



Kas uutes koolimajades ja lasteaedades on hea sisekliima ja energiatõhusus – NERO H2020 projekti tulemused

Kalle Kuusk, Tallinna Tehnikaülikool

Teadmistepõhine ehitus 2019

Uuritud hooned: 5 lasteaeda ja 3 koolimaja



E1



E2



N1



S1



S2



S3



S4



S5

Uuritud hooned: 5 lasteaeda ja 3 koolimaja

■ Hoonete andmed

	Finland					Estonia		Norra
	F1	F2	F3	F4	F5	E1	E2	N1
Hoone tüüp	lasteaed	lasteaed	kool	kool	kool	lasteaed	lasteaed	lasteaed
Netopind, m ²	1170	1192	2830	2912	6908	1551	1175	950
Ehitusaasta	2015	2014	2017	2017	2016	2017	2017	2013
Energiamärgis	C	B	B	B	A	C	A	A

Uuritud hooned: 5 lasteaeda ja 3 koolimaja

■ Hoonete andmed

	Finland					Estonia		Norra
	F1	F2	F3	F4	F5	E1	E2	N1
Hoone tüüp	lasteaed	lasteaed	kool	kool	kool	lasteaed	lasteaed	lasteaed
Netopind, m ²	1170	1192	2830	2912	6908	1551	1175	950
Ehitusaasta	2015	2014	2017	2017	2016	2017	2017	2013
Energiamärgis	C	B	B	B	A	C	A	A

■ Välispiirded

	Soome					Eesti		Norra
	F1	F2	F3	F4	F5	E1	E2	N1
Välissein, W/(m ² K)	0,17	0,15	0,17	0,16	0,10	0,19	0,13	0,09
Katus, W/(m ² K)	0,09	0,08	0,09	0,09	0,06	0,10	0,06	0,09
Põrand pinnasel, W/(m ² K)	0,16	0,16	0,16	0,10	0,12	0,20	0,09	0,08
Aknad, W/(m ² K)	1,00	0,84	1,00	1,00	0,81	1,00	0,85	0,80
Aknad, g	0,36	0,36	0,56	0,56	0,41	0,25...0,50	0,50	0,37
Uksed, W/(m ² K)	1,00	1,00	1,00	1,00	0,82	1,00	1,10	0,80

Energiatõhususe ja sisekliima hindamine

- Ehitusprojektide andmed
- Sisekliima parameetrite (õhutemperatuur, suhteline niiskus, CO₂, õhuvooluhulgad) mõõtmine talvel ja suvel
- Energiatarbe andmed energiarvetelt ja arvutuslikult energiamärgiselt
- Töötajate küsitlus sisekliima tingimustega rahulolu kohta

Hoonete tehnosüsteemid

	E1	E2	S1	S2	S3	S4	S5	N1
Soojusallikas	gaasikatel	maasoojus-pump	gaasikatel	maasoojus-pump	maasoojus-pump	kaugküte	kaugküte	maasoojus-pump
Kütte jaotussüsteem	põrandküte, radiaatorid	põrandküte, radiaatorid	radiaatorid	põrandküte	kiirgus-paneel	põrandküte	põrandküte	radiaatorid
Kütte seadeväärtus, °C	21	21	21	21	21	21	21	21
Jahutuse allikas	-	maasoojus-pump	külmamasin		maasoojus-pump	külmamasin		maasoojus-pump
Jahutussüsteem		sissepuhke-õhk	sissepuhke-õhk	-	kiirgus-paneel	sissepuhke-õhk	-	sissepuhke-õhk
Jahutuse seadeväärtus, °C	-	25	25	-	25	25	-	
Ventilatsioonisüsteem	CAV	VAV	VAV kaks astet	VAV kaks astet	CAV	CAV	VAV kaks astet	VAV
Ventilatsiooni õhuvoolumulk, l/(s,m²)	1,6	3,0	2,5	3,1	3,2	3,6	3,2	2,4
Temperatuuri suhtarv, %	75	67...88	67	75,6	73	77	71	84
SFP, kW/(m³/s)	2,0	1,7...2,3	1,85	1,9	1,8	1,8	1,8	1,3
Taastuenergia tootmine	-	PV paneel	-	-	-	PV paneel	PV paneel	päikese-kollektor

Sisekliima tingimuste hindamine - EN 15251

■ Küsimustik



■ Soojuslik mugavus

Category	 IV	 III	 II	 I
Heating, °C	$T < 19$ or $T > 25$	22 ± 3	22 ± 2	22 ± 1
Cooling, °C	$T < 22$ or $T > 27$	24.5 ± 2.5	24.5 ± 1.5	24.5 ± 1

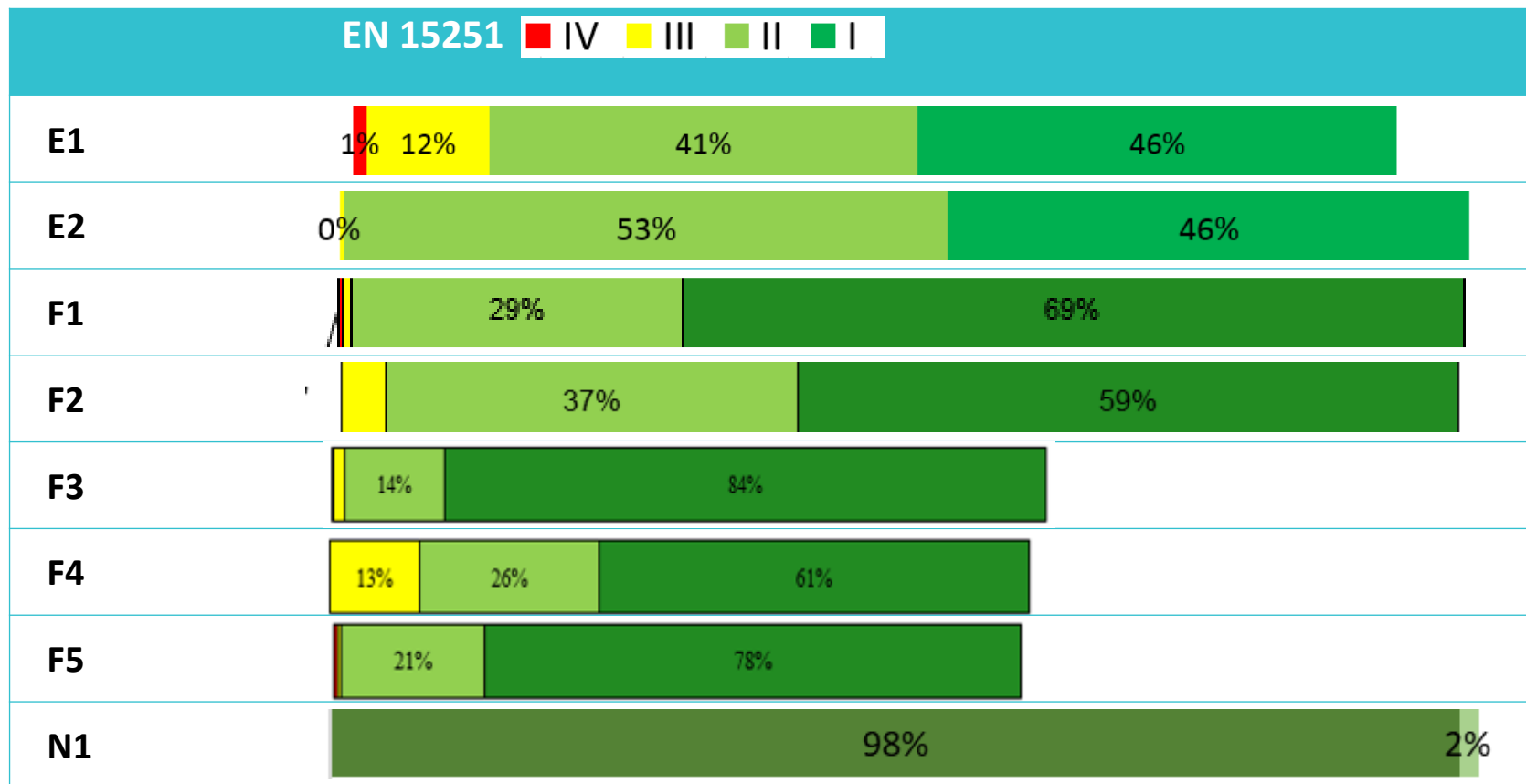
■ Siseõhu kvaliteet

Category	 IV	 III	 II	 I
Kindergarten, ppm	> 1200	< 1200	< 900	< 750
Classroom, ppm	> 1500	< 1500	< 1000	< 850

Category	■ IV	■ III	■ II	■ I
Heating, °C	T<19 or T>25	22±3	22±2	22±1
Cooling, °C	T<22 or T>27	24.5±2.5	24.5±1.5	24.5±1

Soojuslik mugavus (talv)

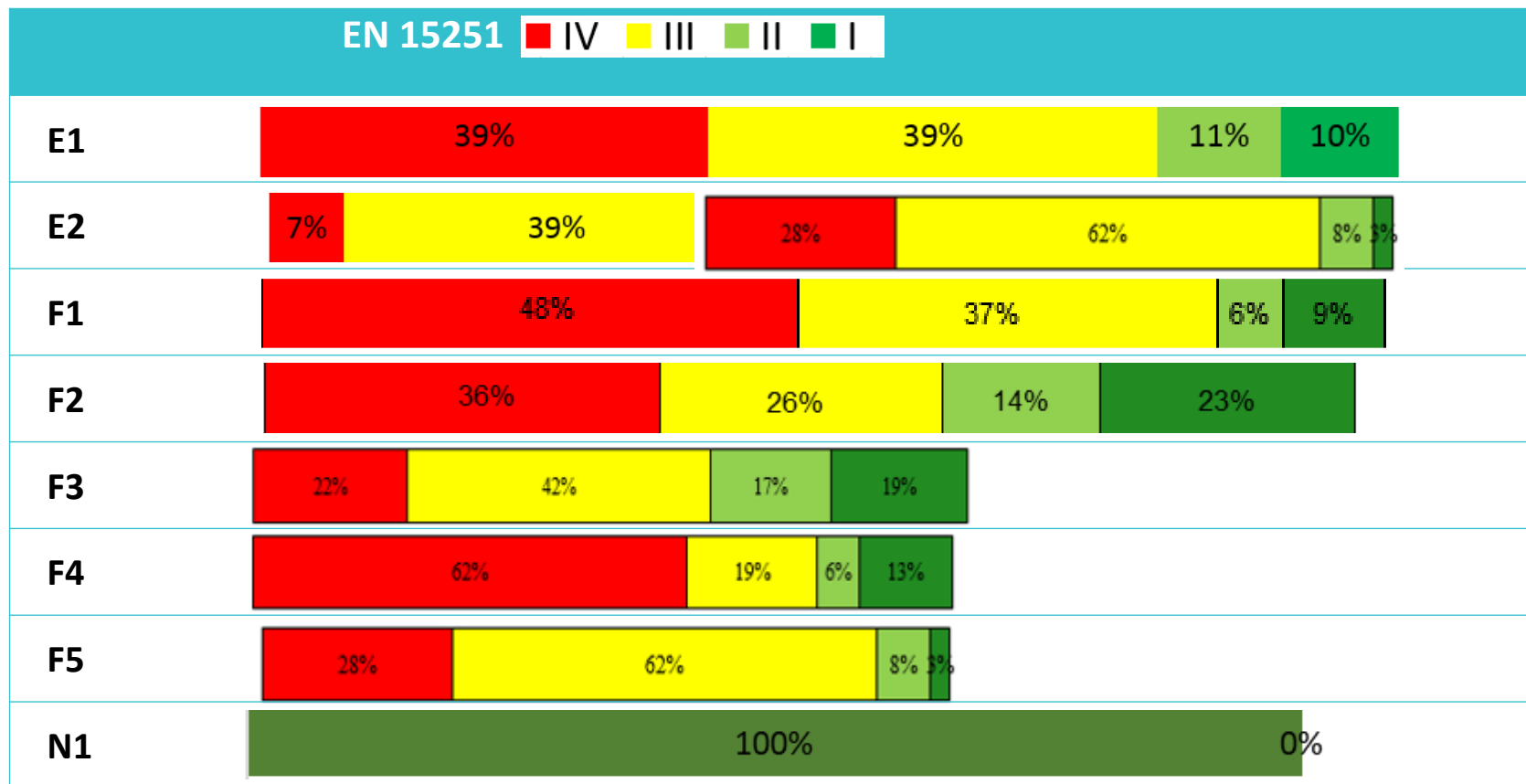
- Head soojusliku mugavuse tulemused (peamiselt sisekliima klass I või II)



Category	■ IV	■ III	■ II	■ I
Heating, °C	T<19 or T>25	22±3	22±2	22±1
Cooling, °C	T<22 or T>27	24.5±2.5	24.5±1.5	24.5±1

Soojuslik mugavus (suvi)

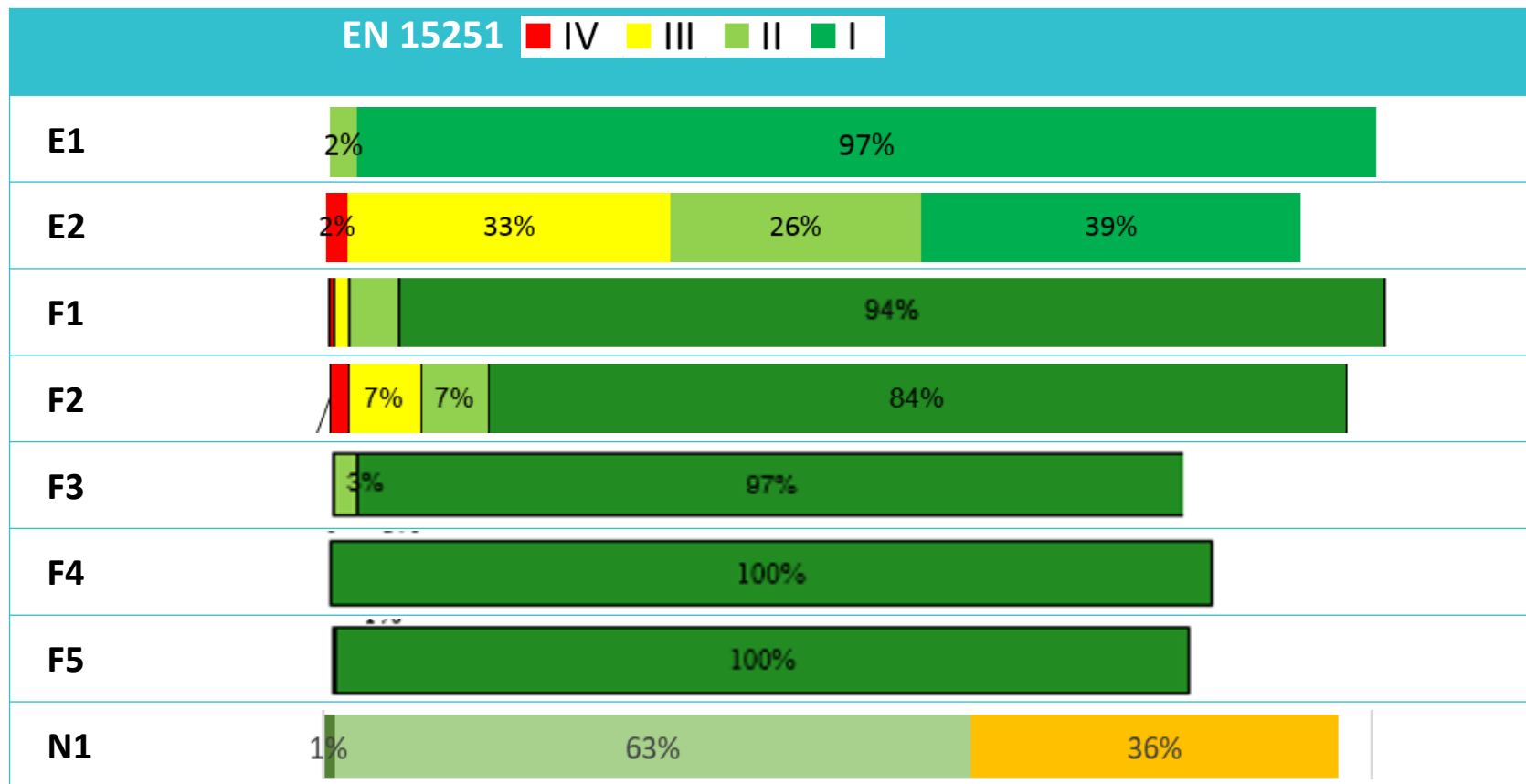
- Suvine ruumitemperatuur oli sageli madalam, kui sisekliima klassi II alumine piir



Category	■ IV	■ III	■ II	■ I
Kindergarten, ppm	>1200	<1200	<900	<750
Classroom, ppm	>1500	<1500	<1000	<850

Siseõhu kvaliteet (talv)

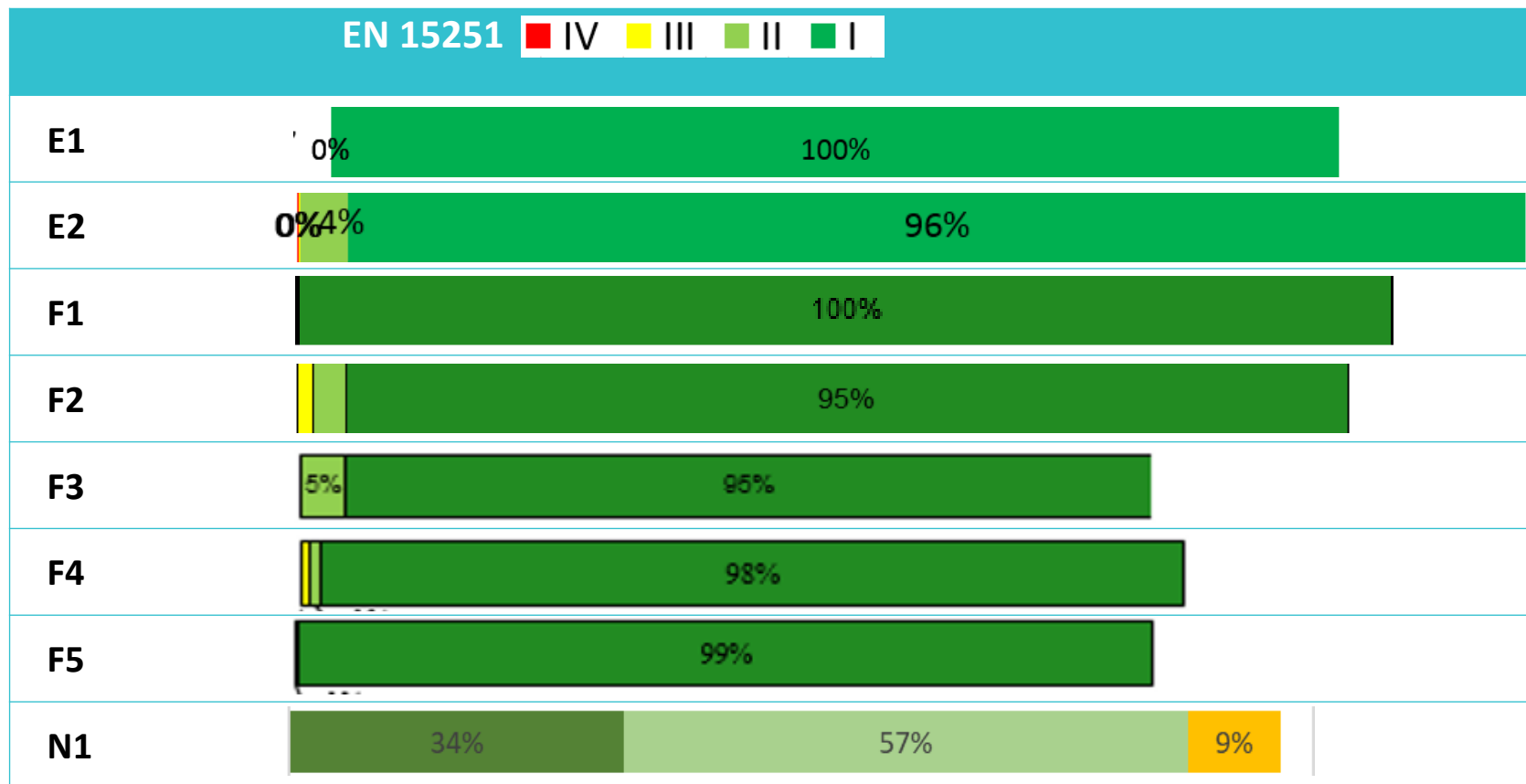
- Head siseõhu kvaliteedi tulemused (peamiselt sisekliima klass I või II)



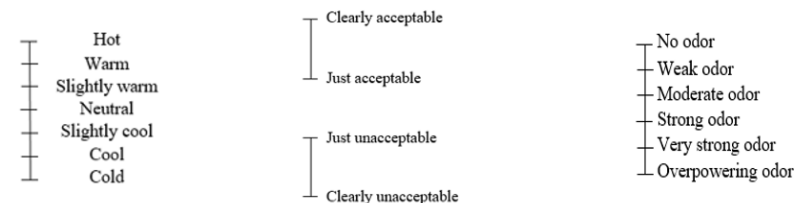
Category	■ IV	■ III	■ II	■ I
Kindergarten, ppm	>1200	<1200	<900	<750
Classroom, ppm	>1500	<1500	<1000	<850

Siseõhu kvaliteet (suvi)

- Head siseõhu kvaliteedi tulemused (peamiselt sisekliima klass I või II)



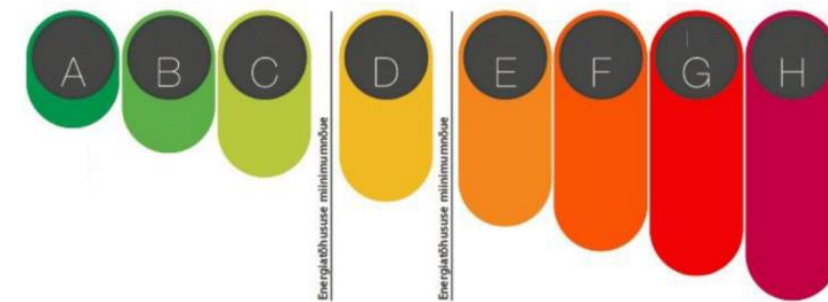
Töötajate rahulolu küsitlus



- Eesti lasteaedades järeltuste tegemiseks liiga vähe küsitlusele vastajaid
- Rahulolu soojuslik mugavuse, mürataseme ja lõhnadega on kõige keerulisem saavutada

	Rahulolu, %							
	E1	E2	F1	F2	F3	F4	F5	N1
Üldine sisekeskkond	100	100	94	93	82	93	67	90
Soojuslik mugavus	100	100	100	82	100	89	80	90
Siseõhu kvaliteet	100	100	88	100	100	100	65	80
Valgus	100	100	100	100	70	100	85	100
Müra	100	100	100	88	60	100	40	91
Lõhnad	100	100	81	94	80	83	65	90

Energiatõhusus



- Mõõdetud energiakasutus oluliselt suurem, kui arvutuslik energiakasutus

Hoone	Energiakasutus	Soojus, kWh/(m ² a)				Elekter, kWh/(m ² a)				Tootmine, kWh/(m ² a)		Tarnitud energia, kWh/(m ² a)	Kaalutud energiakasutus, kWh/(m ² a)	Märgise klass
		Ruumide küte	Ventilatsiooni küte	Soe vesi	Kokku	Pumbad, ventil,	Valgustus, seadmed	Jahutus	Kokku	Elekter	Soojus			
F1	Arvutuslik	39	29	14	83	18	33	-	51	-	-	133	169	C
	Mõõdetud	-	-	-	220	-	-	-	106	-	-	327	401	G
F2	Arvutuslik	-	-	-	-	39	32	-	71	-	60	71	121	B
	Mõõdetud	-	-	-	-	-	-	-	152	-	-	152	258	F
F3	Arvutuslik	-	-	-	-	36	25	-	61	-	42	61	104	B
	Mõõdetud	-	-	-	-	-	-	-	155	-	-	155	264	F
F4	Arvutuslik	35	9	13	59	13	19	2	36	2	-	95	102	B
	Mõõdetud	-	-	-	166	-	-	-	85	-	-	251	261	F
F5	Arvutuslik	14	6	16	38	7	18	0	29	2	-	67	75	A
	Mõõdetud	-	-	-	33	-	-	-	35	-	-	68	83	A
E1	Arvutuslik	76		28	104	19	23	-	42	-	-	146	189	C
	Mõõdetud	146		7	153	-	-	-	49	-	-	202	251	E
E2	Arvutuslik	5		5	10	35	14	1	50	13	-	47	83	A
	Mõõdetud	-		-	1	-	-	-	124	-	-	125	249	E
N1	Arvutuslik	23		10	33	-	-	-	38	-	-	71	-	A
	Mõõdetud	-		-	-	-	-	-	-	-	-	46	-	A

Kokkuvõte

- Sisekliima mõõtmised näitasid kütteperioodil head soojusliku mugavuse taset (sisekliima klass I või II).
- Siseõhu temperatuur oli suvel liiga jahe viies hoones kaheksast.
- Siseõhu kvaliteet oli üldiselt väga hea või hea (sisekliima klass I või II), millest võib järeldada, et hoonetes on hästi toimivad ventilatsioonisüsteemid.
- Neljas hoones kuuest oli töötajate rahulolu sisekliimaga oli kõrgem kui 80%. Kahes hoones oli järelduste tegemiseks liiga vähe küsitlusele vastajaid.
- Sisekliima mõõtmiste tulemused korreleerusid töötajate rahulolu küsitluse tulemustega.
- Arvutuslik energiatõhususe tase saavutati ainult kahes hoones kaheksast. Kuues hoones oli mõõdetud energiakasutus 2 kuni 3 korda suurem, kui arvutuslik energiakasutus.
- Suurem energiakasutus oli põhjustatud kõrgemast siseõhu temperatuurist, ventilatsioonisüsteemide hoone kasutusaja välisest töötamisest ja energiatarbijatest, mida energiaarvutustes arvesse ei võeta (kuumkööök, bassein).
- Ühegi hoone puhul ei saavutatud väga head sisekliima taset ja väga head energiatõhusust samal ajal.



Cost reduction of Nearly Zero-Energy Wooden buildings

in the Northern Climatic Conditions