

# Orkukröfur

---

BREEAM kröfur og reynslan af að uppfylla þær í íslenskum verkefnum



GRÆNNI  
BYGGÐ  
GREEN BUILDING  
COUNCIL ICELAND

## Inngangur

Í þessari yfirferð á orkukröfunum í BREEAM er í fyrstu farið yfir BREEAM kröfurnar í International new construction 2016 og svo farið yfir hvernig tekist hefur að uppfylla þessar kröfur í íslenskum verkefnum.

Ekki öll verkefnin hafa fylgt 2016 staðlinum, en einnig er skoðuð reyslan af verkefnum sem hafa farið eftir 2010 og 2013 BREEAM viðmiðunum.

Verkefnið var unnið í samstarfi við Verkís, VSÓ Ráðgjöf, EFLU og VSB verkfræðistofu og styrkt af Mannvirkjastofnun árið 2019.

## Efnisyfirlit

<b>1</b>	<b>Orkukröfur BREEAM International 2016</b>	<b>4</b>
1.1	Ene 01 – Lágmarka orkunotkun og kolefnislosun – 15 stig	4
1.2	Valmöguleiki 1 – (15 stig)	4
1.3	Valmöguleiki 2 (10 stig)	4
1.4	Ene 02 – Orkumælar og orkueftirlit 2 stig	4
	1.4.1 Hluti a – atvinnu- og þjónustuhúsnæði	
	1.4.2 Hluti b - Íbúðarbyggingar	
1.5	Ene 03 - Útilýsing 1 stig	5
1.6	Ene 04 – Loftslagsvæn hönnun 3 stig	5
1.7	Ene 05 – Orkunýtni kælikerfa/frystikerfa 3 stig	6
1.8	Ene 06 – Orkunýtni flutningskerfa 3 stig	6
1.9	Ene 07 – Orkunýtni rannsóknastofu 1–5 stig	6
1.10	Ene 08 – Orkunýtni tækjabúnaðar 2 stig	7
1.11	Ene 09 – Þurrkherbergi (íbúðarhús og langtíma dvalarheimili) 1 stig	7
<b>2</b>	<b>Orkukröfur BREEAM uppfylltar í íslenskum verkefnum</b>	<b>8</b>
2.1	Inngangur	8
	2.1.1 Hakið á Þingvöllum – Framkvæmdasýsla ríkisins	
	2.1.2 Sundhöll Reykjavíkur – Reykjavíkurborg	
	2.1.3 Sjúkrahótelið við Hringbraut	
2.2	Orkunýtni – Ene 01	8
	2.2.1 Hakið á Þingvöllum	
	2.2.2 Sundhöll Reykjavíkur	
	2.2.3 Sjúkrahótelið við Hringbraut	
	2.2.4 Samantekt og athugasemdir	
	2.2.5 Dæmi: Dalskóli – Vinnuferill fyrir Ene 01 kröfu í BREEAM – valkost 13	
2.3	Orkumælar – Ene 02a (og Ene 03 í BREEAM 2010)	12
	2.3.1 Hakið á Þingvöllum	
	2.3.2 Sundhöll Reykjavíkur	
	2.3.3 Sjúkrahótelið við Hringbraut	
	2.3.4 Samantekt og athugasemdir	
2.4	Útilýsing – Ene 03 (Ene 04 í BREEAM 2010) 1 stig	13
	2.4.1 Lausnir verkefna 7	
	2.4.2 Samantekt og athugasemdir	
2.5	Loftslagsvænar (tækni)lausnir – Ene04 (Ene 05 í BREEAM 2010)	13
	2.5.1 Hakið á Þingvöllum	
	2.5.2 Lausnir hinna verkefnanna	
	2.5.3 Samantekt og athugasemdir	
2.6	Lyftur – Ene 06 (Ene 08 í BREEAM 2010)	14
	2.6.1 Sundhöll Reykjavíkur	
	2.6.2 Sjúkrahótelið við Hringbraut	
	2.6.3 Hakið	
	2.6.4 Samantekt og athugasemdir	
2.7	Orkunýtni tækjabúnaðar – Ene 08 ( Ene 15 í BREEAM 2010)	14
	2.7.1 Lausnir verkefna	
	2.7.2 Samantekt og athugasemdir	

## Orkukröfur BREEAM International 2016

Í orkuhlutanum í BREEAM International 2016 er lögð mikil áhersla á að hámarka orkunýtni byggingar með ýmsum hætti og draga úr orkunotkun. Mest er hægt að fá 37 stig, auk nokkurra aukastiga, en ekki er hægt að sækja um öll 37 stigin fyrir allar byggingar. Fyrsta krafan innan orkuhlutans er veigamest og nær til allrar byggingarinnar. Aðrir kaflar eru meira sérhæfðir og eiga ekki endilega við um allar tegundir byggingar. Hér fyrir neðan má finna stuttan údrátt úr orkukröfum BREEAM 2016 þar sem stiklað er á stóru um hvað hver krafa fjallar og hver séu skilyrði hennar.

Ef byggingin er í landi þar sem meginorka á landsnetinu er endurnýjanleg, líkt og á Íslandi, er eitt stig sjálfgefið. Þetta stig fæst þó eingöngu ef færð eru rök fyrir því að umhverfsvænni sé að byggingin noti orku af landsnetinu frekar en að framleiða eigin orku til að reka bygginguna.

### 1.1 Ene 01 Lágmarka orkunotkun og kolefnislosun – 15 stig

Fyrsti hluti orkukröfunnar tekur mið af bættri orkuframmi-stöðu byggingarinnar og hvetur til hönnunar sem lágmarkar orkuþörf bygginga, frumorkunotkun og CO<sub>2</sub> losun. Hægt er að finna nánari útskýringar á þessari kröfu í Guidance note í BREEAM. Orkuþörf byggingar er skilgreind sem sú orka sem þarf til að reka bygginguna, þ.e. orka fyrir upphitun, heitt vatn, kælingu, lýsingu, viftur og dælur (e. fan power and pump power). Í byggingarreglugerð eru kröfur um orkuþörf bygginga varðandi hitun (og kælingu) en sú þörf byggist á leiðnitapi, loftskiptatapi og tapi vegna skugga.

Hægt er að fá 15 stig fyrir þennan hluta. Hér að neðan eru tilgreind lágmarksskilyrði ef stefnt er á ágæta (e. Excellent) eða framúrskarandi (e. Outstanding) einkunn fyrir bygginguna.

Hægt er að velja um tvær leiðir til að fá stig í þessum hluta, annars vegar með valmöguleika 1 eða valmöguleika 2, en velja skal valmöguleika 1 ef hann er í boði í viðkomandi landi.

### 1.2 Valmöguleiki 1 –15 stig

Í valmöguleika 1 er hægt að fá allt að 15 stig með því að nota BREEAM viðurkennd orkuútreikningaforrit (t.d. SIMIEN eða IDA ICE) til að reikna orkunotkun byggingarinnar. Niðurstaðan er svo notuð til að áætla Energy Performance Ratio for International New Construction (EPR<sub>INC</sub>). EPR<sub>INC</sub> er einkunn sem byggist á samanburði reiknaðrar orkunotkun byggingarinnar og orkunotkun viðmiðunarbyggingar sem fylgir kröfum úr byggingarreglugerð viðkomandi lands eða kröfum ASHRAE Energy Standard 90.1–2013.

Skila þarf inn útreikningum af viðmiðunarbyggingunni, heiti forritsins (samþykkt af BREEAM) sem notað var til að áætla orkuþörf byggingarinnar, staðfestingu á hæfni þess sem framkvæmdi útreikningana og gögnum um hvernig viðmiðunarbyggingin var áætluð út frá kröfum í byggingarreglugerð. Að framkvæmd lokinni skal skila inn raunverulegri

orkuþörf byggingarinnar sem áætluð er með forriti viðurkenndu af BREEAM, teikningum af byggingunni og útreikningum sem notaðir voru til að áætla orkuþörf byggingarinnar. Þá þarf einnig að upplýsa um allar breytingar á hönnun sem hafa orðið í framkvæmdarferlinu.

Ef öllum 15 stigunum er náð með valmöguleika 1 er einnig hægt að fá aukastig. Hægt er að fá allt að 4 aukastig ef allt að 80% af orkuþörfum byggingarinnar er mætt með endurnýjanlegum orkugjöfum og sú orka er einnig notuð fyrir tækjabúnað innan byggingarinnar. Einnig er hægt að fá 1 stig aukalega ef byggingin er „orkujákvæð“ („energy positive“) miðað útreikningana sem notaðir voru fyrir EPR<sub>INC</sub> einkunnina. Skila þarf skýrslu, útreikningum og afurðum frá framleiðanda, dreifingaraðila, verkfræðingi eða reiknilíkani sem staðfestir magn framleiddrar endurnýjanlegrar orku, uppruna orkunnar, magn notaðrar endurnýjanlegrar orku og ef húsið er orkujákvætt (energy positive) hve mikil orka er framleidd umfram það sem notað er.

### 1.3 Valmöguleiki 2 – 10 stig

Í valmöguleika 2 er notaður tékklisti sem gefur allt að 10 stig. Í þessum valmöguleika þarf hæfur sérfræðingur í gerð orkulíkana að meta hönnun byggingarinnar og notast við tékklista A5 í BREEAM staðlinum til að meta hve góð orkunýting byggingarinnar er. Tékklistinn nær yfir öll atriði sem hafa áhrif á orkuþörf byggingarinnar, þ.m.t. tegund lýsingar, heitt vatn, endurnýjanlega orkugjafa, einangrunargildi byggingarefnis og þéttleika byggingar, nýtingu ofnakerfis, kælingar og loftræstingar. Í hverjum lið listans eru kröfur sem gefa stig séu þær uppfylltar, mest er hægt að frá 10 stig. Viðurkenndur sérfræðingur staðfestir svo að réttur stigafjöldi hafi verið fenginn úr tékklistanum miðað við loftlagsaðstæður landsins. Tékklistann má finna í heild sinni á bls 423-429 í alþjóðlega BREEAM 2016 staðlinum.

Ef tékklistinn er notaður skal skila honum inn útfylltum ásamt gögnum sem sýna fram á að krafan sé uppfyllt. Þá þarf að fylgja bréf frá verkfræðingi sem staðfestir að tékklistinn sé útfylltur í samræmi við bygginguna og loftlagsaðstæður svæðisins. Að framkvæmd lokinni skal skila inn teikningum af byggingunni eins og hún var byggð til að staðfesta að kröfur tékklistans hafi verið uppfylltar.

### 1.4 Ene 02 Orkumælar og orkueftirlit – 2 stig

Krafan er að til staðar í byggingunni séu upp settir orkumælar svo hægt sé að fylgjast með orkunotkuninni. Fjöldi stiga í þessum hluta fer eftir tegund byggingar, mest er hægt að fá tvö stig en leikskólar, skólar og dvalarheimili fyrir langtíma dvöl geta einungis fengið eitt stig. Ef stefnt er á mjög góða, ágæta eða framúrskarandi (Very good, excellent eða outstanding) einkunn þurfa allar byggingar aðrar en íbúðarbyggingar að fá eitt stig (e. First sub-metering credit).

#### 1.4.1 Hluti a – atvinnu- og þjónustuhúsnæði

Eitt stig er gefið fyrir sérmæla á einingum með háa orkunotkun. Þá þarf mælakerfið að geta sýnt fram á hvernig í það minnsta 90% af orkunotkun var notuð. Í byggingum sem eru stærri en 1.000 m<sup>2</sup> skulu orkufrekar einingar hafa sérmæli svo hægt sé að fylgjast með og stýra orkunotkun þeirra sérstaklega. Í minni byggingum skal mæla og stýra orkunotkun t.d. með sérmælum svo hægt sé að greina hvernig orkan er notuð og stýra orkunotkun betur. Ef hússtjórnarkerfi er ekki notað skulu mælar vera þannig settir upp að hægt sé að setja upp slíkt kerfi seinna meir. Sérmælar skulu merktir svo notendur geti fylgst með orkunotkun orkufrekra eininga í byggingunni.

Seinna stigið fæst ef aðgengilegir sérmælar eru til staðar sem mæla nær alla orkunotkun notenda og skipta byggingunni niður á viðeigandi hátt. Sérmælarnir þurfa að vera þannig uppsettir að hægt sé að tengja hússtjórnarkerfi við seinna meir ef það er ekki til staðar frá upphafi. Í flestum tilfellum er viðeigandi að sérmælir sé fyrir hverja hæð hússins eða fyrir sérhvern sértækan notenda. Hægt er að nota aðrar útfærslur sem henta byggingunni og starfsemi hennar betur.

Skila þarf inn teikningum, kröfum í útboðsgögnum, samningum og öðrum upplýsingum um viðeigandi hluta byggingarinnar að hönnunartíma loknum. Að framkvæmdartíma loknum þarf BREEAM matsaðili að skila inn skýrslu með myndrænni sönnun að skilyrði hafi verið uppfyllt.

#### 1.4.2 Hluti b – Íbúðabyggingar

Eitt stig fæst ef settur er upp mælir með skjá sem sýnir orkunotkun á rauntíma svo hægt sé að fylgjast með rafmagnsnotkun og/eða notkun helstu orkugjafa byggingarinnar í rauntíma. Tvö stig fást ef hægt er að fylgjast með bæði rafmagnsnotkun og notkun annarra helstu orkugjafa (e. primary fuel consumption) með mælum sem aðgengilegir eru notendum. Ef notað er heitt vatn til húshitunar skal vera sérmælir fyrir heita vatnið. Skila þarf inn teikningum, kröfum í útboðsgögnum, samningum og öðrum upplýsingum um viðeigandi hluta byggingarinnar að hönnunartíma loknum. Að framkvæmdartíma loknum þarf BREEAM matsaðili að skila inn skýrslu með myndrænni sönnun að skilyrði hafi verið uppfyllt.

### 1.5 Ene 03 Útilýsing – 1 stig

Kröfur um tækjabúnað og orkunýtingu í lýsingu utanhúss bæði með orkunýtinni lýsingahönnun og stýringu, svo ekki sé kveikt á lýsingunni þegar dagsljós er nægilegt.

Hægt er að fá eitt stig fyrir þennan hluta ef byggingin er hönnuð þannig að utanhússlýsing sé óþörf. Ef lýsing er nauðsynleg er samt hægt að fá stigið ef nýtni útiljósanna á svæðinu sé ekki minna en 60 lm/W og að lýsingin sé sjálfvirk svo hún lýsi ekki þegar það er bjart úti ásamt því að

vera útbúin hreyfiskynjara á svæðum þar sem umferð gangandi vegfarenda er lítil. Þetta á við um alla útilýsingu þ.m.t. öryggislýsingu, flóðlýsingu og hvers konar skrautlýsingu.

Skila þarf inn teikningum og öðrum viðeigandi upplýsingum af lóð byggingarinnar ásamt upplýsingum um birtuskilyrði á næturnar ef ekki er hægt að komast hjá því að hafa lýsingu utanhúss. Að hönnunartíma og framkvæmdartíma loknum skal BREEAM matsaðili skila inn skýrslu sem inniheldur myndræna sönnun eða teikningu af byggingunni og upplýsingar fá framleiðanda. Ef útilýsing er ekki sett upp skal BREEAM matsaðillinn láta fylgja rökstuðning/skýrslu um birtuskilyrði að næturlagi.

### 1.6 Ene 04 Loftslagsvæn hönnun – 3 stig

Markmið þessa hluta er að minnka orkunotkun byggingar ásamt meðfylgjandi kolefnislosun og minnka þörf á orku fyrir tæknikerfi byggingarinnar (e. active building services systems).

Hægt er að fá mest 3 stig fyrir þennan hluta og ólíkt fyrri útgáfum BREEAM þá eru engar lágmarkskröfur um stiga-fjölda í þessum hluta til að ná mjög góðri (e. Very Good) eða betri einkunn.

Hægt er að fá allt að tvö stig fyrir orkunýtna hönnun. Fyrsta stigið fæst ef sýnt er fram á að byggingin geti haldið ásættanlegu hitastigi, hönnunarteymi endurskoðar upprunalegar hönnunarhugmyndir (e. concept design stage) og innleiði passífar orkunýtni lausnir til að minnka orkunotkun og að þær lausnir sem notaðar verða við hönnun byggingarinnar skili að lágmarki 5% samdrætti í orkuþörf. Orkunýtin hönnun skal felast í að huga að staðsetningu byggingar, veðráttu, lögun byggingar, efnisvið byggingar ofl. Næsta stig fæst svo ef metnir eru möguleikar á því að hanna inn svo kallaða „free cooling“, þar sem nýttar eru varmaskiptilausnir, en yfirleitt er þetta ekki nauðsynlegt á Íslandi. Byggingin skal vera náttúrulega loftræst eða nota samsetningu af lausnum. Notkunarmöguleika á kælingu með varmaskiptum skal skoða í öllum þeim rýmum sem dvalið er í lengri tíma (s.s. ekki baðherbergi, gangar, lyftur o.p.h.). Þá skal áætlun um kælingar lausn felast m.a. í kælingu að næturlagi, grunnvatnskælingu, vatnskælingu ofl.

Eitt stig fæst ef hagkvæmniathugun á sér stað í lok hugmyndahönnunarstigins af hæfum sérfræðingi til að meta hvar og hvernig er hægt að nálgast endurnýjanlega orku til að reka bygginguna og ef nærliggjandi endurnýjanlegur orkugjafi verður notaður fyrir bygginguna. Í slíkri athugun skal meðal annars skoða sparnað á koltvísýringslosun á ári, vistferilskostnað, mögulega styrki og ástæður fyrir því að þessi aðferð var valin framyfir aðrar, svo fátt eitt sé nefnt.

Ef byggingin er í landi þar sem meginorka á landsnetinu er endurnýjanleg, líkt og á Íslandi, er eitt stig sjálfgefið. Þetta

stigi fæst þó eingöngu ef færð eru rök fyrir því að umhverfisvænna sé að byggingin noti orku af landsnetinu. Skila þarf inn skýrslu um greiningu á passive lausnum og staðfestingu á að orkupörf byggingarinnar hafi lækkað verulega með innleiðingu þessara lausna. Orkupörf og orkulækkun vegna orkunýttinna hönnunar lausna skulu reiknuð með BREEAM viðurkenndum aðferðum. Einnig skal skila inn hermilíkani (e. dynamic simulation model) sem sýnir möguleikann á hvernig kælingarhönnun hafi verið leyst og hvernig fyrsta stigi var náð í Hea 04. Þegar byggingin er tilbúin skal BREEAM matsaðili skila skýrslu með myndum eða teikningum af byggingunni.

### 1.7 Ene 05 Orkunýtni kælikerfa / frystikerfa –3 stig

Krafan er að kælikerfi og stýrikerfi þeirra séu hönnuð til þess að draga úr losun á gróðurhúsalofttegundum yfir líftíma sinn og að þau uppfylli viðeigandi staðla og kröfur um slíkan búnað. Öll stærri kæliými sem ekki eru til einknota falla undir þessa kröfu, t.d. kælar í verslunum, veitingastöðum, matvinnslufyrirtækjum (fiskvinnsla, sláturhús o.þ.h.), rannsóknarstofum og sjúkrahúsum. Þessi krafa á ekki við í íbúðarhúsum eða ef kælirinn er frístandandi, þ.e. ekki hluti af byggingunni.

Hægt er að fá allt að 3 stig fyrir þennan hluta.

Eitt stig snýr að orkunýttinu hönnun og gerðar eru margar kröfur þar um, t.d. að kæliýmið sé hannað af hæfum verkfræðingi (þ.e. með a.m.k. fimm ára reynslu á undanförunum sjö árum) og að einangrun kæliýma sé góð og að leiðnitap sé eins lítið og mögulegt er.

Eitt stig tengist orkunýtni búnaðar og þá er krafist að búnaðurinn og íhlutir hans standist kröfur settar fram í BREEAM.

Eitt stig tengist óbeinni koltvísyringslosun þar sem sýna þarf fram á að kerfið hafi minni óbeina koltvísyringslosun en viðmið (e. baseline) með notkun þeirrar tækni sem er í boði. Reikna þarf magn óbeinnar koltvísyringslosunar með Total Equivalent Warming Impact aðferðinni sem gefin er í BREEAM handbókinni. Eingöngu er hægt að fá þetta stig ef hin tvö stigin fást líka. Gefin eru nokkur dæmi um hvernig hægt er að ná bestu frammistöðu kælisins t.d. að minnka loftskipti í gegnum hurðina með því að minnka tímenn sem hurðin er opin með sjálfkrafa hurðaopnara eða plastborðum í hurðaropinunni. Notast skal við staðal um orkunýtingu kælikerfa sem BREEAM hefur samþykkt, hér á landi hefur enginn verið samþykktur af BREEAM og því skal notast við ECA Energy Technology Product List.

Skila þarf inn teikningum og öðrum viðeigandi skjölum til að sýna fram á að kerfið standist þær kröfur sem BREEAM leggur fram, auk þess ef einhverjar kröfur eiga ekki við þarf að fylgja rökstuðningur frá viðurkenndum verkfræðingi. Skila þarf bréfi frá framleiðanda eða dreifiaðila eða afrit af tæknilegum upplýsingum sem staðfesta að viðeigandi

hlutar mæti orkukröfum. Þá þarf einnig að leggja inn gögn sem staðfesta að tegund tækjanna stuðli að minnkun koltvísyringslosun ásamt lýsingu á því hvernig hún á sér stað þar sem útreikningar eru framkvæmdir af hæfum verkfræðingi með reynslu.

### 1.8 Ene 06 Orkunýtni flutningskerfa – 3 stig

Með þarfagreiningu og áætluðu notkunarmunstri á lyftum, rúllustigum og rúllubrautum byggingarinnar er hægt að þróa lausn sem er bæði sparneytin og þjónar þörfum notenda byggingarinnar. Gera þarf grein fyrir orkunýtnum lausnum fyrir lyftur, rúllustiga og rúllubrautir.

Hægt er að fá allt að 3 stig fyrir þennan hluta

Fyrsta stigið tengist orkunotkun. Framkvæma þarf þarfagreiningu til að meta hver sé hentugasti (e. optimal) fjöldi og tegund af lyftum, rúllustigum og rúllubraut ásamt áætlun um orkunotkun þeirra samkvæmt ISO/DIS 25745 Energy performance of lifts, escalators and moving walks. Bera þarf saman að lágmarki tvö mismunandi kerfi og taka skal fram hvaða kerfi hefur minnstu orkunotkunina. Við val á flutningskerfi er nóg er að útbúa yfirlýsingu þar sem val á lyftu, rúllustiga eða rúllubraut er rökstutt, t.d. val á lyftu í íbúðarhúsi til að stuðla að aðgengi hreyfihamlaðra eða vörulyfta til að flytja vörur milli hæða.

Til viðbótar við fyrsta stigið er hægt að fá tvö stig sem tengjast orkunýtni flutningskerfanna. Nokkrar kröfur eru gerðar varðandi lyftur til að fá þetta stig, t.d. að þegar lyftan stendur tóm um einhvern tíma skal spara orku með því að slökkva á viftum og ljósum, að ljósin í lyftunni séu sparneytin og að lyftan geti ferðast á mismunandi hraða, á mismunandi spennu og tíðni. Athuga skal hvort hægt sé að nota regenerative drives eða hleðslu drif / hleðslu lausnir til að spara orku. Rúllustigar og rúllubrautir skulu vera með búnað sem leyfir mismunandi hraða eftir þörfum eða skynjara sem setur rúllustigann af stað þegar þörf er á en kemur í veg fyrir að hann sé í gangi að ástæðulausu.

Skila þarf skýrslu um þarfagreininguna og orkuútreikningana fyrir fyrri stigið. Fyrri seinni tvö stigin þarf að skila inn viðeigandi hluta af teikningum af byggingunni og annað hvort upplýsingum frá framleiðanda eða formlegu bréf frá framleiðanda kerfisins eða dreifiaðila ásamt rökstuðningi frá orkufyrirtæki um ástæður þess að regenerative drive var ekki sett upp.

### 1.9 Ene 07 Orkunýtni rannsóknastofu – 1–5 stig

Markmiðið er að rannsóknastofur séu hannaðar með orkunýtni í huga og minnka CO<sub>2</sub> losun. Þessi krafa á eingöngu við um byggingar sem eru með rannsóknarstofu.

Hægt er að fá eitt eða allt að fimm stigum (fer eftir tegund

byggingar) en forkrafa er að krafan Hea 03 (Health and indoor environment) – Safe containment in laboratories sé uppfyllt áður en nokkru stigi er úthlutað.

Eitt stig byggist á hönnun rannsóknarstofunnar. Þá skal m.a. taka fram hverskonar starfsemi mun eiga sér stað í rannsóknarstofunni og hún hönnuð með þá starfsemi í huga þar sem orkuþörf rannsóknarstofunnar er haldið í lágmarki.

Allt að tvö stig fást til viðbótar fyrir byggingar þar sem gólf-flötur rannsóknarstofunnar er meiri en 10% og upp að 25% af heildargólfleti byggingarinnar. Allt að fjögur stig fást til viðbótar fyrir byggingar þar sem gólf-flötur rannsóknarstofunnar er meiri en 25% af heildargólfleti byggingarinnar. Þá skulu öll kerfi hönnuð með orkusparnað í huga og sýna fram á að orkuþörf rannsóknarstofunnar sé minnkuð um meira en 2% með orkusparandi leiðum. Orkusparandi aðgerðirnar mega þó ekki bitna á frammistöðu rannsóknarstofunnar eða öryggi starfsmanna hennar.

Skila þarf inn staðfestingu um að Hea 03 og Hea 02 kröfurnar séu uppfylltar, fundargerð frá fundum með viðskiptavininum, staðfestingu að mismunandi lausnir hafi verið skoðaðar, teikningum af viðeigandi hluta byggingarinnar ásamt líkani og öðrum útreikningum um orkunotkun. Að framkvæmd lokinni skal skila inn staðfestingu um að Hea 03 krafan sé uppfyllt og skýrslu frá matsaðila BREEAM.

### 1.10 Ene 08 Orkunýtni tækjabúnaðar – 2 stig

Markmiðið er að stuðla að notkun tækjabúnaðar með bestu orkunýtni í boði og þar með draga úr orkunotkun og orkuþörf. Tvö stig eru í boði.

Til að fá stigin þarf að gera greiningu á orkunotkun tækjabúnaðar og hlutdeild hans í árlegri orkunotkun byggingarinnar. Þá þarf einnig að skilgreina þau kerfi sem valda stórum hluta af heildar árlegri orkunotkun byggingarinnar og sýna fram á verulega minnkun á árlegri orkunotkun byggingarinnar. Gefin eru dæmi um hvernig hægt er að uppfylla þessi skilyrði með því að ráðleggja um hvaða tæki eru heppileg eftir tegundum byggingar. Ekki er sett skilyrði um lágmarkslækkun, sýna þarf fram á að lækkunin sé marktæk (e. meaningful). Hönnunarteymið þarf að rökstyðja að lækkunin sé nægileg og fá samþykki matsaðila.

Skila þarf inn upplýsingum um viðeigandi byggingarhluta þegar við á, upplýsingum frá framleiðanda, gögnum sem staðfesta að búnaðurinn standist staðla og kröfur t.d. EU Code of Conduct on Data Centres og viðeigandi teikningum og útreikningum. Að framkvæmdartíma loknum þarf BREEAM matsaðili að skila skýrslu með myndrænum gögnum en auk þess þarf að skila upplýsingum frá framleiðanda og gögnum sem staðfesta að búnaðurinn standist áætlun og staðla.

### 1.11 Ene 09 – Þurrkherbergi (íbúðarhús og langtíma dvalarheimili) 1 stig

Stuðlar að minni orkunotkun við að þurrka þvott.

Hægt er að fá eitt stig fyrir þennan hluta en kröfurnar eru mismunandi eftir tegund byggingar. Í íbúðarhúsum þarf að vera aðstaða sem hægt er að hengja upp minnst 4m þvottasnúru fyrir hverja tveggja til þriggja herbergja íbúð og minnst 6m þvottasnúru fyrir stærri íbúðir. Í byggingu með stökum herbergjum skal vera annað hvort aðstaða til að hengja upp tveggja metra þvottasnúru fyrir hvert herbergi eða tveggja metra þvottasnúru fyrir fyrstu 30 herbergin og svo einn metra fyrir hvert herbergi umfram 30.

Þvottasnúrunar skulu vera í hituðu rými með nægilega loftræstingu eins og kveður á um í byggingarreglugerð eða í köldum skúr sem hæfur sérfræðingur staðfestir að loftun sé nægileg til að þurrka þvott og kema í veg fyrir raka-mettun og myglu. Eldhús, stofur, gangar, svefnherbergi og borðstofur flokkast ekki sem viðeigandi rými fyrir þurrkherbergi.

Skila þarf inn teikningum, öðrum viðeigandi upplýsingum um bygginguna eða formlegu bréfi með leiðbeiningum frá verkkaupa til framkvæmdaraðila. Jafnframt þarf skýrslu með myndrænum sönnunum að skilyrði hafi verið uppfyllt eða raunteikningar byggingarinnar að framkvæmdartíma loknum.

Lagnakerfi. Mynd: Verkís.



## 2 Orkukröfur BREEAM uppfylltar í íslenskum verkefnum

### 2.1 Inngangur

Stærsti hluti af BREEAM kröfunum eru kröfurnar um orkunotkun, en þær veita 16% af heildareinkunn í Íslensku BREEAM vægi. Hér verður skoðað hvernig þrjú íslensk verkefni uppfylltu orkukröfur BREEAM. Skoðuð eru ólík verkefni til að sjá hvernig kröfunum var mætt við mismunandi kringumstæður. Notast verður við BREEAM 2010 og BREEAM 2013 því það eru kröfurnar sem verkefnið uppfylla. Við samanburð á handbókunum kemur í ljós að ekki voru gerðar miklar breytingar á orkukröfum milli ára, þó er erfiðara að fá sum stig í nýrri útgáfum og sumir minni flokkar teknir út á meðan öðrum hefur verið bætt við. Verkefni eru Hakið á Þingvöllum, viðbygging við Sundhöll Reykjavíkur og Sjúkrahótelid hjá Landsspítalanum við Hringbraut. Einnig verður farið stuttlega yfir vinnuferli fyrir kröfu ENE1, valmöguleika 1 fyrir Dalskóla sem er verkefni á vegum Reykjavíkurborgar.

Gögn til þess að greina verkefni voru fengin frá Framkvæmdasýslu ríkisins og Reykjavíkurborg.

#### 2.1.1 Hakið á Þingvöllum, Framkvæmdasýsla ríkisins

Stækkun gestastofunnar á Þingvöllum lauk sumarið 2018. Hún fól í sér nýbyggingu vestan við eldri gestastofu ásamt tengingangi á milli þeirra, saman eru þetta um 1.057m<sup>2</sup>. Nýbyggingin samanstendur af aðalinngangi, fjölnotasal og sýningarsal sem er stærsti hluti byggingarinnar en í honum hefur verið sett upp fjölbreytt sýning um sögu Þingvalla og náttúru. Notast var við BREEAM 2013 fyrir Hakið og fékk það 58% í einkunn við hönnunarvottun sem er „very good“.

#### 2.1.2 Sundhöll Reykjavíkur, Reykjavíkurborg

Viðbygging við Sundhöll Reykjavíkur var tekin í notkun síðla árs 2017. Viðbyggingin samanstendur af tveggja hæða húsi við Barónsstíg þar sem neðri hæðin er niðurgráfin, lágbyggingu sem liggur meðfram suðurlóðarmörkum og tengibyggingu við Sundhöllina sem inniheldur varðturn, lyftu og stiga í suðausturhorni Sundhallarbyggingunni. Auk viðbyggingarinnar sem allt í allt eru um 1.140m<sup>2</sup> var byggt 750 m<sup>2</sup> útisundlaugarsvæði. Notast var við BREEAM 2010 fyrir Sundhöllina og hlaut hún einkunnina 65,8% sem er „very good“ fyrir hönnunarvottun.

#### 2.1.3 Sjúkrahótelid við Hringbraut

Framkvæmdum við 4.258 m<sup>2</sup> sjúkrahótelis við Hringbraut lauk 31. janúar 2019. Sjúkrahótelid er hluti af heildaruppbyggingu nýs Landsspítala og innifelur 75 herbergi af fjölbreyttri gerð, sólstofu, veitingasal, móttöku og vinnuáðstöðu fyrir starfsfólk. Húsið er á fjórum hæðum auk kjallara og er samtengt Landsspítalanum með kjallara og tengigöngum. Notast var við BREEAM 2010 fyrir Sjúkrahótelid og hlaut það einkunnina „excelent“ með 81% fyrir hönnunarvottun.

### 2.2 Orkunýtni – Ene 01

Markmiðið er að hvetja til hönnunar á orkunýtni byggingu. Allt að 15 eða 10 stig eru í boði.

Í BREEAM 2010 er hægt að fá stig fyrir með þrennskonar leiðum. Valmöguleiki 1 felst í því að nota aðferð sem er viðurkennd héraendis til að reikna orkunotkun byggingarinnar (National Calculation Method) og bera saman við byggingu sem byggð væri miðað við kröfum byggingar-reglugerðar. Hægt er að fá allt að 15 stig fyrir þessa leið en þá þarf að vera til staða aðferð sem er viðurkennd héraendis.

Einnig er hægt að fá allt að 15 stig í valmöguleika 2 fyrir niðurstöður frá BREEAM viðurkenndum aðferðum sem reikna orkunotkun og orkunýtni byggingarinnar. Auk þessara 15 stiga er hægt að fá allt að 5 aukastig, 1 ef byggingin framleiðir umfram orku og allt að 4 stig ef allt að 80% af orkunotkun byggingarinnar er mætt með endurnýjanlegum orkugjöfum. Reikningar þurfa að vera framkvæmdir af verkfræðingi með hæfilega reynslu (minnst 3 ára reynsla á undanförunum 5 árum).

Valmöguleiki 3 byggist á tékklista sem gefur allt að 10 stig. Þá þarf hæfur sérfræðingur í gerð orkulíkana að meta hönnun byggingarinnar og notast við tékklista í handbókinni til að meta hve góð orkunýting byggingarinnar er. Tékklistinn nær yfir öll þau atriði sem koma að orkuþörf byggingarinnar, þ.m.t. tegund lýsingar, heitt vatn, endurnýjanlega orkugjafa, einangrunargildi byggingarefnis og þéttleika byggingar, nýtingu ofnakerfis, kælingar og loftræstingar. Viðurkenndur sérfræðingur staðfestir svo að réttur stigafjöldi hafi verið fenginn úr tékklistanum miðað við loftlagsaðstæður landsins.

Framan af var ekki VALIÐ að nota valmöguleika 1 eða 2 á Íslandi þar sem ekki var hefð fyrir slíkum útreikningum og því hafa flest verkefni hingað til notast við valmöguleika 3 þegar kemur að stigum fyrir Ene01.. Nýlega var þó SIMIEN reiknaaðferðin samþykkt og því stendur nú til boða í næstu verkefnum að nota valmöguleika 1 og 2.

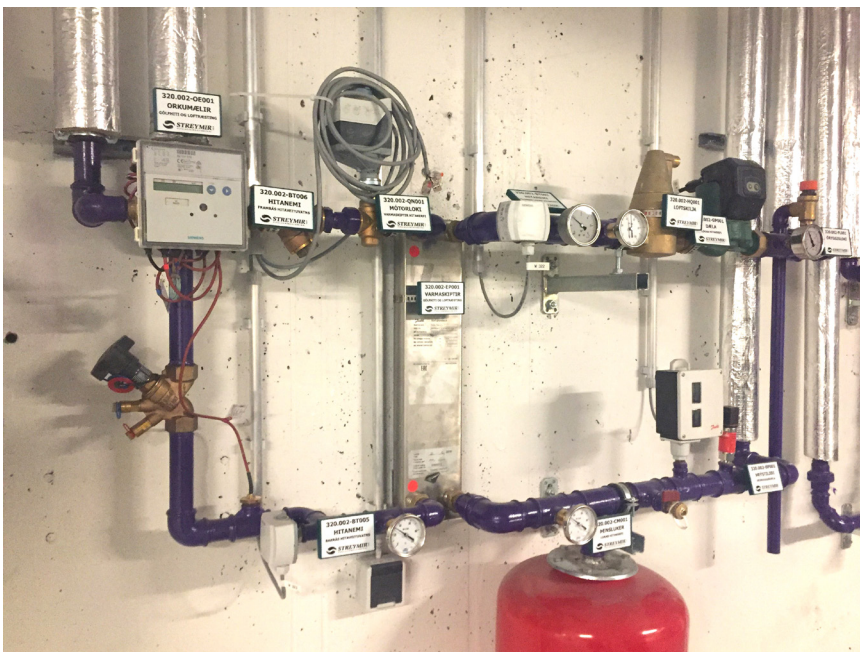
BREEAM 2013 hefur sömu leiðir til að vinna sér inn stig líkt og er lýst hér að ofan, nema að valmöguleikar 1 og 2 eru sameinaðir í einn valmöguleika.



### 2.2.1 Hakið á Þingvöllum

Fyrir Hakið var notaður tékklistinn í BREEAM 2013 og fengust öll 10 stigin sem hægt er að fá úr honum. Stigin skiptust niður á eftirfarandi máta:

Lýsing	Hreyfiskynjarar og birtuskynjarar eru settir upp til að stýra lýsingu OG eingöngu LED ljós eru notuð og nýtni ljósa eru á bilinu 68 – 134 LL/W. Krafist er að $\geq 80\%$ ljósa hafa nýtni $\geq 65$ LL/W.	2 stig
Orkunýtni heitavatns	Orkunýtni vatnshitara er nær 100%. Krafist um $\geq 85\%$	1 stig
Orkunýtni húshitunar	Vatnshitarinn er knúinn rafmagni og er með nær 100% nýtni (krafist um minnst 70%). Einn vatnshitari er notaður og hann stenst ASHRAE Standard 90.1 líkt og er krafist.	2 stig
Kæling og loftræsting	Stuðlað er að góðu innlofti með viðeigandi stýringu á hita líkt og er krafist í Hea 03 (forkrafa). Það þarf ekki kælikerfi á Íslandi (Eitt stig sjálfgefið sökum þess). Loftræsikerfi stenst flokk B í ÍST EN 13779 og Air Handling Units standast flokk L1 í ÍST EN 1888:2007 staðlinum. Loftræstingu er stýrt með CO <sub>2</sub> mæli svo mesta loftræsingin á sér stað þegar stórir hópar eru en þá notar kerfið 1.73 W/L/s, annars notar það innan við 1.6 W/L/s. Krafist er að nýtnin sé $\leq 1.6$ W/L/s. Hitanytni loftræsikerfisins er minnst 75% líkt og er krafist.	4 stig
<b>SAMTALS</b>		<b>10 stig</b>



Lagnakerfi. Mynd: Verkís.

### 2.2.2 Sundhöll Reykjavíkur

Fyrir Sundhöll Reykjavíkur var tékklistinn í BREEAM 2010 notaður og fengust 8 af 10 stigum úr honum.

Ekki var sóst eftir stiginu fyrir einangrun þar sem krafist er að U-gildi sé 20% hærra en byggingareglugerð krefst á og að

glugga séu með tvöfalt eða þrefalt gler og hylji innan við 50% útveggja. Seinna stigið sem fékkst ekki var vegna þess að loftþéttleikapróf var ekki framkvæmt, en þar er krafist að loft-hleypni sé 50% minni en það sem byggingarreglugerð krefst.

Stigin skiptust niður á eftirfarandi máta:

Kælikerfi	Byggingin þarf ekki kælingu	1 stig
Upphitunarkerfi	Ekki sóst eftir stigi	–
Loftleki	Loftræsikerfi stenst kröfur um flokk B eins og krafist er í EN 13779 og loftræsítæki uppfylla kröfu ÍST EN 1886 og ÍST EN 13053	1 stig
Orkunotkun viftu (Fan power)	Viftukerfið nota innan við 1.0 kW/m <sup>3</sup> /s. Krafist er að það sé minna en 1.3 kW/m <sup>3</sup> /s.	1 stig
Orkunýttinn ljósagjafi (Energy efficieng light source)	96,5% af ljósum uppfyll kröfur um orkunýtni. Krafist er að 90% af ljósum noti ≤ 3.3 w/m <sup>3</sup> /lux	1 stig
Ljósastýring (Lighting controls)	90% af gólfleti byggingar hefur hreyfiskynjara eða birtuskynjara til að stýra ljósunum líkt og krafist er.	1 stig
Endurnýjanlegir- og lákolefnaorkugjafar	Eingöngu endurnýjanlegir orkugjafar eru notaðir fyrir rafmagn og hita	2 stig
Orkunýtni hitakerfis	Jarðvarmi er mjög orkunýttinn orkugjafi	1 stig
Lofthleypni	Loftþéttleikapróf var ekki framkvæmt	–
	<b>SAMTALS</b>	<b>8 stig</b>

### 2.2.3 Sjúkrahóтелиð við Hringbraut

Sjúkrahóтелиð notaðist við BREEAM 2010 og þar fékkst leyfi til að nota SIMIEN sem viðurkennda aðferð til að reikna orkunotkun byggingarinnar. Þá voru eiginleikar byggingarinnar settir inn í forritið sem reiknaði svo út orkunotkun byggingarinnar. Auk þess var útbúið líkan af samskonar byggingu sem fylgir byggingarreglugerð í einu og öllu. Samkvæmt niðurstöðum SIMIEN þá hefur sjúkrahóтелиð 27% betri orkunýtni en samskonar bygging sem fylgir byggingarreglugerð og fengust því 8 stig. Sjúkrahóтелиð var með reiknaða orkunotkun upp á 182kW/m<sup>2</sup> en viðmiðunarbyggingin 249 kW /m<sup>2</sup>.

### 2.2.4 Samantekt og athugasemdir

Öll þrjú verkefni náðu frekar mörgum stigum fyrir þennan hluta.

Það virðist ekki vera svo erfitt að ná þó nokkrum stigum með tékklistanum því um helmingur stigana eru nokkuð sjálfgefin eða kemur fram í samanburði við byggingarreglugerð eins og t.d. að þurfa ekki kælikerfi, góð nýting á orku, notkun á endurnýjanlegum orkugjöfum o.þ.h. Þetta er eitthvað sem reynist oft erfiðara að ná erlendis en er auðvelt hér á landi. Auk þess fást nokkur stig með einföldum leiðum eða betrumbótum eins og t.d. að nota hreyfiskynjara til að stýra ljósunum,

nota sparneytna lýsingu og góðri orkunýtni loftræstikerfis (þar er BREEAM strangari en byggingarreglugerð sem krefst 2,0 kW/m<sup>3</sup>/s fyrir kerfi með föstu loftmagni).

Þannig virðist ekki vera erfitt að ná mörgum stigum úr tékklistanum því það sem á að vera erfitt er flest frekar sjálfgefið á Íslandi. Þó er forvitnilegt að Sundhöllin fór ekki í gegnum loftþéttleikapróf þó í byggingareglugerð sé gefið í skyn að það skuli gera. Þó er sérstaklega tekið fram í BREEAM að almenningshúsnæði með snúningsdyrum geti fengið undanþágu.

Þar sem tékklistinn skilar ekki inn eins mörgum stigum og nær ekki yfir heildarorkunotkun á sama hátt og valmöguleiki 1, er mælt með því að nýta orkuútreikningaforrit og gera nákvæma orkuútreikninga á hönnunarstigi.

### 2.2.5 Dæmi: Dalskóli – Vinnuferill fyrir Ene 01 kröfu í BREEAM – valkost 1

Hér verður gerð grein fyrir leiðbeinandi vinnuferli vegna orkukröfu Ene 01 í BREEAM vistvottunarkerfi. Í þessu verkefni var farið eftir BREEAM 2013 International New Construction viðmiðunum. Vinnuferillinn byggist á vinnu sem fór fram fyrir verkefnið Dalskóla 1. og 2. áfanga, leik- og grunnskóla. Hér verður tekið fram að niðurstaða þessara vinnu er enn í vinnslu (nóvember 2019) og á eftir að fara til yfirferðar hjá BRE-teymi, svo endurgjöf liggur ekki fyrir.

Stuðst er við notkun á SIMIEN byggingarhermiforrit til að framkvæma dýnamíska orkureikninga. SIMIEN er norskt forrit sem framkvæmir útreikninga skv. staðlinum „NS 3031 – Beregning av bygningers energiytelse; Metode og data“. Staðallinn leggur grunn að reikniaðferðum og stöðluðum gildum fyrir útreikninga á orkubúskap bygginga. SIMIEN er viðurkennt af BREEAM og staðallinn NS 3031 einnig viðurkenndur.

Vinnuferlinum í þrem megin skrefum er lýst hér á eftir: hönnunarforsendur, uppbygging módelar og BREEAM skorreiknir.

#### Hönnunarforsendur

Hönnunarforsendur þurfa að liggja fyrir frá arkitekt og hönnuði. Þessar forsendur má sjá í töflu 1. Frá arkitektum eru þetta teikningar af byggingu og eiginleikar byggingarhluta. Frá hönnuðum þurfa að liggja fyrir tækniupplýsingar um tæknikerfin. Reikna þarf út svokallað „staðlaða kuldabru“. Þetta gildi er gefið í eininguni W/m<sup>2</sup>K og lýsir heildarþapi kuldabrua á fermeter. Í NS 3031 er til reynslugildi fyrir staðlaða kuldabru fyrir mismunandi byggingarflokka. Reikna þarf líka loftþéttleika byggingar á hönnunarstigi. Krafa fyrir loftþéttleika er  $q_{50} < 6 \text{ m}^2/\text{m}^2\text{h}$  skv. byggingarreglugerð gr. 13.5.1.

#### Tafla 1 – Hönnunarforsendur fyrir SIMIEN.

Veðurgögn	Innbyggð veðurgögn fyrir Reykjavík (útilofthitastig yfir heilt ár á klukkutíma fresti, veðurgögnin innihalda ekki sólarálag fyrir Reykjavík).
Orkugjafi	CO <sub>2</sub> útblástur, nýtnistala og hlutfall orkugjafa.
Byggingarhlutar	Stærðir (flatarmál, ummál, rúmmál og lengd), loftskipti, eðlisvarmarýmd, notkunartími, kuldabru, snúningsátt, skermingarstuðull, jarðefni.
Tæknikerfi	Loftmagn, innblásturshitastig, keyrslutími, hita- og kæliafl, SFP-gildi (Specific Fan Power), hitanýtni varmaendurvinnsla, aflþörf og varmaálag frá lýsingu, tækjum og fólki, upphitun á neysluvatni, upphitunarafli hitakerfa.

#### Uppbygging módelar

Hönnunarforsendur, sjá í töflu 1 eru teknar saman og settar inn í SIMIEN, í dag er SIMIEN ekki partur af BIM (Building Information Modeling). Út frá hönnunarforsendum þarf að útbúa tvö módel í SIMIEN, eitt staðlað módel (e. National) og eitt raun módel (e. Actual). Staðlað módel inniheldur grunnigildi í samræmi við lágmarkskröfur skv. byggingarreglugerð og öðrum viðeigandi stöðlum. Raun módel inniheldur hönnunargildi í samræmi við hönnunarforsendur fengnar frá arkitekt og öðrum hönnuðum. Tafla 2 sýnir þau gildi raun módelar sem frávikast frá stöðluðum gildum. Þessi frávik sýna fram á að það er verið að gera betur í þessum atriðum. Önnur innsláttargildi í SIMIEN eru atriði sem almennt ekki krafist í byggingarreglugerð. Þar af leiðir eru þessi gildi þau sömu fyrir staðlað og raun módel. Í töflu 2 gefa grænu gildin til kynna að það er verið að gera betur en lágmarkskröfur skv. íslensku byggingarreglugerðinni. Lágmarkskröfur byggingarreglugerðar sem skipta máli fyrir orkureikninga eru leyfilegt hámark U-gilda í gr. 13.3.2. og orkunotkun loftræsikerfa í gr. 14.9.2. Rauða gildið er verið að gera betur en NS 3031 staðallinn. Bláa gildið þýðir að verið er að gera betur en hámarksloftmagn loftræsisamstæðunnar. Samstæðan getur annast hámarks hönnunarálag en með því að stýra loftmagnspörfinni betur eftir notkunarálagi þá næst að lágmarka loftmagnspörf og þar með draga úr orkunotkun til upphitunar.

Tafla – Frávik raun móðels frá stöðluðu móðeli.

Eiginleikar byggingarhluta:	Staðlað móðel	Raun-móðel
U-gildi veggja	0,40	0,30 W/m <sup>2</sup> K
U-gildi glugga	2,0	1,7 W/m <sup>2</sup> K
U-gildi þaks	0,20	0,18 W/m <sup>2</sup> K
U-gildi gólfs	0,30	0,20 W/m <sup>2</sup> K
Stöðluð kuldabru	0,12 (NS 3031)*	0,06 W/m <sup>2</sup> K
Loftskipti	6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h = 1,47 1/h**	0,84 1/h
<b>Eiginleikar loftræsikerfis:</b>		
Heildarloftmagn inn/út	4,56/2,0	2,85/2,0 m <sup>3</sup> /hm <sup>3</sup>
Varmaendurvinnsla	70	84 %
SFP	2,0	1,31 kW/m <sup>3</sup> /s

\* 0,05–0,12 W/m<sup>2</sup>K skv. NS 3031 fyrir mismunandi byggingarflokka.

\*\* Fyrir fermetra og rúmmálgildi Dalskólans þá samsvarar þetta gildi 1,45–1,64 1/h. Arkitektinn var búinn að skilgreina hönnunargildi fyrir loftskiptin í öllum rýmum Dalskólans. Sambærilegar byggingar skv. NS 3031 er 0,6–4,0 1/h fyrir mismunandi byggingarflokka.

### BREEAM skorreiknir

Eftir uppbyggingu þessara tveggja móðela í SIMIEN er hægt að reikna út niðurstöður í formi orkubúskapar byggingar yfir heilt ár. Niðurstöður eru meðal annars heildarorkuþörf, heildarorkunotkun, heildarvarmatap, heildarlosun CO<sub>2</sub> o.fl. En það sem skiptir máli fyrir BREEAM skor eru orkuþörf (e. Energy demand/n. Energeböhov), orkunotkun (e. Energy consumption/n. Levert energi) og CO<sub>2</sub> útblástur. Niðurstöður þessara atriða eru bornar saman milli staðlaðs og raun móðels til að finna út svokallað EPRNC gildi (e. Overall Building Energy Performance Ratio), sjá mynd 1. Til þess þarf svokallað translator kúrfu frá viðkomandi landi. Translator kúrfan er fengin og kvörðuð með því að nota raunverulegan gagnagrunn á frammistöðu bygginga m.t.t. orkunýtingar. Með þessu er hægt að tryggja að byggingar séu mældar og bornar saman við sambærilegar byggingar. Fyrir lönd sem hafa ekki þróað sína eigin translator kúrfu þá hefur BREEAM fjórar reynslukúrfur sem standa fyrir mis viðfangsmikla orkukröfur tiltekens lands. Fyrir Ísland hefur BRE-teymið gefið út að Ísland megi nota „translator“ kúrfu 2. En það er „Good international practice in terms of energy efficient standards for buildings“. Dalskólinn fékk EPRNC gildið 0,84 sem gefur 14 stig af 15 mögulegum stigum fyrir Ene01 kröfu.

Building floor area	7095 m <sup>2</sup>
National building energy demand	518,40 MJ/m <sup>2</sup> /annum
Actual buildings energy demand	363,24 MJ/m <sup>2</sup> /annum
Notional building primary energy consumption	163,60 kWh/m <sup>2</sup> /yr
Actual building primary energy consumption	113,90 kWh/m <sup>2</sup> /yr
Notional Building Emission Rate	2,70 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /yr
Actual Building Emission Rate	1,90 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /yr
Actual Bdg Emission Rate improvement over NotionalBuilding	29,63%
Demand Energy Performance Ratio (EPR)	0,1978
Consumption Energy Performance Ratio (EPR)	0,3598
CO <sub>2</sub> Energy Performance Ratio (EPR)	0,2837
Overall Building Energy Performance Ratio (EPR <sub>NC</sub> )	0,8413

Figure 1. Klippa úr BREEAM Ene 01 skorreikni.

### 2.3 Orkumælar – Ene 02a (og Ene 03 í BREEAM 2010)

Markmiðið er að hvetja til uppsetningar og notkunar á sérmælum til að fylgjast með orkufrekum einingum byggingarinnar. Hér eru 1 til 3 stig í boði.

Bæði BREEAM 2010 og 2013 gefa eitt stig ef settir eru upp sérmælar sem skipta byggingunni upp í einingar eða ef notað er hússtjórnunarkerfi þar sem hægt er að mæla og stýra orkunotkun. Fylgjast skal sérstaklega með hitakerfi, heitu neysluvatni, humidification, kælingu, viftum, lýsingu, lítilli orkunotkun og öðrum orkufrekum einingum.

Í BREEAM 2010 geta sjúkrahús (healthcare building) fengið annað stig ef fyrra stiginu er náð og ef allir sérmælar eru tengdir hússtjórnunarkerfi eða iðntölvu svo hægt sé að fylgjast með orkunotkun.

Hinsvegar í BREEAM 2013 fæst annað stig ef hússtjórnunarkerfi eða aðgengilegir sérmælar ná yfir orkunotkun allrar byggingarinnar, skipt niður á notendur byggingarinnar eða eftir hæðum þegar það er einungis einn notandi. Fylgjast skal sérstaklega með öllum einingum sem hafa mismunandi orkunotkun.

Auk þess er Ene 03 krafa í BREEAM 2010 sem felst í sér að fylgjast eigi sérstaklega með orkufrekum svæðum innan byggingarinnar. Þá skulu mælarnir merktir með skilgreiningu á notkun rafmagnsins.

#### 2.3.1 Hakið á Þingvöllum

Settir voru upp sérmælar fyrir alla helstu orkunotkun í Hakinu. Eitt stig fékkst skv. BREEAM 2013

### 2.3.2 Sundhöll Reykjavíkur

Sundhöllin fékk eitt stig skv. BREEAM 2010. Byggingin er útbúin hússtjórnunarkerfi þar sem hægt er að nálgast orkunotkun einstaka eininga s.s. loftræstikerfi, húshitun, heitu neysluvatni, lyftum, lýsingu og minni orkunotkun. Allir sér- mælar eru tengdir kerfinu. Öll húshitun (þar með talin heitt vatn fyrir sundlaugar) eru frá hitaveitu. Þar sem þetta er ekki sjúkrahús þá átti seinna stigið ekki við hér og ekki var sóst eftir stiginu í Ene 03.

### 2.3.3 Sjúkrahótelíð við Hringbraut

Sjúkrahótelíð uppfyllir fyrra stigið í BREEAM 2010 með því að hafa sett upp sérmæla fyrir hitakerfi og neysluvatn sem skiptist niður í hitakerfi (húshitun og gólfhiti), hitakerfi (loft- ræsting), snjóbræðsla, heitt neysluvatn. Auk þess er iðntölva sem tekur við gildum frá mælum heits og kalds vatns. Hvað rafmagnið varðar voru settir upp sérmælar fyrir hverja hæð (lýsing og minni orkunotkun), eldhús (lýsing og minni orku- notkun), lyftur, loftræstingu og mögulegar stækkanir.

Allir sérmælar eru tengdir við hússtjórnunarkerfi og því fæst seinna stigið, þar sem sjúkrahótelíð telst sem heilbrigðis- þjónustubygging.

Einnig fékkst eitt stig fyrir Ene 03 í BREEAM 2010 því settir voru aðgengilegir mælar sem fylgjast með orkunotkun orkufrekra svæða.

Alls fékk sjúkrahótelíð 3 stig fyrir efnisatriði tengd orkumælum.

### 2.3.4 Samantekt og athugasemdir

Ekki tíðkast hér á landi að setja upp búnað sem fylgist með hvernig orkunotkun byggingar skiptist niður nema það sé sérstaklega beðið um það af hálfu eiganda eða notanda byggingarinnar. Því getur þessi krafa verið bót fyrir notendur byggingarinnar að geta fylgst með hvernig orkunotkun byggingarinnar skiptist niður og þar með bætt orkunýtingu.

## 2.4 Útilýsing – Ene 03 (Ene 04 í BREEAM 2010) – 1 stig

Markmiðið er að hvetja til notkunar á orkunýtnum búnaði þegar kemur að lýsingu utandyra. Hér er 1 stig í boði.

BREEAM 2010 veitir eitt stig ef útilýsingu er stýrt með birtuskynjara eða með klukku til að koma í veg fyrir að ljósin séu í gangi þegar bjart er úti.

- Útiljósin skulu hafa nýtni uppá  $\geq 50$  LL/CW (Luminaire lumens per circuit watt) ef color rendering index (CRI) er  $\geq 60$ , en  $\geq 60$  LL/CW ef CRI er  $< 60$ .
- Útiljós fyrir bílastæði og kastarar skulu hafa nýtni uppá  $\geq 70$  LL/CW ef CRI er  $\geq 60$ , en  $\geq 80$  LL/CW ef CRI er  $< 60$ .
- Öll lýsing fyrir skilti skal hafa nýtni uppá  $\geq 60$  LL/CW ef ljósið er  $\geq 25W$ , en  $\geq 50$  LL/CW ef ljósið er  $< 25W$ .

BREEAM 2013 setur fram töflu sem inniheldur sömu kröfur og BREEAM 2010 en þar er búið að bæta við kröfum ef nota á LED ljós:

- Útiljósin skulu hafa nýtni uppá  $\geq 40$  LL/CW ef CRI er  $\geq 60$ , en  $\geq 50$  LL/CW ef CRI er  $< 60$ .
- Útiljós fyrir bílastæði og kastarar skulu hafa nýtni uppá  $\geq 55$  LL/CW ef CRI er  $\geq 60$ , en  $\geq 60$  LL/CW ef CRI er  $< 60$ .
- Öll lýsing fyrir skilti skal hafa nýtni uppá  $\geq 50$  LL/CW.

### 2.4.1 Lausnir v erkefna

Verkefnin leystu þessa kröfu með því að nota ný ljós, en nýleg ljós t.d. LED ljós uppfylla flestar þessar kröfur léttilega. Öll verkefnin fengu stigið sem er hér í boði.

### 2.4.2 Samantekt og athugasemdir

Samkvæmt byggingarreglugerð skal hönnun á útilýsingu vera þannig að ekki verði óþarfa ljósmengun og tryggt sé að útilýsingu sé beint á viðeigandi svæði og nota skal vel skermaða lampa sem varpa ljósinu niður og valda síður glýju og næturbjarma. Ekki fundust frekari leiðbeiningar eða kröfur um nýtni en kröfur BREEAM virðast fara aðeins lengra en byggingarreglugerð kveður á um. Þannig var frekar létt fyrir verkefnin að ná stiginu sem var hér í boði með því að hafa útilýsingu stýrða með klukku eða birtuskynjara og nota ljós eins og t.d. ný LED ljós.

## 2.5 Loftslagsvænar (tækni)lausnir Ene 04 (Ene 05 í BREEAM 2010)

Markmiðið er að minnka losun mengandi lofttegunda með því að hvetja til notkunar á nærliggjandi endurnýjanlegri orku fyrir helstu orkunotkun byggingarinnar.

Í BREEAM 2010 eru 3 stig í boði en þar er Ísland í góðri stöðu því það er nóg að framkvæma hagkvæmnigreiningu sem staðfestir að hiti og rafmagn koma hvoru tveggja frá endurnýjanlegum orkugjöfum og ekki sé fýsilegt að snúa sér að öðrum lausnum. Í BREEAM 2013 gildir sama undanþága fyrir land eins og Ísland þar sem nær öll orka er fengin frá endurnýjanlegum orkugjöfum, en nú eru einungis tvö stig í boði.

### 2.5.1 Hakið á Þingvöllum

Hakið er aðeins frábrugðin hinum verkefnum því það er staðsett á köldu svæði sem er friðað og hefur því ekki aðgang að hitaveitu. Í hagkvæmnigreiningunni fyrir Hakið er farið í gegnum samanburð á notkun á varmadælum eða rafmagni frá landsnetinu til hitunar, vindorka og sólarorka voru strax útilokuð vegna óáreiðanleika þeirra. Þegar lagt var mat á kostnað, reynslu og CO<sub>2</sub> losun var niðurstaða hagkvæmnigreiningarinnar sú að nota ætti rafmagn til húshitunar og notast ekki við varmadælur. Því var kosið að nota rafmagnsvatnshitara sem fær raforku frá landsnetinu. Hin verkefnin fjölluðu líka um varmaælur en gátu útilokað þá lausn mjög

fljótt vegna þess hvað hitaveituvatn er ódýr kostur og mengar lítið.

Hakið fékk 2 stig fyrir þennan hluta.

### 2.5.2 Lausnir hinna verkefna

Sundhöllin og Sjúkrahótelinu fengu fullt hús stiga í þessum hluta með hagkvæmnigreiningu. Magnið sem kemur frá landsnetinu framleiðir 99,98% af rafmagninu sínu frá endurnýjanlegum orkugjöfum. Einnig staðfestist að heitt vatn er ýmist hitað með þessu rafmagni eða fengið frá hitaveitu sem er einnig endurnýjanleg orka. Í greiningunni er fjallað um mismunandi orkusparandi lausnir, en engin þeirra minnkar kolefnislosun byggingarinnar. Ennfremur eru sumar þeirra dýrar lausnir sem myndu ekki skila ásættanlegum sparnaði á líftíma sínum sökum lágs orkuverðs á Íslandi.

Sjúkrahótelinu og Sundhöllin fengu 3 stig því þá var notast við BREEAM 2010.

### 2.5.3 Samantekt og athugasemdir

Hér er þorri byggða svæða á Íslandi í góðri stöðu því augljóst er að bygging mun ávallt nota raforku frá landsnetinu og heitt vatn frá hitaveitu ef það stendur til boða. Þetta er bæði ódýr og umhverfisvænn kostur og því gott að þessi tvö/þrjú stig fást sem viðurkenning að orkukerfið hér á landi er til fyrirmyndar. Þó þarf samt sem áður að rökstyðja að ekki sé fýsilegt að reyna að draga frekar úr kolefnislosun byggingarinnar með því að bregða frá þeim leiðum sem tíðkast hér á landi. Þó Hakið var á köldu svæði þá hefur það þó aðgang að rafmagni frá landsnetinu sem hægt er að nota til húshitunar, sem er nóg til að fá fullt hús stiga án þess að fara út í aðra tækni en sú sem almennt er notuð hér á landi.

## 2.6 Lyftur – Ene 06 (Ene 08 í BREEAM 2010)

Markmiðið er að hvetja til notkunar á orkunýtnum flutningskerfum s.s. lyftum.

Fyrir þennan hluta eru tvö stig í boði í bæði BREEAM 2010 og 2013. Seinna stigið fæst svo í kjölfar fyrsta stigsins ef þrjár orkusparandi lausnir eru innleiddar af þeim fjórum sem BREEAM leggur til.

### 2.6.1 Sundhöll Reykjavíkur

Í sundhöllinni var þörf á lyftum eingöngu vegna flutnings hreyfihamlaðra milli hæða og milli innilaugar og útsvæðis. Byggingarreglugerð gerir kröfu um flutningsgetu uppá 1000 kg (13 manns) fyrir slíkar lyftur og því fjallaði þarfa greiningin og samanburður á mismunandi lyftum á þessi skilyrði. Þá voru þrjár orkusparandi lausnir innleiddar, þ.e. að lyftan er í biðstöðu þegar lítið er að gera, hægt er að stilla hraða mótorsins og að lyftan notar orkusparneytna lýsingu. Sundhöllin fékk bæði stigin sem í boði voru.

### 2.6.2 Sjúkrahótelinu við Hringbraut

Lyfturnar í Sjúkrahótelinu þjóna þeim tilgangi að flytja fólk á milli hæða þar sem það er á fjórum hæðum auk kjallara og notendur þess 148 manns (96 dvalargestir, 20-40 gestir og 12 starfsmenn). Byggingarreglugerð gerir kröfur til lágmarksstærð lyftu sem þjóna á þeim tilgangi sem lyfta í Sjúkrahótelinu gerir. Því var valið að bera saman lyftur sem uppfylla skilyrði byggingarreglugerðar og sparneytnari lyftan valin. Valin var lyfta sem var útbúin orkusparandi lausnum, s.s. sparneytnum LED ljósum, loftræsting slekkur á sér þegar hún er ekki í notkun o.þ.h. Sjúkrahótelinu fékk bæði stigin sem voru í boði.

### 2.6.3 Hakið

Þessi hluti á ekki við þar.

### 2.6.4 Samantekt og athugasemdir

Þau verkefni sem eru með lyftur og hafa sönnunargögn til staðar sýndu fram á að það er greinilega hægt að fá fullt hús stiga fyrir þennan hluta. Bæði Sundhöllin og Sjúkrahótelinu verða að hafa lyftur skv. byggingarreglugerð og lyfturnar verða að uppfylla ákveðin stærðarskilyrði og flutningsgetu, þó var hægt að fá stigin ef rökstutt var val á lyftubúnaði með samanburði við annan búnað og innleiða nokkrar orkusparandi lausnir sem eru hagstæðar fyrir rekstur byggingarinnar.

## 2.7 Orkunýtni tækjabúnaðar Ene 08 ( Ene 15 í BREEAM 2010)

Markmiðið er að stuðla að notkunar tækjabúnaðar með bestu orkunýtni sem í boði er og þar með draga úr orkunotkun og orkuþörf.

BREEAM fer fram á að allur tækjabúnaður sem notaður verður innan byggingarinnar sé orkunýttinn þar sem BREEAM leggur fram lágmarkskröfur um orkunýtni.

### 2.7.1 Lausnir verkefna

Hér hafa verkefni náð að uppfylla kröfur með því að láta fylgja með umsókninni staðfestingu á því að allur tækjabúnaður sem nota skal í byggingunni verði eins sparneyttinn og völ er á (eða í það minnsta eins sparneyttinn og BREEAM fer fram á). Þar með skuldbindur notandi/eigandi byggingarinnar sig að kaupa eingöngu A/ A+ eða sparneytnari ísskápa, uppþvottavélar, þvottavélar, þurrkara o.þ.h. auk þess sem sparneyttinn skrifstofubúnaður verður einnig notaður o.s.v.fr.

Verkefni fengu öll fullt hús stiga, þ.e. Sjúkrahótelinu og Sundhöllin fengu eitt stig en Hakið fékk tvö stig (því BREEAM 2013 bauð uppá tvö stig fyrir þennan hluta).

### 2.7.2 Samantekt og athugasemdir

Ekki er erfitt að fá þetta stig og það er fjárhagslega hagkvæmt þegar til lengri tíma er lítið vegna lægri rafmagnskostnaðar.



Sundhöll Reykjavíkur. Mynd: Verkís.

Orkukrafa	Númer	Hakið (BRE2013)	Sundhöllin (BRE2010)	Sjúkrahóтелиð (BRE2010)
Lágmarka orkunotkun og kolefnislosun	Ene 01	10/15	8/15	8/15
Orkumælar og orkueftirlit	Ene 02	1/1	2/2	2/2
Útilýsing	Ene 03	1/1	3/3	3/3
Loftslagsvænar tæknilausnir	Ene 04	2/2	3/3	3/3
Orkunýtin kælikerfi	Ene 05	Áttu ekki við	1/3	Áttu ekki við
Orkunýtni lyfta	Ene 06	Áttu ekki við	2/2	2/2
Orkunýtni rannsóknarstofu	Ene 07	Áttu ekki við	Áttu ekki við	Áttu ekki við
Orkunýtni tækjabúnaðar	Ene 08 / (Ene 15, 2010)	2/2	1/1	1/1
<b>Samtals stig</b>		<b>16/21</b>	<b>20/27</b>	<b>17/27</b>

Útgefandi: Grænni byggð

Höfundar:

Bryndís Tryggvadóttir, Verkís

Bjartur Quangze Hu, VSÓ Ráðgjöf

Pórhildur Fjóla Kristjánsdóttir, Grænni byggð

Aðrir sem komu að skýrslunni eru:

Gyða Mjöll Ingólfssdóttir, Grænni byggð og Samorku

Ari Páll Pálsson, VSB verkfræðistofa

Sveinn Pálsson, Mannvirkjastofnun

Skýrslan er hluti af rannsóknarverkefni um vistvottunarkerfi fyrir byggingar 2019, styrkt af Mannvirkjastofnun.

Forsíðumynd: Sundhöll Reykjavíkur. Mynd: Verkís.