



# Vaipparakenteen merkitys jäähallin energiankulutuksessa

Jäähallipäivät 15.4.2015

Diplomityö  
Matti Partanen & Ari Laitinen

# Esityksen sisältö

1. Tutkimuksen tausta
2. Tutkimuksen tavoitteet
3. Tutkimuksen toteutus
4. Jäähallimalli
5. Tulokset
6. Johtopäätökset

## Tutkimuksen tausta

- Rakennusten energiatehokkuutta käsittelevät kansalliset ja kansainväliset määräykset luovat tarpeen jäähallien energiatehokkuuden parantamiseksi  
→ Vaipan U-arvon energiaoptimointi
- Diplomityö tehtiin osana VTT:n hanketta, jossa tutkittiin energiasäädösten vaikutusta jäähallirakentamisessa

# Tutkimuksen tavoitteet

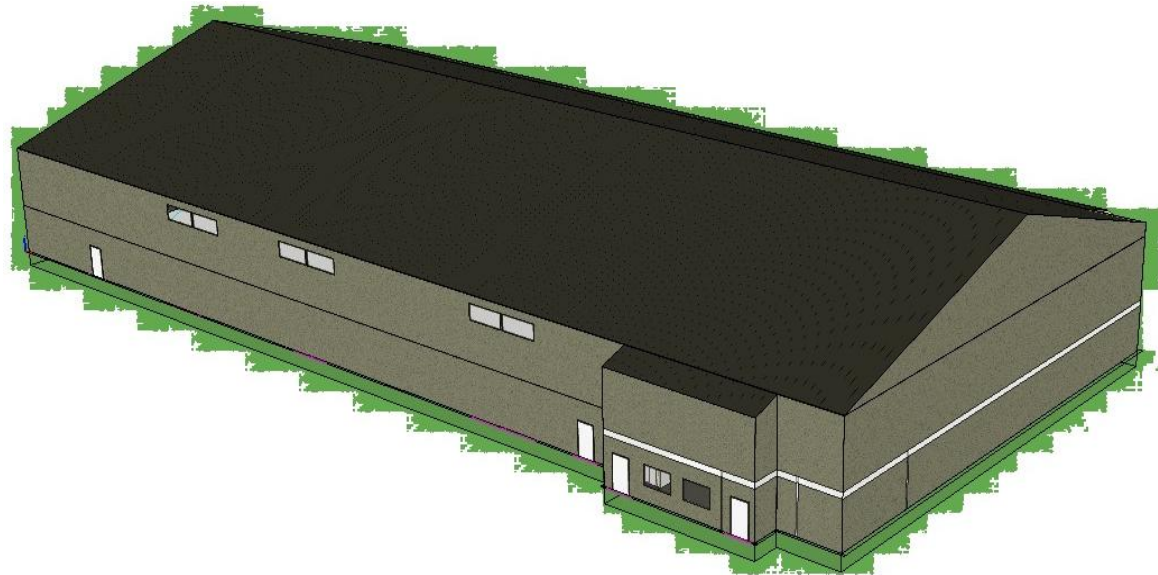
- Selvittää vaipan U-arvon merkitys jäähallin
  - lämmitysenergiantarpeeseen,
  - jäähdytysenergiantarpeeseen
- Määrittää vaipan U-arvon energiaoptimitaso
  - eri mitoituslämpötiloissa ja
  - Matalaemissiviteettipinnoitteella ja ilman sitä
- (Selvittää suomalaisten jäähallien energiankäytön nykytila)

# Tutkimuksen toteutus

- Mallinnuksessa käytettiin mallinnus- ja optimointityökaluja
  - IDA ICE (Indoor Climate and Energy 4)
    - Ice Rinks and Tools
  - MOBO (Multi-objective Building Performance Optimisation)
  
- Muuttujina optimoinnissa
  - Ulkoseinän ja yläpohjan lämmöneristepaksuus
  - Halliosan lämpötila
  - Halliosan vaipan sisäpintojen emissiviteetti

# Jäähallimalli

- Mallin pohjana käytettiin Raaseporin jäähallia
  - Tilajako
  - Geometria
  - Rakenneratkaisut
  - Käyttöaste



- i. Tilavuus 29007 m<sup>3</sup>
- ii. Puolilämmin ala 2432 m<sup>2</sup>
- iii. Lämmin ala 483 m<sup>2</sup>
- iv. Ulkoseinien ala 1853 m<sup>2</sup>
- v. Yläpohjan ala 3046 m<sup>2</sup>

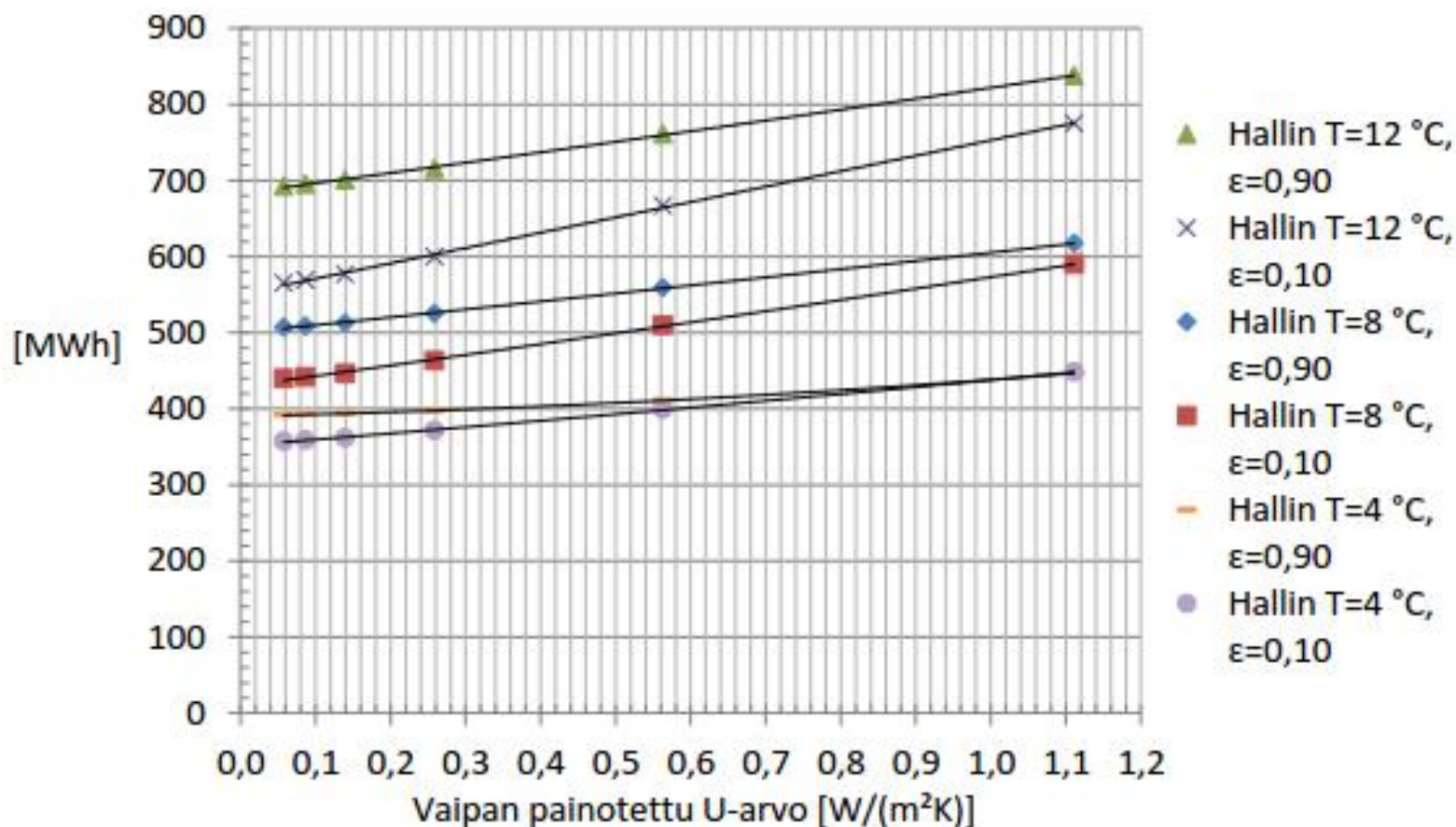
# Tulokset

IDA ICE –simuloinnit:

- Simulointitulosten perusteella on nähtävissä, että puhtaasti jäähallin energiantarpeen minimoimisen kannalta vaipan U-arvoa pienentämällä voidaan pienentää
  - halliosan lämmitysenergiantarvetta,
  - ilmanvaihdon sähköenergiantarvetta ja
  - jääradan jäähdytysenergiantarvetta
- 1 °C:n lasku hallin mitoituslämpötilassa vähentää jäähallin lämmitysenergian tarvetta noin 6 % ja jäähdytysenergiantarvetta 4 %
- Matalaemissiviteettipinnoitteen avulla saavutettava energiansäästö on merkittävä
  - Pienentää 12°C hallissa jäähdytysenergiantarvetta keskimäärin 13 % ja 4°C hallissa keskimäärin 4,5 % riippumatta vaipan U-arvosta
  - Lämmitysenergiantarve pienenee 12°C hallissa noin 4 % ja 4°C hallissa noin 2 % nykymääräysten mukaisella eristystasolla (vaikutus kasvaa lämmöneristystason parantuessa)

# Tulokset / Lämmitysenergia

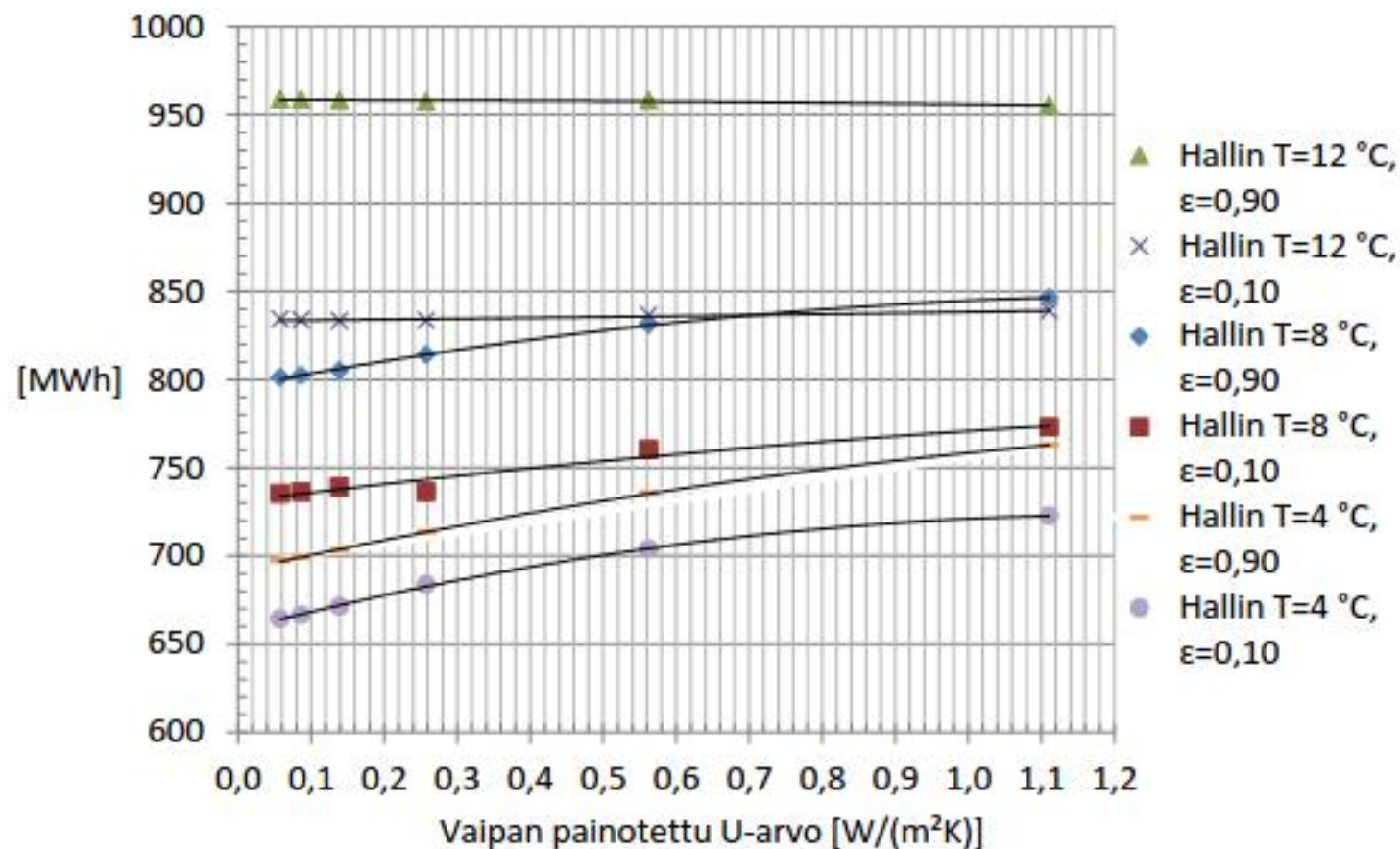
- Jääradan sisältämän halliosan vuotuinen lämmitysenergiantarve





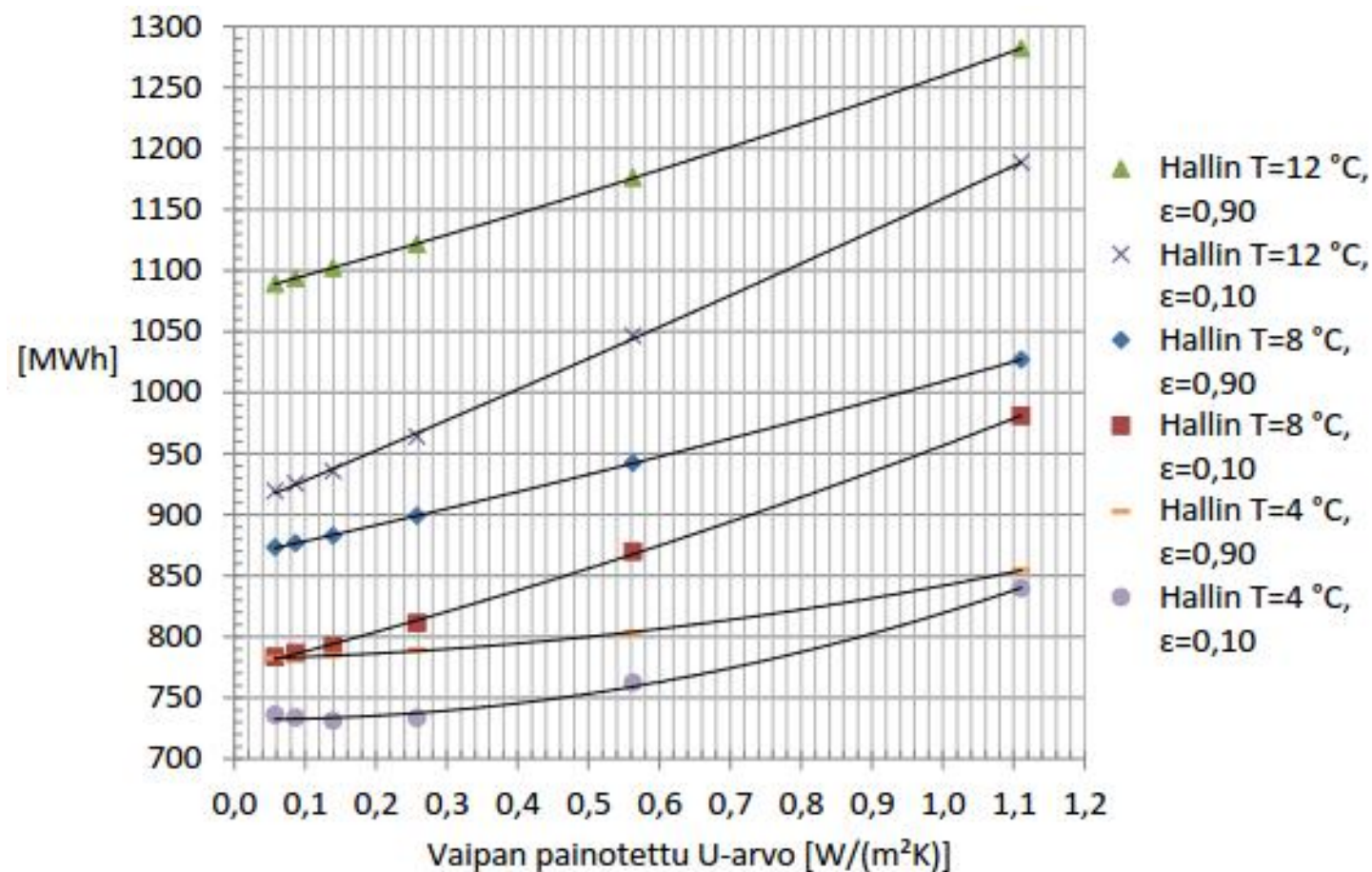
# Tulokset / Jäähdytysenergiantarve

- Jääradan vuotuinen jäähdytysenergiantarve

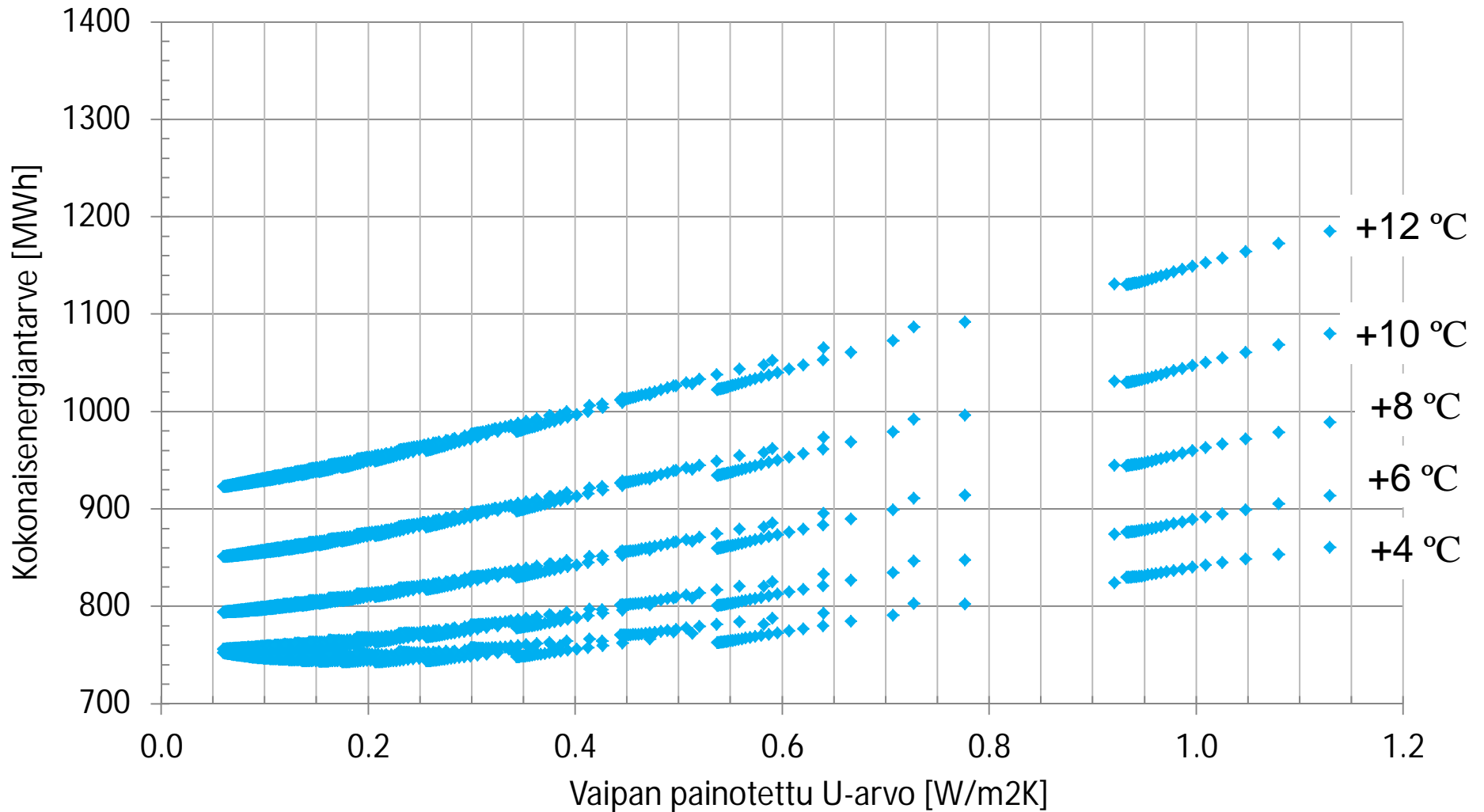


## Tulokset / Kokonaisenergiantarve

- Jäähallin vuotuinen yhteenlaskettu lämmitysenergiantarve, halliosan ilmanvaihdon energiantarve ja jääradan jäähdytysenergiantarve



# Tulokset / MOBO optimointi



# Tulokset / MOBO-optimointi

- MOBO-ohjelmalla ajettiin lähes 7300 erilaista simulointitapausta
  - Brute force -algoritmi
- Saatiin selvitettyä eri lämpöisten hallin energiaoptimi U-arvo ja sitä vastaava lämmöneristepaksuus eri eristemateriaaleilla
- Tulokset tukivat IDA ICE –versiopuusimuloinneissa saatuja tuloksia
  - Yleisesti ottaen mitä lämpimämpi halliosan mitoituslämpötila on, sitä merkittävämpi rooli vaipan eristämällä ja matalaemissiviteettipinnoitteella on

# Optimaaliset eristepaksuudet



Energian- tarve [MWh]	T °C	ε	Rakenne	U-arvo W/(m²K)	Lämmöneristepaksuudet, mm			
					Polyuretaani	Paisutettu polystyreeni	Kivivilla	Mineraali- villa
750	4	0,1	US	0,21	180	200	300	270
			YP	0,37	100	110	160	150
805,5	4	0,9	US	0,21	180	200	300	270
			YP	0,53	70	80	120	110
762,3	6	0,1	US	0,14	260	280	420	380
			YP	0,21	180	200	300	270
828,3	6	0,9	US	0,17	220	240	360	330
			YP	0,18	210	240	340	320
802	8	0,1	US	0,13	280	300	450	410
			YP	0,14	270	300	430	400
892,5	8	0,9	US	0,14	260	280	420	380
			YP	0,14	270	300	430	400
859,6	10	0,1	US	0,12	310	350	510	460
			YP	0,12	300	330	480	440
988,5	10	0,9	US	0,12	310	350	510	460
			YP	0,18	210	240	340	320
931,9	12	0,1	US	0,11	350	390	570	520
			YP	0,12	320	360	520	480
1100,8	12	0,9	US	0,11	330	370	540	490
			YP	0,15	240	270	390	360

Vaatus:

$$U_{US} = 0,26$$

$$W/m^2K$$

$$U_{YP} = 0,14$$

$$W/m^2K$$

# Johtopäätökset

- Tulosten perusteella vaipan U-arvon optimoimisella voidaan parantaa jäähallien energiatehokkuutta
- Halliosan mitoituslämpötilaa tulisi miettiä energiatehokkuuden lisäksi käyttäjäviihtyvyyden näkökulmasta
  - Voitaisiinko käyttöajan ulkopuolella hallien lämmitystä mahdollisesti rajoittaa
- Matalaemissiviteettipinnoitteen käyttö on suositeltavaa kaikissa tapauksissa simulointitulosten perusteella
  - Pinnoitteen pinnan tulee pysyä puhtaana eikä siihen saa tiivistyä kosteutta
- Jatkotutkimuksen kannalta vaipan kustannusoptimaalinen U-arvotaso olisi järkevää selvittää
  - Missä suhteessa eristämällä saavutettu energiansäästö on syntyneisiin investointikustannuksiin



# TEKNOLOGIASTA TULOSTA

