



# Kuluoptimaalsed, madal- ja liginullenergiamajad

**Jarek Kurnitski**

Juhtivekspert, Soome Arengufond SITRA  
Külalisprofessor, Tallinna Tehnikaülikool

**SITRA**



TALLINNA  
TEHNIKAÜLIKOOL

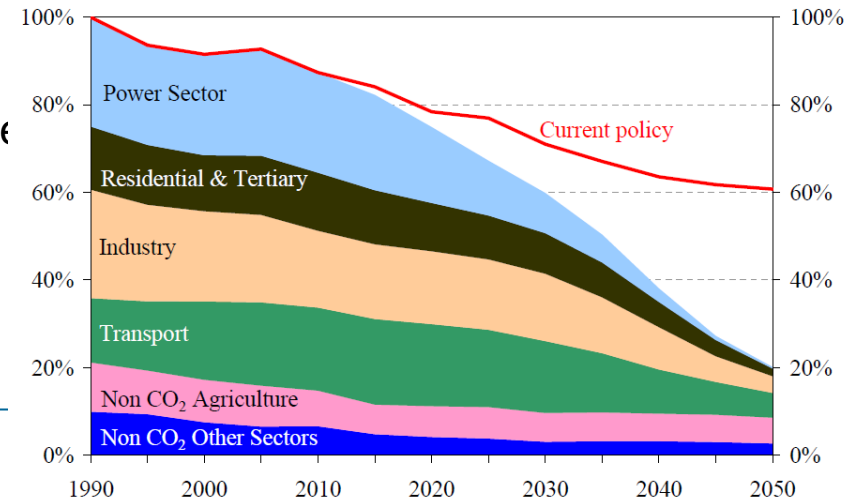


"X" miljardi küsimus 29.02.2012



# Hoonete energiatõhusus EL kontekstis

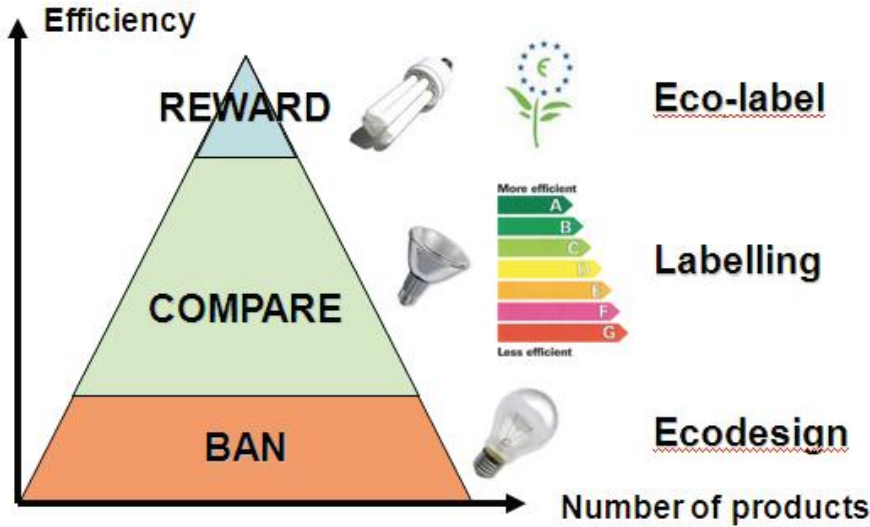
- EL 20% primaarenergiasäästu eesmärk aastaks 2020 on üks viiest juhtivast eesmärgist Euroopa 2020 kasvustrateegias. Vastates 40% lõppenergia-kasutusest moodustab hoonefond üksiku suurima kokkuhoiu potentsiaali.
- Komisjoni hinnangul 20% emissioonide vähendamise eesmärk saavutatakse 2020, kuid primaarenergia 20% eesmärgist saavutatakse praeguste meetmetega vaid pool. Olukorra parandamiseks on mitmeid uusi meetmeid:
- Roadmap for moving to a competitive low-carbon economy in 2050  
[http://ec.europa.eu/clima/documentation/roadmap/docs/com\\_2011\\_112\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/clima/documentation/roadmap/docs/com_2011_112_en.pdf)
- Energy Efficiency Plan 2011 <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0109:FIN:FI:PDF>
- Uus EED (Energy Efficiency Directive) ettepanek  
[http://ec.europa.eu/energy/efficiency/eed/eed\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/efficiency/eed/eed_en.htm)
- Roadmap 2050 kasvuhuonegaasidest:
  - -80 % 1990 tasemest aastaks 2050
  - -40 % vaheeesmärk aastaks 2030
  - Sektoripõhised eesmärgid





# Energiatõhususega seotud direktiivid

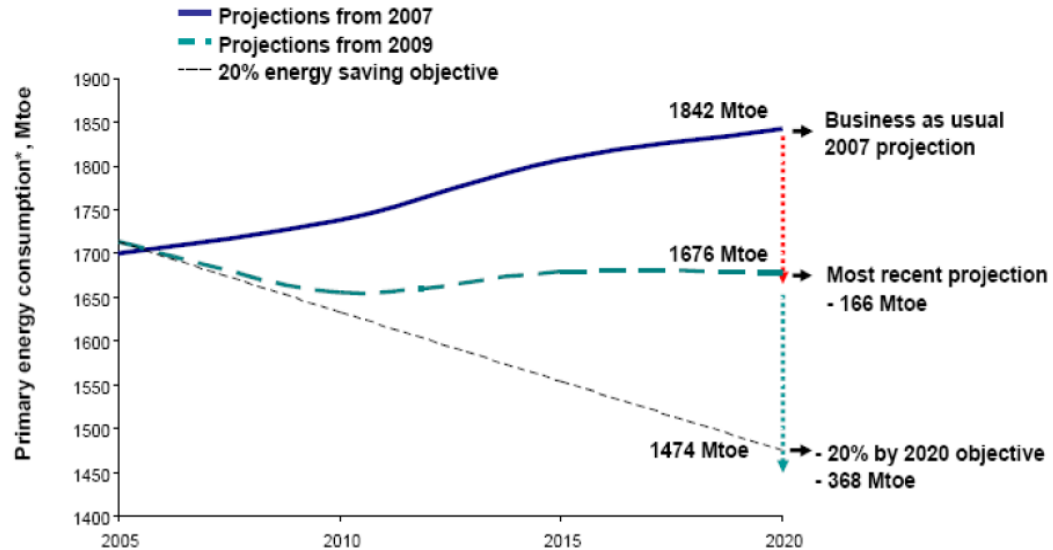
- Energy labelling of Domestic Appliances
- **Energy performance of buildings – EPBD recast**
- End-use Efficiency & Energy Services (edaspidi EED)
- Cogeneration - Combined Heat and Power
- **Eco-design of Energy-Using Products – ErP**
- **Use of energy from renewable sources – RES**





# EPBD recast 2010

- **Keskne direktiiv: Hoonete energiatõhususe direktiiv EPBD 2002 ja EPBD recast 2010** [http://ec.europa.eu/energy/efficiency/buildings/buildings\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/efficiency/buildings/buildings_en.htm)
  - Kõik uued hooned peavad olema liginullenergiamaajad alates 2021
  - Avaliku sektori uued hooned liginullenergiamaajad alates 2019
  - Miinimunõuete kuluoptimaalsus  
2013 esimene samm liginull-energiahoonete suunas
  - Olulised uued mõisted:
    - kuluoptimaalne cost optimal ja
    - nearly zero nZEB liginull



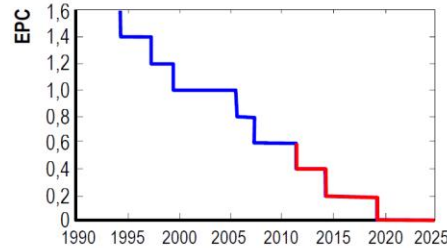
\* Gross inland consumption minus non-energy uses



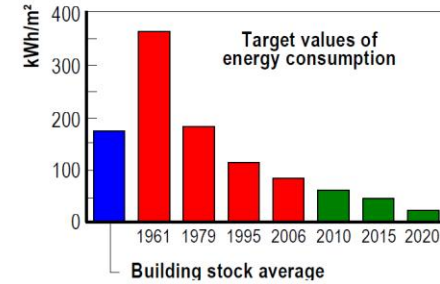
# nZEB-i suunas

- Mõnede riikide kavad nullenergiamajade suunas energiatõhuse parandamiseks uutes hoonetes
- Mitemed riigid on välja töötanud pikaajalised tegevuskavad detailsete eesmärkidega
- Lihtsustab ettevõtete valmistumist ja eesmärkide omaks võtmist

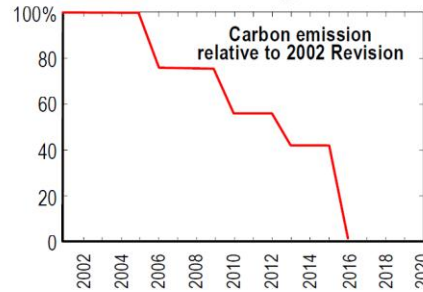
## The Netherlands



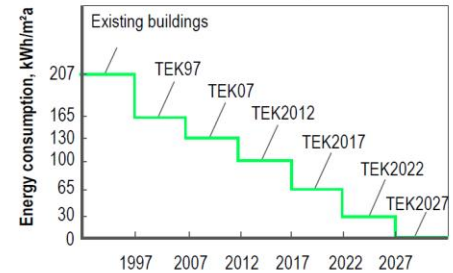
## Denmark



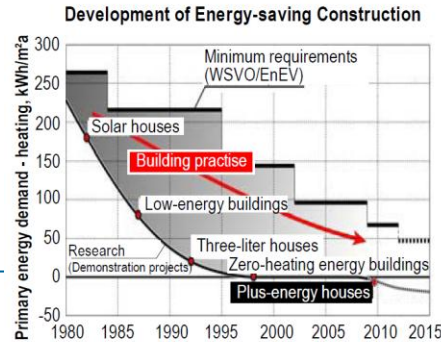
## United Kingdom



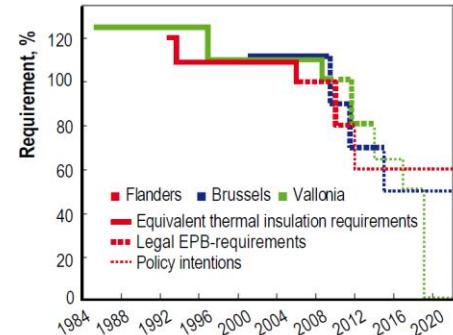
## Norway



## Germany



## Belgium





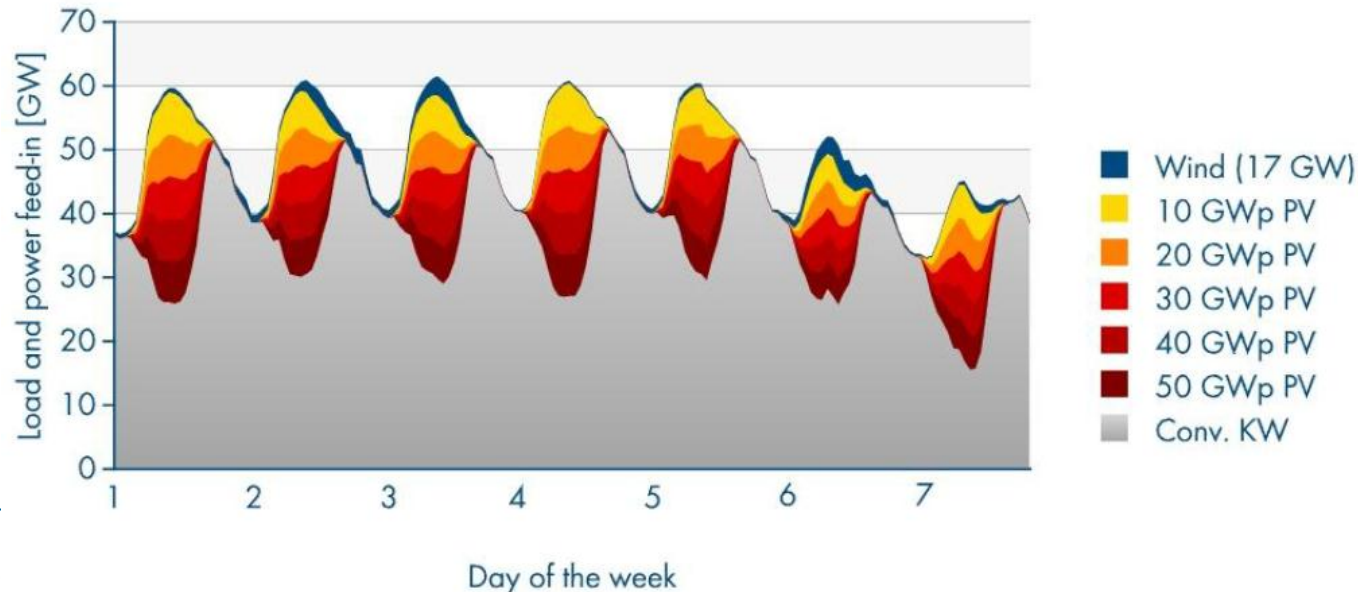
# Direktiivi definitsioon: EPBD recast – nZEB

- *In the directive ‘nearly zero-energy building’ means a building that has a very high energy performance. The nearly zero or very low amount of energy required should be covered to a very significant extent by energy from renewable sources, including energy from renewable sources produced on-site or nearby.*
- ⇒ ***nZEB = very high energy performance + on-site renewables***
- *Definition of “a very high energy performance“ and “significant extent of renewables” let for Member States*

# nZEB eesmärkide tähendus

- Vähendada hoonete energiakasutust
- Toota lokaalselt soojus- ja elektrienergiat taastuenergia-allikatest
- Joonisel Saksamaa näide kuni 50 GW installeeritud PV mõjust koormusgraafikule (Hoffmann 2012) ⇒ PV löikab suvel päevatipukoormusi

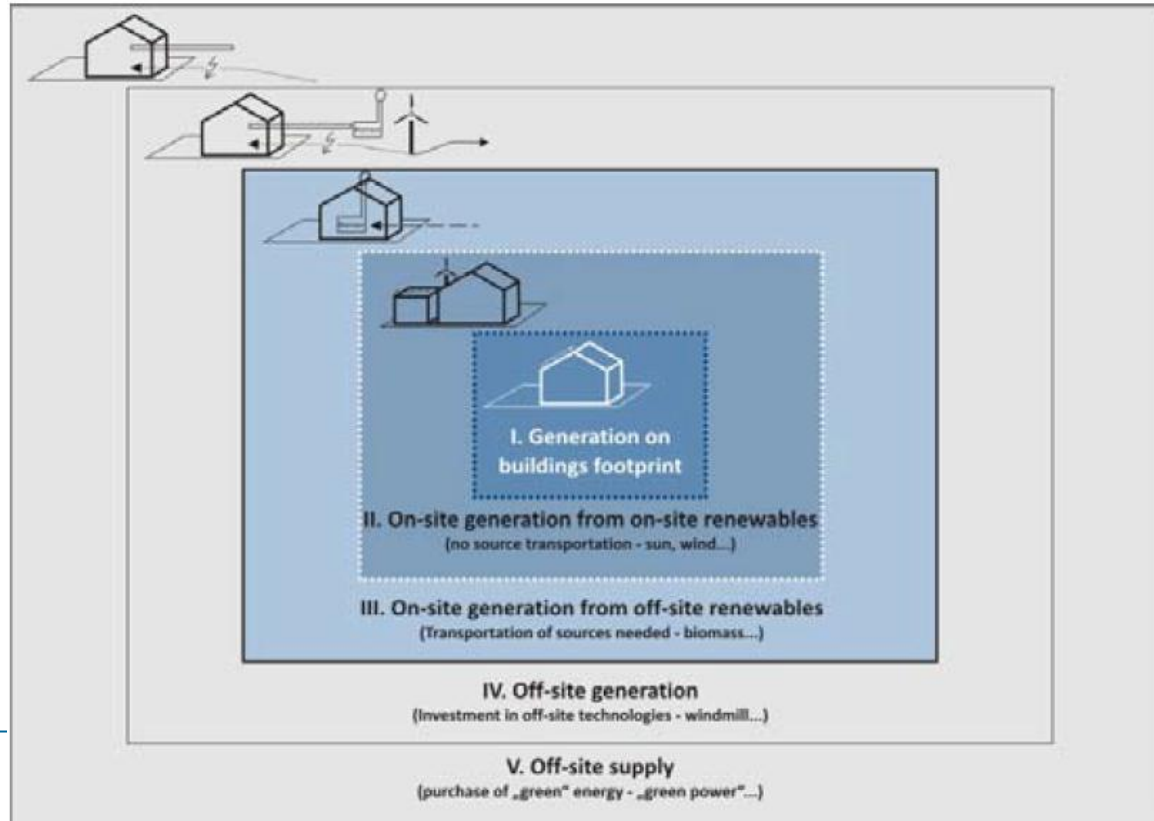
Week of maximum PV yield in Germany 2005





# Mida nZEB tehniliselt tähendab?

- Võimalikud süsteemi piirid taastuvenergia tootmisele (Marszal et al. 2011), millest EPBD ja RES välistavad elektri off-site variandid
- On vaja selget definitsiooni:
  - EPBD üldpõhimõte
  - CEN EPBD standardid  
EVS-EN 15603:2008
  - REHVA – sõltumatu Euroopa eriaala-organisatsiooni definitsioon





# REHVA nZEB definitsioon

 <http://www.rehva.eu/en/technology-and-research-committee>

## **net zero energy building (ZEB)**

energy use of 0 kWh/(m<sup>2</sup> a) primary energy

**Netonull ZEB:** aastane primaarenergiakasutus 0 kWh/(m<sup>2</sup> a) (aastane bilanss)

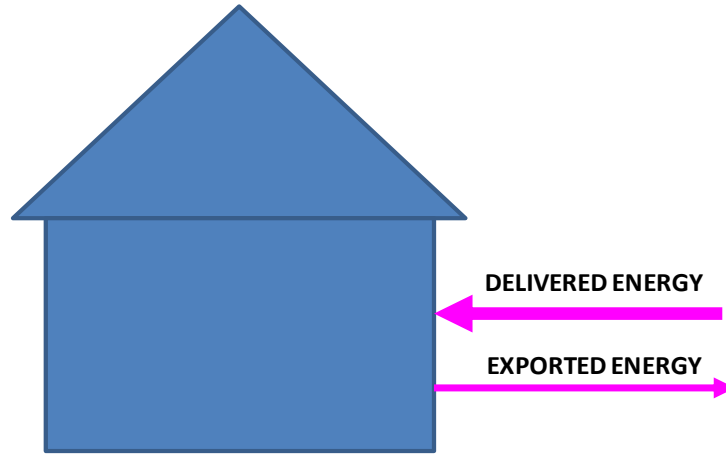
## **nearly net zero energy building (nZEB)**

technically reasonable achievable national energy use of > 0 kWh/(m<sup>2</sup> a) primary energy achieved with best practice energy efficiency measures and renewable energy technologies which may or may not be cost optimal

**Liginull nZEB:** tehniliselt mõistlikult saavutatav rahvuslik primaarenergiakasutus > 0 kWh/(m<sup>2</sup> a), mis on saavutatud parima ehituspraktika energiatõhususlahenduste ja taastuvenergiatehnoloogiatega, mis võivad olla või mitte olla kuluoptimaalsed



# REHVA nZEB süsteemipiir

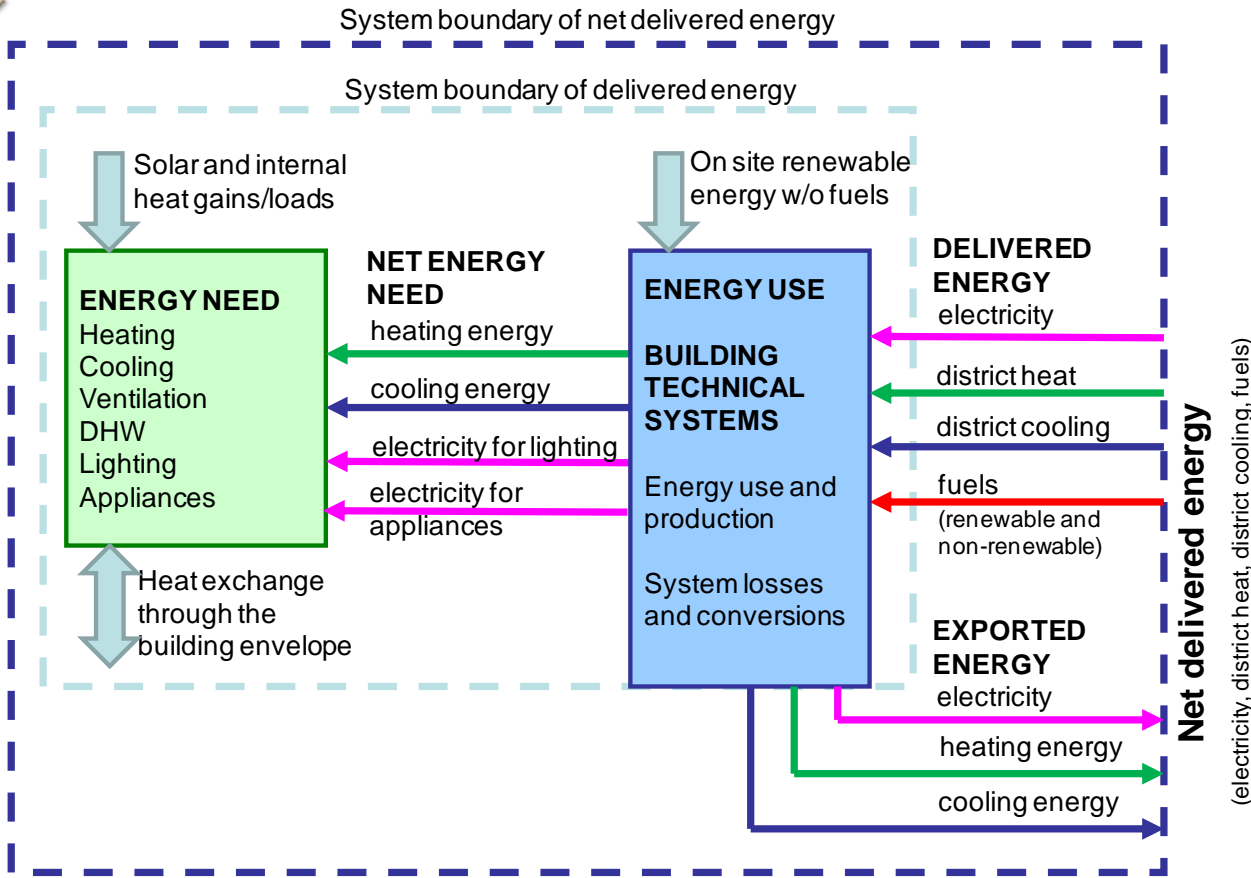


$$E = \sum_i (E_{del,i} - E_{exp,i}) f_i$$

- Süsteemipiir neto-tarnitud energiale hoone/krundi/kinnistu liitumispunktis energiavõrkudega
- Neto-tarnitud (net delivered) energia on tarnitud (delivered)  $E_{del,i}$  miinus eksporditud (exported) energia  $E_{exp,i}$  arvestatult eraldi igale energiakandjale (energy carrier)  $i$
- Primaarenergia  $E$  arvutatakse rahvuslike energiakandjate kaalumisteguritega (primary energy factors)  $f_i$  (joonisel on toodud lihtsustatud valem, kus on samad tegurid tarnitud ja eksporditud energiale) – Eestis VVm. 258



# REHVA nZEB süsteemi piir



- Süsteemi piiri võib tõlgendada krundi piirina
- Energiavajadus – netoenergiavajadus – energiakasutus – taastuv – tarnitud – eksporditud – neto-tarnitud – esitab energiaarvutuse käiku Eestis vastavalt VVm. 258



# Arvutusnäide – tavaline väikemaja

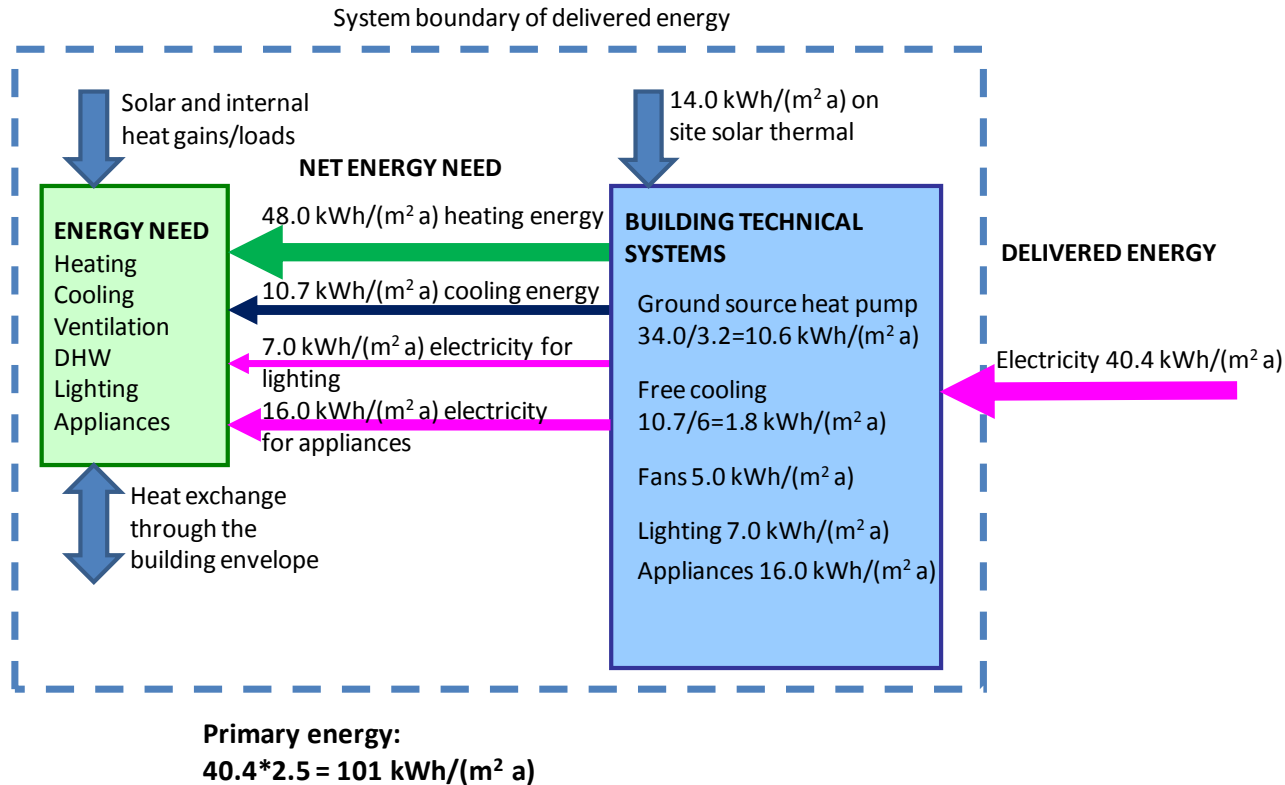
## Low energy detached house

### Net energy needs:

- 48.0 kWh/(m<sup>2</sup> a) net energy need for heating (including ventilation and DHW)
  - 10.7 kWh/(m<sup>2</sup> a) net energy need for cooling
  - 7.0 kWh/(m<sup>2</sup> a) electricity for lighting
  - 16.0 kWh/(m<sup>2</sup> a) electricity for appliances
- 
- solar thermal provides 14.0 kWh/(m<sup>2</sup> a) domestic hot water
  - the rest of heating need is supplied with ground source heat pump system, which has the seasonal performance factor of 3.2



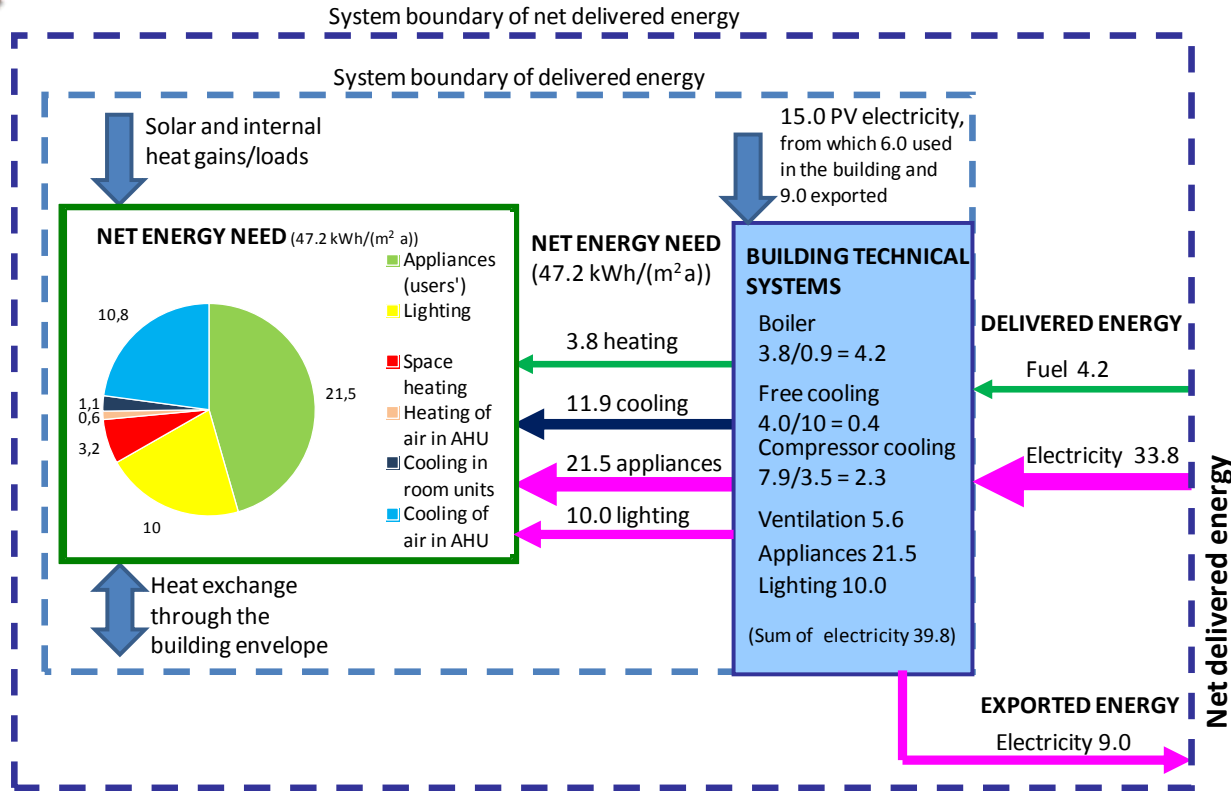
# Arvutusnäide – tavaline väikemaja



- On site thermal energy 14.0 kWh/(m<sup>2</sup> a) is reduced from the net energy need of 48.0 kWh/(m<sup>2</sup> a).
- Heat pump produces 34.0 kWh/(m<sup>2</sup> a) thermal energy with electrical energy input of 10.6 kWh/(m<sup>2</sup> a).
- There is no exported energy.
- Primary energy is 101 kWh/(m<sup>2</sup> a)
- Primaarenergia = Energia-tõhususarv ETA vastavalt VVm. 258 (elektri tegur 1,5)



# Arvutusnäide – liginullenergiahoone



- REHVA arvutusnäide Pariisi nZEB büroohoonele
- Electricity use of cooling, ventilation, lighting and appliances is 39.8 kWh/(m<sup>2</sup> a)
- Solar electricity of 15.0 kWh/(m<sup>2</sup> a) reduces the net delivered electricity to 24.8 kWh/(m<sup>2</sup> a)
- Net delivered fuel energy (caloric value of delivered natural gas) is 4.2 kWh/(m<sup>2</sup> a) and primary energy is 66 kWh/(m<sup>2</sup> a)

Primary energy:

$$4.2 \cdot 1.0 + (33.8 - 9.0) \cdot 2.5 = 66 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$$



# Kuluoptimaalne vs. nZEB liginull

- EPBD: EP requirements to be set with a view to achieving cost optimal levels using a comparative methodology framework established by the Commission
- **Cost optimal performance level means the energy performance in terms of primary energy leading to minimum life cycle cost**
- MS have to provide cost optimal calculations to evaluate the cost optimality of current minimum requirements due June 30th 2012 (Articles 4&5):
  - The draft methodology called “delegated Regulation supplementing Directive 2010/31/EU” published  
[http://ec.europa.eu/energy/efficiency/buildings/doc/draft\\_regulation.pdf](http://ec.europa.eu/energy/efficiency/buildings/doc/draft_regulation.pdf)
  - Net present value calculation according to EN 15459
  - Global cost (=life cycle cost) sums construction cost and discounted energy and maintenance etc. costs for 20-30 years period



# Kuluoptimaalne vs. nZEB liginull

- EPBD recast established the political target of nearly zero energy buildings for all new buildings by 1 Jan 2021. Both requirements will have to be reconciled so that a smooth transition from cost optimal requirements to nearly zero energy buildings could be guaranteed.
- Cost optimal levels by 2013 can be seen as a first step towards nZEB
- **Kuluoptimaalsete tasemete arvutus on vajalik energiatõhususe miimimunõuete arendamiseks ja seda ei ole ette nähtud teostamiseks ehitushangetes**
- **Eesti kuluoptimaalsed tasemed on arvutatud KredEx-i uuringus Madalenergia hoone metoodika määratlus**





# Madalaenergia hoone meetodika määratlus

Building type

Primary energy, ETA, kWh/(m<sup>2</sup>·a)

A      B      C      D      E      F      G  
Nearly-      Low-           New      Reconst-  
zero      energy           buildings      ruction

Detached house

Nursing home

Day-care centre

Apartment building

Office building

Schools

- Kuluoptimaalsete hoonete ETA tasemete arvutus
- Liginullenergiahoonete ETA tasemete arvutus
- Tulemused on rakendatavad energiatõhususe miinimumnõuete ja energiamärgise edasisel arendamisel

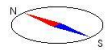
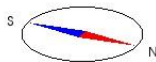
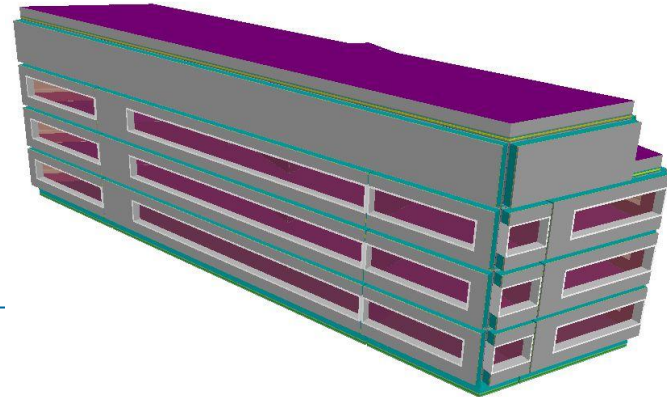
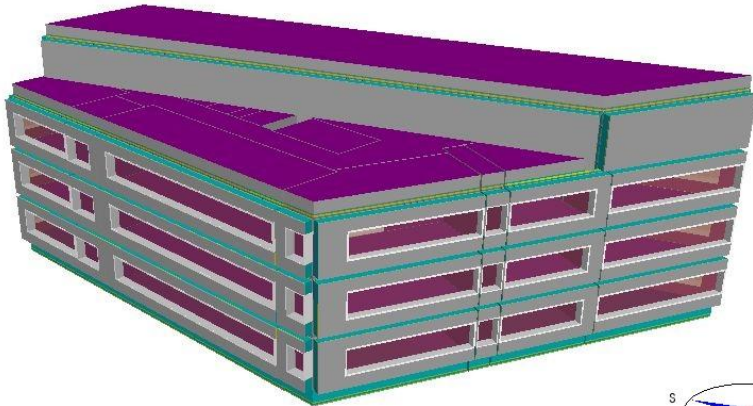
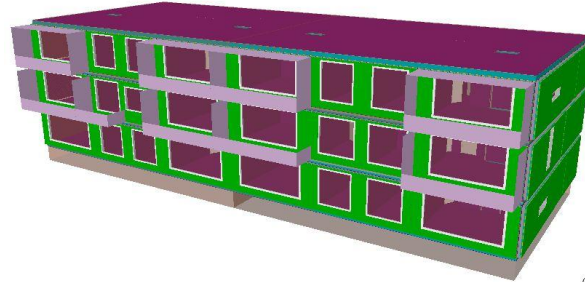
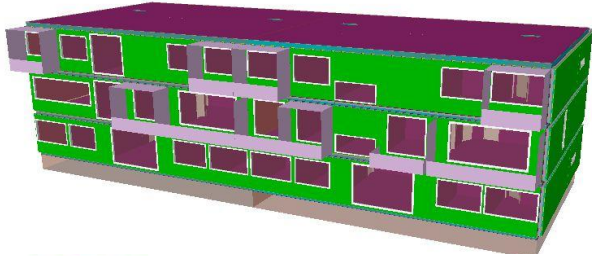
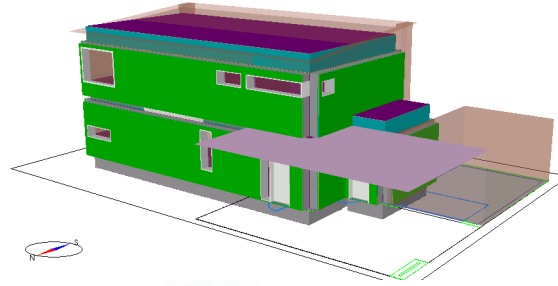
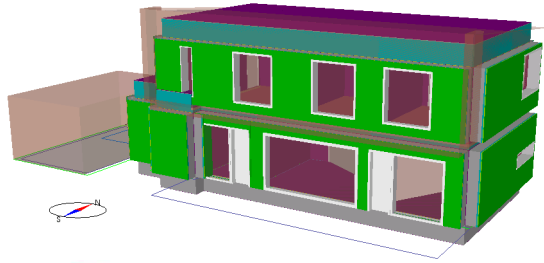


# Cost optimal procedure

1. selection of the reference building/buildings
  2. definition of construction concepts based on building envelope optimization for fixed specific heat loss levels (from business as usual construction to highly insulated building envelope in 4 steps)
  3. specification of building technical systems
  4. energy calculations for specified construction concepts
  5. post processing of energy results to calculate delivered, exported and primary energy
  6. economic calculations for construction cost and net present value of operating cost
  7. sensitivity analyses (discount rate, escalation of energy prices and other parameters)
- All this steps are independent, iterative approach not needed for residential buildings, because of the specific heat loss method



# Referentshooned: arhitektide liit





# Eeloptimeeritud välispiirded – väikemaja

	Construction concepts			
	<u>DH 0.42</u> “Nearly zero”	<u>DH 0.58</u>	<u>DH 0.76</u>	<u>DH 0.96</u> “BAU”
<b>Specific heat loss coefficient H/A, W/(K m<sup>2</sup>)</b>	0.42	0.58	0.76	0.96
<b>External wall 170 m<sup>2</sup></b>	20cm LECA block, plaster + 35cm EPS-insulation U 0.1 W/m <sup>2</sup> K	20cm LECA block, plaster + 25cm EPS-insulation U 0.14 W/m <sup>2</sup> K	20cm LECA block, plaster + 20cm EPS-insulation U 0.17 W/m <sup>2</sup> K	20cm LECA block, plaster + 15cm EPS-insulation U 0.23 W/m <sup>2</sup> K
<b>Roof 93 m<sup>2</sup></b>	Wooden beams, metal sheet, 80cm min.wool insulation, concrete slab U 0.06 W/m <sup>2</sup> K	Wooden beams, metal sheet, 50cm min.wool insulation, concrete slab U 0.09 W/m <sup>2</sup> K	Wooden beams, metal sheet, 32cm min.wool insulation, concrete slab U 0.14 W/m <sup>2</sup> K	Wooden beams, metal sheet, 25cm min.wool insulation, concrete slab U 0.18 W/m <sup>2</sup> K
<b>Ground floor 93 m<sup>2</sup></b>	Concrete slab on ground, 70cm EPS insulation U 0.06 W/m <sup>2</sup> K	Concrete slab on ground, 45cm EPS insulation U 0.09 W/m <sup>2</sup> K	Concrete slab on ground, 25cm EPS insulation U 0.14 W/m <sup>2</sup> K	Concrete slab on ground, 18cm EPS insulation U 0.18 W/m <sup>2</sup> K
<b>Leakage rate q<sub>50</sub>, m<sup>3</sup>/(h m<sup>2</sup>)</b>	0.6	1.0	1.5	3.0
<b>Windows 48 m<sup>2</sup></b>	4mm-16mmAr-SN4mm-16mmAr-SN4mm Insulated frame	4mm-16mmAr-4mm-16mmAr-SN4mm Insulated frame	4mm-16mm-4mm-16mmAr-SN4mm	4mm-16mmAr-SN4mm Common frame
<b>U-value glazing/frame/total</b>	0.6/0.7 W/m <sup>2</sup> K 0.7 W/m <sup>2</sup> K	0.8/0.8 W/m <sup>2</sup> K 0.8 W/m <sup>2</sup> K	1.0/1.3 W/m <sup>2</sup> K 1.1 W/m <sup>2</sup> K	1,1/1,4 W/m <sup>2</sup> K 1,2 W/m <sup>2</sup> K
<b>g-value</b>	0.46	0.5	0.55	0.63

- Soojaerikadu H/A sisaldab soojusjuhtivuskaod ja infiltratsiooni soojuskaod läbi välispiirete ning arvutatakse köetava pinna m<sup>2</sup> kohta (vt Kalamehe ettekanne)
- Soojustuse tasemed passiivmaja soojustusest “Nearly zero” tavapraktikani “BAU”
- Eeloptimeerimine: kõige majanduslikum U-arvude kombinatsioon antud H/A saavutamiseks



	<b><u>DH 0.42</u></b> <b>“Nearly zero”</b>	<b><u>DH 0.58</u></b>	<b><u>DH 0.76</u></b>	<b><u>DH 0.96</u></b> <b>“BAU”</b>
<b>Ventilation rate</b> l/s, specific fan power SFP, temperature efficiency AHU HR	80 l/s, SFP 1.5 kW/(m <sup>3</sup> /s), AHU HR 85%	80 l/s, SFP 1.7 kW/(m <sup>3</sup> /s), AHU HR 80%	80 l/s, SFP 2.0 kW/(m <sup>3</sup> /s), AHU HR 80%	80 l/s, SFP 2.0 kW/(m <sup>3</sup> /s), AHU HR 80%
<b>Heating capacity, kW</b>	5	6	8	9
<b>Cooling capacity, kW</b>	5	5	5	8
	<b>Net energy need kWh/(m<sup>2</sup> a)</b>			
<b>Space heating</b>	22.2	36.8	55.1	71.5
<b>Supply air heating in AHU</b>	4.1	5.7	5.7	5.7
<b>Domestic hot water</b>	29.3	29.3	29.3	29.3
<b>Cooling</b>	13.6	11.1	9.2	15.0
<b>Fans and pumps</b>	7.9	8.8	10.0	10.0
<b>Lighting</b>	7.3	7.3	7.3	7.3
<b>Appliances</b>	18.8	18.8	18.8	18.8
<b>Total net energy need</b>	103.2	117.8	135.5	157.7

iec



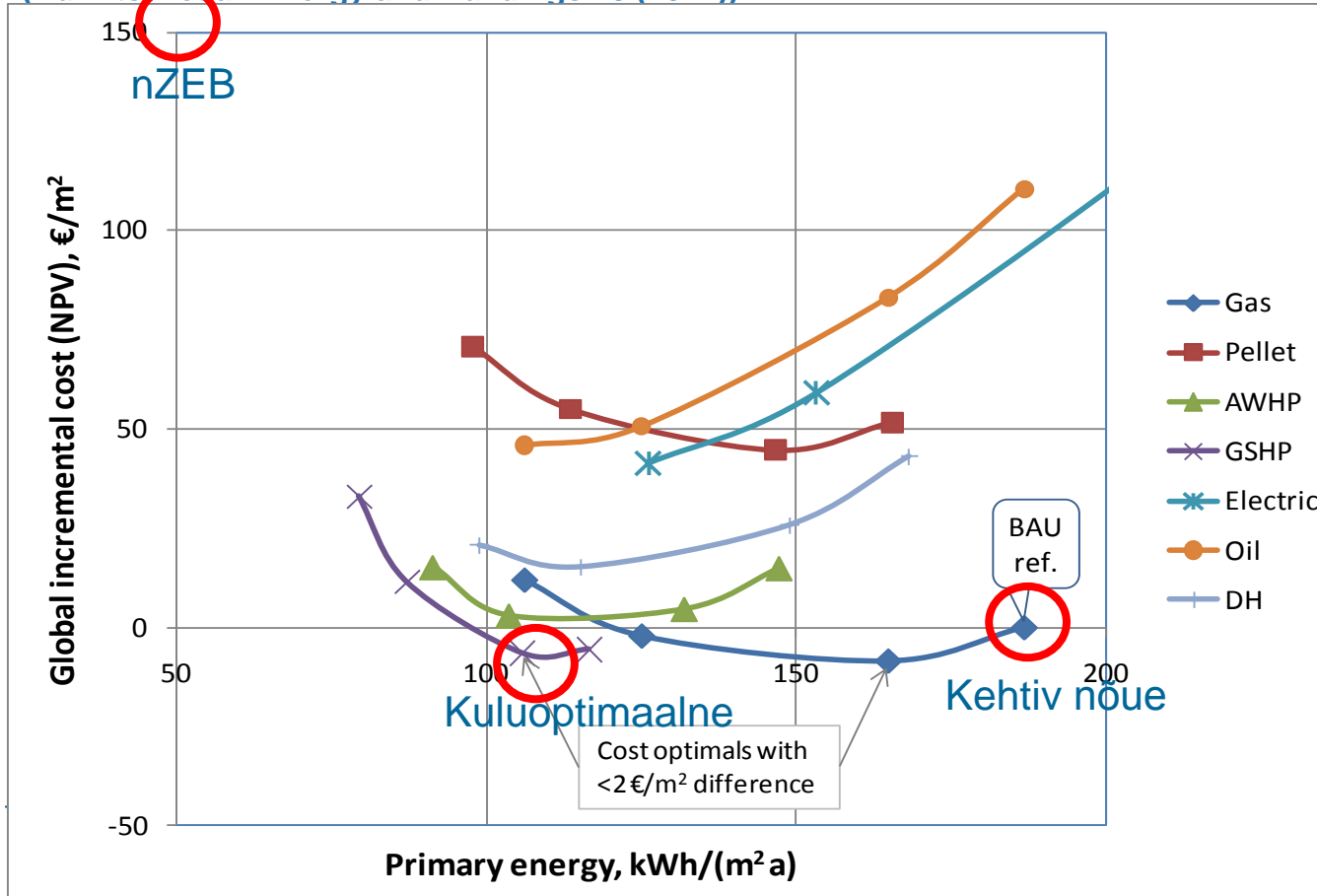
nus 29.02.2012



# nZEB ei ole kuluoptimaalne

## Näide KredEx-i uuringust: Eesti väikemaja, 3% intress ja 2% eskalatsioon

(Kurnitski et al. Energy and Buildings 43 (2011))



- AHP – air to water heat pump, GSHP – ground source heat pump, DH – district heating
- Ilma PV-ta, 4 soojustuse taset vasakult paremale: 0,42, 0,58, 0,76 ja 0,96 H/A
- H/A 0,42 ja 0,58 arvutatud päikesekollektoritega
- nZEB +239 €/m² ehitusmaksumus (ETA=40)
- Ilma PV-ta +93 €/m² (ETA=80)

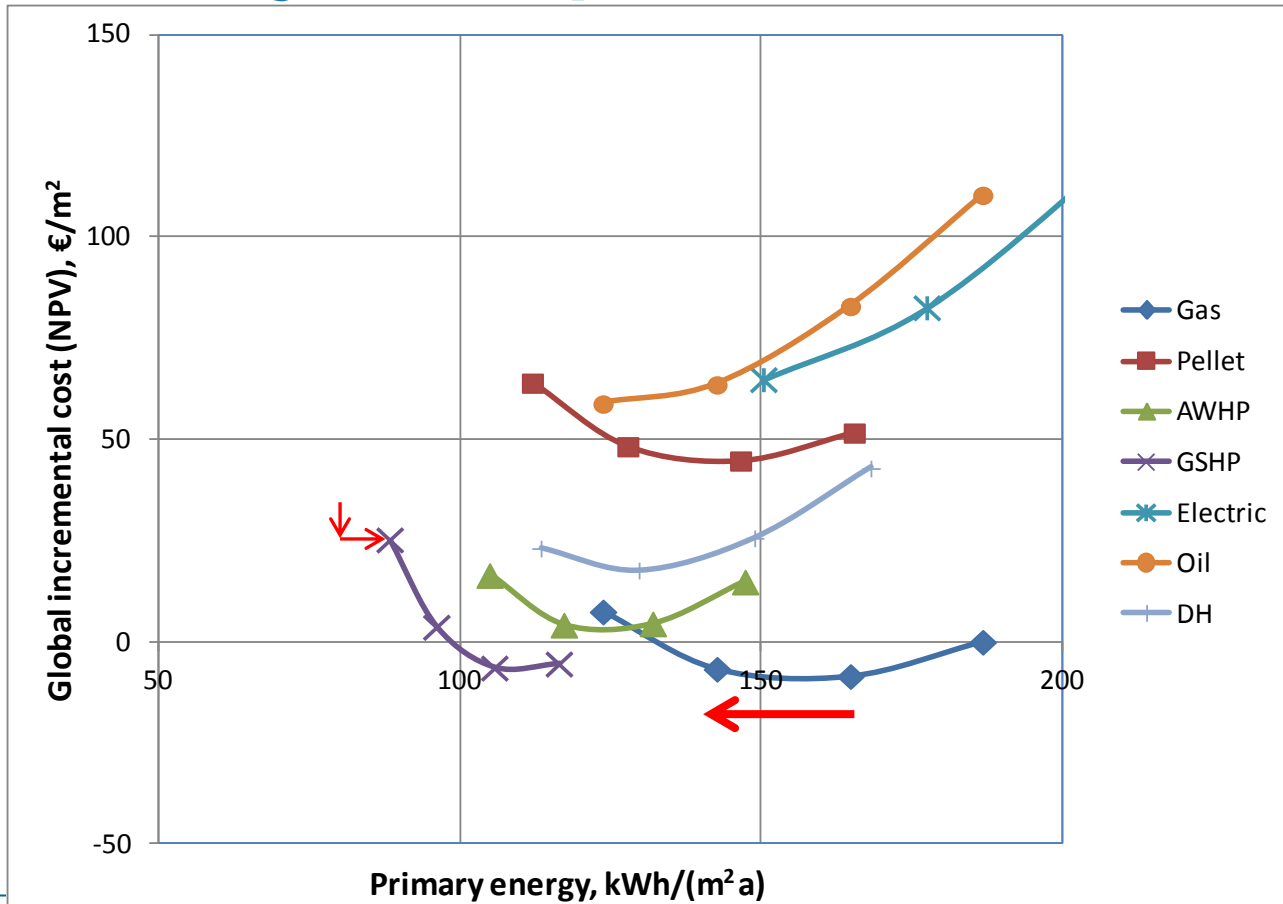


# Kuluoptimaalne väikemaja

- **Väikemajadele kaks kuluoptimaalset punkti:**
  - Maasoojuspumbaga  $ETA=110$  ja gaasiküttel  $ETA=165$  (nüüdisväärtuse erinevus  $< 2 \text{ €/m}^2$ )
  - Gaasiküttel on kuluoptimaalne parandada soojustust ühe sammu võrra ( $H/A=0,58$ ) ja loobuda päikesekollektoritest, mis viib kuluoptimaalse 140-ni
- **Kuluoptimaalsuse põhikomponendid**
  - Hea soojustagastus ( $\geq 80\%$ )
  - Hästi soojustatud ja õhupidavad välispiirded ( $H/A=0,58$  ja  $q_{50}=1$  enamikel juhtudel)
  - Vesikeskküte ja efektiivsed soojusallikad (soojuspumbad, gaas, kaugküte)
  - Taastuvenergialahendustest efektiivsed soojuspumbad, päikesekollektorid osade küttesüsteemide puhul (ei andnud kuluoptimaalset tulemust)
- **Kuluoptimaalsusse ei mahtunud (kuid vajalik liginulli jaoks):**
  - Päikesekollektorid
  - Passiivmaja soojustus  $H/A=0,4$
  - Päikese-elekter PV



# Väikemaja ilma päikesekollektoriteta







# Energiamärgise skaala



	nZEB	Cost optimal	Current req.
	kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/(m <sup>2</sup> a)
	primary energy	primary energy	primary energy
Detached house	50	130	180
Apartment building	90	140	150
Nursing home	120	200	300
Day care centre	100	190	300
School building	80	110	300
Office buildings	100	130	220

**Madalenergia = liginull – päikesepatareid**

Revision of certificates scales needed:

- Cost optimal requirements for new buildings cannot be any more in D category, as calculated for 30 years period with 3% interest rate
- Existing A may be split (A+, A++) or changed





# Kuluoptimaalne – madal – liginull

- KredEx-i uuringu muudatusettepanek energiatõhususarvudele erinevates energiamärgise klassides (kõikides arvudes varutegur 1,15)

Hoone tüüp	A Liginull- energia- hoone	B Madal- energia- hoone	C Uus- ehitis	D Praegune nõue
<b>Üksikelamu, kaksikelamu ja ridaelamu:</b> uued <180kWh/(m <sup>2</sup> ·a), oluliselt renoveeritavad <250kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	50	100	130	180
<b>Korterelamud:</b> uued <150kWh/(m <sup>2</sup> ·a), oluliselt renoveeritavad <200kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	90	110	140	150
<b>Bürood ja administratiivhooned:</b> uued <220kWh/(m <sup>2</sup> ·a), oluliselt renoveeritavad <290kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	90	110	130	220
<b>Haridus- ja teadushooned:</b> uued <300kWh/(m <sup>2</sup> ·a), oluliselt renoveeritavad <390kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	80	100	120	300



# Mida kuluoptimaalne ehituses tähendab?

## Välispiirded:

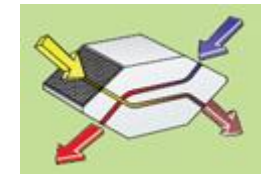
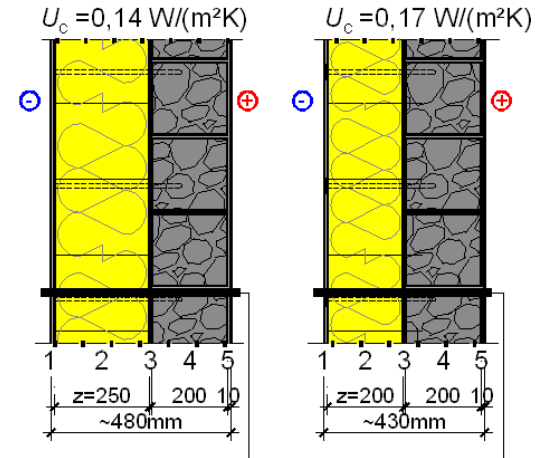
- Välissein  $U=0.14...0.17$  (väike/suur maja)
- Aken  $U=0.8$
- Katuslagi ja põrand  $U=0.09...0.14$

## Tehnosüsteemid:

- Ventilatsiooni erivõimsus  $SFP=1.7...2.0$
- Soojustagastus  $\approx 80\%$
- Efektiivne valgustus  $<12 \text{ W/m}^2$
- Vesikeskküte (elekt- ja õliküte välistatud)
- Vabajahutuskontuuriga jahutus

## Arhitektuur:

- Mõistlik kompaktsus
- Päikesekaitse
- Mõistliku suurusega klaaspinnad





# Kuidas ehitada liginullenergiamaajasid?

- Kõik energiatõhususe põhitõed kehtivad
- Ratsionaalne projekteerimine algab kütte- ja jahutusvajaduste minimeerimisest arhitektuuri, päevavalgusest lähtuvate klaaspindade, soojustuse ja päikesekaitselahendustega – nZEB eeldab välispiirete optimeerimist
- Lisaks vajatakse efektiivseid tehnosüsteeme (küte, jahutus, vent ja valgustus)
- Elamutes passiivmaja välispiirded + efektiivsed ventilatsiooni ja küttesüsteemid + päikesekollektorid ja –paneelid
- Mitteelamutes suurem rõhk tehnosüsteemidel: nõudluspõhine ventilatsioon ja valgustus, vabajahutus koos kompressorjahutusega, veepõhised või VRV jaotussüsteemid, passiivsete ja aktiivsete meetmete kombineerimine
- Väikeste kütte- ja jahutusvajaduste korral on võimalik saavutada hea tulemus lihtsate, kuid efektiivselt projekteeritud põhilahendustega
- Energiavarustuslahendused mitmekesised (kaugküte, soojuspumbad jne.)
- Lisainvesteering ei ole reeglina ületanud 10% ehitusmaksumuselt büroodes

# Pariis, Elithis Tower

(Hernandez REHVA Journal May 2011)



- Ümmargune kaju + väline päikesekaitse
- $U=1,1/g=0,4$  lintaknad päevavalguse jaoks (Pariis!)
- Sundventilatsioon soojustagastusega
- Jahutustalad
- Öötuulutus, atriumist väljatõmme
- Adiabaatiline + kompressorjahutus

	Design phase			Measured 2009
	Net delivered energy use kWh/(m <sup>2</sup> a)	Primary energy factor -	Primary energy use kWh/(m <sup>2</sup> a)	Primary energy use kWh/(m <sup>2</sup> a)
Space, water and ventilation heating, wood boiler	3.3	0,6	2.0	6.3
Cooling, electricity to heat pumps	4.1	2,58	10.6	6.2
Fans (HVAC)	5.1	2,58	13.1	14.1
Pumps (HVAC)	0.4	2,58	1.1	2.6
Lighting	4.1	2,58	10.5	9.5
Elevators	1.4	2,58	3.6	3.6
Appliances (plug loads)	9.4	2,58	24.2	54.6
PV power generation	-16.0	2,58	-41.3	-40.2
<b>Total</b>	<b>12</b>		<b>24</b>	<b>57</b>



# Helsinki Viikki Ympäristöotalo

Soome esimene nZEB büroohoone, ETA=85





# Ehitusmaksumus

**Brutopind 6791 m<sup>2</sup>**

**Ehitusmaksumus:**

**16,5 milj. € (2430 €/m<sup>2</sup>)**

**sh nZEB lisamaksumus:**

**0,5-0,7 milj. €**

**3-4% ehitusmaksumusest**

## YMPÄRISTÖTALO, CONSTRUCTION YEAR 2011

Construction management	City of Helsinki, PWD-Construction Management (HKR-Rakennuttaja)
Owner	City of Helsinki, Environment Centre
Construction costs	16.5 million € (2 430 €/m <sup>2</sup> )
Estimated nZEB extra construction cost	0.5–0.7 million € (70–100 €/m <sup>2</sup> , 3-4 %)
Heated net floor area	6 390 m <sup>2</sup>
Gross floor area	6 791 m <sup>2</sup>
Occupants/ mean occupant density	240 / 25 m <sup>2</sup> /person (overall average)
Architect	Ab Case Consult Ltd, Kimmo Kuismanen
HVAC-design	ClimaConsult Finland

# Arhitektuur



- Suhteliselt kompaktned
- Lõunasse topelfassaad integreeritud PV-ga
- Akende pind 23 % välisseinte pinnast – piisav päevvalgusele
- Tänu topelfassaadile eestvaates klaasmajamulje
- Topelfassaad alt lahti, üleval avatavad ajamitega aknad:
  - koos aatriumi alumiste ja ülemiste avatavate akendega 30 tk
  - avatakse manuaalselt, ilmajaam (tuul, vihm, temperatuur) sulgeb automaatselt
- Päikesekaitse ribikardinatega
  - topelfassaadi või 2+2 akende vahel
- Tuulegeneraatorid (tootlus 0,02 kWh/(m<sup>2</sup> a))





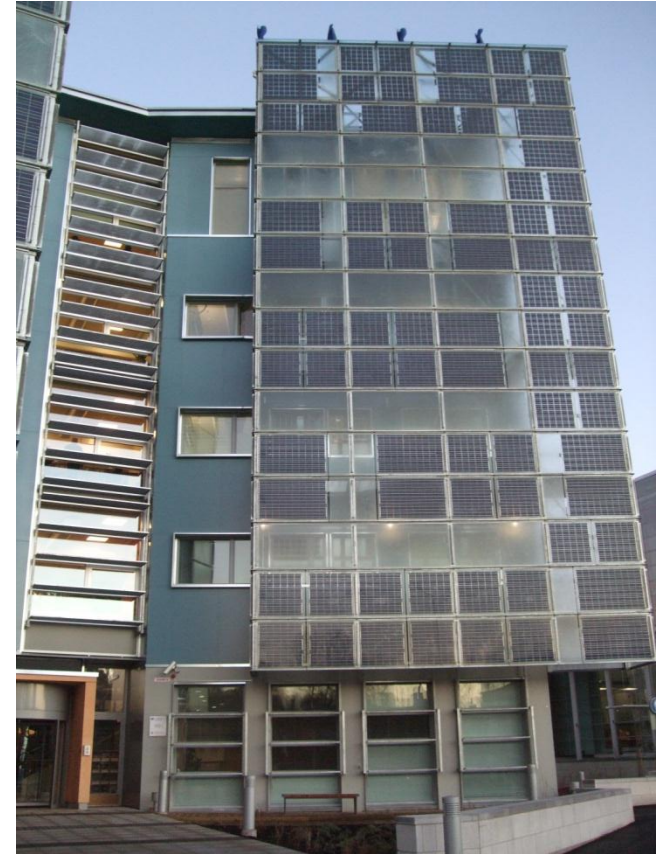
- Avarad tehnilised ruumid ülemisel korrusel ja suured sahtid





# Energiavarustus

- **Kaugküte**
- **100% vabajahutus puurkaevudest:**
  - 25 puurkaevu sügavusega 250 m
  - 15/20°C vesi vent.masinatesse ja jahutustaladesse
- **Installeeritud PV 60 kW (570 m<sup>2</sup>) fassaadil ja katusel, mis toodab 17% summaarsest elektrikasutusest**





# Ventilatsioon ja jahutus

- **3 põhivent.masinat (4 sahti) rootorsoojusvahetitega:**
  - 2,4, 4,2 and 4,0 m<sup>3</sup>/s soojustagastusega 80, 79 ja 78%
  - 0,5 m<sup>3</sup>/s vent.masin rootorsoojusvahetiga (80 %) WC-plokile
  - CAV vent.masinad SFP 1,4-1,6 ja VAV vent.masin SFP 1,8
- **CAV ja VAV tsoneerimine vent.masinate ja korruseklappidega**
- **Jahutustalad, aktiivsed ja passiivsed**



## Indoor environmental quality targets:

### Indoor air quality

Air flow rate, offices 1.5 l/s per m<sup>2</sup>

Air flow rate, meeting rooms 4 l/s per m<sup>2</sup>

### Thermal environment

Indoor temperature, heating season 21°C

Indoor temperature, cooling season 25°C

Air velocity, winter 0.14 m/s

Air velocity, summer 0.20 m/s

### Lighting

Illuminance level 300/500 lx.

### Building envelope:

Window U-value 0.8 W/(m<sup>2</sup>K)

Window g-value 0.3

Exterior wall U-value 0.17 W/(m<sup>2</sup>K)

Base floor U-value 0.16 W/(m<sup>2</sup>K)

Roof U-value 0.09 W/(m<sup>2</sup>K)

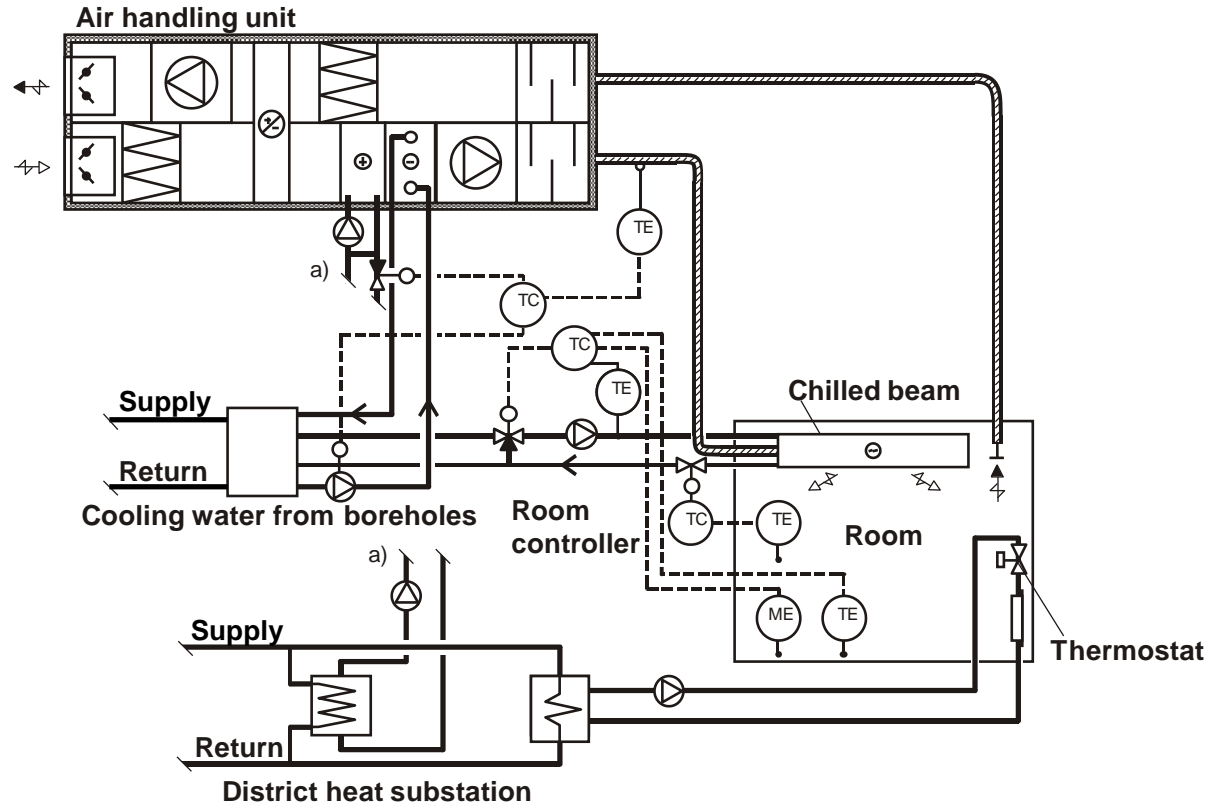
Average U-value of the building envelope 0.259 W/(m<sup>2</sup>K)

Specific heat loss per net floor area H/A 0.276 W/(K m<sup>2</sup>)

Air leakage rate at 50 Pa 0.56 ach



# Ventilatsioon ja jahutus





# Ruumiseadmed

- **S2 sisekliima (peaaegu I kategooria EVS-EN 15251 järgi)**
- **Kõikides kontoriruumides (avatud ja kabinetid) CAV aktiiv- või passiivjahutustalad**
- **Radiaatorküte manuaalsete termostaatidega**
- **Passiivjahutustalad kasutatud vabajahutuse tõttu (vajadusel töötavad 24h 7d ja hoiavad jahutusvajaduse 40 W/m<sup>2</sup> piires)**
- **Muudes ruumides (fuajeed, nõupidamised jt) nõudluspõhine ventilatsioon CO<sub>2</sub> ja T-juhtimisega**
- **Bürood 1,5 l/s m<sup>2</sup> ja nõupidamised 0...4 l/s m<sup>2</sup> (M1 materjalid)**
- **Sissepuhkeõhu temperatuur 17...22 °C vastavalt väljatõmbe temperatuurile**





# Valgustus

- T5 päevavalguslambid 7 W/m<sup>2</sup> installeeritud võimsusega
- Päevavalguse (fotosilm), kohaloleku (liikumisandur) ja aegjuhtimine suuremates ruumides ning kohaloleku ja aegjuhtimine kabinettides





# Energiakasutus

ETA =85, Soome miinimumnõue alates 1.7.2012 ETA=170 büroohonetele  
Eesti kaalumisteguritega (kaugküte 0,9 ja elekter 1,5) arvutades ETA=86

	Energia netovajadus kWh/(m <sup>2</sup> a)	Tarnitud energia kWh/(m <sup>2</sup> a)	Energia- kandja tegur, -	ETA kWh/(m <sup>2</sup> a)
Ruumide küte ja vent.õhu soojendamine	26,6	32,2	0,7	22,6
Sooja tarbevee soojendamine	4,7	6,1	0,7	4,3
Jahutus	10,6	0,3	1,7	0,5
Ventilaatorid ja pumbad	9,4	9,4	1,7	16,0
Valgustus	12,5	12,5	1,7	21,3
Seadmed	19,3	19,3	1,7	32,7
PV		-7,1	1,7	-12,0
<b>Kokku</b>	<b>83</b>	<b>73</b>		<b>85</b>



# nZEB suurimad väljakutsed

- **Ventilatsioon ja jahutus**
  - Arhitektid peavad õppima hoonetele "kopse joonistama"
  - Tehniliste ruumide ja sahtide ruumivajaduse teadvustamine
  - Eraldi väljatõmmete vältimine (soojustagastusega varustamine)
  - Win-win olukord – samaaegselt sisekliima ja energiatõhusus korda
- **Fassaadide kujundamine külmas kliimas**
  - Päevavalgusest lähtuv fassaadide kujundamine + H/A jälgimine
  - Elamutes on passiivtaseme lahendused materjalimahukad ja kallid – lihtsate ja efektiivsete tüüplahenduste vajadus
- **Suur potentsiaal ka valgustusel, lahendused on vaja kasutusse võtta:**
  - Päevavalgus-, kohaloleku ja aegjuhtimine



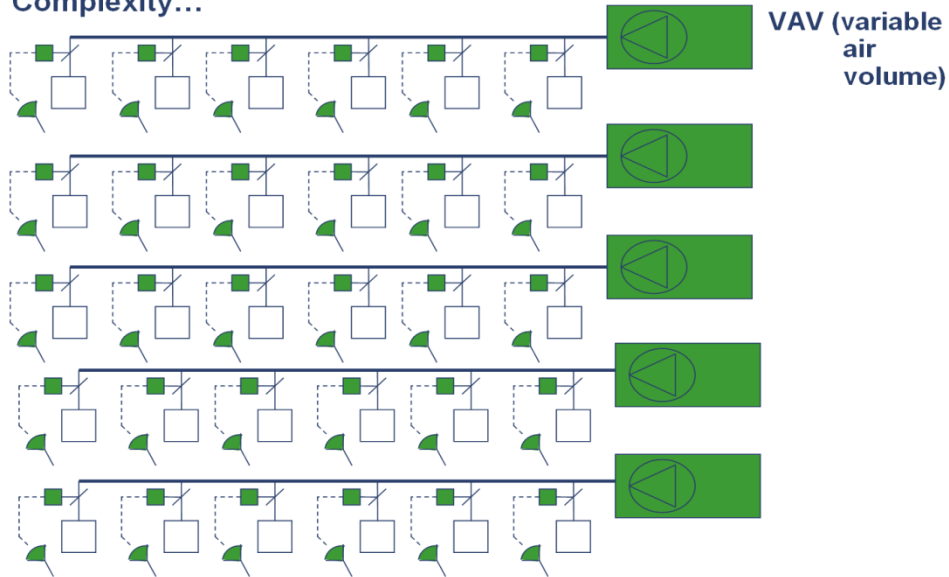


# nZEB ventilatsioon ja jahutus

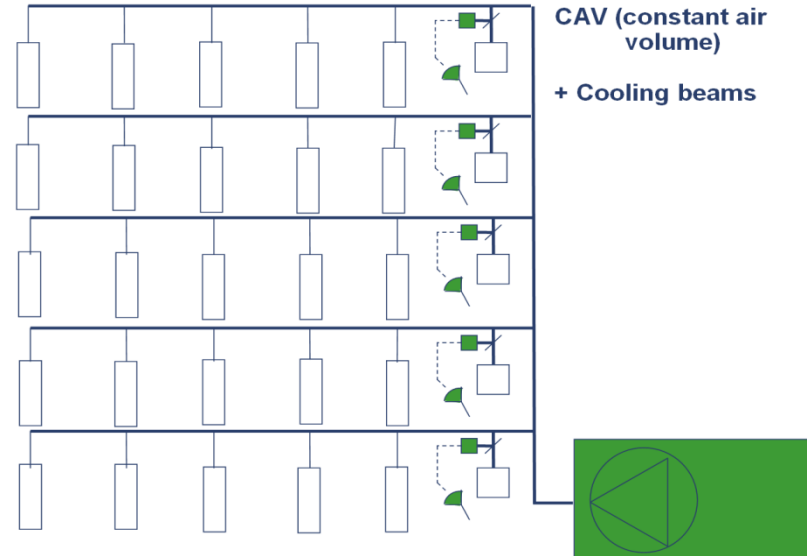
(Gräslund REHVA Journal May 2011)

- Rootsi näide lihtsast, töökindlast ja nZEB kõlblikust lahendusest
- Nn konstantse rõhu ventilatsioon

Complexity...



..or less complex

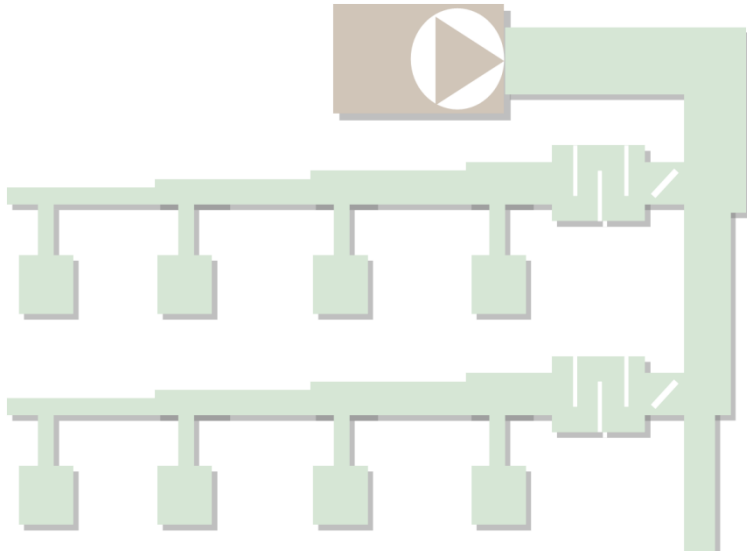




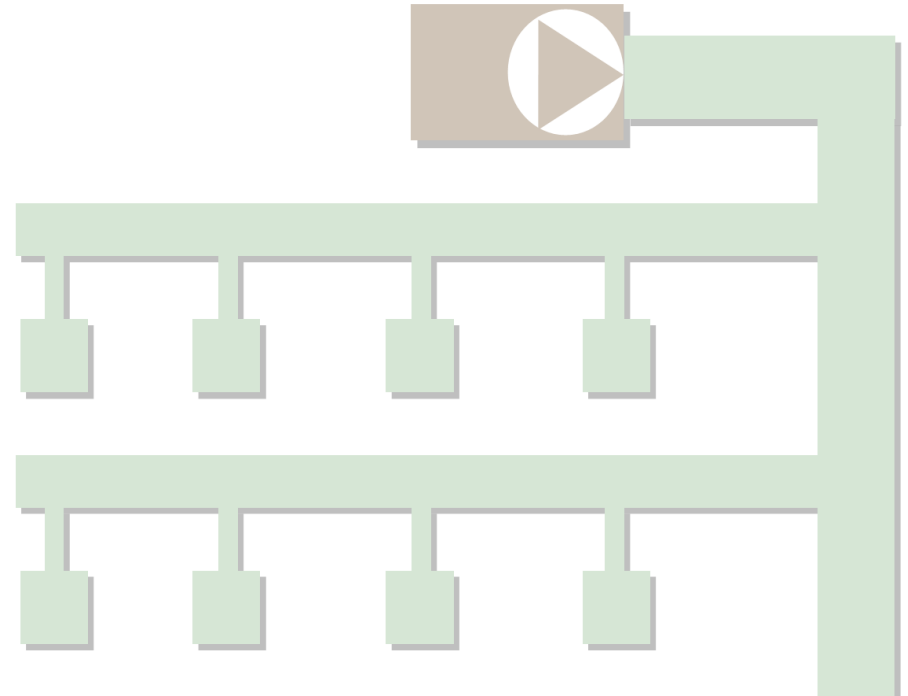
# nZEB ventilatsioon ja jahutus

- 1-2 järku suuremad torustikud ja vent.masinad
- Ei vajata summuteid ja osa reguleerklappidest

Traditional ventilation



Final pressure drop ventilation





# nZEB ventilatsioon ja jahutus

- Vabajahutuspatarei esimese vent.masina järguna
- Parevalt: glükoolikontuuri jahutus läbi soojusvaheti jahutustalade kontuuri – tasuta jahutust ja samas välisõhu eelsoojendust
- Kokkuhoid 5...10 kWh/(m<sup>2</sup> a)





# Lõpetuseks

---

**Kuluoptimaalsete lahenduste kasutuselevõtt mõne aasta jooksul = praegune hea ehituspraktika standardiks – kõik lahendused on olemas soodsa maksumusega**

**Madal ja liginull nõuab rohkem pingutamist ja ei ole veel kuluoptimaalne – ehitusmaksumuse lisa 5-10% (madal) ja 10-25% (nZEB) sõltuvalt hoone tüübist**

**nZEB 7-9 aasta pärast pakub reaalse võimaluse ehitada paremaid maju ja parandada ehitatud keskkonna energiatõhusust – kõige suurem valdkond, kus põhimõttelised tehnoloogilised lahendused on juba praegu olemas erinevalt näit. liiklusvahenditest ja energiatootmisest**

**Võimalus ehitussektorile: EL turgude arengutest on võimalik näha märke, et energiatõhususe parandamine viib parema sisekliima ja lõppkasutaja rahuloluni**

**Kuigi liginullenergiamajasid on tehtud, ootavad kulutõhusad lahendused veel suures osas väljatöötamist, katsetamist ja tüüplahenduste tasemele viimist**