collaborative project models	Traditional construction projects
Time	2.00	1.33
Cost	2.18	1.87
Quality	2.65	2.73
Safety	2.35	2.60
Energy consumption in the use phase	1.83	1.56

Scoring system legend		
Criteria	Description	Score
Time	The project completed ahead of schedule.	3
	The project completed on time.	2
	The project completed with delay.	1
Cost	The project completed under budget.	3
	The project completed on budget.	2
	The project completed over budget.	1
Quality	No quality error/rework	3
	Minor quality error/rework	2
	Major quality error/rework	1
Safety	Accident free	3
	Minor accident(s) and minor injuries	2
	Major/fatal accident(s)	1
Energy consumption in the use phase	Less than target	3
	According to the target	2
	More than target	1

Conclusions

- The identified characteristics of deep collaboration seem to be routed in project team's behavioral competencies, contract type, and the project's governance style as well as structure.
- Regarding the performance, it seems that construction projects with both traditional (except Design-Bid-Build) and collaborative delivery models have the capacity and capability to meet their basic targets in terms of time, cost, quality, safety within the project life cycle, and the energy consumption in the use phase of the constructed building/facility.
- In terms of project's time and cost performance and constructed building's energy consumption in the use phase, collaborative construction projects seem to outperform the traditional ones.
- Among the addressed collaborative projects,
 - alliance projects seem to have better performance results in the categories of time, cost, quality, and safety compared to IPD and partnering projects, respectively.
 - however, in terms of the energy consumption in the use phase, IPD projects seem to outperform alliance and partnering projects.

Acknowledgement

- Although the findings provide a substantial contribution to the field of collaborative and traditional construction project delivery, it is necessary to acknowledge that these conclusions are based on a relatively small sample of collaborative and traditional projects, addressed in this study.
- Therefore, further research on a broader scale with a bigger sample size is strongly recommended to get more in-depth insights regarding the performance of collaborative and traditional construction projects.

Tutkimussprintti 5

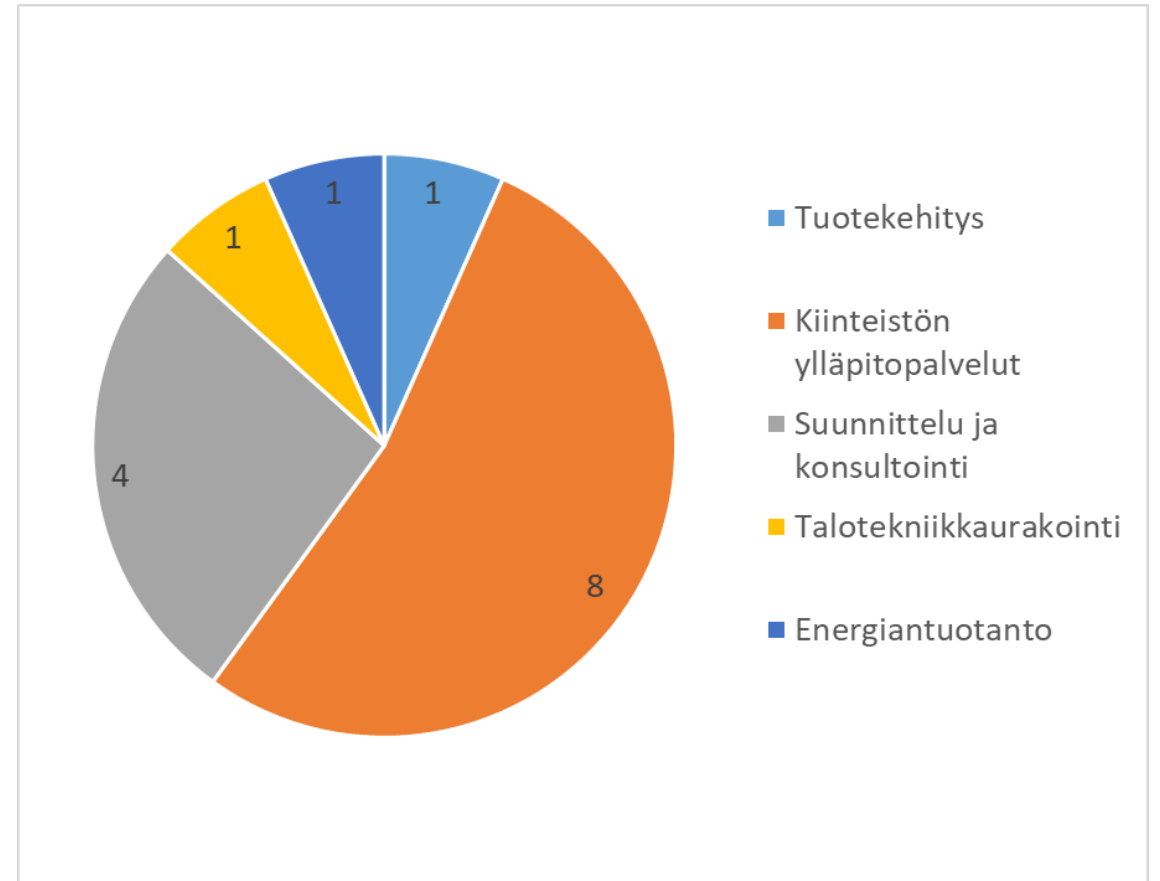
Hybridienergiajärjestelmien riskienhallinta ja ylläpito

Tutkimuksen tausta ja tavoite

- Rakennusten lämpöpumppuja hyödyntävät hybridienergiajärjestelmät tulevat jatkuvasti monimutkaisemmiksi
- Järjestelmien suunnittelussa, toteutuksessa ja ylläpidossa on yhä enemmän epäonnistumisen mahdollisuuksia
- Alalla on tarve tunnistaa hybridienergiajärjestelmien yleiset haasteet ja hyvät toimintatavat
- Tutkimuskysymykset
 - Mitkä ovat rakennusten energiatehokkuuden arviointiin käytetyt indikaattorit, ja kuinka ne määritetään käytännön sovelluksissa?
 - Millaisia menetelmiä, teknologioita ja järjestelmiä käytetään rakennusten energiankulutuksen seurantaan, ja kuinka näiden teknologioiden tuottamaa dataa tulkitaan ja analysoidaan?
 - Mitkä ovat rakennusten energiajärjestelmien ylläpidon parhaat käytännöt?
 - Mitkä ovat tyypilliset riskit rakennusten hybridienergiajärjestelmien suunnittelussa ja käyttöönotossa, ja kuinka ne tulisi ottaa huomioon rakennusprosessissa?

Haastattelut

- Toteutettiin 12 semistrukturoitua haastattelua
 - Adven, AFRY, Caverion, Consti, Fidelix, Granlund, HUS, Ramboll, Senaatti, SRV
- Kysymykset käsittelivät
 - Energiatehokkuuden mittausta ja indikaattoreita
 - Käyttöönoton ja ylläpidon toimintamalleja
 - Järjestelmien säädön ja ohjauksen menetelmiä
 - Hybridien energiajärjestelmien riskienhallintaa



Energiatehokkuuden määrittely ja mittaus

- Rakennuskohtainen energiatehokkuus
 - kWh/m², kWh/m³
 - kWh/käyttäjä
 - Sähkö, lämpö, kylmä
 - Ostoenergia
- Tavoitteena järjestelmäkohtainen mittaus
 - Lämmitys
 - Lämpöpumpun tuotanto ja kulutus → COP
 - Tuotetun energian hinta
 - Varalämmityksen osuus
 - Lämpötila, virtaama, paine
 - Jäähdytys
 - Lämpöpumpulla tuotettu jäähdytys
 - Lämmityksen ja jäähdytyksen yhteistuotannon laskenta
 - Hyödynnetty vapaajäähdytys
 - Ilmanvaihto
 - LTO:n hyötysuhde
 - Valaistus
- Vanhoissa kiinteistöissä mittarointi ei yleensä riitä tarkkaan energiatehokkuuden seurantaan
- Vanhoissa kiinteistöissä ei välttämättä ole edes rakennuskohtaista mittausta
- Uusissa rakennuksissa yleensä riittävä mittarointi
- Joskus mittarointi on olemassa, mutta sitä ei ole kytketty käyttöön
 - Määräykset velvoittavat mittarointiin, eivät mittaukseen
 - Kun mittarointi asennetaan, sen käyttötarkoitus pitäisi olla tilaajalle selvä
 - Mittaroinnin kustannus kokonaisuuteen nähden pieni

Hybridienergiajärjestelmän riskejä

- Liian suuri energiankulutus
 - Lämpöpumpun huono hyötysuhde
 - Varajärjestelmien liiallinen käyttö
 - IV-LTO:n huono hyötysuhde
- Toimintahäiriöt
 - Geoenergiakentän ennenaikainen jäähtyminen
 - Lämpöpumpun katkoileva käyttö
 - Säätokäyrien asetusten erot
 - Väärä ajojärjestys
 - Mittarivirheet vs. laitevirheet
- Huonot sisäolosuhteet
 - Keskitettyjen ja paikallisten järjestelmien ristiriitainen käyttö
 - Ylipaineen aiheuttamat kosteus- ja mikrobiongelmat
- Ylläpidon ongelmat
 - Vaikea pääsy huoltotoimiin
 - Puuttuva mittaustieto
 - Monimutkaisen datan analysointi
 - Vastuuhenkilön puute
 - Osaamisvaje

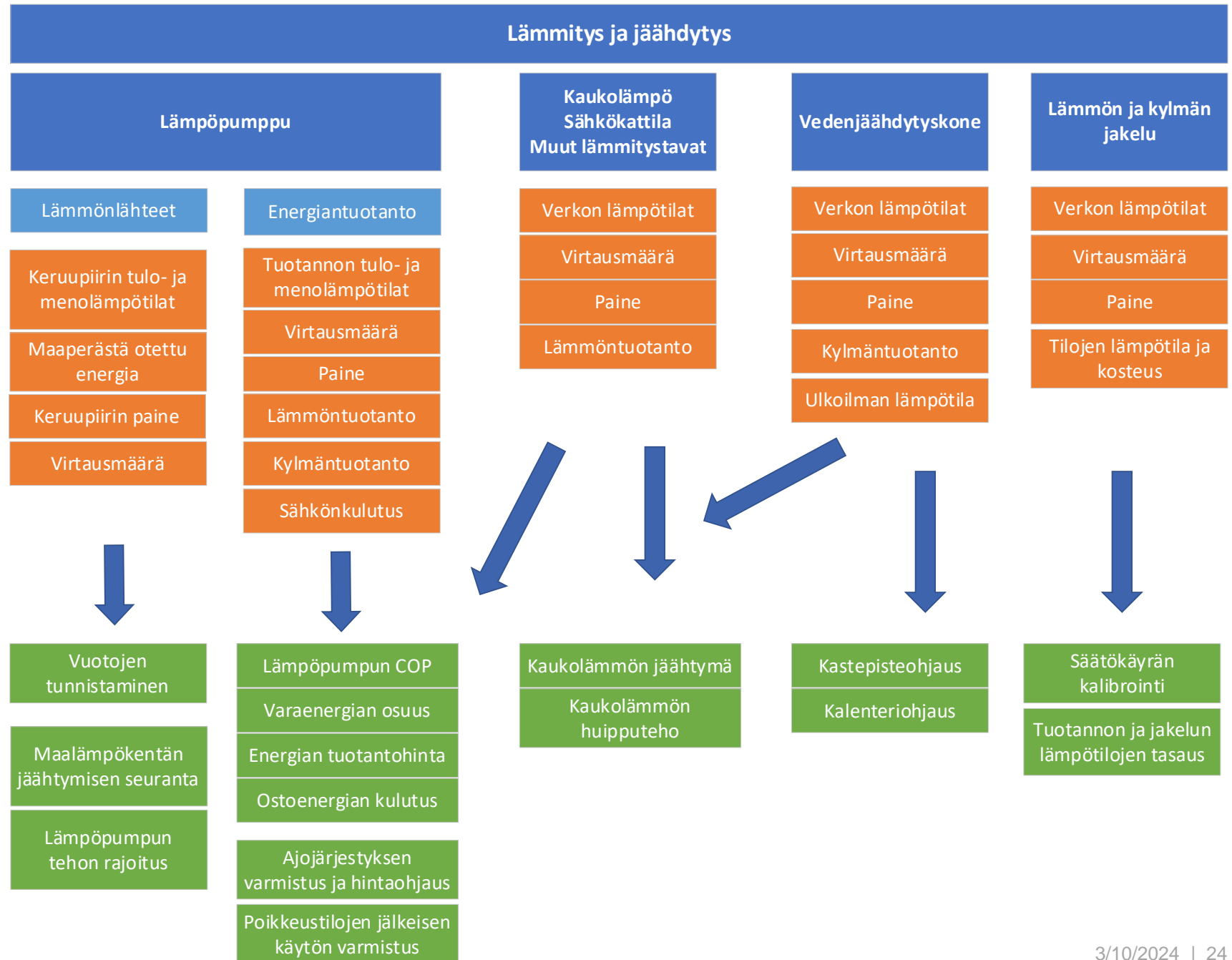
Hybridiennergiajärjestelmien suunnittelu

- Järjestelmän tarkka mitoitus
 - Energiankulutuksen ja huipputehojen tarkka määrittäminen
 - Lämmönlähteiden saatavuus
 - Geoenergiakentän TRT-mittauksiin pohjautuva simulointi
 - Mitoitus tasaiseen käyttöön
- Järjestelmän suunnittelu yhtenäisenä kokonaisuutena
 - Lämmitys, jäähdytys, ilmanvaihto, valaistus, automaatio
 - Järjestelmäoperaattori mukaan heti hankkeen alusta asti
 - Osajärjestelmien itsenäiset kytkennät toiminnallisuuden varmistamiseksi
- Ongelmiin varautuminen
 - Tilavaraukset lisäjärjestelmille energiankulutuksen muutoksen varalta
 - Lämpöpumput, geoenergiakaivot
 - Varajärjestelmä käyttökatkojen ajaksi
 - Huollettavuuden huomiointi
 - Sopimukset oman hallinnan ulkopuolisiin ongelmiin
- Ylläpito
 - Energiatehokkuuden seuranta ja viritys
 - Hintasignaaliin perustuva ohjaus

Reaaliaikainen monitorointi ja analytiikka

- Jatkuva monitorointi ja etäohjaus on energiatehokkaan käytön avain
 - Kaikki järjestelmät tulee kytkeä samaan rakennusautomaatioon
 - Lämpöpumpuissa usein oma järjestelmä
 - Ei käsiohjausta!
 - Historiatietojen kerääminen ja säilyttäminen vuosien ajan
 - Energiatehokkuustietoa eri olosuhteissa
 - Datan keräämisen jatkuminen yhteyskatkojen jälkeen
 - Aikaresoluutio järjestelmän tarpeen mukaan
 - Tuntitaso
 - Minuuttitaso
- Analytiikka tunnistaa järjestelmien poikkeustilanteet
 - Huojunta ja vaihtelu
 - Hälytysrajojen ylitys ja alitus
 - Hälytykset vain vastuuhenkilöille
- Vertailu tavoitetasoihin
 - Suunnitteluarvot
 - Historiatiedot samanlaisista olosuhteista
 - Muiden vastaavien kohteiden tiedot
- Laitteiden häiriöt vs. mittarin virheet
 - Eri suureiden rinnakkainen mittaus auttaa tunnistamaan todelliset toimintahäiriöt
 - Automaation lukemien fyysinen varmistaminen

Lämpöpumppu- hybridin mittauksia ja toimenpiteitä



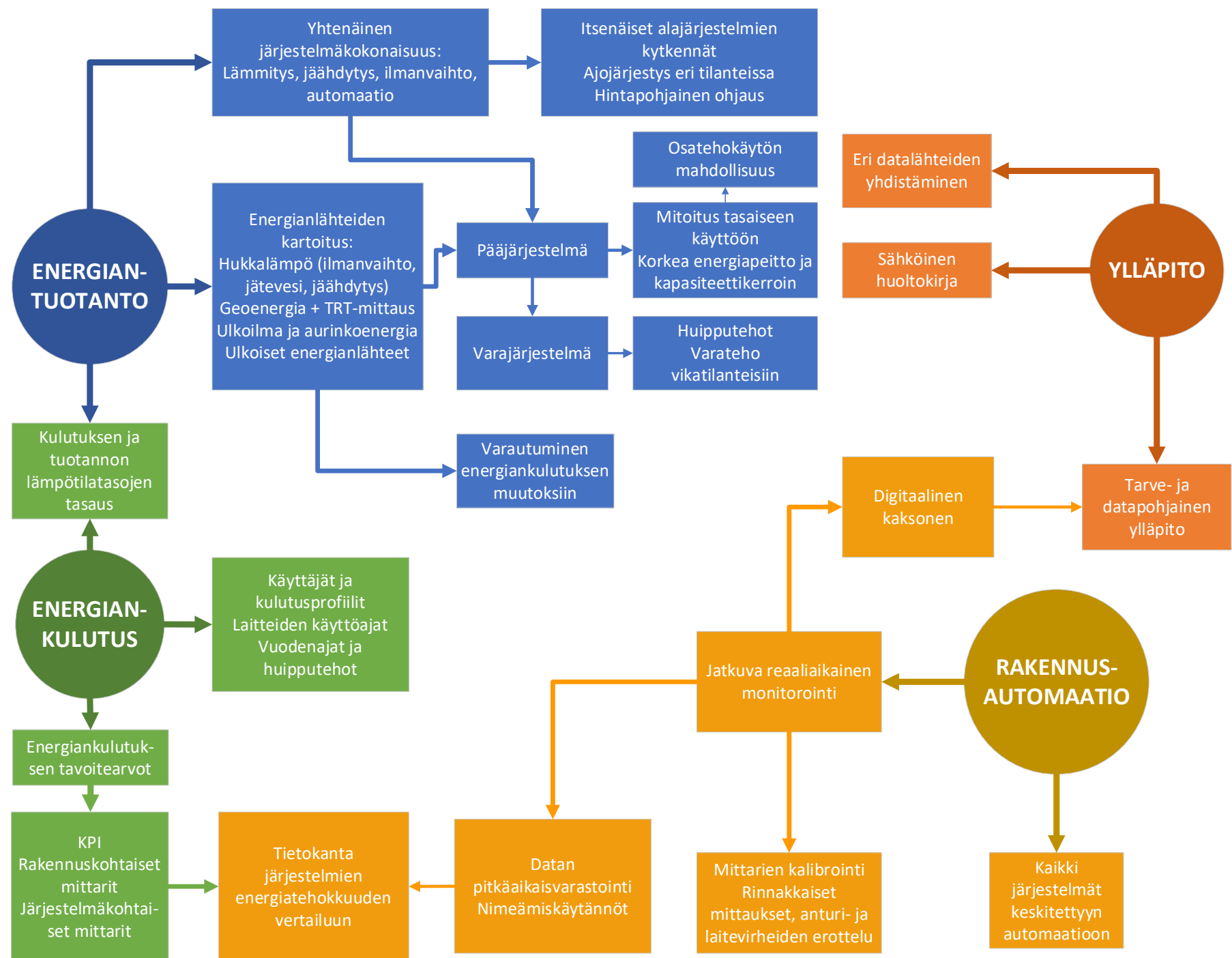
Tarpeenmukainen ylläpito

VERTAILUDATA		TIEDONHALLINTA	
Kerää toimintadataa eri olosuhteissa.	Vertaa kulutusta 1) suunnittelutavoitteisiin, 2) digitaaliseen kaksoseen 3) muihin vastaaviin järjestelmiin.	Jokainen järjestelmä jonkun vastuulle.	Hälytykset vain niille, jotka niitä tarvitsevat.
Säilytä historiatietoja 5 vuoden ajan.	Rinnakkaiset mittaukset eri suuureista	Säännöllinen energiatehokkuuden auditointi.	Ennakoivat ja reagoivat huoltotoimet dataan perustuen.
Datan keruun jatkaminen käyttökatkojen ja yhteysongelmien jälkeen.		Ylläpidon lyhyt- ja pitkäaikainen suunnittelu tehtyjen havaintojen ja suositusten perusteella.	
Sähköinen huoltokirja			

Tekoälyn hyödyntäminen

- Nykyjärjestelmissä tekoäly tarkoittaa yleensä sääntöpohjaisia ohjausalgoritmeja
 - IF, THEN, ELSE
 - Rakennetaan pala kerrallaan käytännön kokemusten perusteella
- Kehittynyt tekoäly tarvitsee standardoitua dataa ja rajapintoja
 - Koneluettavat tunnisteet
- Tekoälyn mahdollisia käyttökohteita
 - Automaattinen analytiikka ja vianmääritys
 - Eri lähteistä tulevan datan yhdistäminen
 - Rakennusautomaation mittauspisteiden tunnistaminen ja nimeäminen
 - Kulutusennusteiden tekeminen
 - Järjestelmien kustannusoptimaalinen ohjaus

Hybridi-energiajärjestelmän suunnittelu ja käyttö



Yhteenveto

- Hybridienergiajärjestelmän suunnittelu yhtenäisenä kokonaisuutena
 - Parhaiden toimintatapojen jakaminen
- Energiatehokkuuden tavoitetasojen määrittely
 - Vertailutietokannan luominen
- Reaaliaikainen monitorointi ja analytiikka
 - Datan standardoitu merkitseminen ja modulaarinen käyttö
- Datapohjainen ylläpito
 - Automaattinen mittareiden tunnistaminen ja datalähteiden integrointi

Tutkimussprintti 6

Alueellisen energiantuotannon mahdollisuudet,
tulevaisuuden trendit ja liiketoimintamallit

Case-Laakson yhteissairaala

Tausta

- Kiinteistöt tulevaisuuden energiantuottajina
 - Uusiutuvan energian RED III –direktiivi (2023/2413)
 - Tavoitteena kannustaa jäsenvaltioita hyödyntämään rakennusten uusiutuvan energian mahdollisuuksia
 - Ohjeelliset osuudet uusiutuvan energian käytölle rakennuksissa
 - Suomi EU:n edelläkävijänä alueellisten energiaratkaisuiden säädöskehityksessä
- Tunnistettuja haasteita (Valta 2023)
 - Oikean suunnitteluratkaisun ja toimintamallin valinta eri käyttötarkoituksiin
 - Omistajuusmuodon määrittäminen
 - Energiaoperaattoreiden roolitukset
 - Liiketoimintamallien vakiintumattomuus
- Määrittely
 - Viitataan yleensä energiaa kuluttavaan alueeseen, jonka tarve katetaan tietyllä energiaratkaisulla tai niiden yhdistelmillä
 - Vähintään kahden kiinteistön muodostama kokonaisuus ja laajimmillaan kaupunginosan kokoinen yksikkö
 - Keskeinen tavoite kustannustehokkuus ja päästökuorman pienentäminen



Tutkimuksen tavoite

- **Tavoite**

- Selvityksen tavoitteena on tuottaa uutta tietoa alueellisten energiaratkaisuiden toteuttamisesta ja tulevaisuuden trendeistä

- **Tutkimuskysymykset**

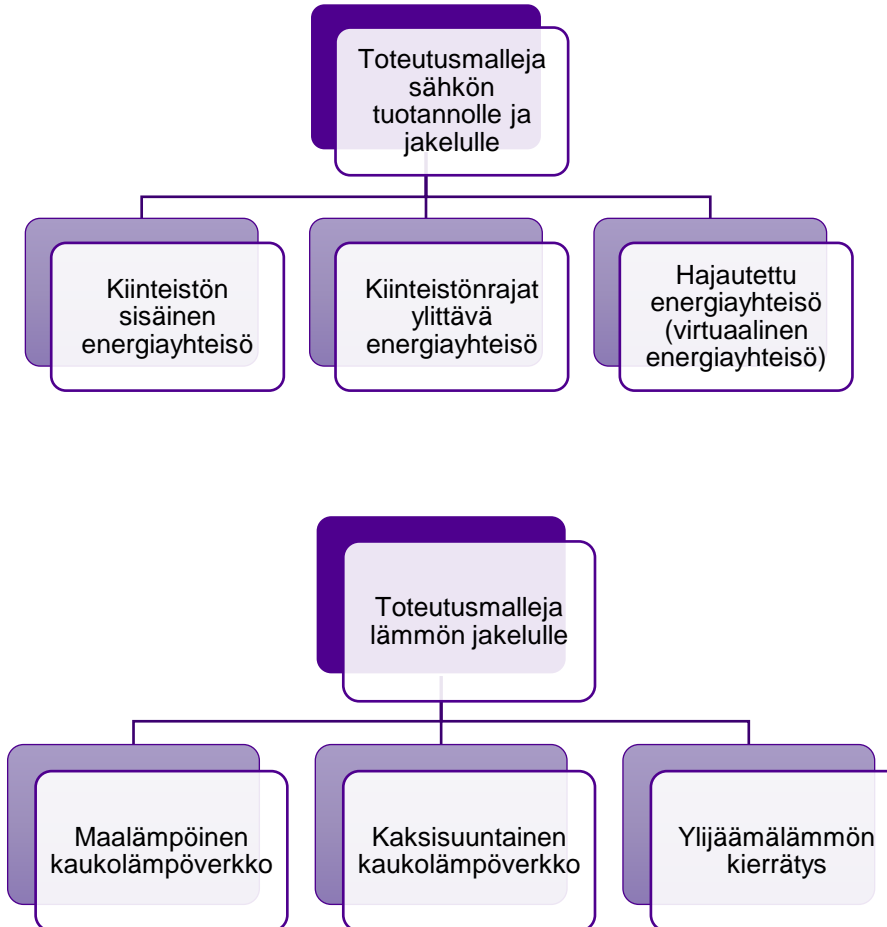
- Millaisia toteutusmalleja alueellisille energiaratkaisuille voidaan tunnistaa?
- Mitä vahvuuksia, heikkouksia ja riskejä eri malleissa voidaan tunnistaa?
- Millainen alueellinen energiatuotantomalli soveltuu Laakson yhteissairaalahankkeeseen?
- Millaisia tulevaisuuden kehityssuuntia ja mahdollisuuksia aiheessa voidaan tunnistaa?

- **Tutkimusmenetelmä**

- Tutkimuksessa hyödynnettiin konstruktivista metodiikkaa, jonka tarkoituksena on tunnistaa reaalimaailman ongelmia ja niiden ratkaisuita (Lukka 2023)
- Tutkimuksessa toteutettiin kahdeksan haastattelua, joissa käytiin läpi neljä toisistaan poikkeavaa energiaratkaisua

Energiayhteisöt alueellisina energiaratkaisuna

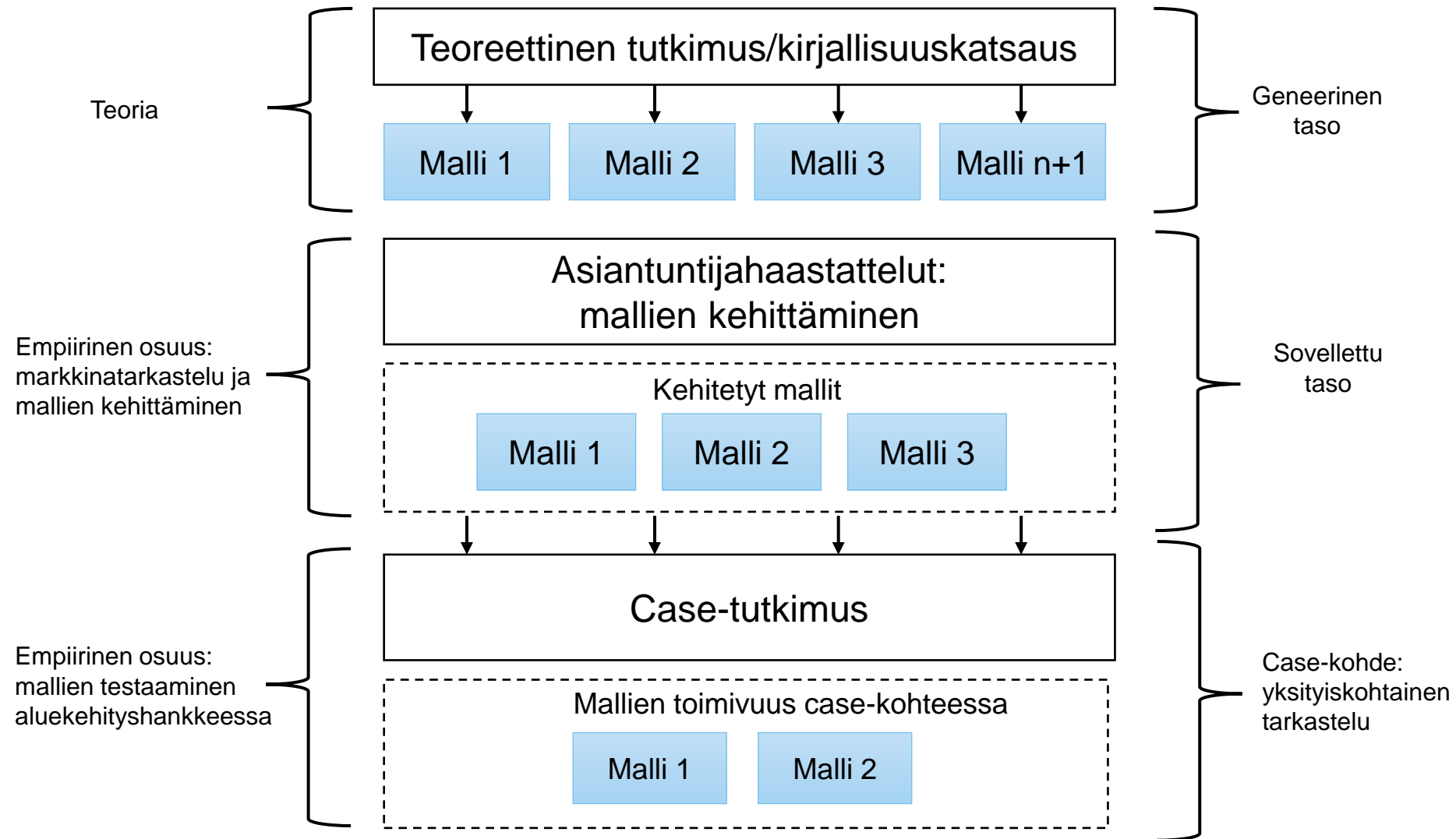
- Energiayhteisöjen määritelmä
 - Voi tuottaa sähkö-, lämmitys- ja/tai jäähdytysenergiaa
 - Voi koostua useiden kiinteistöjä kattavasta yhteenliittymästä, joka tuottaa ensisijaisesti energiaa omiin tarpeisiinsa ja myy mahdollisen ylijäämäenergian julkiseen verkkoon tai yhteisön lähialueelle
- Kiinteistön sisäinen energiayhteisö
 - Toteutettu esim. kiinteistöllä sijaitsevalla aurinkopaneelijärjestelmällä
- Kiinteistönraajat ylittävä energiayhteisö
 - Energiantuotanto sijaitsee eri tontilla kuin kulutus
 - Esim. sähköntuotannossa erillinen linja sähkön siirrolle, jolloin mahdollisuus välttyä siirtomaksuilta ja arvolisäverolta
- Hajautettu energiayhteisö (virtuaalinen energiayhteisö)
 - Tuotanto ja kulutus sijoittuvat eri kiinteistölle ja sähkö siirretään sähköverkkoyhtiö siirtoverkon kautta
- Suomessa energiayhteisöjä on toteutettu pääosin sähkön tuotantoon ja jakeluun



Alueellisten energiaratkaisuiden liiketoimintamallit (Kubli & Puranik 2023)

Liiketoimintamallin ulottuvuudet	Energiayhteisön suunnitteluvaihtoehdot					
Yhteisön arvolupaus	Uusiutuvan energian tuottaminen	Omavaraisuuden lisääminen	Sähköverkon luotettavuuden parantaminen	Energian kulutuksen vähentäminen	Energian kustannusten alentaminen	“Living lab” innovaatioekosysteemi
Energiayhteisön jäsenet	Asuinalueiden prosumerit	Suuret prosumerit	Paikallinen energian tuottaja	Energiapalveluyritys	Yhteisöalustan ylläpitäjä	
Energian arvon vangitseminen	Tulot energiapalveluista	Energiakustannusten säästäminen	Tulot ulkoisista palveluista	Yhteisöpalvelumaksu	Datan hyödyntäminen	
Keskeiset toiminnot	P2P-kaupan helpottaminen	Energian ja joustavuuden aggregointi	Varastointijärjestelmien hallinta	Energian yhteisoptimointi	Kumppanien koordinaatio	
Verkosto-vaikutukset	Vertaisvaikutukset ja yhteisöllisyyden luominen	Mittakaavaetujen ja laajuuden hyödyntäminen		Oppimisvaikutukset	Yhteishyödyt ja investointien yhteisamortisointi	

Aineiston kerääminen ja analysointi

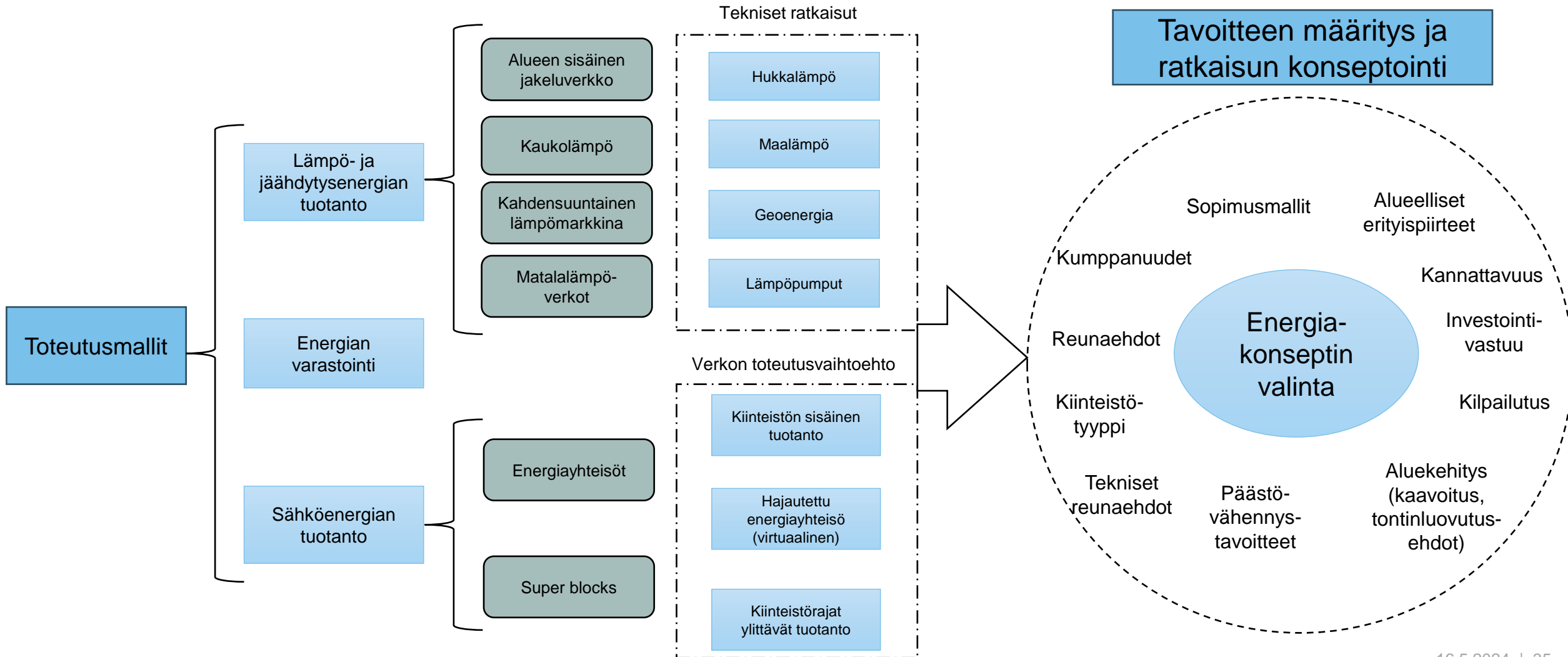


Kannustimia alueellisille energiaratkaisuille

Kustannukset

Päästöjen vähentäminen

Energiaomavaraisuus



LYS-hankkeen esittely

- Tutkimuksessa on tarkasteltu Laakson yhteissairaalahankkeen (LYS) energiakonseptien muodostumista
- Kokonaisuus muodostuu uudisrakennuksista ja Laakson sairaala-alueelle jäävistä sairaalarakennuksista, jotka peruskorjataan ja uudistetaan
- Hankkeelle on suunniteltu hybridienergiajärjestelmä, jossa hyödynnetään myös energiakierrätystä
- Perustiedot
 - Omistajat: Helsingin kaupunki ja HUS
 - Laajuus: 1900 000 brm²
 - Kustannusarvio: 1,003 mrd €
 - Toteutusmuoto: Allianssi
 - Alustavat kulutusarviot (karkealla tasolla):
 - Lämmitysenergian 10000 MWh/a
 - Jäähdytysenergia 5000 MWh/a
 - Sähköenergia 2600MWh/a



LYS-hankkeen karkea vertailu energiaratkaisulle

- Hankesuunnitteluvaiheessa tunnistettiin tarve tutkia, kehittää ja muodostaa perusteluita energiaratkaisuita
- Hankkeelle perustettiin energiaryhmä, jossa edustusta tilaajilta, pääurakoitsijalta, energiasuunnittelu, rakennuttajakonsultti
- Tuloksena arviolta 30-50 läpikäytyä energiakonseptia

Energiaratkaisu	Mahdollisuudet	Haasteet
Geoterminen energia	Korkea energiatuotannon potentiaali hyvällä hyötysuhteella, lämpötilaerojen tehokas hyödyntäminen	Tekniset riskit porauksessa, osaamisen puute markkinassa, suuret investointikustannukset
Perinteinen maalämpö	Vakiintunut teknologia, luotettava energiantuotantovaihtoehto	Energiantuotannon potentiaali rajallinen, riippuvainen vapaana olevasta maa-alueesta
Lämpöpumppuratkaisut	Hyvä täydentävä ratkaisu osana energiajärjestelmäkokonaisuutta	Hyötysuhde heikkenee suuressa yksikkökoossa, soveltuvuus pääasialliseksi energialähteeksi rajallinen
Pienydinreaktorit	Mahdollisuus tuottaa riittävästi energiaa suurille aluehankkeille	Ei tällä hetkellä realistinen vaihtoehto lupaprosessien vuoksi Suomessa
Kaukolämpö	Luotettava ja varmennettu energiansyöttö, tärkeä järjestelmä myös alueellisen energiaratkaisun rinnalla	Riippuvuus kaukolämpöverkosta estää tällä hetkellä täyden hiilineutraaliuden saavuttamisen

Geoenergiajärjestelmän erityispiirteitä

- Suomessa on toteutettu yhteensä kymmenen keskisyvää ja syvää geotermisen energian hanketta
 - Jokaisen hankkeen toteutus on poikennut suunnitellusta
 - Puhtaasti energiakaivon poraamiseen on liittynyt merkittäviä haasteita
- LYS-hankkeeseen valikoitiin yksikaivoinen lämpöpumpulla tehostettu geotermisen systeemi
 - Kaksi kaivoinen rakosysteemiin perustuva järjestelmä nähtiin riskialttiiksi
- Toteutusmallin riskit tiedostettiin hyvin, mutta ratkaisu nähtiin hankkeelle asetettujen tavoitteiden saavuttamisen näkökulmasta keskeiseksi



Case-LYS tunnistetut haasteet ja mahdollisuudet

Haasteet

- **Tekniset riskit**
 - Poraustekniikan epävarmuus
 - Keskisyyvien kaivojen korkea epäonnistumisprosentti
 - Järjestelmien kompleksisuus
 - Suunnitteluresurssien tarve
 - Teknisen osaamisen puute
 - Henkilöstön kouluttaminen
- **Ylläpito ja operointi**
 - Korkea osaamisvaatimus LV-asennustöille
 - Järjestelmän jatkuva seuranta ja energiatarpeen ennakointi
 - Energiasäästöjen ja kustannustehokkuuden optimointi
- **Rahoitus**
 - Geotermisen kaivon korkeat investointikustannukset
 - Hankesuunnitteluvaiheessa kustannussäästöjen löytäminen
- **Liiketoiminta**
 - Hanketoteutuksen kilpailuttaminen
 - Investointiriskin perusteleva ja kartoitus
 - Järjestelmän operointi

Mahdollisuudet

- **Energiakustannusten vähentäminen**
 - Alkuinvestointikustannukset merkittävä, mutta potentiaali merkittävä kustannustehokkuus potentiaali
- **Hiilineutraalisuustavoitteet**
 - Tarkastelluista vaihtoehdoista ainoa, jolla pystyttiin täyttämään asetetut ympäristötavoitteet
 - Tavoitteilla myös konkreettinen yhteys investointihyötyihin (CEB)
 - Rahoitusinstrumentilla pystyttiin kattamaan energiajärjestelmän investointikustannuksia
- **Energiaomavaraisuus**
 - Riippuvuuden pienentäminen ulkopuolisista energialähteistä
 - Kriisitilanteisiin varautuminen
- **Edistysaskeleet ja energiajärjestelmäratkaisuiden edistäminen**
 - Geoenergian vähäiset case-esimerkit, mutta tunnistettu merkittävä potentiaali
 - Julkisten hankkeiden innovaatiohyödyt

Liiketoimintamallin erityispiirteitä

- Keskeinen osa alueellisen energiajärjestelmän toteutusta, jossa tulee ottaa huomioon hankkeen erityispiirteet ja yksityiskohdat:
 - Koko ja sijainti
 - Energiantarve ja –kulutus
 - Investoinnin suuruus
 - Asiakkaan/omistajan resurssit ja osaaminen
- Karkeasti skaala oman tuotannon perustamisen ja palvelukokonaisuuden ostamisen välillä
 - Energiapalvelukonsepteissa kustannukset voivat olla korkeita suurten alkuinvestointikustannusten vuoksi
 - Omatuotanto pitää sisällään taas epävarmuustekijöitä ja korkeita osaamisvaatimuksia niin toteutus- kuin ylläpitovaiheessa
- Liiketoimintamallin valinnassa tulisi erityisesti ottaa huomioon
 - Energiatuotantovaihtoehdolla tai niiden yhdistelmillä saavutettava arvonluonnin potentiaali
 - Järjestelmän ylläpito- ja operointivastuut



Yhteenveto

- Aihe on laaja, josta on haastava tehdä yleistyksiä
 - Alueellisten sähkö- ja lämpöenergiajärjestelmien toteuttamisessa selkeitä eroavaisuuksia
 - Suomessa, kaupungeissa ja kiinteistöillä on alueellisia eroja, joilla merkittäviä vaikutuksia alueellisten energiajärjestelmien suunnitteluun ja toteuttamiseen
- LYS-hanke on osoitus alueellisten energiajärjestelmien suunnitteluvaatimuksista
 - Energia-alan ja regulaation voimakas kehitys ja siirtyminen uusiutuvien energianlähteiden käyttöönottoon
 - Alueratkaisuiden vakiintumattomat toimintamallit
- Tulevaisuudessa aluekohtaisten ratkaisuiden määrä tulee todennäköisesti lisääntymään
 - Teknisten järjestelmien kehittyminen ja case-kohteiden tiedon jalkauttaminen keskeisessä roolissa

Väitöstutkimus

Maalämpökentän regenerointi ilmalämpökeräimellä

Väitöskirjatyö : Carbon neutral hybrid energy solutions in urban environment

- Työn suorittaja: Santeri Siren
 - 60% työajasta väitöskirjatutkija Tampereen Yliopisto
 - 40% työajasta johtava asiantuntija Ramboll Finland Oy
- Rahoittajat: Ramboll Finland Oy / Ramboll Foundation / Paavo V. Suomisen rahasto
- Työ sisältää neljä tieteellistä artikkelia:
 1. Comparison of traditional and ambient air assisted ground source heat pump systems with different bore field configurations
 2. Benefits of an ambient air assisted ground source heat pump system in projects with limited land area
 3. Reviving an overstressed geothermal bore field with a heat collector
 4. Managing the thermal interactions between borefields in dense urban environment
- Ensimmäinen artikkeli on tällä hetkellä vertaisarvioinnissa
- Toisen artikkelin työstäminen on aloitettu

Ensimmäisen julkaisun tausta ja tavoitteet

- Maalämmön tyypillisiä haasteita:
 - Maalämpökentän terminen epätasapaino
 - Tilan puute rakennuksen tontilla energiakaivojen poraamiseen
- Tyypilliset ratkaisut tilan puutteeseen:
 - Maalämpöjärjestelmän alimitoitus → Paikallisen uusiutuvan osuus jää pieneksi
 - Porataan syvemmälle → Kallista
- Työn tavoite:
 - Tutkitaan ulkoilma avusteisen maalämpöjärjestelmän potentiaalia vastata em. Haasteisiin
 - Tarkastellaan erityisesti porakaivokentän konfiguraation vaikutuksia järjestelmän suorituskykyyn
- Menetelmät:
 - Dynaamisiin mallinnuksiin perustuvat tarkastelut asuinkerrostalo case kohteelle
 - Vertaillaan keskenään perinteistä –ja ulkoilma-avusteista maalämpöjärjestelmää

Case kohde

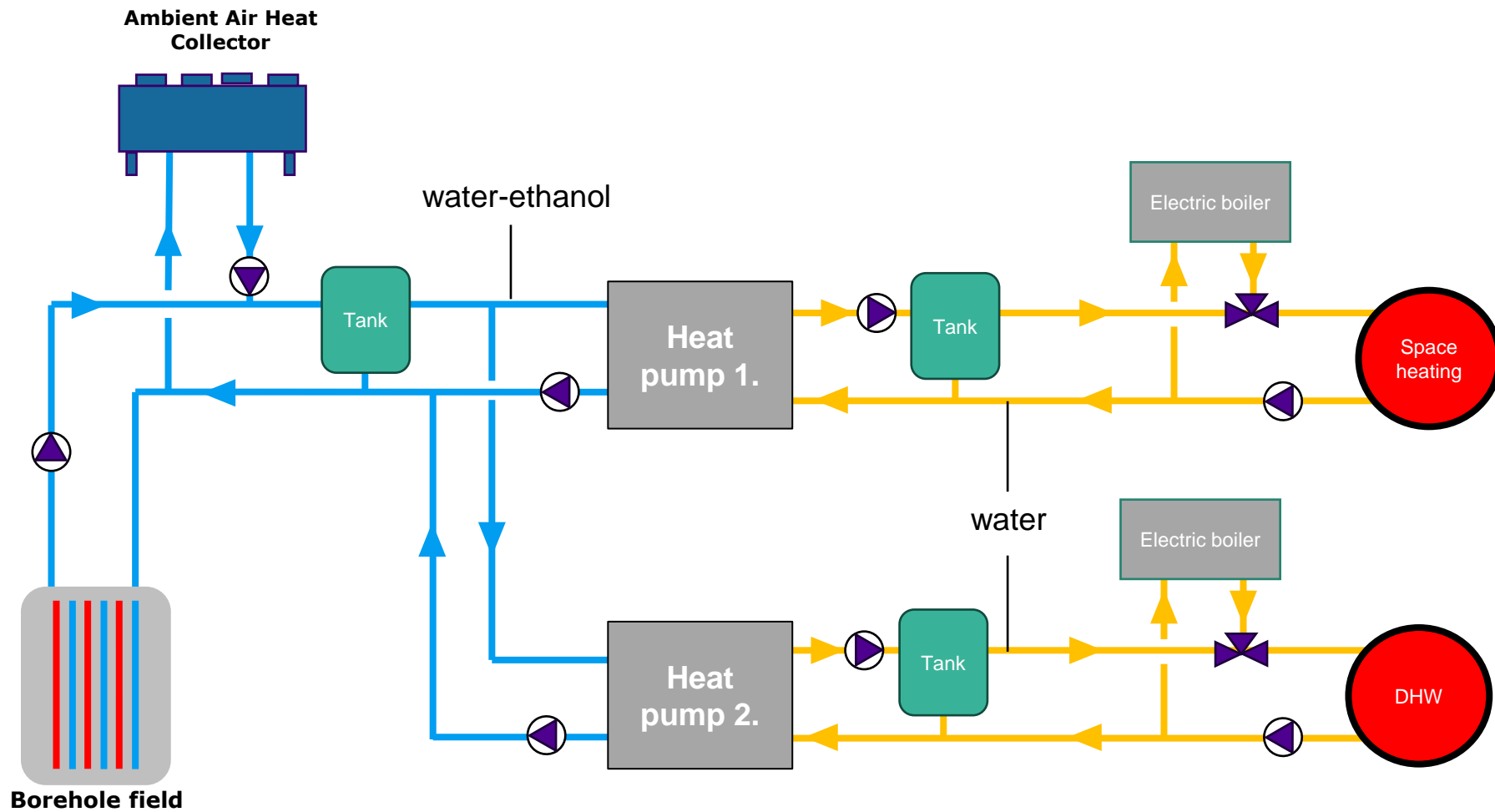
- Asuinkerrostalokortteli
- Suunnitteluvaiheessa
- Sijainti: Verkkosaari, Helsinki
- Kortteliin sisältyy kolme tonttia
- Laajuus, asuminen: noin 17500 kem²
- Noin 200 asuntoa
- Laajuus, liiketila: 500 kem²
- Rakennuttaja / Pääurakoitsija: Hartela
- Lämmitysenergiankulutus: n. 1500 MWh/v
- Simulointityökalu IDA ICE



Kuva: Anttinen Oiva Arkkitehdit

Energiajärjestelmä

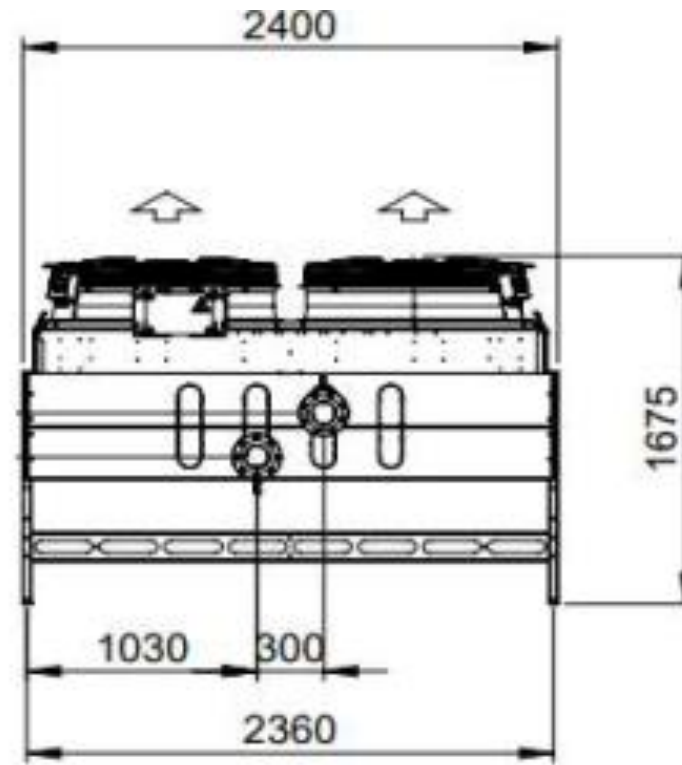
- Järjestelmä mallinnettiin yksityiskohtaisesti IDA ICE ohjelmistolla



Ulkoilmalämmönkeräin



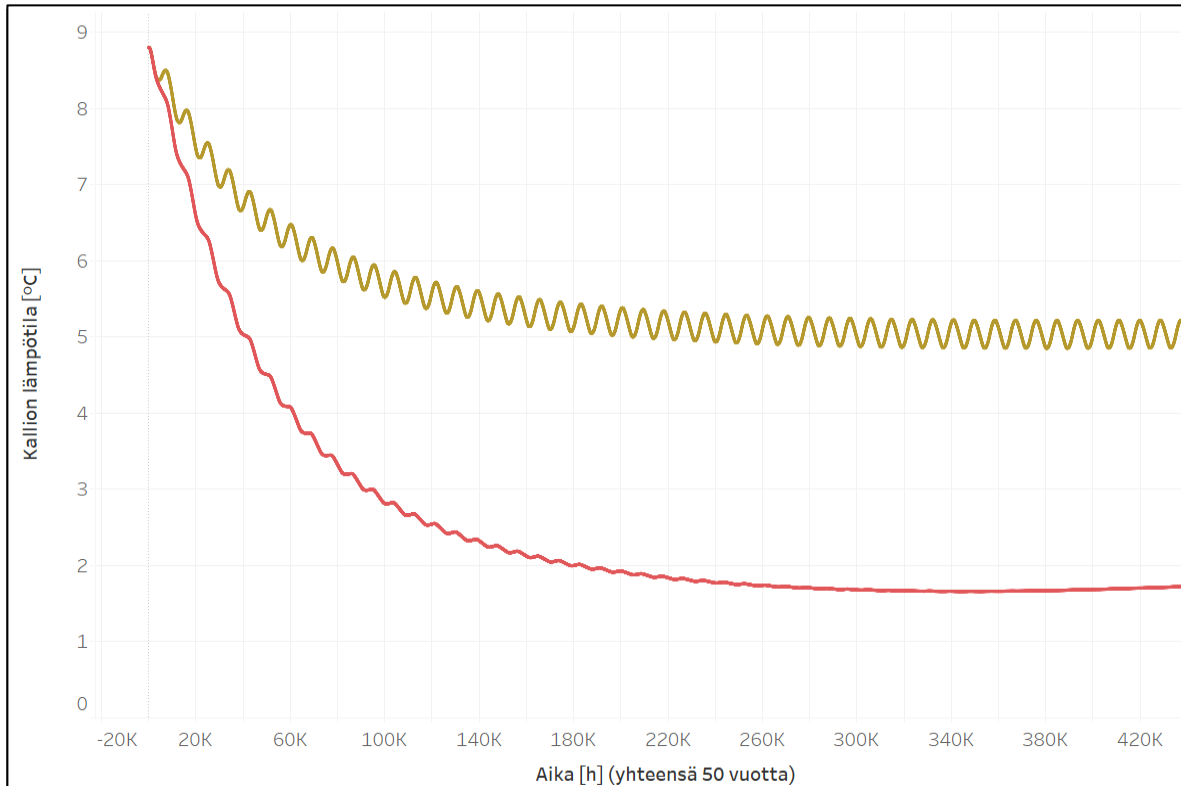
Kuva: Fincoil LU-VE



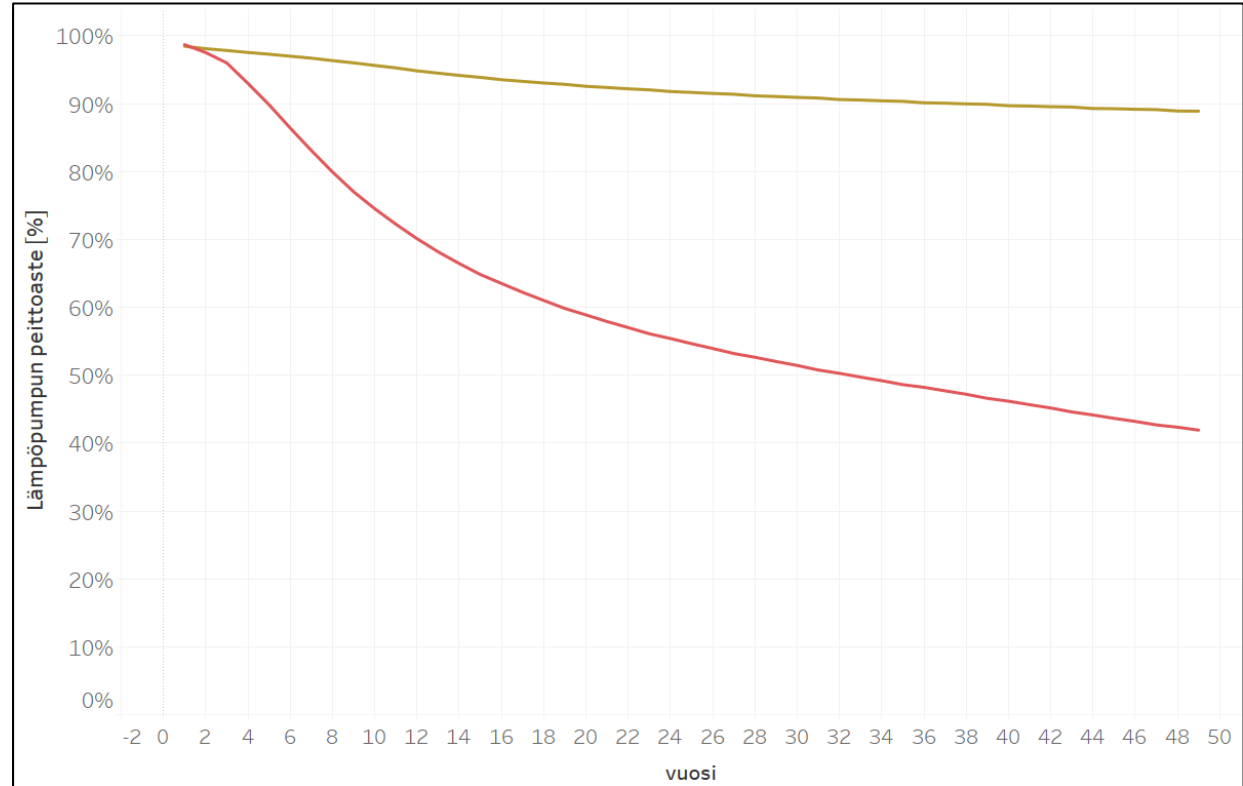
Tuloksia: Perinteinen vs. Ulkoilma-avusteinen järjestelmä

4x5 porakaivokenttä, 15 m kaivoetäisyyksillä, tilan tarve tontilla = 2700 m²

Porakaivokentän lämpötila ajan funktiona



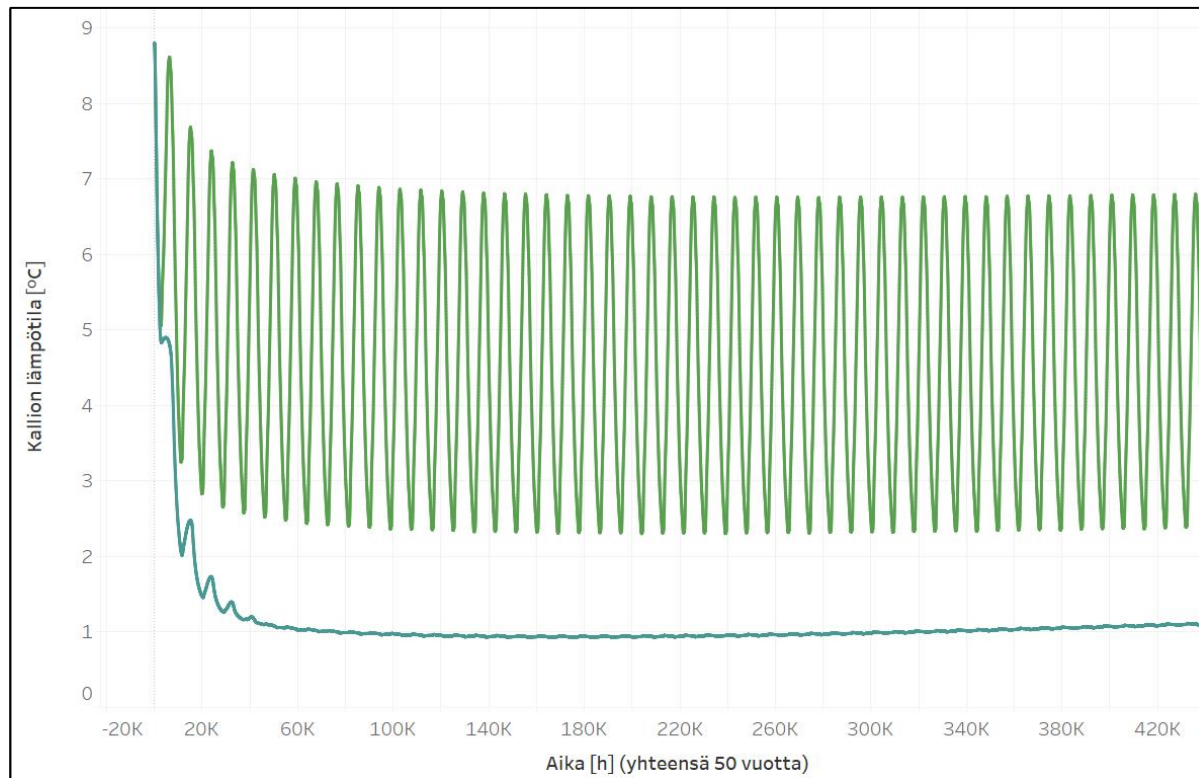
Maalämmön tuotanto ajan funktiona (% rakennuksen energiantarpeesta)



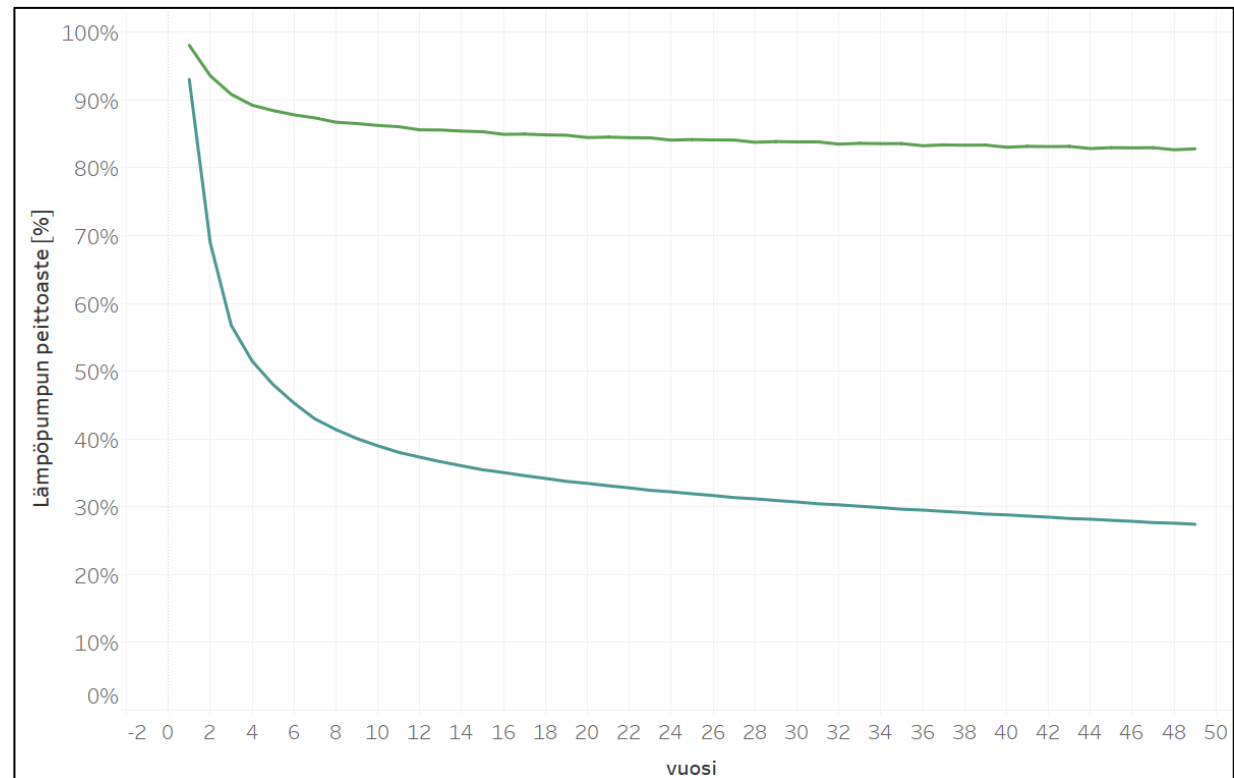
Tuloksia: Perinteinen vs. Ulkoilma-avusteinen järjestelmä

4x5 porakaivokenttä, 5 m kaivoetäisyyksillä, kaivokentän tilan tarve tontilla = 300 m²

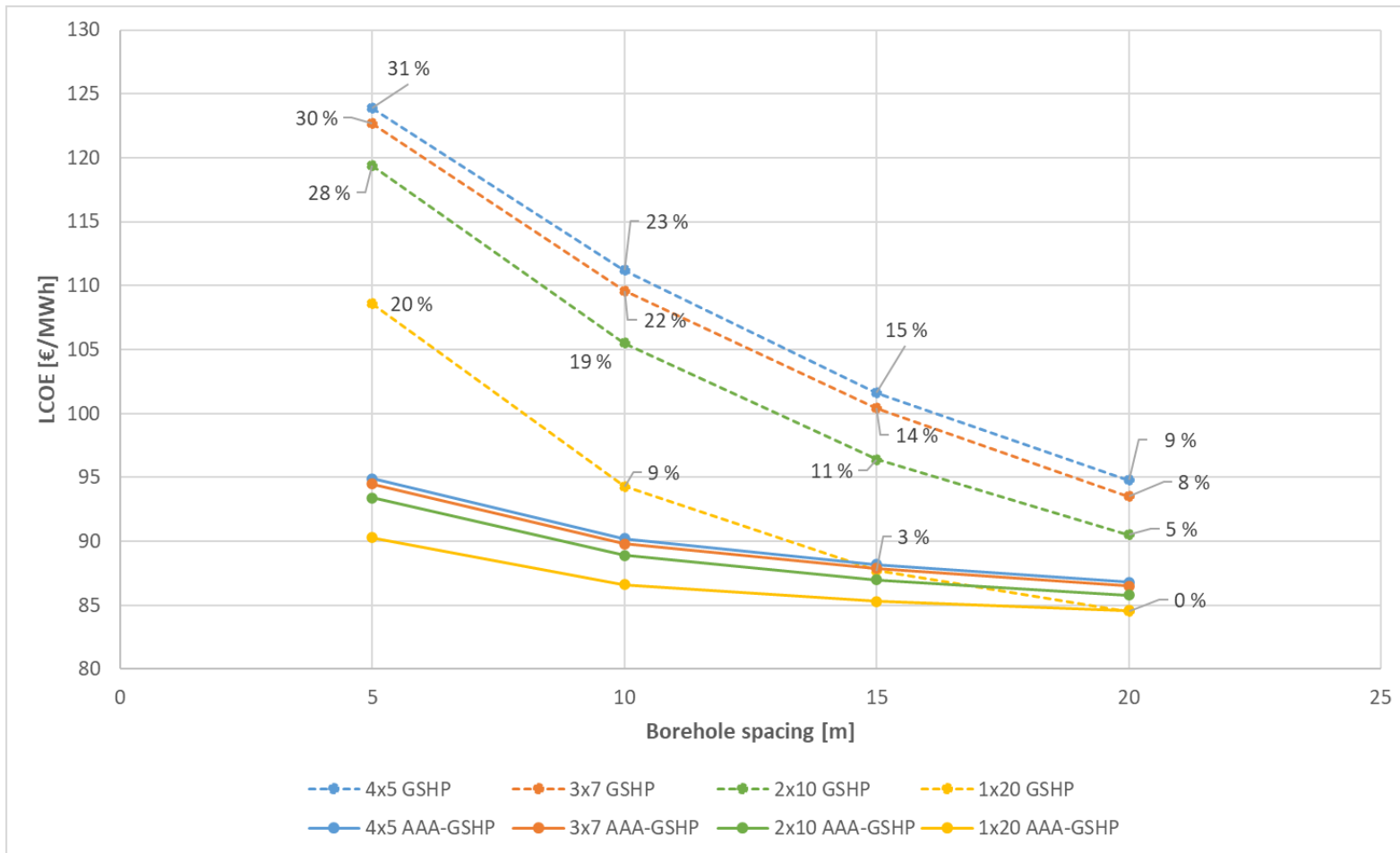
Porakaivokentän lämpötila ajan funktiona



Maalämmön tuotanto ajan funktiona (% rakennuksen energiantarpeesta)



Tuloksia: Vaikutukset taloudelliseen kannattavuuteen



Keskeisiä johtopäätöksiä

- Ulkoilma avusteinen maalämpöjärjestelmä osoittautua perinteistä ratkaisua paremmaksi useilla eri näkökulmilla:
 - Uusiutuvan energian tuotantopotentiaali
 - Taloudellinen kannattavuus
 - Ilmastopäästöt (CO₂)
- Lämmönkeräimellä voidaan minimoida termisen epätasapainon muodostamat ongelmat
- Lämmönkeräimen hyödyntäminen eliminoi tehokkaasti maalämpökentän konfiguraation vaikutuksen järjestelmän suorituskykyyn.
- Porakaivokentän tarvitseman maa-alan vaatimukset pienenevät erittäin merkittävästi
- Lämmönkeräin kasvatti järjestelmän investointia vain noin 6% → pienellä investoinnilla merkittävät lisähyödyt ja pienemmät elinkaarikustannukset!

Yhteenveto

Raportit ja muut tuotokset

- HybE:n verkkosivu löytyy osoitteesta
 - <https://research.tuni.fi/talotekniikan-tutkimusryhma/research/hybe/>
- Verkkosivulla julkaistaan
 - Tulosseminaarien esitykset
 - Tutkimussprinttien loppuraportit
 - Linkit tieteellisiin julkaisuihin
 - Laskentatyökalut

Yhteystiedot

- Piia Sormunen
 - piia.sormunen@tuni.fi
- Janne Hirvonen
 - janne.hirvonen@tuni.fi
- Natalia Lastovets
 - natalia.lastovets@tuni.fi
- Juha Franssila
 - juha.franssila@tuni.fi
- Santeri Siren
 - santeri.siren@ramboll.fi
- Mohamed Elsayed
 - mohamed.elsayed@tuni.fi