

## 2. bauroc POORBETOONI TEHNILISED JA EHTUSFÜÜSIKALISED OMADUSED

### 2.1. Üldist

Erinevate bauroc toodete tugevusomadused on toodud osas 3 ja müüritise tugevusomadused osas 5.

Bauroc tehases valmistatavatel toodetel on erinevad tehnilised näitajad. See annab poorbetootodetele väga laia kasutusala. bauroc plokke toodetakse viie erineva keskmise kuivtihedusega 300 kg/m<sup>3</sup> (ECOTERM+), 375 kg/m<sup>3</sup> (UNIVERSAL), 425 kg/m<sup>3</sup> (CLASSIC), 475 kg/m<sup>3</sup> (ELEMENT), 535 kg/m<sup>3</sup> (HARD, PLADE\*) ja 575 kg/m<sup>3</sup> (ACOUSTIC). Armeeritud tooteid (SILLUS, TREPIELEMENT, SEINAPANEEL, LAEPANEEL) ja MASK plokke toodetakse keskmise kuivtihedusega 500 kg/m<sup>3</sup>.

Tabelis on toodud materjali olulisemad omadused vastavalt poorbetooni tihedusele.

Tabel 2.1. bauroc poorbetooni tehnilised näitajad

Omadus	ECOTERM+	UNIVERSAL	CLASSIC	ELEMENT	PLADE*	ACOUSTIC	HARD
Kuivtihedus (kg/m <sup>3</sup> )	300	375	425	475	535	575	535
Normaliseeritud survetugevus (keskmine) (N/mm <sup>2</sup> )	1,8	2,5	3,0	3,0	4,5	4,0	5,0
Mahukahanemine (mm/m)	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,3
Nakketugevus nihkel (N/mm <sup>2</sup> )	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Soojuseriijuhtivus $\lambda_{10, dry}$ (W/mK)	0,072	0,09	0,10	0,10	0,13	0,14	0,13
Soojuseriijuhtivus $\lambda_D$ (W/mK)	0,080	0,10	0,11	0,11	0,17	0,17	0,17
Tuletundlikkus	Klass A1	Klass A1	Klass A1	Klass A1	Klass A1	Klass A1	Klass A1
Veeauru difusioonitegur	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10
Külmakindlus (tsükkel)	25	35	35	35	50	50	50

\* - tellimustoode

Tabel 2.2. bauroc poorbetooni tehnilised näitajad

Omadus	SILLUS	TREPIELEMENT	SEINAPANEEL	LAEPANEEL	MASK
Kuivtihedus (kg/m <sup>3</sup> )	500	500	500	500	500
Normaliseeritud survetugevus (keskmine) (N/mm <sup>2</sup> )	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Mahukahanemine (mm/m)	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,3
Soojuseriijuhtivus (W/mK)	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Tuletundlikkus	Klass A1	Klass A1	Klass A1	Klass A1	Klass A1
Veeauru difusioonitegur	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10
Külmakindlus (tsükkel)	50	50	50	50	50

### Poorsus ja pooride maht

bauroc toodetes on tahket ainet umbes 20 %, 0,5 ... 2 mm makropoore umbes 50 % ja makropooride vahelises osas mikropoore umbes 30 %.

## 2.2. Soojuslikud omadused

Poorbetooni soojaisolatsiooniomadused kuivana sõltuvad eelkõige materjali tihedusest ning pooride struktuurist. Tervikliku seinakonstruktsiooni soojaisolatsiooniomadusi mõjutavad lisaks elltoodule veel vuukide kvaliteet ja arv ning seina kasutamistingimused (niiskus). Kasutades bauroc plokkidest müüritise ladumisel bauroc liimsegu, on vuugid nii õhukesed (~2mm), et nende mõju konstruktsiooni soojapidavuse arvutamisel ei arvestata.

### **Õhutihedus**

Energia säästmise seisukohalt on piirde soojapidavusest tähtsam näitaja hoopis õhutihedus. Erinevates soojustatud sõrestikkonstruktsioonides on võimalik saavutada väga head arvutuslikud soojajuhtivuse näitajad. Seina paksus on samas suhteliselt väike. Kui aga ehitamise käigus tehakse midagi pisut valesti ja majakonstruktsioonides leidub väiksemaidki õhupilusid, mõjutab see suuresti küttekulutusi. Samuti võivad hoonete eksploatatsiooni käigus tekkivad konstruktsioonide erinevad liikumised ja soojustusmaterjalide deformatsioonid põhjustada soovimatute õhupilude teket.

bauroc majade juures on seinakonstruktsioonid niivõrd lihtsad, et ehitusvigade ja pragude tekkimise oht on viidud minimaalseks.

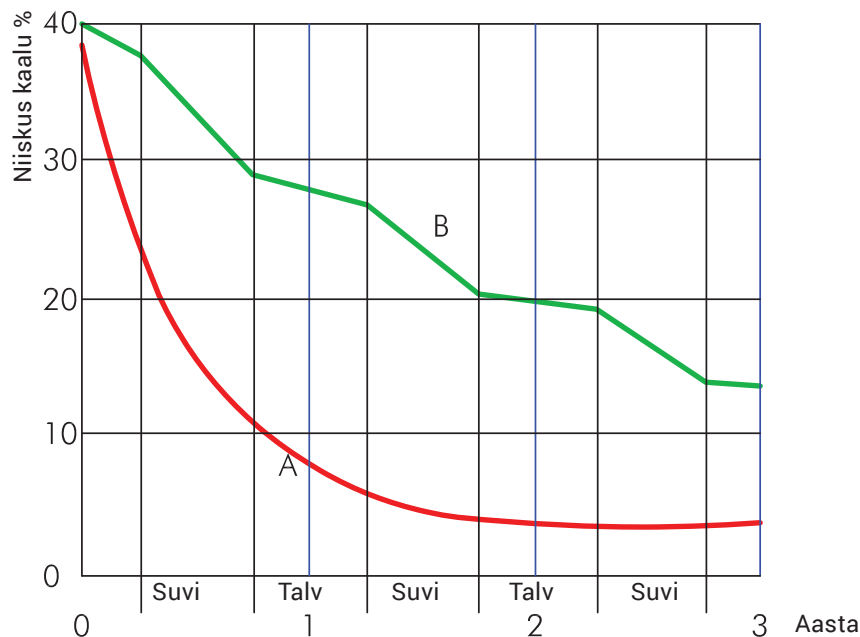
Poorbetoon on suletud pooridega ja seega õhutihe. Kasutades lisaks plokkidele ka poorbetoonsilluseid, on välissein automaatselt õhutihe. Ja mis veelgi olulisem on välistatud külmasildade teke, mis erinevate materjalide liitumisel võib nõuda keerukaid lahendusi.

Poorbetoonmaja püsib õhutihedana aastakümneid kuna ei muutu aastatega hapramaks, ei mädane ega pole karta näriliste tekitatud kahjustusi.

## 2.3. Niiskus konstruktsioonides

### Ehitusaegne niiskus

Niiskus tungib ehituselementidesse nii hoone ehitamise käigus kui kasutamisel. Lisaks jääb ehitusmaterjalidesse toomisprotsessi käigus teatud hulk niiskust, mis poorbetoonil on 30 – 35%. Seega on hoones kasutamise algetapil tunduvalt rohkem niiskust. Normaalsetes kasutamisoludes tasakaalustub poorbetoonkonstruktsioonide niiskusesisaldus praktiliselt esimeste kütteperioodide jooksul nn tasakaaluniiskuseni, mis sõltuvalt konkreetsetest tingimustest jääb enamikus vahemikku 3..6% kaalu järgi (vt. graafik 2.1).



A – niiskust läbilaskev viimistlus nii sees kui väljas

B – niiskust mitte juhtiv välisviimistlus, näiteks soojustus vahtpolüstürooliga

#### Graafik 2.1. bauroc välisseina kuivamine

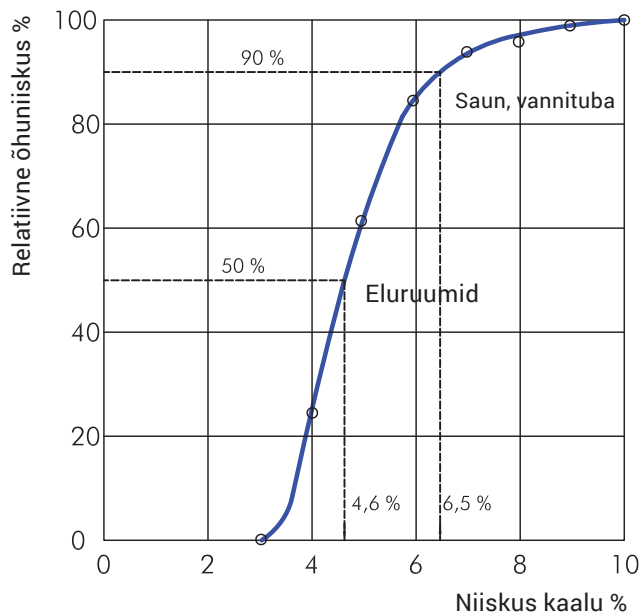
Nagu graafikult näha sõltub kuivamise kiirus kasutatavate viimistlusmaterjalide auruläbilaskvusest. Ideaalne ehitusniiskuse eraldumine aurumise teel saavutatakse mõlemalt poolt difusioonile avatud seinas. Niiskus liigub kergemini soojast keskkonnast külma suunas. Seepärast on bauroc seinakonstruktsioonide puhul eriti tähtis, et seina välisviimistlus oleks piisava auruläbilaskvusega (mineraalne krohvisegu). Ka mitmekihiliste soojustatud bauroc seinakonstruktsioonide puhul soovitame kasutada soojustusmaterjalina mineraalvillasid.

Alati ei ole võimalik konstruktsiooni kuivatamine väljapoole (poorbetoonpaneelidest katuslaed). Sellisel juhul peab sisepinna viimistlus olema tingimata selline, mis võimaldab kuivamist ruumi suunas.

Kõikide poorbetoonist konstruktsioonide puhul kehtib põhimõte, et nad peavad vähemalt ühelt poolt saama kuivada ehk konstruktsioonis olev või sinna sattuv niiskus saaks pidevalt eralduda.

## Elamisniiskus

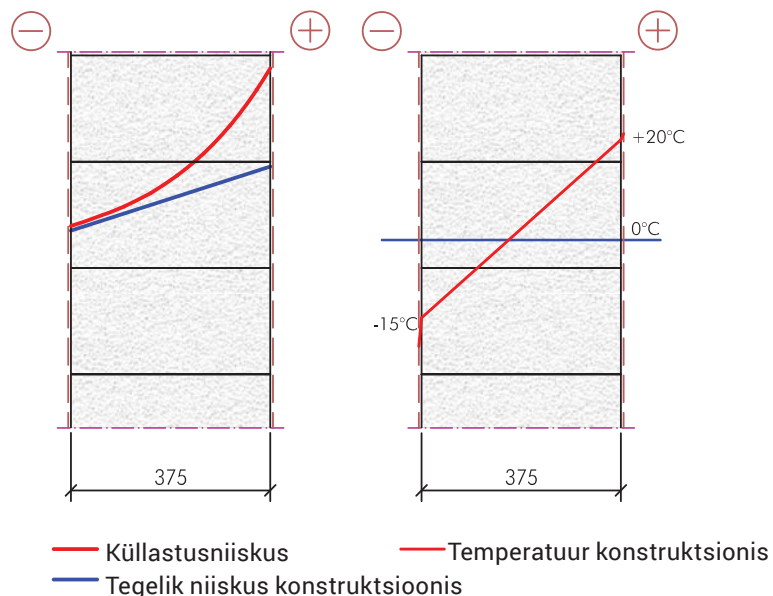
Hoone kasutamise käigus tekib samuti niiskust, mis võib samuti põhjustada konstruktsioonide niiskuskahjustusi. Sõltuvalt ruumi kasutusotstarbest võib õhuniiskus kõikuda küllalt suurtes piirides. Tänu poorbetooni struktuurile ei ole seinte tasakaaluniiskus niisketes ruumides oluliselt suurem, kui eluruumides (vt. graafik 2.2).



Graafik 2.2. Poorbetoonseinte tasakaaluniiskus sõltuvalt ruumide õhu relativsest niiskusest.

## Kastepunkt

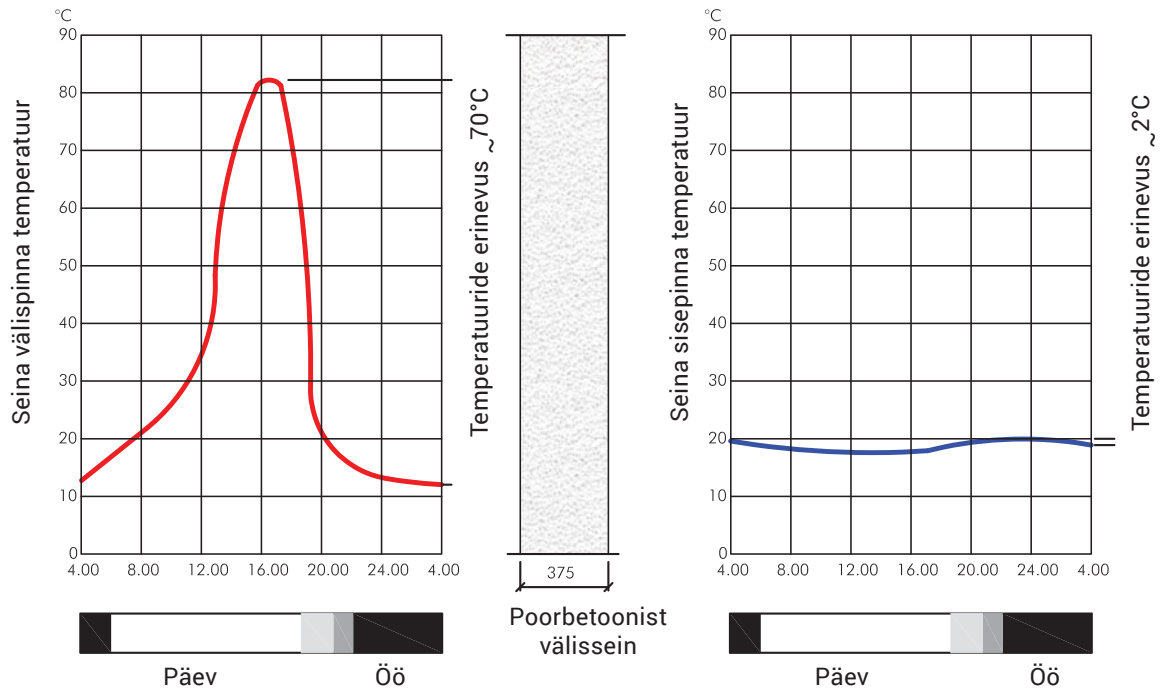
Soe õhk võib veeauru kujul vastu võtta rohkem niiskust kui külm õhk. Õhu jahtudes tõuseb suhteline niiskus seni, kuni saavutatakse küllastumistase ja veeaur hakkab kondenseeruma. Seda nimetatakse kastepunktiks. On levinud arvamus, et ühekihilises seinas, kohas kus temperatuur on 0°C, tekib kondensaat. Sellepärast soovitatakse seina soojustada. Graafikul 2.2 on kujutatud normaalsetes kasutustingimustes (seina sisepinna temperatuur +20°C ja suhteline õhuniiskus RH=40%; välispinna temperatuur -15°C ja RH=90%) olevat 375 mm paksust bauroc poorbetoonseina. Nagu näha jääb tegelik niiskus allapoole küllastusniiskuse taset. Seega ei ole sellises välisseinas karta kondensaadi tekkimise ohtu.



Graafik 2.3. bauroc ECOTERM+ plokkidest viimistletud (väljas krohv ja sees pahtel) välisseina temperatuuri ja niiskuse graafikud

### Mikrokliima

Hea mikrokliima on oluline, et tunneksime ennast toas mugavalt nii suvel kui talvel. On arvatud, et loomuliku niiskusrežiimiga tervisliku elukeskkonna tagab kõige paremini täispalkmaja. Poorbetoonil on samuti rida omadusi, mis tagavad ruumis samaväärsed elutingimused võrreldes palkmajaga. Tänu poorsele struktuurile on poorbetoon võimeline mingil määral koguma õhus sisalduvat niiskust ja seda hiljem ka loovutama. See võimaldab tagada parema ruumi niiskusrežiimi ka talvel intensiivsema kütmise perioodil. Poorbetooni väike soojajuhtivus ja piisav soojuse akumulierimise võime (soojainerts) tagavad ruumis stabiilse temperatuuri. Seepärast ongi massiivsete poorbetoonseintega majades kuumadel suvepäevadel meeldivalt jahe ja külmal talveõöl hubaselt soe. See tuleneb sellest, et poorbetoon aeglustab suurte temperatuuri kõikumiste mõju. Graafikult 2.4 on näha, et seina välispinna suure temperatuuri kõikumise juures kõigub seina sisepinna temperatuur ainult ~2°C võrra.



Graafik 2.4. bauroc välisseina soojusinerts

## 2.4. Toodete kaal

### **Transpordi kaal**

bauroc tooted saavutavad oma lõpliku tugevuse autoklaavis nende töötlemisel auruga. Autoklaavist väljumisel on toodete niiskus vahemikus 30 – 35 kaalu%. See niiskus mõjutab ka toodete transpordi kaalu. Maksimaalne transpordi kaal tehasesst väljastamisel on 1,35 kordne kuivtihedus (sisaldab ka aluse ja pakendi kaalu). Näiteks kuivtihedusega 450 kg/m<sup>3</sup> bauroc toodete suurim transpordikaal on seega 607 kg/m<sup>3</sup>.

### **Arvutuskaal**

Dimensioneerides kandekonstruktsioone kasutatakse bauroc omakaaluna vähemalt 1,1-kordset kuivtihedust. Üksikute toodete kaalud on toodud osas 3.

## 2.5. bauroc`i keemilised omadused

bauroc on keemiliselt leeliseline materjal. Selle keemilise tüve moodustavad kaltsiumhüdrosilikaadid. Autoklaavimisest tingitult erineb poorbetooni keemiline struktuur tavalisest betoonist, kuna autoklaavis lubi ja peeneks jahvatatud liiv reageerivad keemiliselt teineteisega. Reaktsiooni tulemusel tekivad kaltsiumhüdrosilikaadid, mis mõjutavad soodsalt survetugevust, mahu püsivust ja vee liikumistakistust.

## 2.6. Mahumuutused

Nagu kõigis betoonides, võime täheldada ka autoklaavses poorbetoonis niiskuse muutumisest tingitud mahumuutusi.

Poorbetooni mahukahanemise suuruseks on vähem kui 0,3 ‰ (0,3 mm/m), kui niiskussisaldus langeb veega küllastatud olekust (~60%) tasakaalustunud niiskuseni (4-6 ‰), kus siseruumide suhteline õhuniiskus on ~43%. Reaalsetes konstruktsioonides, nagu plokksein, võib mahukahanemise arvutamisel kasutada väärtust 0,2‰ (0,2 mm/m). Tuleb arvestada ka seda, et poorbetooni mahukahanemine on märgatavalt suurem, kui konstruktsiooni niiskussisaldus langeb alla 3%. Seepärast tuleks vältida konstruktsioonide kiiret kuivatamist tõhusa kuivatusseadmega.

### **Roome**

Dimensioneerides bauroc plokkidest müüritist võetakse roome mõju arvesse pikaajalisest koormusest tekitatud vormimuutuste arvutamisel jagades lühiajalise elastsusmooduli 2,0-ga.

### **Soojuspaisumine**

Poorbetooni joonpaisumiskoeffitsient on  $8 \times 10^{-6}/K$ , mis on pisut väiksem kui betoonil või terasel (betoonil  $1,2 \times 10^{-5}/K$  ja terasel  $1,0 \dots 1,4 \times 10^{-6}/K$ ).

## 2.7. Kokkupuutumine teiste materjalidega

### **Metallid**

Kuna bauroc on poorne materjal, võivad selles sisalduvad hapnik ja võimalik niiskus suhteliselt vabalt liikuda bauroc`iga seotud kaitsmata metallide ümbrusse ja põhjustada nende korrosiooni. Sellepärast tuleb raud kaitsta korrosiooni eest (värvida) või tuleb kasutada näiteks roostevaba terast või alumiiniumi.

### **Puit**

Aurustuv ehitusaegne niiskus võib kahjustada puitkonstruktsioone, mis on asetatud tihedalt vastu poorbetooni. Selle vältimiseks tuleb puitkonstruktsioonid (katuse- ja laetalad, ning sisevooder) eraldada poorbetoonist sobiva niiskustõkkega (bituumen rullmaterjal).

## 2.8. bauroc ja keskkonnamõjud

bauroc`i võib elu- ja viibimiskeskonna materjali keemilise koostise osas võrdsustada betooniga. See ei eralda keskkonda mürgiseid gaase või seda tüüpi koostisosasid.

### Mõju sisekliimale

Soome Keskkonnaministeeriumi tellimusel on uuritud sisekliimat mõjutavaid pinnakatte- ja ehitusmaterjale. Selle alusel on koostatud siseõhu kontroll- ja projekteerimisväärtuste klassifikatsioon ning juhendid nende klassidega sätestatud nõudmiste saavutamiseks.

Pinnakattematerjalide saasteklassifikatsioon esitab nõudmised töö- ja eluruumides kasutatavatele materjalidele, jagades materjalid kolme klassi neist eralduva saaste (lenduvad org. ühendid, kantserogeenid jne.) alusel. Ohtlikele lendavatele ühenditele on kehtestatud piirnormid ja määratud materjalide lõhna piirväärtused.

Uuringute tulemusena on poorbetoon tunnistatud ülalnimetatud saasteklassifikatsiooni parimasse klassi. Samasse klassi kuuluvad muud materjalid on näiteks looduslik kivi, tellis, klaas, puit.

### Bioloogilised omadused

Mineraalmaterjali alusel valmistatud bauroc ei mädane ega hallita.

### Ökoloogilised omadused

bauroc`i põhimaterjalid on mineraalainete alusel: liiv ning savi ja lubjakivi, mida kasutatakse tsemendi toormena. Lisaks sellele kasutatakse kipskivi, mis on looduslik kipsi vorm.

bauroc tehases toodete lõikamisel moodustuvad jäätmed kogutakse tootmisprotsessi tooraineks ja autoklaavitud bauroc jäägid peenestatakse ning seda kasutatakse killustiku ja kuivsegude valmistamiseks.

Lammutatud bauroc konstruktsioonid on sageli korduvkasutatavad. Materjali võib tükkidena või peenestatult kasutada pinnase täitmiseks, täitematerjalina kelta tõrjeks või muuks isolatsiooniks.

### Kiirgusomadused

RKiirguskaitsekeskus on uurinud ehitusmaterjalide radioaktiivsust ja selgitanud välja erinevate materjalide kiirgustasemed ruumides.

Ehitusmaterjalidele kehtib sanitaarnõue, et gamma-indeks (Bq/kg) peab olema alla 1.

$$\frac{K^{40}}{3000} + \frac{Ra^{226}}{300} + \frac{Th^{232}}{200} < 1$$

bauroc poorbetooni vastav näitaja on 0,05÷0,1. Seega on poorbetoonist eralduv kiirgusdoos vaid kümnendik lubatavatest näitajatest.