**EESTI STANDARD** **EVS-EN ISO 13788:2012**

Avaldatud eesti keeles: märts 2015
Jõustunud Eesti standardina: jaanuar 2013

# HOONE ELEMENTIDE JA PIIRDETARINDITE SOOJUS- JA NIISKUSTEHNILINE TOIMIVUS
# Kriitilise pinnaniiskuse ja elemendisisese kondenseerumise vältimine
# Arvutusmeetodid

# Hygrothermal performance of building components and building elements
# Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation
# Calculation methods
# (ISO 13788:2012)

EESTI STANDARDIKESKUS
ESTONIAN CENTRE FOR STANDARDISATION

## EESTI STANDARDI EESSÕNA

See Eesti standard on

— Euroopa standardi EN ISO 13788:2012 ingliskeelse teksti sisu poolest identne tõlge eesti keelde ja sellel on sama staatus mis jõustumisteate meetodil vastuvõetud originaalversioonil. Tõlgendus-erimeelsuste korral tuleb lähtuda ametlikes keeltes avaldatud tekstidest;

— jõustunud Eesti standardina inglise keeles jaanuaris 2013;

— eesti keeles avaldatud sellekohase teate ilmumisega EVS Teataja 2015. aasta märtsikuu numbris.

Standardi on tõlkinud ja heaks kiitnud tehniline komitee EVS/TK 14 „Ehitiste soojuslik toimivus".

Standardi tõlke koostamise ettepaneku on esitanud EVS/TK 14, standardi tõlkimist on korraldanud Eesti Standardikeskus ning rahastanud Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium.

Standardi rakendamise hõlbustamiseks Eestis on lisatud sellesse eestikeelsesse väljaandesse teatmelisa NA, milles kirjeldatakse soovitusi, lähtudes Eesti kliimatingimustest.

**Euroopa standardimisorganisatsioonid on teinud Euroopa standardi EN ISO 13788:2012 rahvuslikele liikmetele kättesaadavaks 19.12.2012.**

**Date of Availability of the European Standard EN ISO 13788:2012 is 19.12.2012.**

**See standard on Euroopa standardi EN ISO 13788:2012 eestikeelne [et] versioon. Teksti tõlke on avaldanud Eesti Standardikeskus ja sellel on sama staatus ametlike keelte versioonidega.**

**This standard is the Estonian [et] version of the European Standard EN ISO 13788:2012. It has been translated by the Estonian Centre for Standardisation. It has the same status as the official versions.**

Tagasisidet standardi sisu kohta on võimalik edastada, kasutades EVS-i veebilehel asuvat tagasiside vormi või saates e-kirja meiliaadressile standardiosakond@evs.ee.

ICS 91.060.01; 91.120.10

**Standardite reprodutseerimise ja levitamise õigus kuulub Eesti Standardikeskusele**

Andmete paljundamine, taastekitamine, kopeerimine, salvestamine elektroonsesse süsteemi või edastamine ükskõik millises vormis või millisel teel ilma Eesti Standardikeskuse kirjaliku loata on keelatud.

Kui Teil on küsimusi standardite autorikaitse kohta, võtke palun ühendust Eesti Standardikeskusega:
Aru 10, 10317 Tallinn, Eesti; www.evs.ee; telefon 605 5050; e-post info@evs.ee

EUROOPA STANDARD

EUROPEAN STANDARD

NORME EUROPÉENNE

EUROPÄISCHE NORM

# EN ISO 13788

December 2012

ICS 91.060.01; 91.120.10

Supersedes EN ISO 13788:2001

English Version

## Hygrothermal performance of building components and building elements - Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation - Calculation methods (ISO 13788:2012)

Performance hygrothermique des composants et parois de bâtiments - Température superficielle intérieure permettant d'éviter l'humidité superficielle critique et la condensation dans la masse - Méthodes de calcul (ISO 13788:2012)

Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen - Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren - Berechnungsverfahren (ISO 13788:2012)

This European Standard was approved by CEN on 28 December 2012.

CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the CEN-CENELEC Management Centre or to any CEN member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the CEN-CENELEC Management Centre has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, Former Yugoslav Republic of Macedonia, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey and United Kingdom.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

**Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels**

© 2012 CEN All rights of exploitation in any form and by any means reserved worldwide for CEN national Members.

Ref. No. EN ISO 13788:2012: E

## SISUKORD

EESSÕNA ... 3

SISSEJUHATUS ... 4

1 KÄSITLUSALA ... 5

2 NORMIVIITED ... 5

3 TERMINID, MÄÄRATLUSED, TÄHISED JA ÜHIKUD ... 5
3.1 Terminid ja määratlused ... 5
3.2 Tähised ja ühikud ... 7
3.3 Alaindeksid ... 8

4 ARVUTUSTE SISENDANDMED ... 8
4.1 Materjal ja toote omadused ... 8
4.2 Välised piirtingimused ... 9
4.3 Sisemised ääretingimused ... 11
4.4 Pinna soojustakistus ... 11

5 PINNATEMPERATUURI ARVUTAMINE PINNA KRIITILISE NIISKUSE VÄLTIMISEKS ... 12
5.1 Üldist ... 12
5.2 Parameetrite määramine ... 12
5.3 Projekteerimine hallituse, korrosiooni või teiste niiskuskahjustuste tekkimise vältimiseks ... 13
5.4 Arvutused madala soojusliku inertsiga elementide sisepinnale veeauru kondenseerumise piiramiseks ... 14

6 EHITUSKOMPONENTIDE SISESE KONDENSEERUMISE ARVUTAMINE ... 15
6.1 Üldist ... 15
6.2 Põhimõte ... 15
6.3 Veaallikate piiramine ... 16
6.4 Arvutamine ... 16
6.5 Piirdetarindi hindamisel kasutatavad kriteeriumid ... 22

7 EHITUSKOMPONENTIDE KUIVAMISE ARVUTAMINE ... 23
7.1 Üldist ... 23
7.2 Põhimõte ... 23
7.3 Meetodi spetsifitseerimine ... 23
7.4 Ehituskomponendi kuivamispotentsiaali hindamisel kasutatavad kriteeriumid ... 24

Lisa A (teatmelisa) Sisepiirtingimused ... 25

Lisa B (teatmelisa) Sisepindade temperatuuriindeksite arvutamise näited kriitilise pinnaniiskuse vältimiseks ... 27

Lisa C (teatmelisa) Tarindisisese kondenseerumise arvutamise näited ... 31

Lisa D (teatmelisa) Näide: märgunud kihi kuivamise arvutamine ... 41

Lisa E (teatmelisa) Niiskusülekande ja veeaururõhu vaheline seos ... 43

Lisa NA (teatmelisa) Standardi EVS-EN ISO 13788:2012 rakendamine hoonete projekteerimisel Eestis ... 46

Kirjandus ... 52

## EESSÕNA

Dokumendi (EN ISO 13788:2012) on koostanud tehniline komitee ISO/TC 163 „Thermal performance and energy use in the built environment" koostöös tehnilise komiteega CEN/TC 89 „Thermal performance of buildings and building components", mille sekretariaati haldab SIS.

Euroopa standardile tuleb anda rahvusliku standardi staatus kas identse tõlke avaldamisega või jõustumisteatega hiljemalt 2013. a juuniks ja sellega vastuolus olevad rahvuslikud standardid peavad olema kehtetuks tunnistatud hiljemalt 2013. a juuniks.

Tuleb pöörata tähelepanu võimalusele, et standardi mõni osa võib olla patendiõiguste subjekt. CEN-i [ja/või CENELEC-i] ei saa pidada vastutavaks sellis(t)e patendiõigus(t)e väljaselgitamise eest.

See dokument asendab standardit EN ISO 13788:2001.

CEN-i/CENELEC-i sisereeglite järgi peavad Euroopa standardi kasutusele võtma järgmiste riikide rahvuslikud standardimisorganisatsioonid: Austria, Belgia, Bulgaaria, Eesti, endine Jugoslaavia Makedoonia Vabariik, Hispaania, Holland, Horvaatia, Iirimaa, Island, Itaalia, Kreeka, Küpros, Leedu, Luksemburg, Läti, Malta, Norra, Poola, Portugal, Prantsusmaa, Rootsi, Rumeenia, Saksamaa, Slovakkia, Sloveenia, Soome, Šveits, Taani, Tšehhi Vabariik, Türgi, Ungari ja Ühendkuningriik.

### Jõustumisteade

CEN on standardi ISO 13788:2012 teksti muutmata kujul üle võtnud Euroopa standardina EN ISO 13788:2012.

## SISSEJUHATUS

Niiskuslevi on keeruline protsess ja sageli pole niiskuslevi viisidest, materjali omadustest ega alg- ja ääretingimustest piisavalt teadmisi. Seega on selles rahvusvahelises standardis esitatud lihtsustatud arvutusmeetodid, mis eeldavad, et niiskuslevi toimub ainult veeauru difusiooni teel ja selles kasutatakse kuu keskmisi kliimaandmeid. Antud arvutusmeetodite standardiseerimine ei välista täiuslikumate meetodite kasutamist. Kui teised niiskusallikad, nagu vihmavee sissetungimine või konvektsioon, on ebaolulised, siis annavad need arvutused tavaliselt turvalise lahenduse, aga kui tarind nende arvutusmeetodite puhul mõnele kindlaksmääratud projekteerimiskriteeriumile ei vasta, siis võib tarindi toimivuse tõestamiseks kasutada täpsemaid meetodeid.

See rahvusvaheline standard käsitleb:

a) kriitilist pinnaniiskust, mille puhul võivad esineda hoone sisepindadel sellised probleemid nagu hallituse tekkimine;

b) kondenseerumist piirdetarindi[1] sees:

   — kütteperioodidel, kui sisetemperatuur on tavaliselt välistemperatuurist kõrgem;

   — jahutusperioodidel, kui sisetemperatuur on tavaliselt välistemperatuurist madalam;

   — külmhoonetes, kus sisetemperatuur on aasta läbi välistemperatuurist madalam[2].

c) hinnangut aja kohta, mis kulub suure veeaurutakistusega kihtide vahel asuval mistahes allikast märgunud piirdetarindi väljakuivamiseks, ja riski suuruse kohta, et kuivamisprotsessil võiks kondenseerumine toimuda tarindi mõnes teises osas.

See rahvusvaheline standard ei hõlma teisi niiskusega seonduvaid aspekte, nagu pinnavesi ja sademevee tarindisse tungimine.

Mõnel juhul on niiskuslevi põhiliseks viisiks hoone siseõhu konvektsioon piirdetarindisse, mis võib oluliselt suurendada kondenseerumisega seonduvat riski. Seda aspekti antud rahvusvaheline standard ei käsitle; kui see osutub oluliseks, siis tuleks kaaluda täiuslikumate hindamismeetodite kasutamist.

Selles rahvusvahelises standardis käsitletud füüsikalistele protsessidele rakendatavad piirangud tulenevad sellest, et mõne konstruktsiooni puhul annab see standard paremaid tulemusi kui mõne teise puhul. Tulemused on usaldusväärsemad kergete õhulekketa piirdetarindite korral, mis ei sisalda suure veeimavusega materjale. Kõrge soojus- ja niiskusmahtuvusega konstruktsioonide korral, milles esinevad olulised õhulekked, on tulemuste usaldusväärsus väiksem.

---

[1] EE MÄRKUS Hoone element (*building component*) on määratletud selle standardi viitestandardis ISO 6946 kui piirdetarind või selle osa, ning piirdetarind (*building element*) omakorda kui hoone põhiosa, nagu sein, põrand ja katus.

[2] EE MÄRKUS Eesti kliimas võib külmhoone sisetemperatuur olla ka välistemperatuurist kõrgem (külmhoone sisetemperatuur on üldjuhul -5 °C kuni -18 °C).

# 1 KÄSITLUSALA

See rahvusvaheline standard esitab järgmised lihtsustatud arvutusmeetodid:

a) Hoone piirdetarindi või hooneosa sisepinna temperatuuri määramiseks, millest madalamal temperatuuril on antud siseõhu temperatuuri ja suhtelise niiskuse juures tõenäoline kriitilise suhtelise niiskuse ületus. Seda meetodit võib kasutada ka sisepindade teiste niiskustehniliste probleemide riski hindamiseks;

b) veeauru difusioonist põhjustatud komponendisisese kondenseerumise riski hindamiseks. Kasutatav meetod ei võta arvesse tervet rida olulisi füüsikalisi tegureid ja protsesse, sealhulgas:

   — materjali niiskussisaldusest põhjustatud materjali omaduste varieeruvust;

   — kapillaarimavust ja vee (*liquid moisture*) liikumist materjalis;

   — õhu liikumist piirdetarindis läbi pilude või õhkvahede;

   — materjali hügroskoopsust.

   Seega on meetod rakendatav ainult seal, kus nende tegurite ja protsesside mõju võib lugeda ebaoluliseks.

c) hinnangu andmiseks, kui palju aega kulub suure aurutakistusega kihtide vahel asuval mistahes allikast märgunud piirdetarindi väljakuivamiseks ja kui suur on risk, et kuivamisprotsessi käigus võiks kriitilise niiskuse ületus toimuda mõnes teises osas.

# 2 NORMIVIITED

Alljärgnevalt nimetatud dokumendid on vajalikud selle standardi rakendamiseks. Dateeritud viidete korral kehtib üksnes viidatud väljaanne. Dateerimata viidete korral kehtib viidatud dokumendi uusim väljaanne koos võimalike muudatustega.

ISO 6946:2007. Building components and building elements — Thermal resistance and thermal transmittance — Calculation method

ISO 9346. Hygrothermal performance of buildings and building materials — Physical quantities for mass transfer — Vocabulary

ISO 15927-1. Hygrothermal performance of buildings — Calculation and presentation of climatic data — Part 1: Monthly means of single meteorological elements

# 3 TERMINID, MÄÄRATLUSED, TÄHISED JA ÜHIKUD

## 3.1 Terminid ja määratlused

Standardi rakendamisel kasutatakse standardis ISO 9346 ja alljärgnevalt esitatud termineid ja määratlusi.

**3.1.1**
**kuu keskmine temperatuur** (*monthly mean temperature*)
keskmine temperatuur, mis on arvutatud ühe kuu jooksul tunniväärtuste või ööpäeva maksimum- ja miinimumtemperatuuride põhjal

**3.1.2**
**sisepinna temperatuuriindeks** (*temperature factor at the internal surface*)
sisepinna temperatuuri ja välisõhutemperatuuride vahe, jagatud pinna operatiivse temperatuuri (*operative temperature*) ja välisõhutemperatuuri vahega, sisepinna soojustakistusel $R_{si}$:

$$f_{R_{si}} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$

MÄRKUS 1 Operatiivne temperatuur (*operative temperature*) iseloomustab õhutemperatuuri ja pinna-temperatuuri koosmõju ning lihtsustatult võib arvutada siseõhutemperatuuri ja analüüsitavat pinda nägevate pindade kiirgustemperatuuride aritmeetilise keskmisena.

MÄRKUS 2 Temperatuuriindeksi arvutusmeetodid keerukate konstruktsioonide puhul on antud standardis ISO 10211.

**3.1.3**
**sisepinna arvutuslik temperatuuriindeks** (*design temperature factor at the internal surface*)
minimaalne aktsepteeritav sisepinna temperatuuriindeks:

$$f_{R_{si,min}} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$

**3.1.4**
**minimaalne aktsepteeritav sisepinna temperatuur** (*minimum acceptable temperature*)
sisepinna madalaim temperatuur, millest allpool on võimalik kriitilise niiskuse ületus (sh hallituse tekkimine)

**3.1.5**
**aastate minimaalsete temperatuuride keskmine** (*mean annual minimum temperature*)
vähemalt kümne aasta jooksul mõõdetud iga aasta madalaimate temperatuuride keskmine

**3.1.6**
**siseõhu niiskusliisa** (*internal moisture excess*)
siseõhu ja välisõhu veeaurusisalduste erinevus, mis sõltub niiskustootlusest ruumis, ruumi õhuvahetus-kordsusest ja ruumi mahust

$$\Delta v = v_i - v_e = G/(n \cdot V)$$

**3.1.7**
**suhteline difusioonitakistus ehk veeauru difusioonitakistusega võrdne õhukihi paksus** (*water vapour diffusion-equivalent air layer thickness*)
liikumatu õhukihi paksus, millel on sama veeaurutakistus kui kõnealusel materjalikihil:

$$s_d = \mu \cdot d$$

**3.1.8**
**suhteline niiskus** (*relative humidity*)
veeauru osarõhu ja veeauru küllastusrõhu suhe samal temperatuuril:

$$\varphi = \frac{p}{p_{sat}} = RH$$

**3.1.9**
**kriitiline pinnaniiskus** (*critical surface humidity*)
suhteline niiskus (või/ja sellele vastavat materjali niiskussisaldust massi- või mahuprotsentide) pinnal, mille ületamine põhjustab niiskuskahjustusi, sh pinnaseisundi halvenemist, mikroobset kasvu (eriti hallituse arengut), veeauru kondenseerumist või materjali keemilist lagunemist

**3.1.10**
**kütteperiood** (*heating period*)
väliskliima, mille jooksul välistemperatuur on madalam taotluslikust sisetemperatuurist ja hoonet on vaja kütta. Sellel perioodil võib olla ka risk kriitilise niiskuse ületamisele, kuna ruumisisene veeauru osarõhk on suurem kui väljas

**3.1.11**
**jahutusperiood** (*cooling period*)
väliskliima, mille jooksul välistemperatuur on madalam taotluslikust sisetemperatuurist ja hoonet on vaja jahutada. Sellel perioodil võib olla ka risk kriitilise niiskuse ületamisele, kuna ruumisisene temperatuur võib olla madalam kui kriitiline temperatuur

## 3.2 Tähised ja ühikud

| Tähis | Suurus | Ühik |
|---|---|---|
| $D$ | materjali veeauruerijuhtivus, mis on arvutatav: $g = D\frac{v_1 - v_2}{d}$ | $m^2/s$ |
| $D_0$ | õhu veeauruerijuhtivus | $m^2/s$ |
| $G$ | niiskustootlus ruumis | kg/h |
| $M_a$ | pinnale akumuleerunud niiskus | $kg/m^2$ |
| $R$ | soojustakistus | $m^2 \cdot K/W$ |
| $R_v$ | veeauru gaasikonstant = 462 | $Pa \cdot m^3/(K \cdot kg)$ |
| $T$ | temperatuur | K |
| $U$ | piirdetarindi või hooneosa soojusläbivus | $W/(m^2 \cdot K)$ |
| $V$ | hoone sisemaht | $m^3$ |
| $Z_p$ | materjali veeaurutakistus (difusiooni potentsiaaliks on õhu veeauru osarõhkude erinevus) | $m^2 \cdot s \cdot Pa/kg$ |
| $Z_v$ | materjali veeaurutakistus (difusiooni potentsiaaliks on õhu veeaurusisalduste erinevus) | $s/m^2$ |
| $d$ | materjalikihi paksus | m |
| $f_{Rsi}$ | sisepinna temperatuuriindeks | - |
| $f_{Rsi,min}$ | sisepinna arvutuslik temperatuuriindeks | - |
| $g$ | veeauru difusioonivoog | $kg/(m^2 \cdot s)$ |
| $n$ | õhuvahetuskordsus | $h^{-1}$ |
| $p$ | veeaururõhk | Pa |
| $q$ | soojusvoog | $W/m^2$ |
| $s_d$ | suhteline difusioonitakistus ehk veeauru difusioonitakistusega ekvivalentne õhukihi paksus | m |
| $t$ | aeg | s |

| | | |
|---|---|---|
| $w$ | materjali mahupõhine niiskusesisaldus | kg/m³ |
| $\delta_p$ | materjali veeauruerijuhtivus (difusiooni potentsiaaliks on õhu veeauru osarõhkude erinevus) | kg/(m·s·Pa) |
| $\delta_0$ | õhu veeauruerijuhtivus (difusiooni potentsiaaliks on õhu veeauru osarõhkude erinevus) | kg/(m·s·Pa) |
| $v$ | õhu veeaurusisaldus | kg/m³ |
| $\Delta v$ | siseõhu niiskuslisa e siseõhu ja välisõhu veeaurusisalduste erinevus, mis on arvutatav valemiga: $v_i - v_e$ | kg/m³ |
| $\Delta p$ | siseõhu niiskuslisa e siseõhu ja välisõhu veeauruosarõhkude erinevus, mis on arvutatav valemiga: $p_i - p_e$ | Pa |
| $\varphi$, $RH$ | suhteline niiskus | - |
| $\lambda$ | soojuserijuhtivus | W/(m·K) |
| $\mu$ | veeauru difusioonitakistustegur | - |
| $\theta$ | temperatuur Celsiuse kraadides | °C |
| $\theta_{si,min}$ | minimaalne aktsepteeritav pinnatemperatuur | °C |

## 3.3 Alaindeksid

| | | | |
|---|---|---|---|
| an | aastane | m | keskmine |
| c | kondensatsioon | n | piirpind |
| cr | kriitiline väärtus | s | pind |
| e | välisõhk | sat | küllastusväärtus |
| ev | aurustumine | se | välispind |
| eq | ekvivalentne (välistemperatuur) | si | sisepind |
| i | siseõhk | T | koguväärtus, kogu komponendi või elemendi ulatuses |
| min | miinimumväärtus | | |

# 4 ARVUTUSTE SISENDANDMED

## 4.1 Materjal ja toote omadused

Arvutustes tuleb kasutada arvutuslikke väärtusi. Lubatavad on nii toote või materjali spetsifikatsioonides kui ka tabelis 1 viidatud standardites antud arvutuslikud tabelväärtused.

**Tabel 1 — Materjali ja toote omadused**

| Omadus | Tähis | Arvutusväärtus |
|---|---|---|
| Soojuserijuhtivus<br>Soojustakistus | $\lambda$<br>$R$ | Saadud või määratud standardi ISO 10456 kohaselt. |
| Veeauru difusioonitakistustegur<br>Veeauru difusioonitakistusega ekvivalentne õhukihi paksus | $\mu$<br>$s_d$ | Saadud standardist ISO 10456 või määratud standardi ISO 12572 kohaselt. |

Soojuserijuhtivus $\lambda$ ja veeauru difusioonitakistustegur $\mu$ on rakendatavad homogeensele materjalile ning soojustakistus $R$ ja veeauru difusioonitakistusega ekvivalentne õhukihi paksus $s_d$ on rakendatavad esmajoones komposiittoodetele või neile toodetele, mille paksus ei ole täpselt määratletud.

Õhkvahe $R$ võetakse standardist ISO 6946[3] ja $s_d$ väärtuseks eeldatakse 0,01 m, sõltumata õhkvahe paksusest ja kaldest.

## 4.2 Välised piirtingimused

### 4.2.1 Asukoht

Kui ei ole teisiti määratud, peavad kasutatavad väliskliimatingimused olema iseloomulikud hoone asukohale, võttes vajadusel arvesse ka kõrguse merepinnast.

MÄRKUS Kui muu teave ei ole kättesaadav (nt rahvuslikes standardites), võib eeldada, et kõrguse kasvades langeb temperatuur 1 K võrra iga 200 m kohta.[4]

### 4.2.2 Kliimaandmete ajaperiood

Arvutades hallituse tekkimise (tarindi pinnale või materjalisse tarindis) või tarindisisese veeauru kondenseerumise riski, tuleb kasutada kuu keskmisi väärtusi, mis on saadud, kasutades standardis ISO 15927-1 antud keskmistamise meetodit või rahvuslikes standardites antud meetodeid.[5]

Riigisiseste andmete või standardite puudumisel tuleb kuu keskmiseks temperatuuriks valida selline temperatuur, mille tõenäoliseks esinemissageduseks võib kohalike registreeritud kliimaandmete põhjal pidada üks kord 10 aasta jooksul. Kui ka need andmed ei ole kättesaadavad, siis võib kütmist eeldava kliima puhul lahutada tavalise aasta kuu keskmisest temperatuurist 2 K või jahutamist eeldava kliima puhul lisada tavalise aasta kuu keskmisele temperatuurile 2 K.

Pinnakondensaadi tekkimise riski arvutamisel madala soojusliku inertsiga elementides, nagu aknad ja nende raamid, tuleb rahvuslike standardite puudumisel kasutada paljude aastate keskmist, mis arvutatakse iga hõlmatud aasta kõige madalama keskmise ööpäevatemperatuuri põhjal.[6]

### 4.2.3 Välistemperatuur

Arvutustes tuleb kasutada järgmisi temperatuure:

a) välistingimustele avatud seinte arvutamisel tuleb kasutada jaotistes 4.2.1 ja 4.2.2 spetsifitseeritud välisõhutemperatuuri;

---

[3] EE MÄRKUS Õhkvahe soojustakistus võetakse Eestis standardist ISO 6946 või EVS 908-1.

[4] EE MÄRKUS Selle standardi rakendamisel hoonete projekteerimisel Eestis rakendatakse lisa NA andmeid ja valitakse projekteeritavale hoonele klimaatiliselt lähim linn Tallinna, Kuressaare, Pärnu, Väike-Maarja, Tartu ja Võru seast (vt lisa NA jaotist NA.1 ja joonist NA.1).

[5] EE MÄRKUS Selle standardi rakendamisel hoonete projekteerimisel Eestis (et suhteline niiskus tarindis oleks alla kriitilise taseme) rakendatakse lisa NA andmeid ja arvutuslik välistemperatuur valitakse lähima linna järgi (Tallinna, Kuressaare, Pärnu, Väike-Maarja, Tartu ja Võru seast) (vt lisa NA jaotist NA.2 ja tabelit NA.1).

[6] EE MÄRKUS Selle standardi rakendamisel hoonete projekteerimisel Eestis pinnakondensaadi riski arvutamisel rakendatakse lisa NA andmeid ja arvutuslik välistemperatuur valitakse lähima linna järgi (Tallinna, Kuressaare, Pärnu, Väike-Maarja, Tartu ja Võru seast) (vt lisa NA jaotist NA.3 ja tabelit NA.2).

b) massiivsete pinnasele toetatud põrandate või maapinnast allpool paiknevate seinte arvutamisel peab arvutus hõlmama 2 m põrandapinnast allapoole jäävat pinnast. Pinnase kuu keskmist temperatuuri saab määrata sammhaaval järgmiselt:

— võetakse 12 kuu keskmised välistemperatuurid $\theta_m$;

— nende põhjal arvutatakse aasta keskmine välisõhutemperatuur $\theta_{an}$;

— iga kuu kohta arvutatakse $\theta_m$ ja $\theta_{an}$ keskmine: $(\theta_{an} + \theta_m) / 2$;

— arvutatud väärtusi nihutatakse ühe kuu võrra, nii et jaanuarikuu väärtusest saab veebruarikuu väärtus jne;

— vajaduse korral võib pinnastemperatuuri arvutada täpsemalt, kasutades standardi ISO 13370 meetodit.

c) postidele või vundamendiseintele toetuvate põrandate (*suspended floor*) puhul on igakuustest sise- ja välistemperatuuridest lähtuv aluspõranda kuutemperatuuride arvutamise algoritm antud standardi ISO 13370 lisas E;

d) katuste arvutamisel tuleks kasutada keskmist ekvivalentset välistemperatuuri $\overline{\theta_{eq}}$, mis võtab arvesse päikesekütet ja pikalainelise kiirguse jahutavat mõju: $\overline{\theta_{eq}}$ saab arvutada, kasutades standardis ISO 13790 antud metoodikat. Oluliselt lihtsustatud juhtumil võib $\overline{\theta_{eq}}$ arvutada, lahutades iga kuu keskmise välisõhutemperatuuri väärtusest 2 K.

### 4.2.4 Välisõhuniiskus

#### 4.2.4.1 Välisõhk

Välisõhu niiskustingimuste määratlemiseks tuleb kasutada veeauru aururõhku $p_e$.

Kuu keskmise aururõhu võib arvutada keskmise temperatuuri ja suhtelise niiskuse põhjal, kasutades valemit (1):[7]

$$\overline{p_e} = \overline{\varphi_e}\, p_{sat}\left(\overline{\theta_e}\right) \tag{1}$$

Pinnakondensatsiooni riski arvutamisel madala soojusliku inertsiga elementides, nagu aknad ja nende raamid, tuleb kasutada jaotises 4.2.2 määratletud temperatuuridele vastavat välisõhu suhtelist niiskust.

MÄRKUS Mõnes kliimas võib eeldada, et minimaalse keskmise aastase temperatuuriga seonduva suhtelise niiskuse väärtus on 0,85.[8]

#### 4.2.4.2 Pinnase niiskustingimused

Eeldatakse küllastunud seisundit ($\varphi$ = 1).

---

[7] EE MÄRKUS Selle standardi rakendamisel hoonete projekteerimisel Eestis (et suhteline niiskus tarindis oleks alla kriitilise taseme) kasutatakse rahvusliku lisa NA andmeid ja suhteline niiskus valitakse vastavalt arvutuslikule välistemperatuurile (vt lisa NA jaotist NA.4 ja tabelit NA.3).

[8] EE MÄRKUS Selle standardi rakendamisel hoonete projekteerimisel pinnakondensatsiooni riski arvutamisel Eestis kasutatakse arvutusliku välistemperatuuri puhul (vt tabelit NA.2) suhtelist niiskust $\varphi$ = 90 %.

## 4.3 Sisemised ääretingimused

### 4.3.1 Siseõhutemperatuur

Kasutada tuleb hoone eeldatavale kasutusele vastavaid väärtusi.

MÄRKUS Välisõhutemperatuuri-põhine meetod siseõhutemperatuuri määramiseks on antud lisas A.[9]

### 4.3.2 Siseõhuniiskus

Siseõhuniiskus võib olla kas:

a) määratud valemiga

$$p_i = p_e + \Delta p \tag{2}$$

$\Delta p$ väärtused võetakse vastavalt hoone eeldatavale kasutusele.

$\Delta p$ võib tuletada ka ruumisisesest niiskuslisast $\Delta v$, kasutades valemit:

$$\Delta p = \Delta v \cdot R_v \, T_i = \frac{G}{nV} R_v \, T_i \tag{3}$$

$\Delta p$ väärtused rea erinevate hoonetüüpide kohta võib leida lisast A.[10]

Siseõhuniiskus võib olla antud ka:

b) kui kuu keskmine väärtus $\varphi_i$, juhul kui siseõhu suhteline niiskus on reguleeritav.

MÄRKUS Lisas A on antud meetod siseõhu suhtelise niiskuse määramiseks välisõhutemperatuuri põhjal.

c) püsiva suurusega $\varphi_i$, juhul kui siseõhu suhteline niiskus on püsiv, st tagatakse õhu niisutuse ja kuivatusega.

## 4.4 Pinna soojustakistus

### 4.4.1 Soojuslevi

Välispinna soojustakistuse $R_{se}$ väärtuseks tuleb võtta 0,04 m²·K/W.

Kondenseerumise või hallituse tekkimise vältimiseks tarindite valgust mitteläbilaskvatel pindadel tuleb võtta ruumi sisepinna soojustakistuseks 0,25 m²·K/W, mis võtab arvesse ka nurkade, mööbli, kardinate või ripplagede mõju, juhul kui vastavad rahvuslikud standardid puuduvad.

Tarindisisese kondenseerumise või akende ja uste pinnakondenseerumise hindamisel tuleb kasutada tabelis 2 antud $R_{si}$ väärtusi.

---

9 EE MÄRKUS Selle standardi rakendamisel elamute projekteerimisel Eestis võib sisetemperatuuri määramisel lähtuda standardis EVS 916 (Eesti rahvuslik lisa standardile EVS-EN 15251) esitatud temperatuuri piirsuurustest või asjakohastest mõõtetulemustest (vt lisa NA jaotist NA.5 ja joonist NA.2).

10 EE MÄRKUS Selle standardi rakendamisel hoonete projekteerimisel Eestis kasutatakse niiskuskoormuste määramisel lisa NA joonisel NA.3 esitatud niiskuslisa välistemperatuurisõltuvust (vt lisa NA jaotist NA.6).

**Tabel 2 — Sisepinna soojustakistus $R_{si}$ tarindisisese kondenseerumise või akende ja uste pinnakondensatsiooni hindamisel**

| Soojusvoo suund | Soojustakistus $R_{si}$ $m^2 \cdot K/W$ |
|---|---|
| Üles | 0,10 |
| Horisontaalne | 0,13 |
| Alla | 0,17 |

### 4.4.2 Veeauru levi

Selle rahvusvahelise standardi kohastes arvutustes eeldatakse, et pinna veeaurutakistus ei ole oluline.

## 5 PINNATEMPERATUURI ARVUTAMINE PINNA KRIITILISE NIISKUSE VÄLTIMISEKS

### 5.1 Üldist

Selles peatükis esitatakse meetod, millega vältida kriitilise pinnaniiskuse tekkimist (nt hallituse arenemiseks) hoone piirdetarindi projekteerimisel.

MÄRKUS Veeauru kondenseerumine pinnale võib põhjustada niiskustundlike kaitsmata ehitusmaterjalide kahjustumist ja lagunemist. Seda võib aktsepteerida vaid ajutiselt ja väikeses koguses, nt akendel ja pesuruumi plaatidel, kui pind ei absorbeeri niiskust ja kui rakendatakse asjakohaseid meetmeid kontakti vältimiseks külgnevate niiskustundlike materjalidega.

Hallituse tekkimise risk esineb sel juhul, kui tarindi või hooneosa pinna kuu keskmine suhteline niiskus ületab kriitilist suhtelist niiskust, mille väärtuseks tuleks võtta 0,8, juhul kui puudub täpsem teave riiklikest eeskirjadest või mujalt. [11]

### 5.2 Parameetrite määramine

Lisaks väliskliimale (õhutemperatuur ja -niiskus) on veel kolm parameetrit, mis mõjutavad pinna-kondensatsiooni ja hallituse tekkimist:

a) hoone välispiirde iga elemendi nn „soojuslik kvaliteet", mis oleneb soojustakistusest, külmasildadest, geomeetriast ja sisepindade soojustakistusest. Soojuslikku kvaliteeti iseloomustab sisepinna temperatuuriindeks $f_{Rsi}$.

   MÄRKUS Standard ISO 10211 annab meetodi kaalutud tegurite arvutamiseks, juhul kui on tegemist rohkem kui ühe ruumipinna piirtemperatuuriga.

b) ruumisisene niiskuskoormus;

c) siseõhutemperatuur ja küttesüsteem ning selle seadistus.

---

[11] EE MÄRKUS Kriitiline niiskus sõltub materjalist ja selle määramisel lähtutakse tootja andmetest. Tootja andmete puudumisel võib kriitilise niiskuse piirväärtusena kasutada suhtelist niiskust 75 % ja sellele vastavat materjali niiskussisaldust massi- või mahuprotsentides. Hallituse kasv sõltub ka temperatuurist: madalamatel temperatuuridel on kriitiline suhteline niiskus kõrgem (vt lisa NA jaotist NA.7 ja joonist NA.3).

## 5.3 Projekteerimine hallituse, korrosiooni või teiste niiskuskahjustuste tekkimise vältimiseks

Hallituse tekkimise vältimiseks ei tohiks pinna kuu keskmine suhteline niiskus ületada kriitilist suhtelist niiskust $\varphi_{sicr}$, mille väärtuseks tuleks võtta 0,8, kui täpsem teave ei ole kättesaadav rahvuslikest standarditest või mujalt[12]. Kui see on asjakohane, siis võib korrosiooni vältimiseks kasutada ka teisi kriteeriume, nt $\varphi_{sicr} \leq 0{,}6$.

Kõige tähtsamaks sammuks projekteerimisel on siseõhuniiskuse määramine ja seejärel, lähtudes pinna nõutavast suhtelisest niiskusest, pinna aktsepteeritava küllastusastme $v_{sat}$ või veeauru küllastusrõhu $p_{sat}$, arvutamine. Sellest väärtusest lähtudes määratakse minimaalne pinnatemperatuur ja selle kaudu hoone välispiirde nõutav soojuslik kvaliteet (mis väljendatakse antud siseõhutemperatuuril kui $f_{Rsi}$).

Aasta iga kuu lõikes läbitakse järgmised etapid:

a) määratletakse välistemperatuur jaotise 4.2.3 kohaselt;

b) määratletakse välisõhuniiskus jaotise 4.2.4 kohaselt;

c) määratletakse sisetemperatuur vastavalt riiklikule praktikale;

d) määratakse siseõhu suhteline niiskus jaotises 4.3.2 määratletud menetlust kasutades;

e) arvutatakse aktsepteeritav minimaalne veeauru küllastusrõhk $p_{sat}$, lähtudes kriitilisest suhtelisest niiskusest $\varphi_{si} = \varphi_{sicr}$

$$p_{sat}(\theta_{si}) = \frac{p_i}{\phi_{sicr}} \tag{4}$$

f) määratakse aktsepteeritav minimaalne pinnatemperatuur $\theta_{si,min}$, lähtudes punktis e) arvutatud auru minimaalsest aktsepteeritavast veeauru küllastusrõhust.

MÄRKUS Temperatuuri kui auru küllastusrõhu funktsiooni võib leida valemiga (E.3) või valemiga (E.4). Teiseks võimaluseks on moodustada valemite (E.1) ja (E.2) põhjal $p_{sat}$ ja $\theta_i$ vahelise sõltuvuse kohta tabel või graafik ja leida $\theta$ väärtus $p_{sat}$ väärtuse põhjal.

g) arvutatakse minimaalne temperatuuriindeks $f_{Rsi,min}$ jaotises 3.1.3 antud valemiga, lähtudes minimaalsest aktsepteeritavast pinnatemperatuurist $\theta_{si,min}$, eeldatavast siseõhutemperatuurist $\theta_i$ (vt jaotist 4.3.1) ja välistemperatuurist $\theta_e$.

Kriitiliseks kuuks loetakse kõrgeima nõutava $f_{Rsi,min}$ väärtusega kuu. Selle kuu temperatuuriindeks on $f_{Rsi,max}$ ja ehituselement tuleb projekteerida nii, et $f_{Rsi,max}$ oleks alati ületatud, st $f_{Rsi} > f_{Rsi,max}$.[13]

Näited selle menetluse kohta on antud lisas B.

Antud hoone projektlahenduse korral võib $f_{Rsi}$ efektiivväärtused tuletada järgmiselt:

— tasapinnaliste elementide puhul valemist $f_{Rsi} = 1 - R_{si}\ U$;

— mitmemõõtmeliste soojavoogude korral: lähtudes lõplikest elementidest või standardi ISO 10211 kohasest analoogsest programmist.

---

[12] EE MÄRKUS Kriitiline niiskus sõltub materjalist ja selle määramisel lähtutakse tootja andmetest. Tootja andmete puudumisel võib kriitilise niiskuse piirväärtusena kasutada suhtelist niiskust 75 % ja sellele vastavat materjali niiskussisaldust massi- või mahuprotsentides. Vt ka kriitilist suhtelist niiskust puidule hallituse kasvuks: joonis NA.4.

[13] EE MÄRKUS Selle standardi rakendamisel hoonete projekteerimisel Eestis või Eestis olevate uute ja olemasolevate hoonete soojusliku kvaliteedi hindamisel kasutatakse lisa NA tabelis NA.4 esitatud temperatuuriindeksi piirsuurusi.

## 5.4 Arvutused madala soojusliku inertsiga elementide sisepinnale veeauru kondenseerumise piiramiseks

Pinnakondenseerumise hindamine väikese soojusliku inertsiga elementidel, mis reageerivad temperatuuri muutustele kiiresti, nagu aknad ja nende raamid, nõuab teistsuguseid menetlusi.

Kondenseerumine aknaraami sisepindadele võib tekitada probleeme, juhul kui vesi voolab külgnevatesse tarinditesse ja tungides läbi vuukide, nt klaasi ja raami vahele, põhjustab metallraamide korrosiooni või puitraamide lagunemist. Tänu mitteläbilaskvale pinnaviimistlusele on hallituse tekkimine aknaraamidel harva probleemiks raami pinnale enesele (v.a esteetiline probleem). Seega loetakse maksimaalselt aktsepteeritavaks suhteliseks niiskuseks raami pinnal $\varphi_{si} = 1$.

Kuigi teatud perioodiline kondenseerumine aknaraamidel võib olla aktsepteeritav, siis järgnevalt spetsifitseeritud menetlus on seda piirav.

a) määratletakse välistemperatuur kui paljude aastate kõige madalamate päevatemperatuuride keskmine;

b) määratletakse sisetemperatuur vastavalt riiklikule praktikale;

c) määratakse suhteline siseõhuniiskus jaotises 4.3.2 määratletud menetlust kasutades;

d) arvutatakse auru minimaalne aktsepteeritav küllastusrõhk $p_{sat}$, lähtudes aktsepteeritavast maksimaalsest õhu suhtelisest niiskusest sisepinnal $\varphi_{si} = 1{,}0$.

$$p_{sat}(\theta_{si}) = p_i \tag{5}$$

e) määratakse minimaalne aktsepteeritav pinnatemperatuur $\theta_{si,min}$, lähtudes auru aktsepteeritavast minimaalsest küllastusrõhust.

MÄRKUS 1 Temperatuuri kui auru küllastusrõhu funktsiooni võib leida valemiga (E.3) või valemiga (E.4). Teiseks võimaluseks on moodustada valemite (E.1) ja (E.2) põhjal $p_{sat}$ ja $\theta_i$ vahelise sõltuvuse kohta tabel või graafik ja leida $\theta$ väärtus $p_{sat}$ väärtuse põhjal.

f) arvutatakse hooneosa nõutav temperatuuriindeks $f_{Rsi,min}$ jaotises 3.1.3 antud valemiga, lähtudes minimaalsest aktsepteeritavast pinnatemperatuurist $\theta_{si,min}$, eeldatavast siseõhutemperatuurist $\theta_i$ (vt jaotist 4.3.1) ja välistemperatuurist $\theta_e$.[14]

Aknaraamide keerulise kuju ja kasutatavate materjalide rohkuse ning ka klaasi, raami ja akent sisaldava seina vastastikuse mõju tõttu ei ole tavaliselt võimalik soojusvooge ja pinnatemperatuure lihtsate ühemõõtmeliste meetoditega arvutada. Seega tuleb jälgida, et raamide madalaim lubatav pinnatemperatuur sobituks sise- ja välisõhutemperatuuriga.

Kogu aknasüsteemi kahe- või kui vaja, siis kolmemõõtmeline arvutus lõplike elementide meetodil, kaasa arvatud klaasing, annab pinnatemperatuurid, mida saab rakendada mistahes sise- või välistemperatuuri kombinatsioonile. Arvutused, mis tehakse raami ekvivalentse soojusläbilaskvuse määramiseks selliste isolatsioonimaterjalidega nagu klaasingut asendav paisutatud polüstüreen, ei anna täpseid pinnatemperatuure.

MÄRKUS 2 Üksikasjad sobivate arvutusmeetodite kohta on antud standardis ISO 10077-2.

On loodud palju erinevaid lihtsustatud meetodeid komplektsete akende reaalse soojusläbilaskvuse arvutamiseks, mis võtavad arvesse mitmemõõtmelisi soojusvooge läbi raami ja kahekordse klaasingu distantsihoidikute. Vaatamata sellele, et nii saadakse täpsed soojusvood, on pinnatemperatuurid väga ebatäpsed, mistõttu neid ei tuleks kondenseerumisriskide hindamiseks kasutada.

---

[14] EE MÄRKUS Selle standardi Eestis rakendamisel veeauru kondenseerumise vältimiseks aknaraamil kasutatakse lisa NA tabelis NA.5 esitatud temperatuuriindeksi piirsuurusi.

# 6 EHITUSKOMPONENTIDE SISESE KONDENSEERUMISE ARVUTAMINE

## 6.1 Üldist

Selles peatükis esitatakse meetod aasta niiskusbilansi koostamiseks ja tarindisisese kondenseerumise tulemusena akumuleerunud vee maksimaalse koguse arvutamiseks. See meetod on pigem hindamise kui täpse prognoosimise vahend. See võimaldab võrrelda erinevaid konstruktsioone ja hinnata modifitseerimise mõju. Meetod ei võimalda anda täpset hinnangut konstruktsiooni niiskusseisundi kohta kasutustingimustes. [15]

## 6.2 Põhimõte

Alustades esimesest kuust, millal võib oodata kondenseerumist,[16] arvutatakse kuu keskmiste välistingimuste põhjal kondenseerumise või aurustumise mahud aasta kõigil kaheteistkümnel kuul. Akumuleeritud kondensvee massi nende kuude lõpus, mille jooksul kondenseerumine toimus, võrreldakse aurustumisega ülejäänud aasta jooksul. Eeldatakse ühemõõtmelisi statsionaarseid tingimusi. Ainsa õhu liikumist mõjutava tegurina käsitletakse standardi ISO 6946 kohast läbivat õhkvahet, mis on väljapoole hästi ventileeritav. Arvutusmeetod ei võta arvesse õhu liikumise mõju läbi ehituskomponendi.

Eeldatakse, et niiskuslevi toimub ainult veeauru difusiooni teel, mis on kirjeldatav järgmise võrrandiga:

$$g = \frac{\delta_0}{\mu}\frac{\Delta p}{d} = \delta_0 \frac{\Delta p}{s_d} \tag{6}$$

kus $\delta_0 = 2 \times 10^{-10}$ kg/(m·s·Pa).

MÄRKUS 1 $\delta_0$ väärtus oleneb temperatuurist ja õhurõhust ($\delta_0 = 2{,}0 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{T^{0{,}81}}{P_a}$), kuid nende mõjuga selles standardis ei arvestata.

Soojusvoogu kirjeldab võrrand:

$$q = \lambda \frac{\Delta\theta}{d} = \frac{\Delta\theta}{R} \tag{7}$$

MÄRKUS 2 Eeldatakse, et soojuserijuhtivus $\lambda$ ja soojustakistus $R$ on konstantsed ja materjali soojusmahtuvus ei ole oluline. Paralleelsete külgedega homogeense materjali puhul $R = d/\lambda$. Faasimuutustest põhjustatud soojuse ära-/juurdevoolu arvesse ei võeta.

MÄRKUS 3 Selle põhimõtte kohaseid arvutusmeetodeid nimetatakse sageli „Glaseri meetoditeks". Täiuslikumad meetodid on spetsifitseeritud standardis EN 15026. [17]

---

[15] EE MÄRKUS Meetod võimaldab hinnata soojuslikku ja niiskuslikku olukorda tarindis ning projekteerida lahendust, et suhteline niiskus ei ületaks kriitilist suhtelist niiskust tulenevalt veeauru difusioonist ja soojusjuhtivusest. Sellise soojusliku ja niiskusliku toimivuse hinnangu kasutamisel projekt- või ehituslahenduse toimivuse hindamisel peab olema tarind ja tema liitekohad ilma õhulekketa ja vee eest kaitstud (sademed, vee leke hoone seest vms.).

[16] EE MÄRKUS „... millal võib oodata kondenseerumist või kriitilise niiskuse ületust, ...".

[17] EE MÄRKUS Mittehomogeenses tarindis tehakse arvutus selles ristlõikes, kus niiskuslik olukord on kõige kriitilisem.

## 6.3 Veaallikate piiramine

Jaotises 6.2 kirjeldatud lihtsustustest tuleneb mitu veaallikat:

a) soojusjuhtivus oleneb niiskusesisaldusest ja soojus vabaneb/absorbeerub kondenseerumise/aurustumise teel. See muudab temperatuurijaotust ja küllastusväärtusi ning mõjutab kondenseerumise/kuivamise mahtu;

b) hinnang, et materjali omadused on konstantsed, on ligikaudne;

c) paljudes materjalides toimub vee liikumine kapillaarsel teel (pinna märgumine) ja vee liikumine, mis võib muuta tegelikku niiskuse jaotust;

d) õhu liikumine ehitusmaterjalides, tühemikes, vuukides või õhkvahedes võib niiskuse konvektsiooni tõttu muuta niiskuse jaotust. Niiskustingimusi võivad muuta ka vihm või sulav lumi;

e) tegelikud piirtingimused ei jää kuu ulatuses konstantseks;

f) enamik materjale on vähemalt teatud määral hügroskoopsed ja võivad absorbeerida veeauru;

g) eeldatakse ühemõõtmelist niiskuslevi;

h) päikese- ja pikklainekiirguse mõju eiratakse, kui katused välja arvata.

MÄRKUS Veaallikate rohkuse tõttu ei sobi see arvutusmeetod ühtviisi kõigile piirdetarinditele ja kliimatingimustele. Vee liikumise eiramine põhjustab tavaliselt piirdetarindites toimuva kondenseerumise ülehindamist.

See rahvusvaheline standard ei ole ette nähtud kasutamiseks piirdetarindite puhul, kus esineb õhuvool läbi elemendi või elemendi sees, või mis absorbeerivad vihmavett. [18]

## 6.4 Arvutamine

### 6.4.1 Materjali omadused

Piirdetarind jaotatakse mitmeks paralleelsete külgedega homogeenseks kihiks ja määratletakse iga kihi materjali omadused ning pinnaomadused vastavalt jaotisele 4.4.1 ja 4.4.2. Mitmekihilise tarindi või hooneosa igat kihti, kaasa arvatud mistahes vooderdus- või kattekihte, tuleb käsitleda eraldiseisva kihina, võttes täies ulatuses arvesse nende vastavaid omadusi: soojusjuhtivust ja veeauru difusiooni. Piirdetarindi iga üksiku kihi kohta arvutakse soojustakistus $R$ ja veeaurudifusiooniga ekvivalentne õhukihi paksus $s_d$. Elemendid soojustakistusega üle 0,25 m²·K/W on soovitatav jaotada mitmeks mõtteliseks kihiks, millest igaühe soojustakistus on väiksem kui 0,25 m²·K/W. Neid mõttelisi kihte käsitletakse kõigis arvutustes eraldiseisvate materjalikihtidena koos nendevaheliste piirpindadega.

Kui element sisaldab hästi väljapoole ventileeritavat kihti, nagu on määratletud standardi ISO 6946:2007 jaotises 5.3.4, siis kõiki neid materjalikihte, mis jäävad tühemiku ja välispinna vahele, arvesse ei võeta.

Osad materjalid, nagu plekk, tõkestavad täielikult mistahes veeauru läbipääsu, seega on nende $\mu$ väärtus lõpmatus. Kuna aga arvutused eeldavad lõpliku suurusega väärtuste kasutamist, siis tuleks nende materjalide puhul kasutada väärtust 100 000. Selle tulemusena võib prognoositav kondensvee maht osutuda kaduvväikeseks, mis tuleneb arvutusmeetodi ebatäiuslikkusest ja mis tuleks seetõttu kõrvale jätta.

---

[18] EE MÄRKUS Käsitlusala kohaselt peavad selle meetodi kasutamisel projekt- või ehituslahenduse toimivuse hindamisel olema tarind ja tema liitekohad ilma õhulekketa ja kaitstud vee eest (sademed, vee leke hoone seest, vms).

Arvutatakse summaarne soojustakistus ja veeaurudifusiooniga ekvivalentne õhukihi paksus välisõhu ja iga piirpinna *n* vahel:

$$R'_{\mathrm{n}} = R_{\mathrm{se}} + \sum_{j=1}^{n} R_j \tag{8}$$

$$s'_{\mathrm{d},n} = \sum_{j=1}^{n} s_{\mathrm{d},j} \tag{9}$$

Kogusoojustakistus ja veeaurudifusiooniga ekvivalentne õhukihi paksus on antud valemitega (10) ja (11):

$$R'_{\mathrm{T}} = R_{\mathrm{si}} + \sum_{j=1}^{N} R_j + R_{\mathrm{se}} \tag{10}$$

$$s'_{\mathrm{d,T}} = \sum_{j=1}^{N} s_{\mathrm{d},j} \tag{11}$$

### 6.4.2 Komponendisisese kondenseerumise piirtingimused

Määratletakse sise- ja välistemperatuur ja niiskus vastavalt jaotisele 4.2.

Kui element sisaldab hästi väljapoole ventileeritavat kihti, siis eeldatakse, et temperatuur ja veeaururõhk tühemikus on sama kui välisõhul. Eeldatakse, et välispinna soojustakistuse väärtus on sama kui sisepinnal, vastavalt tabelis 2 antud soojusvoo suunale [19].

### 6.4.3 Lähtekuu

Alustades aasta mistahes kuust (proovikuu) arvutatakse temperatuur, veeauru küllastusrõhk ja veeauru jaotus komponendis vastavalt jaotisele 6.4.4 ja 6.4.5. Tehakse kindlaks, kas on oodata kondenseerumist.

Kui proovikuul kondenseerumist ei prognoosita, siis korratakse arvutusi järgnevate kuudega, kuni kas:

a) kondenseerumist ei esine ühelgi kaheteistkümnest kuust; sel juhul loetakse komponent kondensatsioonivabaks; või

b) leitakse kuu, milles kondenseerumine esineb; see kuu loetakse lähtekuuks.

Pärast kondenseerumise prognoosimist proovikuul korratakse arvutust järgemõõda eelnevate kuudega, kuni kas:

c) kondenseerumist prognoositakse kõigil 12 kuul; siis arvutatakse kogu aasta jooksul akumuleeritav kondensvee kogus alustades mistahes kuust, nagu on spetsifitseeritud jaotistes 6.4.4, 6.4.5 ja 6.4.6; või

d) leitakse kuu, millel kondenseerumist ei esine; siis võetakse lähtekuuks sellele järgnev kuu.

MÄRKUS Mittetroopilises, selgelt määratletavate aastaaegadega kliimas, on tavaliselt võimalik lähtekuu kiiresti määrata, kui valida proovikuu kaks või kolm kuud enne aasta kõige külmemat perioodi.

Kui lähtekuu on kindlaks määratud, siis tehakse lähtekuust alustades jaotistes 6.4.4, 6.4.5 ja 6.4.6 spetsifitseeritud arvutused aasta iga kuu kohta.

---

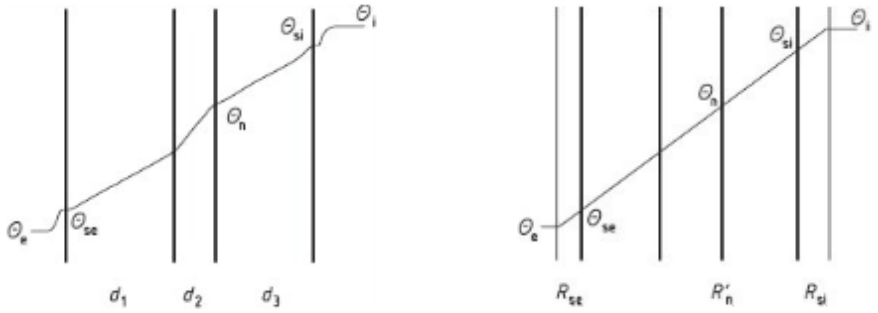
[19] EE MÄRKUS Kuna kontrollida tuleb kriitilisemat olukorda, rakendatakse selle standardi kasutamisel Eestis nii välispinna kui ka tuulutusvahe ja tarindil tuuletõkke välispinna soojustakistuse $R_{se}$ väärtust 0,04 m²·K/W.

### 6.4.4 Temperatuurid ja veeauru küllastusrõhu jaotus

Arvutatakse temperatuur igal materjalide vahelisel piirpinnal:

$$\theta'_n = \theta_e + \frac{R'_n}{R'_T}(\theta_i - \theta_e) \tag{12}$$

Temperatuuri jaotus igas kihis on lineaarne, kuna eeldatakse, et tingimused on statsionaarsed, vt joonist 1.




**(a) Funktsioonina iga kihi laiusest** **(b) Funktsioonina iga kihi soojustakistusest**

**Joonis 1 — Temperatuurijaotus mitmekihilises ehituselemendis**

Arvutatakse auru küllastusrõhk, lähtudes materjalikihtide vaheliste piirpindade temperatuurist.

MÄRKUS Võrrandid auru temperatuuripõhise küllastusrõhu arvutamiseks on esitatud lisas E.

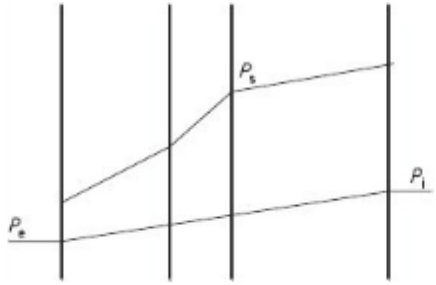
### 6.4.5 Veeauru osarõhu jaotus

Joonestatakse ehituselemendi ristlõige, kusjuures iga kihi paksus vastab selle kihi veeaurudifusiooniga ekvivalentsele õhukihi paksusele, $s_d$, vt joonist 2. Auru küllastusrõhu punktid igal materjalide vahelisel piirpinnal ühendatakse sirgjoontega.

Kui lähtekuust alates kondensaadi akumuleerimist ei esine, siis joonestatakse aururõhu profiil sise- ja välisrõhku ($p_i$ ja $p_e$) ühendava sirgjoonena. Kui see joon ei ületa ühelgi piirpinnal küllastusrõhku, siis kondenseerumist ei esine. Vt joonist 2, kus veeaururõhk ehituskomponendis on komponendi igas punktis auru küllastusrõhust madalam.

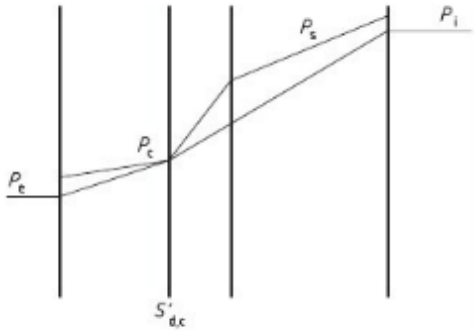
Ehituselementi läbiva auruvoo võib arvutada kui:

$$g = \delta_0 \frac{p_i - p_e}{s'_{d,T}} \tag{13}$$




**Joonis 2 — Veeaurudifusioon mitmekihilises ehituselemendis, kui elemendisisest kondenseerumist ei esine**

Kui veeauru osarõhk mistahes piirpinnal ületab veeauru küllastusrõhu, siis tuleb lähtuda sellest, et lokaalne aururõhu väärtus vastab küllastusrõhule ja aururõhku tuleb joonisel kujutada uuesti sirgjoontena, mis puudutavad võimalikult vähestes punktides auru küllastusrõhu profiili, kuid ei ületa seda, vt näiteid joonistel 3 ja 4. Need punktid määravad ära piirpinnad, millel kondenseerumine toimub.



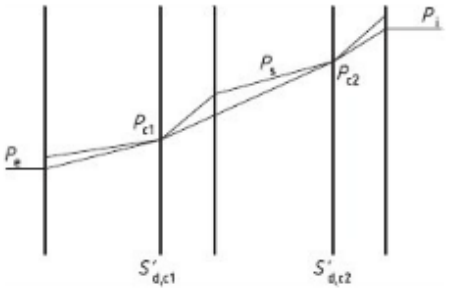

**Joonis 3 — Veeaurudifusioon, kui kondenseerumine toimub ühel piirpinnal**

### 6.4.6 Kondenseerumiskogus

Kondenseerumiskogus võrdub piirpinnale kondenseerunud niiskuse ja sealt edasikandunud niiskuse hulkade vahega:

$$g_c = \delta_0 \left( \frac{p_i - p_c}{s'_{d,T} - s'_{d,c}} - \frac{p_c - p_e}{s'_{d,c}} \right) \tag{14}$$

Piirdetarindi puhul, milles kondenseerumine toimub rohkem kui ühel piirpinnal, tuleb joonisel kondenseerumiskoguseid kujutada igal piirpinnal.




**Joonis 4 — Veeaurudifusioon, kui kondenseerumine toimub kahel piirpinnal**

Kahe kondenseerumispinna esinemise korral arvutatakse kondenseerumiskogused igal kondenseerumispinnal järjestikuste sirgete kalde erinevuse põhjal.

Piirpinnal c1:

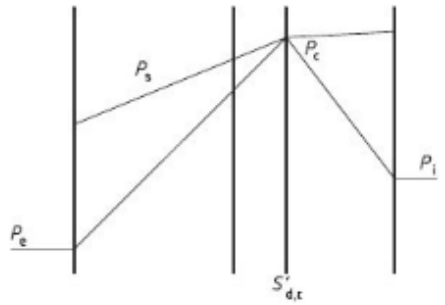
$$g_{c1} = \delta_0 \left( \frac{p_{c2} - p_{c1}}{s'_{d,c2} - s'_{d,c1}} - \frac{p_{c1} - p_e}{s'_{d,c1}} \right) \tag{15}$$

Piirpinnal c2:

$$g_{c2} = \delta_0 \left( \frac{p_i - p_{c2}}{s'_{d,T} - s'_{d,c2}} - \frac{p_{c2} - p_{c1}}{s'_{d,c2} - s'_{d,c1}} \right) \tag{16}$$

### 6.4.7 Aurustumine

Kui eelmiste kuude jooksul on kondensaat kogunenud ühele või mitmele piirpinnale, siis peab aururõhk võrduma küllastusrõhuga ja aururõhuprofiil tuleb joonestada sirgete lõikudena väärtuste vahel, mis esindavad aururõhku ruumis, kondenseerumispindadel ja väljas, vt joonist 5. Kui aururõhu väärtus mistahes piirpinnal ületab küllastusrõhu väärtust, siis tuleb aururõhujooned joonestada uuesti, nii nagu on spetsifitseeritud jaotises 6.4.4.



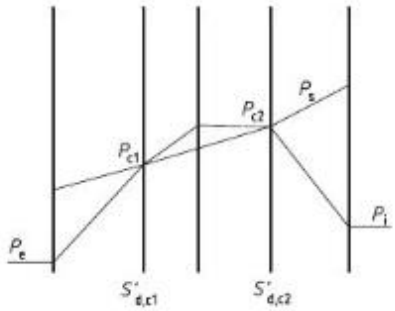

**Joonis 5 — Aurustumine ehituskomponendi sees asuvalt piirpinnalt**

Aurustumiskogus on arvutatav kui

$$g_{ev} = \delta_0 \left( \frac{p_i - p_c}{s'_{d,T} - s'_{d,c}} - \frac{p_c - p_e}{s'_{d,c}} \right) \tag{17}$$

MÄRKUS Aurustumiskoguse ja kondenseerumiskoguse arvutamisel kasutatakse samu võrrandeid. Kokkuleppeliselt on positiivse avaldise korral tegemist kondenseerumisega ja negatiivse korral aurustumisega.

Ehituskomponendis, milles on rohkem kui üks kondenseerumispind, arvutatakse aurustumiskogus igal piirpinnal eraldi, vt joonist 6.




**Joonis 6 — Aurustumine ehituskomponendis, kui kondenseerumine esineb kahel piirpinnal**

Kahe aurustumispiirpinna (*evaporation interface*) puhul arvutatakse aurustumiskogus järgmiselt (vt joonist 6):

Piirpinnal c1:

$$g_{ev1} = \delta_0 \left( \frac{p_{c2} - p_{c1}}{s'_{d,c2} - s'_{d,c1}} - \frac{p_{c1} - p_e}{s'_{d,c1}} \right) \tag{18}$$

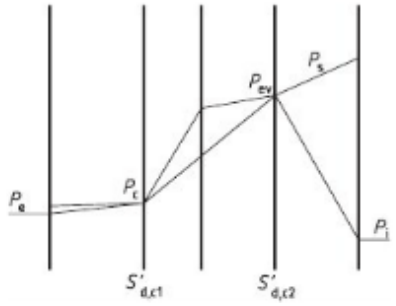
Piirpinnal c2:

$$g_{ev2} = \delta_0 \left( \frac{p_i - p_{c2}}{s'_{d,T} - s'_{d,c2}} - \frac{p_{c2} - p_{c1}}{s'_{d,c2} - s'_{d,c1}} \right) \tag{19}$$

Kui akumuleeritud kondensaadimahu arvutatud väärtus piirpinnal on kuu lõpus negatiivne, siis tuleb see kas nullida või arvutada välja aeg, mis on vajalik, et akumuleeritud kondensvesi saavutaks nullväärtuse, ning jagada kuu kaheks, kondensaadiga ja kondensaadita osaks.

### 6.4.8 Aurustumine ja kondenseerumine

Piirdetarindis, milles on rohkem kui üks kondenseerumispind, võivad esineda sellised kuud, mil ühel piirpinnal toimub kondenseerumine ja teisel aurustumine, vt joonist 7.




**Joonis 7 — Aurustumine ühel piirpinnal ja kondenseerumine teisel piirpinnal komponendis, milles kondenseerumine on toimunud kahel piirpinnal**

Kondenseerumiskogus $g_c$ või aurustumiskogus $g_{ev}$ arvutatakse igal piirpinnal eraldi.

Kondenseerumine kihtide 1 ja 2 vahel:

$$g_c = \delta_0 \left( \frac{p_{c2} - p_{c1}}{s'_{d,c2} - s'_{d,c1}} - \frac{p_{c1} - p_e}{s'_{d,c1}} \right) \tag{20}$$

Aurustumine kihtide 3 ja 4 vahel:

$$g_{ev} = \delta_0 \left( \frac{p_i - p_{c2}}{s'_{d,T} - s'_{d,c2}} - \frac{p_{c2} - p_{c1}}{s'_{d,c2} - s'_{d,c1}} \right) \tag{21}$$

Näited ehituskomponentide sees toimuva kondenseerumise arvutamise kohta on antud lisas C.

## 6.5 Piirdetarindi hindamisel kasutatavad kriteeriumid

Arvutuste tulemused tuleb esitada vastavalt punktile a), b) või c), nagu on asjakohane[20]:

a) Kondenseerumist ei prognoosita ühelgi kuul ühelgi piirpinnal.

   Sel juhul sedastatakse, et konstruktsioonis ei esine komponentide sisest kondenseerumist.

b) Kondenseerumine esineb mõnel kuul ühel või mõnel piirpinnal, kuid ühelgi kõnealusel piirpinnal ei esine üle aasta kestvat netoakumulatsiooni, sest prognoosi kohaselt kogu kondensaat aurustub.

---

20 EE MÄRKUS Selle standardi rakendamisel Eestis on samuti oluline, et kriitilist suhtelist niiskust tarindis ei ületataks. Kriitiline suhteline niiskus sõltub keskkonnatingimustest ja materjali kestvusomadustest. Kriitiline niiskus sõltub materjalist ja selle määramisel lähtutakse tootja andmetest. Tootja andmete puudumisel võib kriitilise niiskuse piirväärtusena kasutada suhtelist niiskust 75 % ja sellele vastavat materjali niiskussisaldust massi- või mahuprotsentides.

Tuleb arvestada, et lisaks kondenseerumisele ja hallituse kasvule võib kriitiline niiskustase olla määratud ka teiste kriteeriumitega: mikroorganismide kasv (bakterid, vetikad jne), materjalide lagunemine (mädanik, korrosioon, putukakahjustused), materjalide omaduste muutus (tugevus, külmakindlus), emissioonid materjalist, liimide ja värvide nakke vähenemine vms. Kuna veeauru kondenseerumine on alati piirdetarindi soojuslikku ja niiskuslikku toimivust halvendav, ei ole selle teke aktsepteeritav. Tarindid tuleb projekteerida ja ehitada nii, et veeauru kondenseerumist, hallituse kasvu ega muud kriitilise suhtelise niiskuse ületust ei tekiks.

Sel juhul sedastatakse igal piirpinnal tekkiva kondensaadi maksimaalne kogus ja kuu, millal maksimum esines. Samuti tuleb seaduslikest nõuetest ja tootestandardite juhistest lähtudes hinnata arvutatud maksimaalse niiskusesisalduse põhjustatud vee väljavoolu või ehitusmaterjalide kahjustumise ja soojusliku toimivuse halvenemise riski.

MÄRKUS Kui maksimaalne akumuleeritud kondensaadi kogus ületab 200 g/m², siis on väljavooluoht mitteabsorbeerivalt materjalilt väga suur.

c) Kondensaat ei aurustu ühelt või mitmelt piirpinnalt täielikult.

Sel juhul sedastatakse, et konstruktsiooni hindamise tulemus on negatiivne, esitatakse nii maksimaalne niiskuse kogus igal piirpinnal kui ka niiskuse kogus, mis jääb igale piirpinnale 12 kuu pärast.

# 7 EHITUSKOMPONENTIDE KUIVAMISE ARVUTAMINE

## 7.1 Üldist

Selles peatükis esitatakse meetod ehituskomponentide kuivamispotentsiaali kindlakstegemiseks, eriti nendel komponentidel, mida piiravad kõrge aurutakistusega kihid, nagu fooliumid, membraanid või pinnakatted, mille $s_d$ > 2 m ja mille puhul peatükis 6 kirjeldatud menetluse rakendamisel ei ole antud sise- ja väliskliimatingimustel ilmnenud kahjustavat kondenseerumist. Ka hinnatakse selles peatükis kondensaadi moodustumise riski, mida põhjustab märgunud kihtidest aurustunud niiskus ehitusosade teistes kohtades.

MÄRKUS Materjalikihtide märgumise põhjuseks võib olla ehitusniiskus, ehitamisaegne vihm, lekked hooldusseadmetes, vettpidavate kihtide kahjustused või varem tähelepanuta jäänud sisekondenseerumisprobleemid.

Seda meetodit tuleks kasutada pigem hinnangu andmiseks, mitte kui täpset prognoosimisvahendit. See võimaldab võrrelda erinevaid konstruktsioone ja hinnata muudatuste mõju.

## 7.2 Põhimõte

Selle meetodi puhul lähtutakse eeldusest, et spetsifitseeritud kihi keskpunkti on koondunud liigniiskus 1 kg/m². Aurustumismahu arvutamiseks aasta igal kaheteistkümnel kuul kasutatakse igakuuseid keskmisi välistingimusi. Seda aastat korratakse seni, kuni spetsifitseeritud kihi liigniiskus saavutab 0-väärtuse. See aeg kuudes sedastatakse kui konstruktsiooni täielikuks väljakuivamiseks vajalik aeg. Samal ajal hinnatakse liigniiskuse aurustumisest põhjustatud kondenseerumisriski teistel piirpindadel.

## 7.3 Meetodi spetsifitseerimine

a) Määratakse kindlaks materjalikiht, mille puhul eeldatakse märgumist.

b) Kiht jaotatakse kaheks võrdseks osaks, mille vahele jääb piirpind.

c) Sellele piirpinnale kantakse niiskus 1 kg/m².

Komponendisisese kondenseerumise hindamiseks rakendatakse jaotistes 6.4.4 kuni 6.4.8 spetsifitseeritud menetlust, alustades sobiva kuuga ja korrates igakuuseid arvutusi, kuni kogu liigniiskus on välja kuivanud või arvutus hõlmab kümmet aastat.

## 7.4 Ehituskomponendi kuivamispotentsiaali hindamisel kasutatavad kriteeriumid

Arvutuste tulemused esitatakse vastavalt punktile a), b) või c), nagu on asjakohane.

a) Väljakuivamine toimub kümne aasta jooksul, kusjuures teistes kihtides kondenseerumist ei esine.

   Sel juhul sedastatakse väljakuivamisaeg kuudes ja hinnatakse liigniiskust sisaldanud kihi kahjustumisriski.

b) Väljakuivamine toimub kümne kuu jooksul, kusjuures teistes kihtides esineb ajutist kondenseerumist.

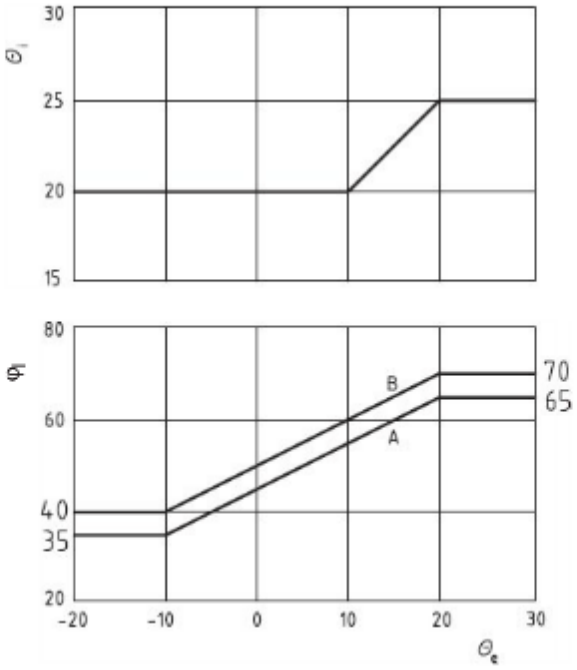
   Sel juhul sedastatakse väljakuivamisaeg kuudes ja maksimaalne kondensaadi kogus igal piirpinnal ning maksimaalse koguse esinemise kuu. Samuti hinnatakse, lähtudes seadusandlikest nõuetest ja tootestandardite juhistest, arvutatud maksimaalse niiskusekoguse põhjustatud vee väljavoolu või ehitusmaterjalide kahjustumise riski ja soojusliku toimivuse halvenemise riski.

c) Kuivamisaeg ületab kümme aastat.

# Lisa A
# (teatmelisa)
# Sisepiirtingimused

## A.1 Kontinentaalne ja troopiline kliima[21]

Ohjatud, mõõdetud või modelleeritud siseõhutingimuste puudumisel võib kasutada köetavate hoonete (ainult elu- ja ametiruumid) siseõhutemperatuuri ja niiskuse määramiseks lihtsustatud, välisõhu-temperatuuril põhinevat lähenemisviisi. Siseõhutingimuste tuletamiseks sisestatakse tunni keskmised välisõhutemperatuurid joonisel A.1 esitatud graafikutesse. Siseõhuniiskuse tase valitakse vastavalt hoone eeldatavale hõivatusele.




**Tähised**

$\theta_i$ sisetemperatuur °C

$\varphi_i$ siseõhu suhteline niiskus %

$\theta_e$ välistemperatuur °C

A tavaline hõivatus

B kõrge hõivatus

**Joonis A.1 — Elu- ja ametiruumide päeva keskmine õhutemperatuur ja -niiskus sõltuvalt välisõhu keskmisest päevatemperatuurist**

[21] EE MÄRKUS See jaotis ei vasta Eesti kliimatingimustele ega ole Eestis rakendatav.

## A.2 Mereline kliima

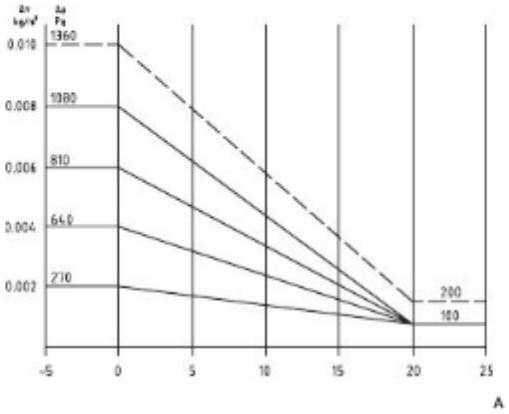
Siseõhu niiskuskoormust saab kirjeldada viie niiskusklassina. Joonis A.2 näitab iga klassi $\Delta v$ ja $\Delta p$ piirväärtusi. Arvutustes on soovitatav kasutada iga klassi ülemisi piirväärtusi, kui just projekteerija ei tõesta, et tingimused on soodsamad. Andmed joonisel A.2 on tuletatud Lääne-Euroopas asuvate hoonete põhjal[22]. Teistes klimaatilistes tingimustes kasutatavate väärtuste tuletamiseks võib kasutada mõõdetud andmeid.

Tabel A.1 annab niiskusklassi valikuks mõningaid juhiseid.

**Tabel A.1 — Siseõhu niiskuse klassid**

| Niiskusklass | Hoone |
|---|---|
| 1 | Elaniketa hooned, kuivade kaupade laod |
| 2 | Tavalise hõivatuse ja ventilatsiooniga ameti- ja eluruumid |
| 3 | Hooned, mille hõivatus ei ole teada |
| 4 | Spordihallid, köögid, sööklad |
| 5 | Eriotstarbelised hooned, nt pesumajad, pruulikojad, basseinid |

Kus vähegi võimalik, tuleks vilenda klassi kõrge niiskusega hoonete analüüsimisel kasutada mõõdetud andmeid. Punktiirjoon joonisel A.2 annab soovitatavad väärtused, mida võib kasutada muude andmete puudumisel.




**Tähis**

A kuu keskmine välisõhutemperatuur °C

**Joonis A.2 — Siseõhu niiskusklassi muutumine olenevalt välistemperatuurist**

---

22 EE MÄRKUS Joonis A.2 ei vasta Eesti olukorrale.

Selle standardi rakendamisel elamute projekteerimisel Eestis võib sisetemperatuuri määramisel lähtuda standardis EVS 916 (Eesti rahvuslik lisa standardile EVS-EN 15251) esitatud temperatuuri piirsuurustest või asjakohastest mõõtetulemustest (vt joonist NA.2). Standardi rakendamisel hoonete projekteerimisel Eestis tuleb niiskuskoormuste määramisel kasutada joonisel NA.3 esitatud niiskuslisa välistemperatuurisõltuvust. Niiskuslisa on suveperioodil eeldatavalt väiksem, kuna suvel ventileeritakse ruume rohkem ja niiskustootlus võib olla väiksem (näiteks elamutes toimub pesukuivatus õues). Niiskusklassid 1, 2 ja 3 on saadud Eestis tehtud mõõtmistest ning niiskusklassid 4 ja 5 on saadud ekstrapoleerimise teel (suurem niiskustootlus). Niiskuslisa arvutamisel niiskustootluse ja õhuvahetuse kaudu (valem (3)) lähtutakse võimalikust suuremast niiskustootlusest ja väiksemast ventilatsiooni õhuvahetusest (arvutussuurus peab esindama kriitilisemat olukorda).

# Lisa B
# (teatmelisa)
# Sisepindade temperatuuriindeksite arvutamise näited kriitilise pinnaniiskuse vältimiseks

## B.1 Näide 1, kui kasutatakse lisas A määratletud sisetingimusi

a) Määratletakse kuu keskmine välistemperatuur $\theta_e$ ja suhteline niiskus $\varphi_e$ hoone asukohas (tabeli B.1 veerud 1 ja 2).

b) Sisetemperatuuri ja suhtelise niiskuse kuuväärtused tuletatakse välistemperatuurist, kasutades sirgeid joonisel A.1, eeldades kõrget hõivatust (tabeli B.1 veerud 3 ja 4). Siseaururõhu $p_i$ saamiseks arvutatakse auru sisekõllastusrõhk $p_{sat}(\theta_i)$ olenevalt sisetemperatuurist kas valemiga (E.1) või valemiga (E.2), nagu on asjakohane, ja korrutatakse sisemise suhtelise niiskusega (tabeli B.1 veerg 5).

c) Tabeli B.1 veergudes 6 ja 7 antud väärtuste saamiseks arvutatakse minimaalne aktsepteeritav auru kõllastusrõhk $p_{sat}(\theta_{si})$ valemiga (4), nagu on spetsifitseeritud punktis 5.3e), ja minimaalne aktsepteeritav pinnatemperatuur $\theta_{si,min}$ valemiga (E.3) või valemiga (E.4).

d) Tabeli B.1 veerus 8 antud $f_{Rsi}$ väärtused arvutatakse sise- ja välistemperatuuri põhjal jaotises 3.1.2 antud valemiga.

Tabelis B.1 eeldatud tingimustel on kriitiliseks kuuks jaanuar ja $f_{Rsi,max}$ = 0,622.

**Tabel B.1 — $f_{Rsi,max}$ arvutamine kõrge hõivatusega hoones**

| Kuu | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\theta_e$ °C | $\varphi_e$ | $\theta_i$ °C | $\varphi_i$ | $p_i$ Pa | $p_{sat}(\theta_{si})$ Pa | $\theta_{si,min}$ °C | $f_{Rsi}$ |
| Jaanuar | 2,4 | 0,92 | 20,0 | 0,52 | 1 225 | 1 531 | 13,3 | 0,622 |
| Veebruar | 2,8 | 0,88 | 20,0 | 0,53 | 1 234 | 1 542 | 13,5 | 0,620 |
| Märts | 4,5 | 0,85 | 20,0 | 0,55 | 1 274 | 1 592 | 13,9 | 0,609 |
| Aprill | 6,7 | 0,80 | 20,0 | 0,57 | 1 325 | 1 656 | 14,6 | 0,591 |
| Mai | 9,8 | 0,78 | 20,0 | 0,60 | 1 397 | 1 747 | 15,4 | 0,547 |
| Juuni | 12,6 | 0,80 | 21,3 | 0,63 | 1 585 | 1 981 | 17,4 | 0,547 |
| Juuli | 14,0 | 0,82 | 22,0 | 0,64 | 1 691 | 2 114 | 18,4 | 0,549 |
| August | 13,7 | 0,84 | 21,9 | 0,64 | 1 668 | 2 085 | 18,2 | 0,548 |
| September | 11,5 | 0,87 | 20,8 | 0,62 | 1 505 | 1 882 | 16,5 | 0,546 |
| Oktoober | 9,0 | 0,89 | 20,0 | 0,59 | 1 379 | 1 724 | 15,2 | 0,561 |
| November | 5,0 | 0,91 | 20,0 | 0,55 | 1 285 | 1 607 | 14,1 | 0,606 |
| Detsember | 3,5 | 0,92 | 20,0 | 0,54 | 1 250 | 1 563 | 13,7 | 0,616 |

## B.2 Näide 2, kui eeldatakse, et sisemine suhteline niiskus on konstantne

Tegemist on konditsioneeritud hoonega, milles temperatuur ja suhteline niiskus on reguleeritud väärtustele 20 °C ja 0,50:

a) Määratletakse uuritava hoone kuu keskmine välistemperatuur $\theta_e$ ja sisetemperatuur $\theta_i$ ning suhteline niiskus $\varphi_i$ (tabeli B.2 veerud 1, 2 ja 3).

b) Tabeli B.2 veerus 4 antud siseaururõhu $p_i$ saamiseks tuletatakse auru siseõhu küllastusrõhk $p_{sat,i}$ olenevalt temperatuurist kas valemiga (E.1) või valemiga (E.2) või tabelist E.1, võttes arvesse sisemist suhtelist niiskust.

c) Tabeli B.2 veergudes 5 ja 6 antud väärtuste saamiseks arvutatakse auru aktsepteeritav küllastusrõhk $p_s(\theta_{si})$ valemiga (9), nagu on spetsifitseeritud punktis 5.3e), ja minimaalne aktsepteeritav pinna-temperatuur $\theta_{si,min}$ valemiga (E.3) või valemiga (E.4).

d) Tabeli B.2 veerus 7 antud $f_{Rsi}$ väärtused arvutatakse jaotises 3.1.2 antud valemiga.

Tabelis B.2 eeldatud tingimustel on kriitiliseks kuuks jaanuar ja $f_{Rsi,max}$ = 0,581.

**Tabel B.2 — $f_{Rsi,max}$ arvutamine ohjatava sisenniskuse korral**

| Kuu | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\theta_e$ °C | $\theta_i$ °C | $\varphi_i$ | $p_i$ Pa | $p_{sat}(\theta_{si})$ Pa | $\theta_{si,min}$ °C | $f_{Rsi}$ |
| Jaanuar | 2,4 | 20 | 0,5 | 1 168 | 1 461 | 12,6 | 0,581 |
| Veebruar | 2,8 | 20 | 0,5 | 1 168 | 1 461 | 12,6 | 0,571 |
| Märts | 4,5 | 20 | 0,5 | 1 168 | 1 461 | 12,6 | 0,524 |
| Aprill | 6,7 | 20 | 0,5 | 1 168 | 1 461 | 12,6 | 0,445 |
| Mai | 9,8 | 20 | 0,5 | 1 168 | 1 461 | 12,6 | 0,277 |
| Juuni | 12,6 | 20 | 0,5 | 1 168 | 1 461 | 12,6 | 0,003 |
| Juuli | 14,0 | 20 | 0,5 | 1 168 | 1 461 | 12,6 | –0,229 |
| August | 13,7 | 20 | 0,5 | 1 168 | 1 461 | 12,6 | –0,171 |
| September | 11,5 | 20 | 0,5 | 1 168 | 1 461 | 12,6 | 0,132 |
| Oktoober | 9,0 | 20 | 0,5 | 1 168 | 1 461 | 12,6 | 0,330 |
| November | 5,0 | 20 | 0,5 | 1 168 | 1 461 | 12,6 | 0,508 |
| Detsember | 3,5 | 20 | 0,5 | 1 168 | 1 461 | 12,6 | 0,553 |

## B.3 Näide 3, kui niiskusallikas on tuntud ja ventilatsioonitase on konstantne

a) Määratletakse hoone asukohas kuu keskmine välistemperatuur $\theta_e$ ja suhteline niiskus $\varphi_e$ (tabeli B.3 veerud 1 ja 2).

b) Välisaururõhu $p_e$ (tabeli B.3 veerg 3) arvutamiseks kasutatakse olenevalt temperatuurist kas valemiga (E.1) või valemiga (E.2) arvutatud, nagu asjakohane, või tabelist E.1 võetud auru igakuulist välist küllastusrõhku $p_{sat,e}$ ja suhtelist niiskust.

c) Sisemisest niiskusallikast põhjustatud auru ülerõhk $\Delta v$ arvutatakse eeldatava õhuvahetussageduse $n$, niiskustootluse $G$ ja hoone mahu $V$ põhjal ning teisendatakse auru ülerõhuks $\Delta p$, kasutades valemit (E.6). Siseaururõhu saamiseks lisatakse saadud tulemus $p_e$-le (tabeli B.3 veerud 5 ja 6).

d) Tabeli B.3 veergudes 8 ja 9 antud väärtuste saamiseks arvutatakse minimaalne aktsepteeritav auru küllastusrõhk $p_{sat}(\theta_{si})$ valemiga (9), nagu on spetsifitseeritud punktis 5.3e), ja minimaalne aktsepteeritav pinnatemperatuur $\theta_{si,min}$ valemiga (E.3) või valemiga (E.4).

e) Tabeli B.3 veerus 10 antud $f_{Rsi}$ väärtused arvutatakse jaotises 3.1.2 antud valemiga.

Tabelis B.3 eeldatud tingimustel on kriitiliseks kuuks august ja $f_{Rsi,max}$ = 0,832.

**Tabel B.3 — $f_{Rsi,max}$ arvutamine konstantsel ventilatsioonitasemel**

| Kuu | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\theta_e$ °C | $\varphi_e$ | $p_e$ Pa | $n$ $h^{-1}$ | $\Delta p$ Pa | $p_i$ Pa | $p_{sat}(\theta_{si})$ Pa | $\theta_{si,min}$ °C | $\theta_i$ °C | $f_{Rsi}$ |
| Jaanuar | 2,8 | 0,92 | 687,0 | 0,5 | 433 | 1 120 | 1 400 | 12,0 | 20 | 0,534 |
| Veebruar | 2,8 | 0,88 | 657,1 | 0,5 | 433 | 1 090 | 1 363 | 11,6 | 20 | 0,510 |
| Märts | 4,5 | 0,85 | 715,6 | 0,5 | 433 | 1 149 | 1 436 | 12,4 | 20 | 0,507 |
| Aprill | 6,7 | 0,80 | 784,7 | 0,5 | 433 | 1 218 | 1 522 | 13,3 | 20 | 0,493 |
| Mai | 9,8 | 0,78 | 944,5 | 0,5 | 433 | 1 378 | 1 722 | 15,2 | 20 | 0,525 |
| Juuni | 12,6 | 0,80 | 1166,6 | 0,5 | 433 | 1 600 | 1 999 | 17,5 | 20 | 0,663 |
| Juuli | 14,0 | 0,82 | 1310,1 | 0,5 | 433 | 1 743 | 2 179 | 18,9 | 20 | 0,812 |
| August | 13,7 | 0,84 | 1316,2 | 0,5 | 433 | 1 749 | 2 186 | 18,9 | 20 | 0,830 |
| September | 11,5 | 0,87 | 1179,9 | 0,5 | 433 | 1 613 | 2 016 | 17,6 | 20 | 0,722 |
| Oktoober | 9,0 | 0,89 | 1021,2 | 0,5 | 433 | 1 454 | 1 818 | 16,0 | 20 | 0,637 |
| November | 5,0 | 0,91 | 793,4 | 0,5 | 433 | 1 226 | 1 533 | 13,4 | 20 | 0,558 |
| Detsember | 3,5 | 0,92 | 721,9 | 0,5 | 433 | 1 155 | 1 444 | 12,4 | 20 | 0,542 |

MÄRKUS $G$ = 0,4 kg/h, $V$ = 250 m³.

## B.4 Näide 4, kui niiskusallikas on tuntud ja ventilatsioonitase on muutuv

Praktikas ventileeritakse hooneid külma ilmaga vähem. Kui seos õhuvahetuskordsuse ja temperatuuri vahel on teada või see on eeldatav, siis võib $f_{Rsi}$ väärtuse arvutada nii nagu näites 3, kuid kasutades etapis 3) muutuvat ventilatsioonitaset.

Tabelis B.4 antud väärtused on arvutatud eeldusel, et $n$ = 0,2 + 0,04 $\theta_e$. Neil tingimustel on kriitiline kuu jaanuar ja $f_{Rsi,max}$ = 0,718.

**Tabel B.4 — $f_{Rsi,max}$ arvutamine muutuval ventilatsioonitasemel**

| Kuu | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\theta_e$ °C | $\varphi_e$ | $p_e$ Pa | $n$ $h^{-1}$ | $\Delta p$ Pa | $p_i$ Pa | $p_{sat}(\theta_{si})$ Pa | $\theta_{si,min}$ °C | $\theta_i$ °C | $f_{Rsi}$ |
| Jaanuar | 2,8 | 0,92 | 683 | 0,31 | 694 | 1 377 | 1 722 | 15,2 | 20 | 0,718 |
| Veebruar | 2,8 | 0,88 | 657 | 0,31 | 694 | 1 351 | 1 689 | 14,9 | 20 | 0,701 |
| Märts | 4,5 | 0,85 | 709 | 0,38 | 570 | 1 279 | 1 599 | 14,0 | 20 | 0,614 |
| Aprill | 6,7 | 0,80 | 788 | 0,47 | 463 | 1 251 | 1 564 | 13,7 | 20 | 0,524 |
| Mai | 9,8 | 0,78 | 941 | 0,59 | 366 | 1 307 | 1 634 | 14,3 | 20 | 0,445 |
| Juuni | 12,6 | 0,80 | 1 162 | 0,70 | 308 | 1 470 | 1 837 | 16,2 | 20 | 0,483 |
| Juuli | 14,0 | 0,82 | 1 302 | 0,76 | 285 | 1 587 | 1 984 | 17,4 | 20 | 0,563 |
| August | 13,7 | 0,84 | 1 317 | 0,75 | 290 | 1 607 | 2 008 | 17,6 | 20 | 0,615 |
| September | 11,5 | 0,87 | 1 183 | 0,66 | 328 | 1 511 | 1 889 | 16,6 | 20 | 0,601 |
| Oktoober | 9,0 | 0,89 | 1 017 | 0,56 | 387 | 1 404 | 1 755 | 15,5 | 20 | 0,587 |
| November | 5,0 | 0,91 | 788 | 0,40 | 542 | 1 330 | 1 662 | 14,6 | 20 | 0,641 |
| Detsember | 3,5 | 0,92 | 719 | 0,34 | 637 | 1 356 | 1 695 | 14,9 | 20 | 0,692 |

MÄRKUS $G$ = 0,4 kg/h, $V$ = 250 m³.

# Lisa C
# (teatmelisa)
# Tarindisisese kondenseerumise arvutamise näited

## C.1 Keskkonnatingimused

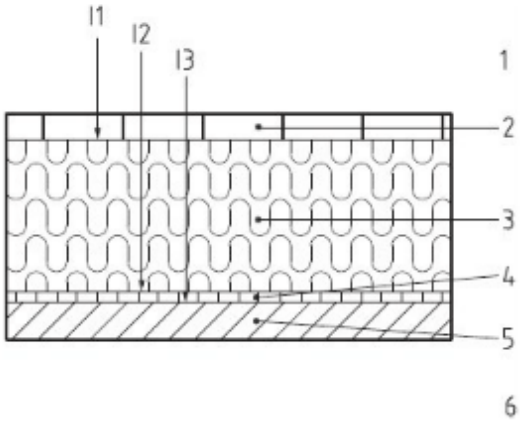
Tabel C.1 sisaldab sise- ja väliskeskkonnatingimusi, mida on kasutatud jaotistes C.2 ja C.3 esitatud kahes näites. Sisetingimused on tuletatud välistingimustest, kasutades joonise A.1 sirgjooni ja eeldades nii kõrget kui ka madalat hõivatust.

**Tabel C.1 — Analüüsimisel kasutatud välis- ja sisetingimused**

| Kuu | Välised | | Sisetingimused Normaalne hõivatus | | Sisetingimused Kõrge hõivatus | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\theta_e$ °C | $\varphi_e$ | $\theta_i$ °C | $\varphi_i$ | $\theta_i$ °C | $\varphi_i$ |
| Jaanuar | –1 | 0,85 | 20,0 | 0,39 | 20,0 | 0,49 |
| Veebruar | 0 | 0,84 | 20,0 | 0,40 | 20,0 | 0,50 |
| Märts | 4 | 0,78 | 20,0 | 0,44 | 20,0 | 0,54 |
| Aprill | 9 | 0,72 | 20,0 | 0,49 | 20,0 | 0,59 |
| Mai | 14 | 0,68 | 22,0 | 0,54 | 22,0 | 0,64 |
| Juuni | 18 | 0,69 | 24,0 | 0,58 | 24,0 | 0,68 |
| Juuli | 19 | 0,73 | 24,5 | 0,59 | 24,5 | 0,69 |
| August | 19 | 0,75 | 24,5 | 0,59 | 24,5 | 0,69 |
| September | 15 | 0,79 | 22,5 | 0,55 | 22,5 | 0,65 |
| Oktoober | 10 | 0,83 | 20,0 | 0,50 | 20,0 | 0,60 |
| November | 5 | 0,88 | 20,0 | 0,45 | 20,0 | 0,55 |
| Detsember | 1 | 0,88 | 20,0 | 0,41 | 20,0 | 0,51 |

## C.2 Näide 1: Piirdetarind, milles kondenseerumine toimub ühel piirpinnal

Selles näites analüüsitakse lamedat katust, milles ilmastikukindel, vett mitteläbilaskev kiht asetseb soojustuskihi peal, nagu on kujutatud joonisel C.1, kasutades tabelis C.1 antud sise- ja väliskliimat ning tabelis C.2 antud materjaliomadusi.




**Tähised**

1 välisõhk
2 ilmastikukindel kiht 0,01 m
3 soojustus 0,10 m
4 aurutõke
5 sisevooder 0,012 m
6 siseõhk

**Joonis C.1 — Lamekatuse materjalid näites 1**

**Tabel C.2 — Lamekatuse materjalide omadused**

| | $d$ m | $R$ m²·K/W | $\mu$ | $s_d$ m |
|---|---|---|---|---|
| Välispinna soojustakistus | – | 0,04 | – | – |
| Ilmastikukindel kiht | 0,010 | 0,05 | 500 000 | 5 000 |
| Soojustus | 0,100 | 3 | 150 | 15 |
| Aurutõke | – | – | – | 1 000 |
| Sisevooder | 0,012 | 0,075 | 10 | 0,12 |
| Sisepinna soojustakistus | – | 0,10 | – | – |

MÄRKUS Näites kasutatud materjaliomadused on üldist laadi ega seostu ühegi konkreetse materjaliga.

Analüüsitakse kolme joonisel C.1 esitatud materjalikihte eraldavat piirpinda. Arvutamisele asudes eeldatakse, et akumuleeritud niiskusekogus $M_a$ võrdub kõigil kolmel piirpinnal nulliga.

Kasutades tabelis C.1 normaalse hõivatuse korral esitatud andmeid, on jaotiste 6.4.3, 6.4.4 ja 6.4.5 kohaselt lähtekuuks valitud novembrikuu, mil aururõhk ületab küllastusrõhu piirpinnal 1, mis paikneb soojustuse ja ilmastikukindla kihi vahel. Kondensaadi kogus $g_c$ arvutatakse valemiga (14). Tulemuseks saadud akumuleeritud niiskuse kogus novembrikuu lõpul $M_a$ on antud tabeli C.3 kolmandas veerus.

Seejärel menetlust korratakse, kasutades tabelis C.1 iga kuu kohta antud tingimusi. Piirpindadel 2 ja 3 ei prognoosita kondensaadi tekkimist ühelgi kuul. Nagu on näha tabelist C.3, kondensaadi kogus piirpinnal 1 kasvab, saavutades maksimumi kõige külmemal kuul, jaanuaris, ja langeb seejärel märtsis nulli-lähedaseks.

**Tabel C.3 — Igakuused kondenseerunud ja akumuleerunud kogused piirpinnal 1**

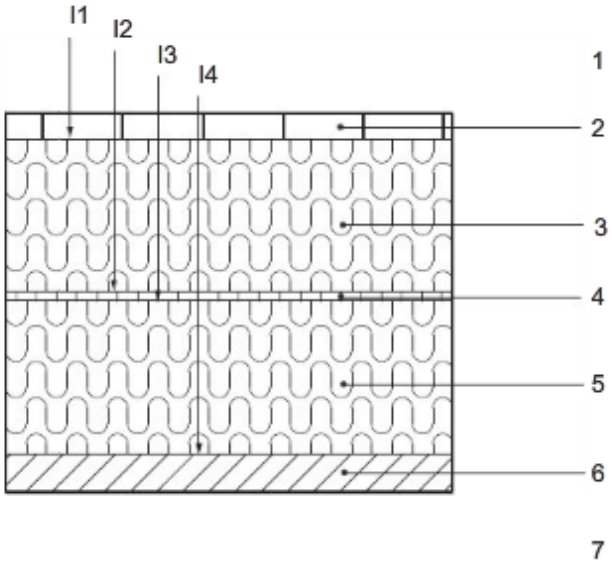
| Kuu | Normaalne hõivatus | | Kõrge hõivatus | |
|---|---|---|---|---|
| | $g_c$ kg/m² | $M_a$ kg/m² | $g_c$ kg/m² | $M_a$ kg/m² |
| Oktoober | 0 | 0 | 0,00005 | 0,00005 |
| November | 0,00006 | 0,00006 | 0,00018 | 0,00023 |
| Detsember | 0,00013 | 0,00019 | 0,00026 | 0,00049 |
| Jaanuar | 0,00015 | 0,00035 | 0,00028 | 0,00077 |
| Veebruar | 0,00013 | 0,00048 | 0,00024 | 0,00101 |
| Märts | 0,00008 | 0,00055 | 0,00020 | 0,00120 |
| Aprill | −0,00005 | 0,00050 | 0,00007 | 0,00127 |
| Mai | −0,00016 | 0,00034 | −0,00002 | 0,00125 |
| Juuni | −0,00025 | 0,00009 | −0,00010 | 0,00115 |
| Juuli | −0,00028 | 0 | −0,00012 | 0,00103 |
| August | 0 | 0 | −0,00011 | 0,00092 |
| September | 0 | 0 | −0,00002 | 0,00090 |

Alates aprillist muutub kondenseerumine negatiivseks, st toimub aurustumine, nagu on spetsifitseeritud jaotises 6.4.6, ja akumuleerunud niiskus langeb juunis peaaegu nullini. Juulis akumuleerunud niiskus kuivab välja ja langeb nulli.

Kui eeldatakse kõrget hõivatust, siis algab kondenseerumine oktoobris ja kogus saavutab maksimumi jällegi jaanuaris. Aurustumine algab mais, kuid septembriks ei ole kogu kondensaat veel välja kuivanud.

## C.3 Näide 2: Piirdetarind, milles kondenseerumine toimub kahel piirpinnal

Selles näites analüüsitakse lamekatust, millel on aurutõkkekihi all täiendav 100 mm paksune soojustuskiht, nagu on kujutatud joonisel C.2, seejuures kasutatakse tabelis C.4 antud materjaliomadusi ja tabelis C.1 kõrgele hõivatusele vastavaid sise- ja väliskliimatingimusi.




**Tähised**

1 välisõhk
2 ilmastikukindel kiht 0,01 m
3 soojustus 0,10 m
4 aurutõke
5 soojustus 0,10 m [23]
6 sisevooder 0,012 m
7 siseõhk

**Joonis C.2 — Katusematerjalid näites 2 [24]**

**Tabel C.4 — Soojustatud lamekatuse materjalide omadused**

| | $d$<br>m | $R$<br>$m^2 \cdot K/W$ | $\mu$ | $s_d$<br>m |
|---|---|---|---|---|
| Välispinna soojustakistus | – | 0,04 | – | – |
| Ilmastikukindel kiht | 0,010 | 0,05 | 500 000 | 5 000 |
| Soojustus | 0,100 | 3 | 150 | 15 |
| Aurutõke | – | – | – | 1 000 |
| Soojustus | 0,100 | 3 | 150 | 15 |
| Sisevooder | 0,012 | 0,075 | 10 | 0,12 |
| Sisepinna soojustakistus | – | 0,10 | – | – |

Analüüsitakse joonisel C.2 esitatud materjalikihte eraldavat nelja piirpinda. Arvutamisele asudes eeldatakse, et akumuleeritud niiskusekogus $M_a$ võrdub kõigil neljal piirpinnal nulliga.

[23] EE MÄRKUS Parandatud on viga standardi originaaltekstis – 0,01 m.

[24] EE MÄRKUS Aurutõkke paigaldamine soojustuse keskele on niiskustehniliselt vale lahendus.

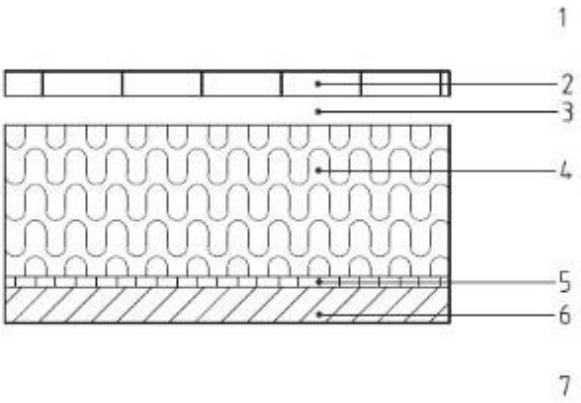
Kasutades tabelis C.1 antud keskkonnaandmeid, on jaotiste 6.4.3, 6.4.4 ja 6.4.5 kohaselt lähtekuuks valitud detsembrikuu, mil aururõhk ületab küllastusrõhu piirpinnal 1, mis paikneb ilmastikukindla kihi ja välise soojustuskihi vahel ja piirpinnal 3, soojustuse sisepinna ja aurutõkke vahel. Kondensaadi kogus $g_c$ arvutatakse valemitega (20) ja (21). Piirpinnal 1 püsib kondensaat aasta läbi, kuid piirpinnal 3 tipneb kondensaadi akumuleerumine märtsis, aurustumine toimub aprillis ja mais ning täielik väljakuivamine mai lõpuks.

**Tabel C.5 — Igakuused kondenseerunud ja akumuleerunud kogused soojustatud katuses**

| Kuu | Piirpind 1 | | Piirpind 3 | |
|---|---|---|---|---|
| | $g_c$ kg/m² | $M_a$ kg/m² | $g_c$ kg/m² | $M_a$ kg/m² |
| Detsember | 0,00022 | 0,00022 | 0,04734 | 0,04734 |
| Jaanuar | 0,00022 | 0,00043 | 0,06722 | 0,11456 |
| Veebruar | 0,00019 | 0,00063 | 0,05209 | 0,16665 |
| Märts | 0,00020 | 0,00083 | 0,01139 | 0,17804 |
| Aprill | 0,00015 | 0,00098 | −0,06451 | 0,11352 |
| Mai | 0,00012 | 0,00110 | −0,12130 | 0 |
| Juuni | 0,00009 | 0,00119 | 0 | 0 |
| Juuli | 0,00009 | 0,00129 | 0 | 0 |
| August | 0,00010 | 0,00139 | 0 | 0 |
| September | 0,00013 | 0,00152 | 0 | 0 |
| Oktoober | 0,00016 | 0,00168 | 0 | 0 |
| November | 0,00020 | 0,00188 | 0 | 0 |

## C.4 Näide 3: Hästiventileeritavat õhkvahet sisaldav ehituskomponent

Joonisel C.3 kujutatud lamekatus sisaldab hästiventileeritavat õhkvahet, mis paikneb ilmastikukindla kihi ja soojustuskihi vahel. Antud juhul, nagu on spetsifitseeritud jaotises 6.4.1, ilmastikukindlat kihti analüüsimisel ei arvestata ja välispinna soojustakistus võetakse võrdseks sisepinna soojustakistusega, materjalide omadused on antud tabelis C.6.




**Tähised**

1 välisõhk
2 ilmastikukindel kiht 0,01 m
3 hästiventileeritav õhkvahe
4 soojustus 0,10 m
5 aurutõke
6 sisevooder 0,012 m
7 siseõhk

**Joonis C.3 — Ventileeritava lamekatuse materjalid näites 3**

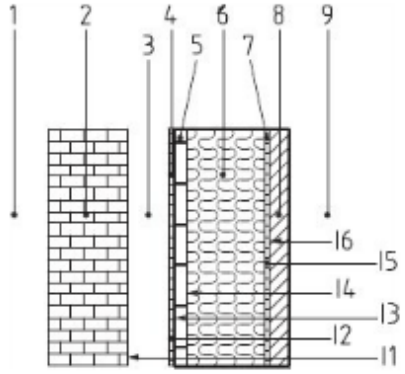
**Tabel C.6 —Ventileeritava õhkvahega lamekatuse materjalide omadused**

| | $d$<br>m | $R$<br>m²·K/W | $\mu$ | $s_d$<br>M |
|---|---|---|---|---|
| Välispinna soojustakistus | – | 0,10 | – | – |
| Soojustus | 0,100 | 3 | 150 | 15 |
| Aurutõke | – | – | – | 1 000 |
| Sisevooder | 0,012 | 0,075 | 10 | 0,12 |
| Sisepinna soojustakistus | – | 0,10 | – | – |

Selle konstruktsiooni analüüs ei prognoosi tabelis C.1 antud kliimatingimuste korral kondensaadi tekkimist mitte ühelgi kuul.

## C.5 Näide 4: Ehituskomponent soojas niiskes kliimas

Selles näites analüüsitakse joonisel C.4 kujutatud puitsõrestikseina, kasutades tabelis C.7 antud materjaliomadusi.




**Tähised**

1 välisõhk
2 tellis 0,105 m
3 ventileerimata õhkvahe, 0,05 m
4 läbilaskev membraan
5 vineer 0,012 m
6 soojustus 0,140 m
7 aurutõke
8 kipskrohvplaat 0,0125 m
9 siseõhk

**Joonis C.4 — Puitsõrestikseina materjalid näites 4**

**Tabel C.7 — Puitsõrestikseina materjalide omadused**

| | $d$ m | $R$ m²·K/W | $\mu$ | $s_d$ m |
|---|---|---|---|---|
| Välispinna soojustakistus | – | 0,04 | – | – |
| Tellis | 0,105 | 0,136 | 8 | 0,84 |
| Ventileerimata õhkvahe | 0,050 | 0,18 | – | – |
| Läbilaskev membraan | – | – | – | 0,2 |
| Vineer | 0,012 | 0,092 | 90 | 1,1 |
| Soojustus | 0,140 | 3,5 | 1,4 | 0,2 |
| Aurutõke | – | – | – | 50 |
| Kipsplaat | 0,0125 | 0,06 | 12 | 0,15 |
| Sisepinna soojustakistus | – | 0,13 | – | – |

Analüüs tabelis C.1 antud välis- ja sisekliimatingimustel näitab, et kondenseerumist prognoositakse igal kuul, nagu seda võibki eeldada aurutõkke olemasolust soojustusest seespool.

Kui on tegemist kuumas kliimas asuva konditsioneeritava hoone komponendiga, mille analüüsimisel kasutatakse tabelis C.8 antud kliimaandmeid, siis on kondenseerumist oodata soojustuse ja aurutõkke vahel piirpinnal 5 aasta kõige kuumematel kuudel, juulis, augustis ja septembris (vt tabelit C.9).

**Tabel C.8 — Välis- ja sisetingimused kuumas ja niiskes kliimas**

| Kuu | Välistingimused | | Sisetingimused | |
|---|---|---|---|---|
| | $\theta_e$ °C | $\varphi_e$ | $\theta_i$ °C | $\varphi_i$ |
| Jaanuar | 8,0 | 63,0 | 20,0 | 40,0 |
| Veebruar | 8,0 | 63,4 | 20,0 | 40,0 |
| Märts | 11,0 | 64,4 | 20,0 | 40,0 |
| Aprill | 15,5 | 69,2 | 20,0 | 40,0 |
| Mai | 19,5 | 76,9 | 20,0 | 40,0 |
| Juuni | 21,5 | 84,1 | 20,0 | 40,0 |
| Juuli | 26,0 | 85,4 | 20,0 | 40,0 |
| August | 27,0 | 82,8 | 20,0 | 40,0 |
| September | 25,0 | 80,2 | 20,0 | 40,0 |
| Oktoober | 20,0 | 70,5 | 20,0 | 40,0 |
| November | 15,5 | 68,8 | 20,0 | 40,0 |
| Detsember | 10,5 | 66,4 | 20,0 | 40,0 |

**Tabel C.9 — Igakuused kondenseerunud ja akumuleerunud kogused piirpinnal 5**

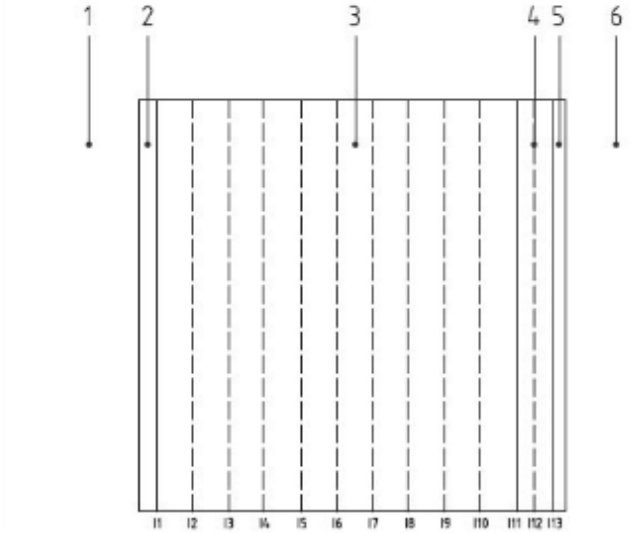
| Kuu | Piirpind 5 | |
|---|---|---|
| | $g_c$ kg/m² | $M_a$ kg/m² |
| Juuli | 0,0941 | 0,0941 |
| August | 0,1158 | 0,2100 |
| September | 0,0211 | 0,2311 |
| Oktoober | −0,1701 | 0,0610 |
| November | −0,2563 | 0,0000 |
| Detsember | 0,0000 | 0,0000 |
| Jaanuar | 0,0000 | 0,0000 |
| Veebruar | 0,0000 | 0,0000 |
| Märts | 0,0000 | 0,0000 |
| Aprill | 0,0000 | 0,0000 |
| Mai | 0,0000 | 0,0000 |
| Juuni | 0,0000 | 0,0000 |

## C.6 Näide 5: Kõrge soojustakistusega kihi jaotamine

Selles näites analüüsitakse seestpoolt soojustatud kergplokkidest seina. Iga kihi materjali omadused on antud tabelis C.10. Nii plokkidest seina kui ka soojustuse soojustakistus on suurem kui 0,25 m²K/W, seega on joonisel C.5 kujutatud piirpindade moodustamiseks plokkidest sein jaotatud kümneks ja soojustus kaheks osaks.

**Tabel C.10 — Seinamaterjalide omadused**

| | $d$<br>m | $R$<br>m²·K/W | $\mu$ | $s_d$<br>m |
|---|---|---|---|---|
| Välispinna soojustakistus | – | 0,04 | – | – |
| Krohv | 0,012 | 0,015 | 8 | 0,096 |
| Plokkmüüritis | 0,275 | 2,500 | 10 | 2,75 |
| Soojustus | 0,020 | 0,500 | 1 | 0,02 |
| Vooderdus | 0,013 | 0,023 | 8 | 0,10 |
| Sisepinna soojustakistus | – | 0,13 | – | – |




**Tähised**

1 välisõhk
2 krohv 0,012 m
3 betoonplokkidest müür 0,275 m
4 soojustus 0,02 m
5 vooder 0,013 m
6 siseõhk

**Joonis C.5 — Näite 5 seinamaterjalid, materjali jaotus kihtideks on kujutatud katkendjoontega**

Kui konstruktsiooni analüüsimisel kasutatakse tabelis C.11 antud kliimaandmeid, siis on kondenseerumist oodata plokkmüüritise piirpindadel 2 ja 3, vt tabelit C.12.

**Tabel C.11 — Analüüsimisel kasutatud välis- ja sisekliima**

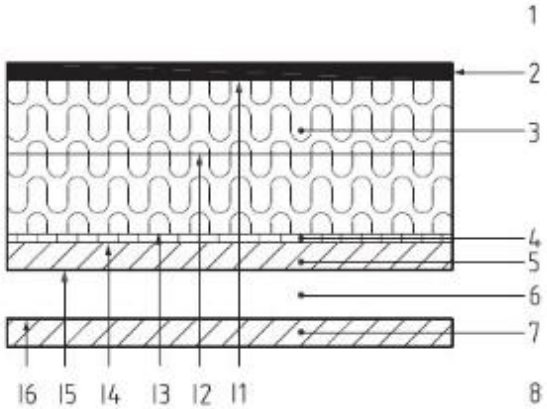
| Kuu | Väliskliima | | Sisekliima | |
|---|---|---|---|---|
| | $\theta_e$ °C | $\varphi_e$ | $\theta_i$ °C | $\varphi_i$ |
| Jaanuar | –10 | 0,95 | 20 | 0,49 |
| Veebruar | –8 | 0,94 | 20 | 0,50 |
| Märts | –5 | 0,80 | 20 | 0,54 |
| Aprill | 0 | 0,82 | 20 | 0,59 |
| Mai | 13 | 0,68 | 22 | 0,64 |
| Juuni | 18 | 0,69 | 24 | 0,68 |
| Juuli | 19 | 0,73 | 24,5 | 0,69 |
| August | 19 | 0,75 | 24,5 | 0,69 |
| September | 14 | 0,79 | 22,5 | 0,65 |
| Oktoober | 7 | 0,83 | 20 | 0,60 |
| November | 1 | 0,88 | 20 | 0,55 |
| Detsember | –4 | 0,95 | 20 | 0,51 |

**Tabel C.12 — Igakuused kondenseerunud ja akumuleerunud kogused piirpindadel 2 ja 3**

| Kuu | Piirpind 2 | | Piirpind 3 | |
|---|---|---|---|---|
| | $g_c$ kg/m² | $M_a$ kg/m² | $g_c$ kg/m² | $M_a$ kg/m² |
| Oktoober | 0 | 0 | 0 | 0 |
| November | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Detsember | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Jaanuar | 0,0249 | 0,0249 | 0,0249 | 0,0249 |
| Veebruar | 0,0056 | 0,0306 | 0,0057 | 0,0306 |
| Märts | –0,0109 | 0,0196 | –0,0109 | 0,0196 |
| Aprill | –0,0931 | 0 | –0,0932 | 0 |
| Mai | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Juuni | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Juuli | 0 | 0 | 0 | 0 |
| August | 0 | 0 | 0 | 0 |
| September | 0 | 0 | 0 | 0 |

# Lisa D
# (teatmelisa)
# Näide: märgunud kihi kuivamise arvutamine

Selles näites eeldatakse, et joonisel D.1 kujutatud lamekatuse soojustus, kiht 3, on ehitamise ajal vihmast märgunud enne, kui paigaldati väline ilmastikukindel membraan. Kihtide materjalide omadused on antud tabelis D.1. Kui komponendi analüüsimisel kasutatakse tabelis C.1 antud väliskliimat ja kõrge hõivatuse korral antud sisekliimat, ilma märgunud soojustuseta, siis ei prognoosita kondenseerumist ühelgi piirpinnal.




**Tähised**

1 välisõhk
2 membraan
3 soojustus
4 aurutõke
5 aluskiht
6 ventileerimata õhkvahe
7 vooderdus
8 siseõhk

**Joonis D.1 — Märgunud soojustuskihiga (3) lamekatus**

**Tabel D.1 — Lamekatuse materjalide omadused**

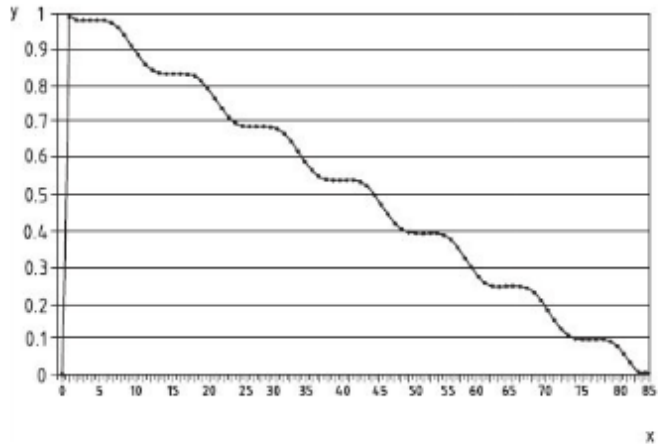
| | $d$ m | $R$ m²K/W | $\mu$ | $sa$ m |
|---|---|---|---|---|
| Välispinna soojustakistus | – | 0,04 | – | – |
| Membraan | 0,002 | 0,008 | 6 000 | 12,0 |
| Soojustus | 0,200 | 5,0 | 1,0 | 0,2 |
| Aurutõke | – | – | – | 75,0 |
| Aluskiht | 0,019 | 0,146 | 10,0 | 0,19 |
| Õhkvahe | 0,100 | 0,160 | – | – |
| Vooderdus | 0,012 | 0,06 | 12,0 | 0,15 |
| Sisepinna soojustakistus | – | 0,1 | – | – |

Soojustuskiht on jaotatud kaheks osaks ja eeldatakse, et kihi keskpunktis, mõttelisel piirpinnal 12, esineb liigniiskus 1 kg/m².

Kondenseerumis- ja aurustumiskoguste arvutus igal piirpinnal, kasutades jaotistes 6.4.4 kuni 6.4.8 spetsifitseeritud menetlusi ja tabelis C.1 antud välis- ning kõrgele hõivatusele vastavaid sisekliima-tingimusi, alustades septembrist, näitab, et kogu liigniiskus liigub piirpinnalt 2 esimese kuu jooksul piirpinnale 1 (vt tabelit D.2). Seejärel toimub niiskuse aurustumine piirpinnalt 1, kuni liigniiskus saavutab 83 kuu pärast nullväärtuse (vt joonist D.2).

**Tabel D.2 — Igakuused kondenseerunud ja akumuleerunud kogused piirpindadel 1 ja 2**

| Kuu | Piirpind 2 | | Piirpind 1 | |
|---|---|---|---|---|
| | $g_c$ kg/m² | $M_a$ kg/m² | $g_c$ kg/m² | $M_a$ kg/m² |
| | – | 1,0 | – | 0,0 |
| September | –1,382 | 0,0 | 0,99128 | 0,99128 |
| Oktoober | 0,0 | 0,0 | –0,00845 | 0,98284 |
| November | 0,0 | 0,0 | –0,00208 | 0,98075 |
| Detsember | 0,0 | 0,0 | –0,00013 | 0,98063 |
| Jaanuar | 0,0 | 0,0 | –0,00007 | 0,98056 |
| Veebruar | 0,0 | 0,0 | –0,00073 | 0,97983 |
| Märts | 0,0 | 0,0 | –0,00521 | 0,97462 |
| Aprill | 0,0 | 0,0 | –0,01266 | 0,96195 |
| Mai | 0,0 | 0,0 | –0,02254 | 0,93942 |
| Juuni | 0,0 | 0,0 | –0,02820 | 0,91121 |
| Juuli | 0,0 | 0,0 | –0,02735 | 0,88386 |
| August | 0,0 | 0,0 | –0,02539 | 0,85848 |




**Tähised**

x kuud

y kondensaadi kogus kg/m²

**Joonis D.2 — Kondensaadi kogus piirpinnal 1**

# Lisa E
# (teatmelisa)
# Niiskusülekande ja veeaururõhu vaheline seos

## E.1 Veeauru küllastusrõhk kui temperatuuri funktsioon

Järgmised empiirilised valemid väljendavad veeauru küllastusrõhku temperatuuri funktsioonina:

$$p_{sat} = 610{,}5\,e^{\frac{17{,}269\,\theta}{237{,}3+\theta}} \text{, kui } \theta \geq 0\ °C \tag{E.1}$$

$$p_{sat} = 610{,}5\,e^{\frac{21{,}875\,\theta}{265{,}5+\theta}} \text{, kui } \theta < 0\ °C \tag{E.2}$$

Need on teisendatavad kujule, mis võimaldab arvutada igale veeauru küllastusrõhule vastava küllastus-temperatuuri.

$$\theta = \frac{237{,}3\log_e\left(\frac{p_{sat}}{610{,}5}\right)}{17{,}269-\log_e\left(\frac{p_{sat}}{610{,}5}\right)} \text{, kui } p_{sat} \geq 610{,}5\ \text{Pa} \tag{E.3}$$

$$\theta = \frac{265{,}5\log_e\left(\frac{p_{sat}}{610{,}5}\right)}{21{,}875-\log_e\left(\frac{p_{sat}}{610{,}5}\right)} \text{, kui } p_{sat} < 610{,}5\ \text{Pa} \tag{E.4}$$

**Tabel E.1 — Auru küllastusrõhk ja mahupõhine niiskus**

| $\theta$ °C | $P_{sat}$ Pa | $v_{sat}$ kg/m³ | $\theta$ °C | $P_{sat}$ Pa | $v_{sat}$ kg/m³ |
|---|---|---|---|---|---|
| –20 | 103 | 0,00088 | 11 | 1 312 | 0,00999 |
| –19 | 113 | 0,00096 | 12 | 1 402 | 0,01064 |
| –18 | 124 | 0,00105 | 13 | 1 497 | 0,01132 |
| –17 | 137 | 0,00115 | 14 | 1 598 | 0,01204 |
| –16 | 150 | 0,00126 | 15 | 1 704 | 0,01280 |
| –15 | 165 | 0,00138 | 16 | 1 817 | 0,01360 |
| –14 | 181 | 0,00151 | 17 | 1 937 | 0,01444 |
| –13 | 198 | 0,00165 | 18 | 2 063 | 0,01533 |
| –12 | 217 | 0,00180 | 19 | 2 196 | 0,01626 |
| –11 | 237 | 0,00196 | 20 | 2 337 | 0,01725 |
| –10 | 259 | 0,00213 | 21 | 2 486 | 0,01828 |
| –9 | 283 | 0,00232 | 22 | 2 642 | 0,01937 |
| –8 | 309 | 0,00252 | 23 | 2 808 | 0,02051 |
| –7 | 338 | 0,00274 | 24 | 2 982 | 0,02171 |
| –6 | 368 | 0,00298 | 25 | 3 166 | 0,02297 |
| –5 | 401 | 0,00324 | 26 | 3 359 | 0,02430 |
| –4 | 437 | 0,00351 | 27 | 3 563 | 0,02568 |
| –3 | 475 | 0,00381 | 28 | 3 778 | 0,02714 |
| –2 | 517 | 0,00413 | 29 | 4 003 | 0,02866 |
| –1 | 562 | 0,00447 | 30 | 4 241 | 0,03026 |
| 0 | 611 | 0,00484 | 31 | 4 490 | 0,03194 |
| 1 | 656 | 0,00518 | 32 | 4 752 | 0,03369 |
| 2 | 705 | 0,00555 | 33 | 5 027 | 0,03552 |
| 3 | 757 | 0,00593 | 34 | 5 316 | 0,03744 |
| 4 | 813 | 0,00634 | 35 | 5 619 | 0,03945 |
| 5 | 872 | 0,00678 | 36 | 5 937 | 0,04155 |
| 6 | 935 | 0,00724 | 37 | 6 271 | 0,04374 |
| 7 | 1 001 | 0,00773 | 38 | 6 621 | 0,04603 |
| 8 | 1 072 | 0,00825 | 39 | 6 987 | 0,04843 |
| 9 | 1 147 | 0,00880 | 40 | 7 371 | 0,05092 |
| 10 | 1 227 | 0,00938 | | | |

## E.2 Aururõhk ja mahupõhine niiskus

Veeaururõhu ja õhu veeaurusisalduse seos on väljendatav valemiga (E.5):

$$p = v\,R_v\,T \tag{E.5}$$

kus

$R_v$ vee gaasikonstant = 462 Pa·m³/(K·kg);[25]

$T$ absoluutne temperatuur kelvinites.

Vahe $\Delta p$ veeauru sise- ja välisrõhu vahel on arvutatav kui:

$$\Delta p = \Delta v\,R_v\,\frac{(T_i + T_e)}{2} = \frac{G}{nV}\,R_v\,\frac{(T_i + T_e)}{2} \tag{E.6}$$

[25] EE MÄRKUS Tuleneb vee molaarmassist ($M_w$ = 18,015 kg/mol) ja gaasikonstandist $R$ = 8314,41 J/(kmol K).

# Lisa NA
# (teatmelisa)
# Standardi EVS-EN ISO 13788:2012 rakendamine hoonete projekteerimisel Eestis

**NA.1** Standardi EVS-EN ISO 13788:2012 rakendamisel hoonete projekteerimisel Eestis rakendatakse selle lisa NA andmeid ja valitakse projekteeritavale hoonele klimaatiliselt lähim linn Tallinna, Kuressaare, Pärnu, Väike-Maarja, Tartu ja Võru seast (vt joonist NA.1).

**Joonis NA.1 — Kliima valiku linnade asukohad**

**NA.2** Standardi EVS-EN ISO 13788:2012 rakendamisel hoonete projekteerimisel Eestis (et suhteline niiskus tarindis oleks alla kriitilise taseme) rakendatakse selle rahvusliku lisa NA andmeid ja arvutuslik välistemperatuur valitakse lähima linna järgi (valides Tallinna, Kuressaare, Pärnu, Väike-Maarja, Tartu ja Võru seast) (vt tabelit NA.1).

**Tabel NA.1 — Välisõhu kuu keskmine temperatuur standardi EVS-EN ISO 13788:2012 rakendamisel Eestis niiskuse arvutusteks tarindis**

| | Arvutuslik kuu keskmine välisõhutemperatuur tarindis suhtelise niiskuse arvutusteks $\theta_{e,m,0,1}$ °C | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tallinn | Kuressaare | Pärnu | Väike-Maarja | Tartu | Võru |
| Jaanuar | −13,6 | −12,6 | −14,5 | −16,1 | −16,9 | −17,3 |
| Veebruar | −13,5 | −12,6 | −13,7 | −15,8 | −15,9 | −15,7 |
| Märts | −6,3 | −6,4 | −5,5 | −6,9 | −7,1 | −6,3 |
| Aprill | 1,7 | 1,6 | 1,4 | 1,3 | 2,2 | 2,3 |
| Mai | 6,8 | 7,3 | 7,8 | 6,5 | 7,4 | 7,4 |
| Juuni | 11,6 | 12,0 | 12,7 | 11,3 | 12,2 | 12,3 |
| Juuli | 14,4 | 14,5 | 15,2 | 13,7 | 14,5 | 14,7 |
| August | 13,2 | 13,8 | 13,9 | 12,3 | 13,4 | 13,7 |
| September | 7,1 | 8,6 | 7,5 | 6,1 | 6,6 | 6,8 |
| Oktoober | 1,3 | 4,1 | 2,2 | 0,2 | 0,3 | 0,7 |
| November | −4,9 | −1,1 | −4,7 | −6,9 | −6,8 | −6,4 |
| Detsember | −9,6 | −7,9 | −10,5 | −12,8 | −13,6 | −14,5 |

**NA.3** Standardi EVS-EN ISO 13788:2012 rakendamisel hoonete projekteerimisel Eestis pinnakondensaadi riski arvutamisel rakendatakse selle rahvusliku lisa NA andmeid ja arvutuslik välistemperatuur valitakse lähima linna järgi (Tallinna, Kuressaare, Pärnu, Väike-Maarja, Tartu ja Võru seast) (vt tabelit NA.2).

**Tabel NA.2 — Välisõhu madalaim keskmine ööpäevatemperatuur standardi EVS-EN ISO 13788:2012 rakendamisel Eestis tarindite ja hooneosade pinnale kondensatsiooni riski arvutamiseks**

| | Temperatuur hoone tarindite ja elementide pinnale kondensatsiooni riski arvutamiseks $\theta_{e,d,min}$ °C | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tallinn | Kuressaare | Pärnu | Väike-Maarja | Tartu | Võru |
| Madalaim keskmine ööpäeva temperatuur | −17,0 | −15,9 | −18,9 | −21,0 | −21,3 | −22,5 |

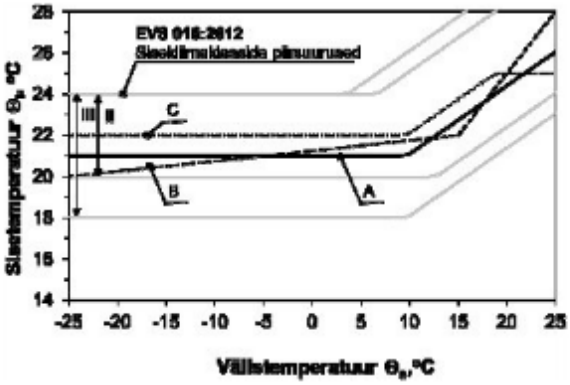
**NA.4** Standardi EVS-EN ISO 13788:2012 rakendamisel hoonete projekteerimisel Eestis (et suhteline niiskus tarindis oleks alla kriitilise taseme) kasutatakse selle rahvusliku lisa NA andmeid ja suhteline niiskus valitakse vastavalt arvutuslikule välistemperatuurile (vt tabelit NA.3).

**Tabel NA.3 — Välisõhu arvutuslikule temperatuurile vastav suhteline niiskus standardi EVS-EN ISO 13788:2012 rakendamisel Eestis**

| | Arvutuslik kuu keskmine välisõhutemperatuur tarindis suhtelise niiskuse arvutusteks $\theta_{e,m,0,1}$ °C | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tallinn | Kuressaare | Pärnu | Väike-Maarja | Tartu | Võru |
| Jaanuar | 85 | 85 | 86 | 86 | 85 | 87 |
| Veebruar | 80 | 86 | 85 | 86 | 81 | 78 |
| Märts | 82 | 85 | 81 | 81 | 79 | 73 |
| Aprill | 74 | 89 | 91 | 77 | 75 | 71 |
| Mai | 72 | 72 | 68 | 70 | 70 | 67 |
| Juuni | 69 | 82 | 73 | 71 | 71 | 73 |
| Juuli | 86 | 85 | 79 | 85 | 81 | 77 |
| August | 81 | 84 | 84 | 86 | 83 | 87 |
| September | 78 | 80 | 79 | 79 | 82 | 88 |
| Oktoober | 78 | 81 | 76 | 82 | 80 | 80 |
| November | 77 | 81 | 78 | 82 | 82 | 84 |
| Detsember | 86 | 85 | 86 | 85 | 82 | 83 |

**NA.5** Standardi EVS-EN ISO 13788:2012 rakendamisel elamute projekteerimisel Eestis võib sisetemperatuuri määramisel lähtuda standardis EVS 916 (Eesti rahvuslik lisa standardile EVS-EN 15251) esitatud temperatuuri piirsuurustest või asjakohastest mõõtetulemustest (vt joonist NA.2).

Kuigi sisetemperatuur võib kütteperioodil olla ka konstantne, osutavad mõõtmised sisetemperatuuri väikest alanemist väliskliima jahenedes. Kui uute hoonete projekteerimisel ei pruugi olla vale eeldus, et sisetemperatuur on kütteperioodil konstantne, võib kasutada väärtust +21 °C. Hoone piirdetarindi hindamisel lähtutakse kõige raskematest sisetingimustest, mis võiksid hoone kasutamisel esineda. Nii näiteks võib juhtuda, et väikese sisemise niiskuskoormusega hoonet (nt laohoonet) hakatakse kasutama kõrge niiskuskoormusega hoonena (nt toiduainete töötlemise tehas). Samuti võib niiskustootlus elamute kasutusea jooksul erinevate kasutajate korral varieeruda.




Tüüpolukord A: Välistemperatuuri abil juhitav elamu keskküttesüsteem vanemates (näiteks enne 2000. a ehitatud) elamutes

Tüüpolukord B: Lokaalne küte

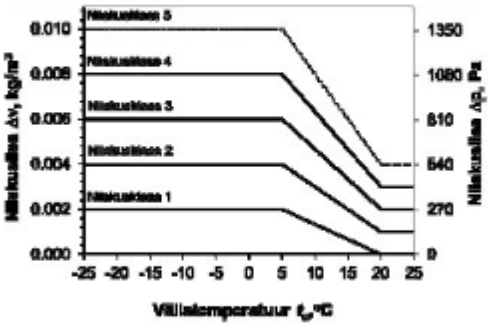
Tüüpolukord C: Välistemperatuuri abil juhitav elamu keskküttesüsteem uuemates (näiteks 2000. a või hiljem ehitatud) elamutes + jahutus

**Joonis NA.2 — Arvutusliku sisetemperatuuri sõltuvus välistemperatuurist Eesti elamutes EVS-EN ISO 13788:2012 rakendamisel hoonete projekteerimisel**

**NA.6** Standardi EVS-EN ISO 13788:2012 rakendamisel hoonete projekteerimisel Eestis kasutatakse niiskuskoormuste määramisel joonisel NA.3 esitatud niiskuslisa välistemperatuurisõltuvust. Niiskuslisa on suveperioodil eeldatavalt väiksem, kuna suvel ventileeritakse ruume rohkem ja niiskustootlus võib olla väiksem (näiteks elamutes toimub pesukuivatus õues). Niiskusklassid 1, 2 ja 3 on saadud Eestis tehtud mõõtmistest ning niiskusklassid 4 ja 5 on saadud ekstrapoleerimise teel (suurem niiskustootlus). Arvutuslikud niiskuslisa väärtused on saadud Eesti elamute mõõtetulemustest 90 % kvantiili tasemel. Keskmine niiskuslisa on külmal perioodil arvutuslikust kaks korda väiksem. See tähendab, et kui niiskuslisa 90 % kvantiilil on mõõdetud 6 g/m³, siis keskmine niiskuslisa oli 3 g/m³. Kui olemasolevas hoones tehakse niiskuskoormuse teadasaamiseks sisekliima mõõtmised, saab keskmisest niiskuslisast arvutusliku niiskuslisa, korrutades keskmise niiskuslisa kahega.

Niiskusklassides 4 ja 5 ning mehaanilise niisutusega ruumides, kus protsess tekitab suure niiskuskoormuse, lähtutakse niiskustootluse ja õhuvahetuse kaudu (valem (3)) niiskuslisa arvutamisel võimalikust suuremast niiskustootlusest ja väiksemast ventilatsiooni õhuvahetusest (arvutussuurus peab esindama kriitilisemat olukorda).

Siseõhu niiskuskoormus võib olla defineeritud suhtelise niiskusena, kui suhteline niiskus on reguleeritud (tehnosüsteemid tagavad õhu niisutuse ja kuivatuse), arvestades tehnosüsteemi mõõte- ja juhtimistäpsusega või vähemalt ±5 % taotlustasemest suurema või väiksema suhtelise niiskusega, mis tagaks kriitilisema niiskuskoormuse.




Niiskusklass 5: Spordihallid, köögid, sööklad

Niiskusklass 4: Eriotstarbelised hooned, nt pesumajad, pruulikojad, basseinid

Niiskusklass 3: Teadmata niiskuskoormusega elamud. Eluruumid asustustihedusega kuni 30 m² inimese kohta

Niiskusklass 2: Eluruumid asustustihedusega üle 30 m² inimese kohta

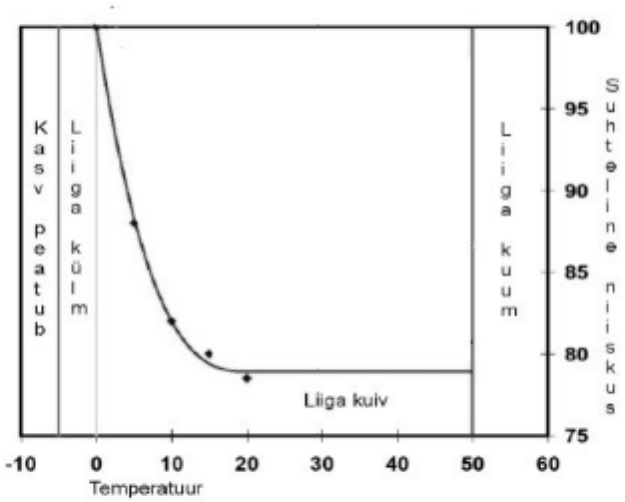
Niiskusklass 1: Väga väikese niiskustootlusega uued mitteelamud: töö- ja õpperuumid, jms

**Joonis NA.3 — Arvutusliku niiskusliisa sõltuvus välistemperatuurist Eesti hoonetel**

**NA.7** Piirdetarindid tuleb projekteerida ja ehitada selliselt, et oleks tagatud niiskustehniline turvalisus: et hoone ei oleks otseselt või kaudselt niiskusest kahjustatud ja niiskus ei ületaks kriitilist niiskust, sh oleks tagatud niiskus- ja hallituskahjustuste ning materjalide lagunemise vältimine. Kriitiline niiskus sõltub materjalist ja selle määramisel lähtutakse tootja andmetest. Tootja andmete puudumisel võib kriitilise niiskuse piirväärtusena kasutada suhtelist niiskust 75 % ja sellele vastavat materjali niiskussisaldust massi- või mahuprotsentides.

Hallituse kasv sõltub ka temperatuurist: madalamatel temperatuuridel on kriitiline suhteline niiskus kõrgem (vt joonist NA.4). Hallituse tekke risk puidul on arvutatav järgmise valemiga:

$$\varphi_{crit} = \begin{cases} 100\% & kui\ \Theta < 0°C \\ -0{,}00267 \cdot \Theta^3 + 0{,}160 \cdot \Theta^2 - 0{,}169 \cdot \Theta + 100 & kui\ \Theta \le 20°C \\ 80\% & kui\ \Theta > 20°C \end{cases}$$




**Joonis NA.4 — Kriitiline suhteline niiskus puidule hallituse kasvuks (Hukka ja Viitanen 1999)** [26]

[26] Hukka, A.; Viitanen H., (1999). „A mathematical model of mold growth on wooden material", Wood Science and Technology, 33(6): 475-485.

**NA.8** Standardi EVS-EN ISO 13788:2012 rakendamisel hoonete projekteerimisel Eestis või Eestis olevate uute ja olemasolevate hoonete soojusliku kvaliteedi hindamisel kasutatakse tabelis NA.4 esitatud temperatuuriindeksi piirsuurusi. Suurema niiskuskoormusega ruumidel (niiskusklassid 4 ja 5) tuleb aktsepteeritav temperatuuriindeks määrata eraldi, aga see ei või olla alla 0,8.

**Tabel NA.4 — Temperatuuriindeksite piirsuurused Eestis hoonete projekteerimisel ja soojusliku kvaliteedi hindamisel**

| Niiskusklass | Temperatuuriindeksi piirsuurus $f_{Rsi,min}$ | |
|---|---|---|
| | Uued hooned ja rekonstrueeritud hooned | Enne 2000. aastat ehitatud või rekonstrueeritud hooned olemasoleva olukorra hindamiseks |
| 3 | ≥0,8 | ≥0,8 |
| ≤2 | ≥0,8 | ≥0,65 |

**NA.9** Standardi EVS-EN ISO 13788:2012 rakendamisel Eestis aknaraamile veeauru kondenseerumise vältimiseks kasutatakse tabelis NA.5 esitatud temperatuuriindeksi piirsuurusi. Suurema niiskuskoormusega ruumidel (niiskusklassid 4 ja 5) tuleb aktsepteeritav temperatuuriindeks määrata eraldi, aga see ei või olla alla 0,75.

**Tabel NA.5 — Temperatuuriindeksite piirsuurused Eestis hoonete projekteerimisel aknaraamile veeauru kondenseerumise vältimiseks**

| Niiskusklass | Temperatuuriindeksi piirsuurus $f_{Rsi,min}$ |
|---|---|
| 3 | ≥0,7 |
| ≤2 | ≥0,55 |

## Kirjandus

[1] ISO 6946:2007. Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation method

[2] ISO 10077-2. Thermal performance of windows, doors and shutters - Calculation of thermal transmittance - Part 2: Numerical method for frames

[3] ISO 10211. Thermal bridges in building construction - Heat flows and surface temperatures - Detailed calculations

[4] ISO 10456. Building materials and products - Hygrothermal properties -Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values

[5] ISO 12572. Hygrothermal performance of building materials and products - Determination of water vapour transmission properties

[6] ISO 13370. Thermal performance of buildings - Heat transfer via the ground - Calculation methods

[7] ISO 13790. Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling