



Sisekliima ja energiatõhusus vanas tüüpkorterelamus

Targo Kalamees, Tallinna Tehnikaülikool

SEMINAR:

"Võimalused kortermajade energiatõhusal renoveerimisel, erilise tähelepanuga energiale, seirele ja sisekliimale"

22. november, Tallinn

www.swegonairacademy.com

air
academy 
Swegon



Sisu

- Taust;
- Vanemate korterelamute peamised probleemid;
 - hoonepiirded
 - sisekliima
 - ventilatsioon
 - energiatõhusus
- Põhimõttelised renoveerimislahendused
 - hoonepiirded
 - külmasillad
 - sisekliima & energiatõhusus



Uuringud

- Eesti eluasemefondi ehitustehniline seisukord ning prognoositav eluiga
 - Raudbetoon suurpaneelramud (2008-2009)
 - Tellis-korterelamud (2009-2010)
 - Puit-korterelamud (2009-2011)
 - Korterelamud perioodilt 1990-2010 (2010-2012)
- Uurimisgrupp **Tallinna Tehnikaülikoolis**:
 - Ehitiste projekteerimise instituut;
 - Keskkonnatehnika instituut;
 - Ehitustootluse instituut;
 - Materjaliuuringute teaduskeskus;
 - + ettevõtted vastavalt vajadusele.
- Tellija ja finantseerija: Sihtasutus **KredEx**

33



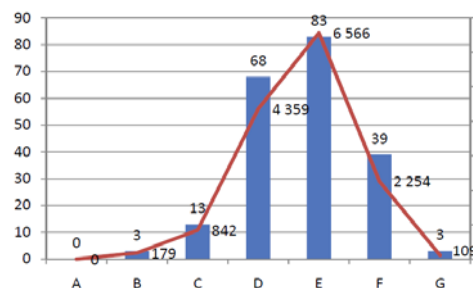
Eesti eluasevaldkonna peamised probleemid

- Eluasemefondi suured energiakulutused

Riigikontrolli aruanne Riigikogule: Riigi tegevus energiasäästu saavutamisel (juuni 2009):

Kui lugeda ebatõhusaks maju, mille energiatarve on üle 150 kWh/m² aastas, on ülemäära kulukaid korterelamuid 92%.

Elamu energiklass	Korterelamu kWh/(m ² ·a)	Väikeelamu kWh/(m ² ·a)
A	kuni 100	kuni 120
B	101-120	121-130
C	121-150	131-150
D	151-200	151-190
E	201-250	191-250
F	251-300	251-320
G	üle 301	üle 321



4

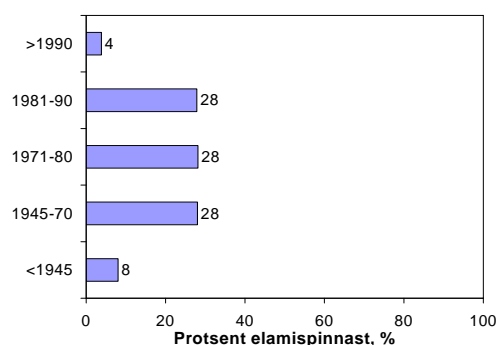
4



Eesti eluasevaldkonna peamised probleemid

- Eluasemefondi suured energiakulutused
- Eluasemefondi amortiseerumine ja kvaliteedi langus;

Vanemate hoonete projekteeritud kasutusiga hakkab lähenema lõpule



5

5



Hoone kasutusiga

- Hoone kasutusiga sõltub:
 - **ehitusmaterjalide kvaliteet** (ehitusmaterjalide tootmine ja nende projekteerimine);
 - **projekti kvaliteet** (arhitektuurne lahendus, konstruktiivne dimensioneerimine, materjalide valik);
 - **ehitustööde kvaliteet** (tööde teostamine ehitusplatsil, järelevalve);
 - **sisekliima ja –keskkonnatingimused** (sõltub palju kasutusotstarbest, ventilatsiooni- ja küttesüsteemidest);
 - **väliskliima ja - keskkonnatingimused** (ehitise asukoht; ehitise paiknemine krundil, lähiümbrus ja ilmakaared; ehitise detailid);
 - **kasutustingimused** (hoone sihtotstarbe, sihtotstarbekohane kasutamine, vandalismi võimalus);
 - **hooldustingimused** (omandisuhted, omanikke teadlikkus, varalised võimalused);

6

6



Peamised probleemid: hoonepiirded

- **Fassaad:**
 - raudbetooni ja tellise **külmakindlus on ammendumas**;
 - fassaadi ja kandeseinte **sidemete olukord on kriitiline**;
 - fassaade on vaja **kaitsta ja osaliselt vahetada**;
 - renoveerimisprojekti eeltööde hulka tuleb arvata **fassaadide olukorra uuring**;
 - fassaadide osaline avamine:
 - tuvastada olemasolev olukord,
 - kahjustuste ulatus,
 - proovikehad laboratoorseteks uuringuteks:
 - külmakindlus,
 - survetugevus,
 - karboniseerumine,
 - terase korrosioon,
 - algandmed ehitusprojekti koostamiseks.

7



Peamised probleemid: hoonepiirded

- Fassaad
- **Külmasillad:**
 - tellis- ja suurpaneel korterelamutel on külmasillad **äärmiselt tõsine probleem!**
 - peamised asukohad:
 - välisseinapaneelide omavahelised liitekohad;
 - rõdu või lodža liitekoht välisseinaga;
 - välisseina (eriti otsaseina) ja katuslae liitekoht;
 - välisseinapaneelide sisemise ja välimise kihi sidemed;
 - soklipaneelid.
 - renoveerimislahendus peab **likvideerima külmasillad** ilma selleta ei kao peamist eeldust hallituse ja pinnakondensaadi tekkeks

8



Peamised probleemid: hoonepiirded

- Fassaad
- Külmasillad
- **Hoonepiirete suur soojusläbivus:**
 - soojustuse puudus:
 - pole pandud,
 - „kaduma läinud“,
 - „ära vajunud“,
 - asendunud betooniga,
 - soojustuse vähesus,

9



Peamised probleemid: sisekliima

- **Temperatuur:**
 - puuduvad radiaatorite termostaadid;
 - süsteemid on tasakaalustamata;
 - soojussõlme reguleerimisgraafik on vale;
 - vastavus sisekliima standardi sihtarvudele:
 - ~50% korterites ei vasta sisetemperatuur madalaima sisekliimaklassi III piirsuurustele
 - ~90% korterites ei vasta sisetemperatuur keskmise sisekliimaklassi II piirsuurustele
 - renoveerimislahendus peab tagama:
 - sisekliima sh. sihtarvude saavutatavuse,
 - ruumitemperatuuri reguleerimise võimaluse,
 - süsteemide hüdraulilise tasakaalustatuse,

10

10



Peamised probleemid: sisekliima

- Temperatuur
- **Niiskus:**
 - iseloomulik suur niiskuskooormus $\Delta v = v_i - v_e$:
 - keskmine (50% tase) niiskuslisa $\sim 3\text{g/m}^3$
 - kriitiline (90% tase) niiskuslisa $\sim 6\text{g/m}^3$
 - põhjused:
 - puudulik ventilatsioon
 - suur niiskustootlus
 - renoveerimislahendus peab **niiskuskooormust vähendada** ilma selleta ei kao peamist eeldust hallituse ja pinnakondensaadi tekkeks

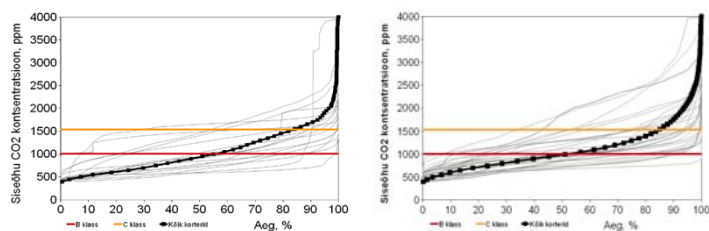
11

11



Peamised probleemid: sisekliima

- Temperatuur
- Niiskus
- **Õhupuhtus:**
 - ei vasta sisekliima standardile.
 - $\text{CO}_2 < 1500\text{ppm}$ $\sim 1/2 \dots 2/3$ % ajast,
 - $\text{CO}_2 < 1000\text{ppm}$ $\sim 2/3 \dots 3/4$ % ajast.
 - renoveerimislahendus peab tagama **siseõhu kvaliteedi** (II sisekliima klass)



12

12



Peamised probleemid: ventilatsioon

- Korterite **õhuvahetus on ebapiisav**:
 - keskmise õhuvahetuse järgi vastas EVS-EN 15251
 - II klassi nõuetele 4...10 % uuritud korteritest
 - III klassi nõuetele 30...40 % uuritud korteritest
 - puuduliku ventilatsiooni tagajärg:
 - halb siseõhu kvaliteet,
 - suur niiskuskooormus ruumides,
 - **Ventilatsiooni renoveerimine on hädavajalik !!!**
- **Lahendada tuleb**:
 - välisõhu eelsoojendus,
 - akustikaküsimused (<25dB),
 - heitõhu soojustagastus,
 - õhujaoitus korteri sees,

AUK SEINAS EI OLE VENTILATSIOON

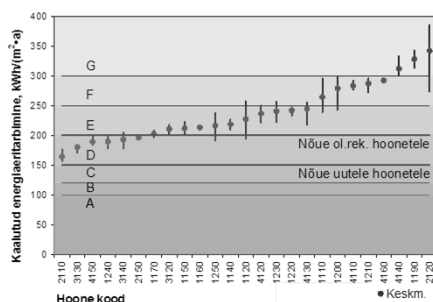
13

13



Peamised probleemid: energiatõhusus

- Vanad korterelamud kulutavad sisekliima tagamiseks **liiga palju energiat**
 - 62% ruumide kütte ja ventilatsiooniõhu soojendamine
 - 13% tarbevee soojendamine
 - 25% valgustus ja tarbeelekter
- Renoveerimislahendus peab tagama energiakasutuse **olulise vähenemise: üks kord ja korralikult**



14



Lubamatu renoveerimisnäide (2009)

- Seeria 111-133
5-korruseline 5 trepikojaga 75 korteriga elamu;
- Välisseinad on 30cm kergbetoonpaneelidest;
- Hoone on alaventileeritud, küttesüsteem vana;
- **Energiaauditi** käigus pakuti välja kaks renoveerimispaketti:
 - küttesüsteemi täielik renoveerimine + fassaadi soojustamine: investeering ~2,5 milj, aastane sääst 25 kWh/m² (oli 125kWh/m²) ja investeeringu lihtsuvusaeg ~14a.
 - küttesüsteemi täielik renoveerimine + lamekatuse ja fassaadi soojustamine + akende vahetus + ventilatsiooni korrastamine: investeering ~3,6 milj, aastane sääst 37 kWh/m² ja investeeringu lihtsuvusaeg ~13a.

15



Lubamatu renoveerimisnäide (2009)

- Renoveerimislahendus:
 - küljefassaadi kaeti tsementkiudplaadiga;
 - otsaseinad soojustati 50mm kivivillaga + 25mm ttpl.;
 - meetme maksumus oli ~1,9 milj;
 - lihtsuvusaeg >45 aasta.
- Tulemus:
 - Paraneb vaid hoone välisilme;
 - Lähiajal suuremaid energiasäästu või hoone korrastamise meetmeid selles elamus enam ette võtta ei saa: pärast fassaadi iluravi on ühistul kaelas koormis keskmiselt >25000 krooni korteri kohta;
 - Niigi teoreetiline energiasääst osutub olematuks küttesüsteemi tasakaalustamata jätmise tõttu.

16



Renoveerimisvajadus

- Ebapiisav hooldus ja remont on tekitanud elamutele **suure renoveerimisvõla**;
- Kuna renoveerimise vajadus on suur, on see ka kallis.
- Suurim küsimus renoveerimislahenduste valiku juures on nende ulatuse ja taotletava taseme üle otsustamine;
- Esmatähtis on:
 - **hoone ohutuse** ja **tervisliku sisekliima** tagamine, alles seejärel tuleb
 - energiasääst
 - mugavustaseme parandamine.

17



Põhimõttelised renoveerimislahendused

- **Tase A:**
 - Selle juures on silmas peetud eelkõige hoone:
 - **ohutust** (kandevõime, tuleohutus, kasutusohutus, keskkonnaohutus)
 - **tervislikkust**.
 - Lahenduste puhul keskendutakse hoonele esitatavate oluliste nõuete miinimumnõuete täitmisele tegemata järeleandmisi **tervislikkuse** ja **turvalisuse** osas.
- **Tase B:**
 - Renoveerimislahenduste eesmärk on :
 - parandada rohkem hoone energiatõhusust
 - pikendada hoone kasutusiga.

18



Põhimõttelised renoveerimislahendused

- Tase A: ohutus, tervislikkus
- Tase B: energiatõhusus, pikem kasutusiga
- **Tase C:**
 - Renoveerimislahendused parandavad oluliselt
 - hoone kvaliteeti
 - pakuvad täiendavaid mugavusi elanikele.
 - Energiatõhususe osas pakuvad lahendused väiksemat energiakulu.
 - Kahjustunud tarandid vahetatakse välja või ehitatakse uued. Teatud osas võib C tasemele renoveeritud hoonet võrrelda uusehitatud hoone tasemega.

19



Põhimõttelised renoveerimislahendused

- Tase A: ohutus, tervislikkus
- Tase B: energiatõhusus, pikem kasutusiga
- Tase C: parem elukvaliteet, täiendav mugavus
- **Alati**, enne järgneva taseme töid alustades, peavad olema eelmise taseme tööd tehtud.
- **Esmatähtis** on probleemi põhjuse likvideerimine ja seejärel tagajärgedega võitlemine.
- Renoveerimistööd tuleb viia läbi säästlikult.
Suurim sääst seisneb õigesti tegemises ja mitu korda ümbertegemata jätmises.

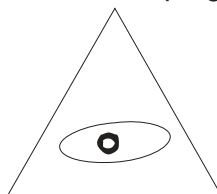
20



Hoone on tervik

Ehituskonstruksioonid:

- hoone kui terviku üldstabiilsus
- kandetarindite kandevõime
- vastuvõetavad paigutised



Ehitusfüüsika:

- piirdetarindite sooja- ja niiskusrežiim
- heliisolatsioon ja akustika
 - valgus
 - tuleohutus

Tehnosüsteemid:

- küte ja ventilatsioon
- veevarustus ja kanalisatsioon
- elektripaigaldis ja side
- gaasi- ja soojusvarustus

Sisekliima

21



Põhimõttelised renoveerimislahendused

• Fassaad:

- renoveerimisprojekti eeltööde hulka tuleb arvata **fassaadide olukorra uuring**;
- fassaadide osaline avamine:
- proovikehad laboratoorseks uuringuteks
- fassaade on vaja **osaliselt tugevdada ja vahetada**;



22



Põhimõttelised renoveerimislahendused

- **Fassaad:**
 - renoveerimisprojekti eeltööde hulka tuleb arvata **fassaadide olukorra uuring**;
 - fassaade on vaja **osaliselt tugevdada ja vahetada**;
 - fassaade on vaja **kaitsta** edasise lagunemise eest;

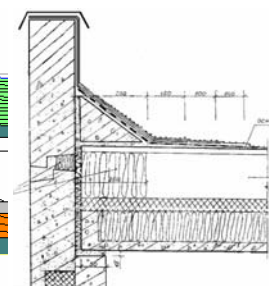
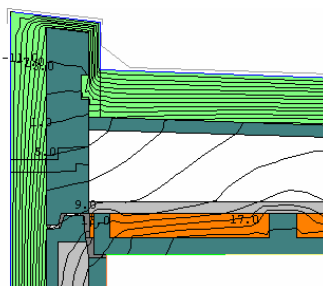
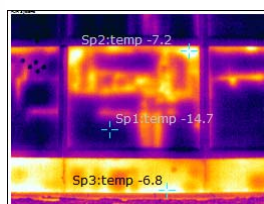


23



Põhimõttelised renoveerimislahendused

- **Külmasillad** tuleb likvideerida:
 - soojustus vana seina välispinnal



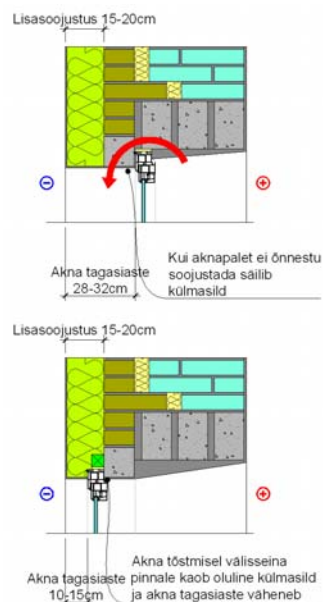
24



Põhimõttelised renoveerimislahendused

- **Külmasillad** tuleb likvideerida:

- välispidine soojustus
- aknad soojustuse tasapinda



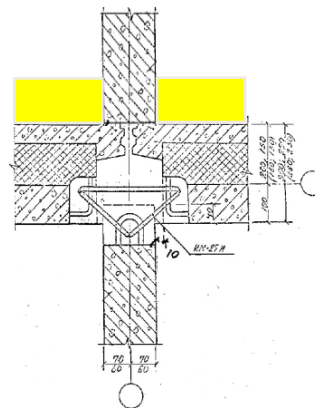
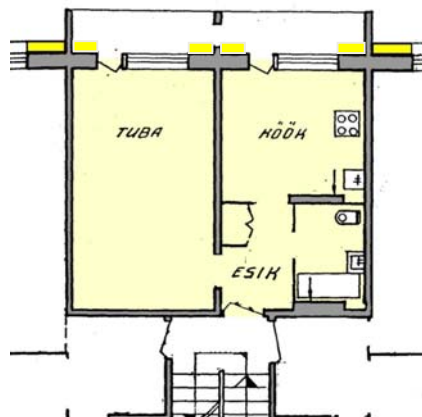
5



Põhimõttelised renoveerimislahendused

- **Külmasillad** tuleb likvideerida:

- välispidine soojustus
- aknad soojustuse tasapinda
- rõdude katkestus



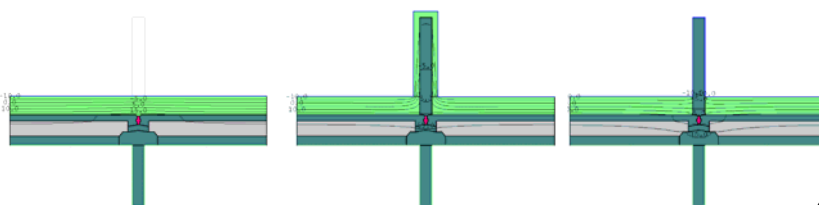
26



Põhimõttelised renoveerimislahendused

- **Külmasillad** tuleb likvideerida:
 - välispidine soojustus
 - aknad soojustuse tasapinda
 - rõdude katkestus
- Välisseina ja lodža/rõdu seina liitumiskoht

U	0,22 W/(m ² ·K)	0,33 W/(m ² ·K)	0,43 W/(m ² ·K)
Ψ _j	0,02 W/(m·K)	0,24 W/(m·K)	0,46 W/(m·K)
f _{Rsi}	0,93	0,93	0,90

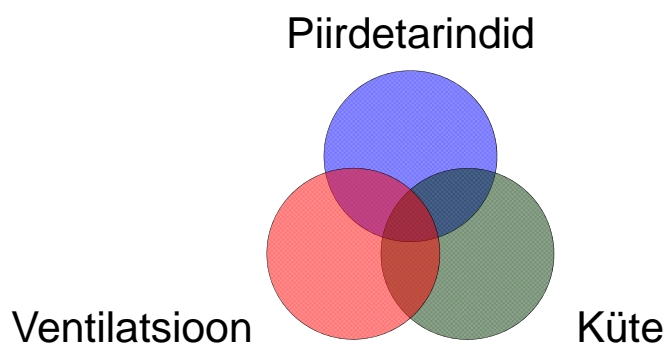


27



Põhimõttelised renoveerimislahendused

- **Sisekliima ja energiatõhusus**



28

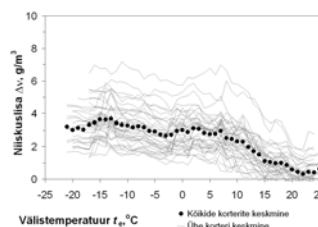
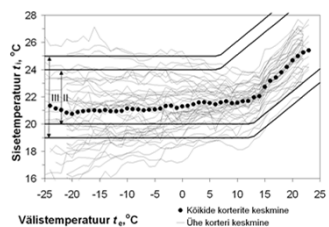
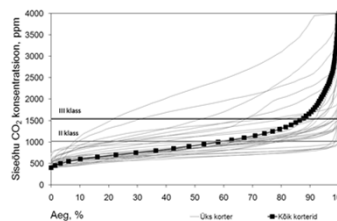
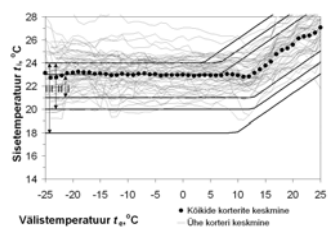


Põhimõttelised renoveerimislahendused

- **Sisekliima ja energiatõhusus**

- **Olemasoleva olukorra väljaselgitamine:**

- **Sisekliima audit:** temperatuur, niiskus, õhu puhtus



29

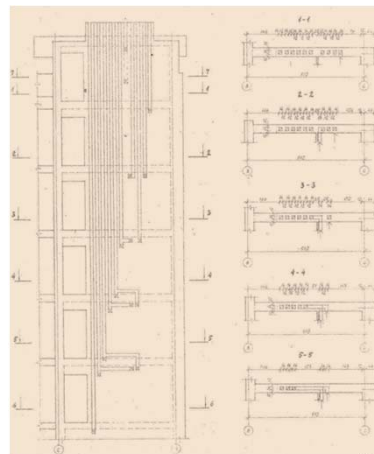


Põhimõttelised renoveerimislahendused

- **Sisekliima ja energiatõhusus**

- **Olemasoleva olukorra väljaselgitamine:**

- Sisekliima audit,
- **Tehnosüsteemide toimivuse audit**





Põhimõttelised renoveerimislahendused

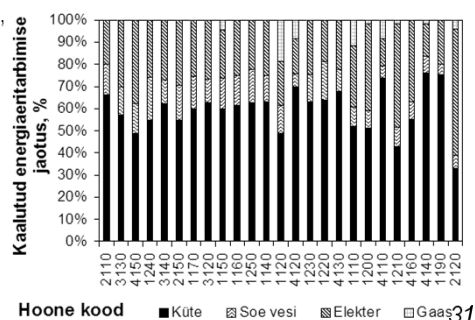
- **Sisekliima ja energiatõhusus**

- **Olemasoleva olukorra väljaselgitamine:**

- Sisekliima audit,
- Tehnosüsteemide toimivuse audit

- **Energiaaudit:**

- elekter,
- gaas,
- tarbevee soojendamine,
- ruumide, ventilatsiooniõhu küte,
- ...



Hoone kood ■ Küte ▨ Soe vesi ▩ Elekter □ Gaas 31



Põhimõttelised renoveerimislahendused

- **Sisekliima ja energiatõhusus**

- **Olemasoleva olukorra väljaselgitamine:**

- Sisekliima audit,
- Tehnosüsteemide toimivuse audit

- Energiaaudit,

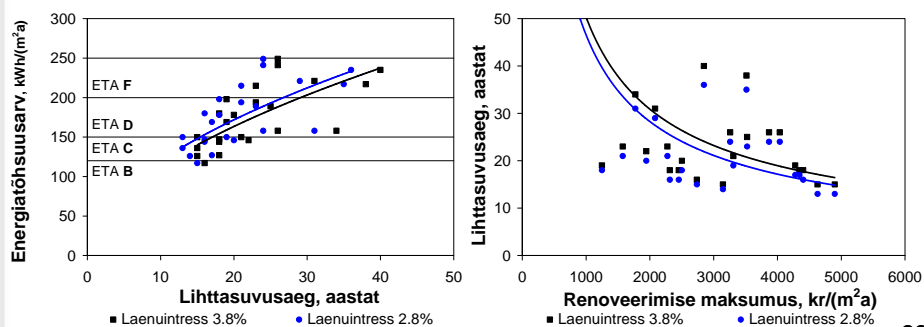
- **Vastavalt taotletavale lõpptulemusele renoveerimise/rekonstrueerimise vajaduse väliselgitamine**



Põhimõttelised renoveerimislahendused

• Sisekliima ja energiatõhusus

- Olemasoleva olukorra väljaselgitamine
- Piirdetarindite lisasoojustamine:
 - Välisseina lisasoojustus $U < 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ($\approx +20 \text{ cm}$)
 - Katuse lisasoojustus $U < 0,13 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ($\approx +30 \dots 40 \text{ cm}$)
 - Akende vahetus, uus asukoht, $U < 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
 - Keldri vahelae soojustamine $U < 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ($\approx +10 \text{ cm}$)



33



Põhimõttelised renoveerimislahendused

• Sisekliima ja energiatõhusus

- Olemasoleva olukorra väljaselgitamine
- Piirdetarindite lisasoojustamine
- **Ventilatsioon:**
 - mehaaniline ventilatsioon
 - välisõhu sissevõtt ja eelsoojendus
 - soojustagastus
 - õhu liikumine korteris
 - kasutusrežiimid, reguleerimisvõimalus
 - elektrikasutus, rõhukaod





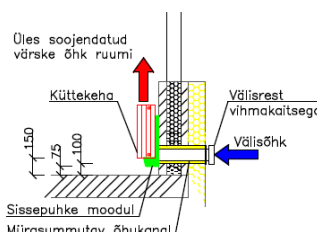
Põhimõttelised renoveerimislahendused

• Sisekliima ja energiatõhusus

- Olemasoleva olukorra väljaselgitamine
- Piirdetarindite lisasoojustamine
- Ventilatsioon

– Küte:

- küttekehade termostaatventiilid
- süsteemi hüdrauliline tasakaalustus
- küttesüsteem hoida puhas: filtrid



5



Põhimõttelised renoveerimislahendused

• Sisekliima ja energiatõhusus

- Olemasoleva olukorra väljaselgitamine
- Piirdetarindite lisasoojustamine
- Ventilatsioon

– Küte:

- torustike olukorra uuring
- küttekehade termostaatventiilid
- süsteemi hüdrauliline tasakaalustus
- küttesüsteem hoida puhas: filtrid
- individuaalne küttekulude arvestus:
 - võib anda kokkuhoidu küttekulude arvelt
 - võib oluliselt halvendada sisekliimat: madal temperatuur, kõrge suhteline niiskus
 - korteri kütmata jätmise suurendab naaberkorterite kulusid (25-75%)
 - pigem investeerida olukorra parandamisesse, kui kulude ümberjaotusesse.



5



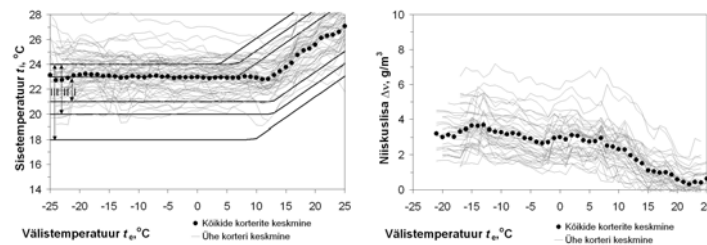
Põhimõttelised renoveerimislahendused

- **Sisekliima ja energiatõhusus**

- Piirdetarindid
- Ventilatsioon
- Küte

- **Järelmonitooring min. ühe aasta jooksul:**

- **sisekliima monitooring:** soojuslik mugavus, niiskus, õhu puhtus (eelistatavalt samades korterites, kust on varasemaid andmeid)



Põhimõttelised renoveerimislahendused

- **Sisekliima ja energiatõhusus**

- Piirdetarindid
- Ventilatsioon
- Küte

- **Järelmonitooring min. ühe aasta jooksul**

- sisekliima monitooring: soojuslik mugavus, niiskus, õhu puhtus

- **tehnosüsteemide toimivuse monitooring:**

- küte,
- ventilatsioon,
- automaatika,
- gaas,
- vesi, kanalisatsioon,



Põhimõttelised renoveerimislahendused

- **Sisekliima ja energiatõhusus**
 - Piirdetarindid
 - Ventilatsioon
 - Küte
 - **Järelmonitooring min. ühe aasta jooksul**
 - sisekliima monitooring: soojuslik mugavus, niiskus, õhu puhtus
 - tehnosüsteemide toimivuse monitooring
 - **energiaaudit,**
 - **vastavalt taotletud lõpptulemusele renoveerimisetulemuse üldine hindamine**
 - **elanike küsitlus**

39



Alati vajalikud tegevused

- Väga-väga põhjalik projekteerimiseelne eeluuring
- Väga-väga korralik ehitusprojekt:
 - arhitektuur
 - kandekonstruktsioonid, piirdetarindid
 - tehnosüsteemid
- Hoolikas ehitaja ja ehitusaegne põhjalik järelevalve
- Järelmonitooring

40