



Niðurstaða úr slagregnsprófunum frá mars 2021

Áður en lengra er haldið tel ég rétt að rifja upp verkefni um ísetningu glugga og hurða sem hófst árið 1991. Til að forðast óþarfa útskýringar vísa ég á aukablað sem Morgunblaðið gaf út af því tilefni og má finna undir slóðinni: <https://timarit.is/page/1751408#page/n1/mode/2up>

Að öðru leiti byggir þessi samantekt á 83 skýrslum frá slagregnsprófunum sem hafa orðið til þegar verktakar og eigendur mannvirkja hafa óskað eftir slagregnsprófunum á einum eða fleiri gluggum og hurðum, ýmist á verkstað eða heimili.

Forsendur prófana

Ástæður fyrir því að óskað er eftir slagregnsprófunum eru mismunandi. Sumir verktakar vilja fá staðfestingu á að ísetning sé unnin af ábyrgð á meðan aðrir vilja meta vinnubrögð og aðferðir undirverktaka og fá í hendur skriflega staðfestingu á niðurstöðu úr prófinu.

Nokkrar skýrslur eru frá byggingum þar sem búið er að flytja inn og jafnvel búið að búa í nokkra mánuði eða ár. Ástæða prófana í fullbúnu mannvirki er alltaf sú sama, leki hefur komið meðfram ísetningu glugga, meðfram gleri, opnanlegum fögum eða útihurðum.

Ólíkar aðstæður og margbreytilegar útfærslur

Það er ljóst að ekki er einhver ein útfærsla í gangi þegar kemur að ísetningu glugga og hurða. Í grófum dráttum má flokka ísetningar eftir gerð útveggja bygginga. Í skýrslunni er fjallað um prófanir í eftirfarandi tegundum bygginga:

- Nýbyggingar með ytri einangrun.
- Nýbyggingar með innri einangrun.
- Timburhús með einangrun í timburgrind.
- Endurnýjun í eldra húsnæði þar sem gluggar og hurðakarmar voru steypdir í mót fyrir áratugum síðan með girði til þéttinga.

Í öllum tilfellum má sjá fjölbreyttar útfærslur hvað varðar val og uppröðun á efnum, ísetningu, frágang og vinnubrögð við þéttingar meðfram gluggum og hurðum.

Í nýbyggingum má sjá bæði slétt göt í steypum veggjum og fals, 25–30 mm djúpt sem glugganum er rennt að og þétt þar á milli. Í einstaka tilfelli er gluggi festur með vinklum alveg utan við vegginn en hugleiðingar varðandi slíkar aðstæður er ekki með í þessari skýrslu.

Við endurnýjun á gluggum í eldri steinhúsum er oftast aðeins skorinn múr frá eldri gluggum að utan og nýju gluggarnir settir í gluggagatið utan frá. Þegar nýi glugginn hefur svo verið settur í og ekki fjarlægður múr að innan er takmarkað rými til að koma fyrir vandaðri þéttingu að innan.

F.Hansen

Gæðastjórnun og slagregnsprófanir

Í timburhúsum eru gluggar og hurðir sett í grind og þétt með viðeigandi eða óviðeigandi efnum og aðferðum. Algengt er að krossviðsklæðningin að utanverðu sé látinn ganga inn í rauf rétt innan við ytri brún gluggans og kíttað á pulsu að innanverðu. Slíkur frágangur var ekki prófaður.

Dæmi um leka við gólfsíða glugga þar sem fótstykkið hafði verið fjarlægt til að koma glugganum niður að gólfi. Þar sem glugginn var nokkra sentimetra innan við innri brún burðagrindar myndaðist loftstreymi undan fótstykkinu innan við gluggann og olli miklum leka.

Efnival og aðferðir

Þegar kemur að vali á þéttingarefnum og vinnubrögðum við ísetningu verður leikurinn flóknari. Margir hafa sterkar skoðanir á hvernig best sé að þétta og með hvað efnum, óháð því hvort þeir hafi þekkingu á loft- og rakaflæði eða skilning á upplýsingum úr tækniblöðum efna.

Oft er vísað til þess að stóru verktakarnir þétti með gluggum og hurðum með tilteknum hætt og þá hljóti aðferðin að vera góð og gild.

Við skoðun og umræðu á þéttingum samhliða slagregnsprófunum kom í ljós að margir telja að ytri þéttingin skuli vera sem mest lokuð fyrir loft- og rakastreymi. Þetta viðhorf endurspeglast í teikningum hönnuða og í afstöðu verkefnastjóra og verkstjóra á byggingarstað.

Hér eru dæmi um útfærslur á ytri þéttingu á þeim forsendum:

- Kíttað er á pulsu og þétti- eða öndunarborði settur yfir.
- Öndunarborði er settur að utan og yfir hann smurt með efni sem iðnaðarmenn kalla „dúk í dós“ sem lokar að mestu eða öllu loft- og rakaflæði.

Við slíkar útfærslu á þéttingum sýna mælingar á mismunaprýstingi utan og innan við ytri þéttinguna, svo til án undantekninga, 60 til 800 Pa lægri þrýsting innan við þéttinguna en utan við þegar prófað er með 1100 Pa þrýstingsmun úti og inni. Þegar slíkur þrýstingsmunur myndast sýnir reynslan að vatn sogast inn fyrir ytri þéttinguna og leynist þar ef það nær ekki alla leið inn í húsnæðið. Ef ekki er mælt hvort þrýstingsmunur sé sitt hvoru megin við ytri þéttinguna er ekki hægt að leggja mat á gæði þéttingarinnar.

Algeng efni við þéttingar

Þegar eftir því er leitað á byggingarstað liggur ekki alltaf ljóst fyrir hvaða efni eru notuð til þéttinga og vörumerkingar eru ekki alltaf sýnilegar eftir að varan hefur verið tekin úr umbúðunum.

Stjórnendur geta oft á tíðum ekki upplýst um eiginleika efnanna án aðgangs að tækniblöðum sem oft vantar á verkstað. Trú á fagur skreyttar yfirlýsingar sölumanna um ágæti og eiginleika efnanna er oft látin nægja.

Efni sem hafa verið notuð til þéttinga á umræddum prófunum:

- Kítti (eiginleikar ekki þekktir)
- Öndunarborðar með $S_d \leq 2$ m
- Þéttiborðar með $S_d \geq 20$ m
- Borðar með breytilegu S_d gildi eftir rakastigi
- Pulsur undir kítti (eiginleikar ekki þekktir)
- „Dúkur í dós“ (eiginleikar ekki þekktir)
- Þenslu-öndunarborðar með $S_d < 0,5$ m (notaður í einu tilfelli til úrbóta)
- Uretan-frauð sem einangrun (eiginleikar ekki þekktir)

F.Hansen

Gæðastjórnun og slagregnsprófanir

- Steinull til einangrunar (eiginleikar ekki þekktir)
- Plasteinangrun (eiginleikar ekki þekktir)

Leki vegna skorts á þekkingu, galla og vinnubragða

Gallar í steypum veggjum

Steypuhreiður og loftbólur í falsi eru algeng orsök lélegrar innri þéttingar.

Brot í falsbrún er erfitt að laga og oft ekki reynt.

Gamlar steypuskemmdir koma oft fram við gluggaskipti í eldra húsnæði og eru misvel lagfærðar áður en nýi glugginn er settur í.

Röng notkun þéttiefna



Ríkjandi hefð í dag er að ytri þétting er höfð þéttari en sú innri sem lokar á rakastreymi og veldur lægri þrýstingi innan við ytri þéttinguna en er utanvið.

Útfærslur eru eins og áður hefur komið fram:

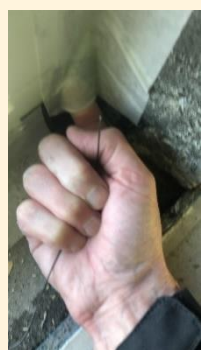
- Kíttað á pulsu báðum megin og öndunarborði límdur yfir að utan.
- Kíttað að innan, öndunarborði að utan og smurt yfir með „dúk í dós“.
- Þéttiborði að innan í stað kítis og sömu aðferðir notaðar að utan og nefndar eru hér að ofan.

Við endurnýjun glugga er oft kíttað bæði að utan og innan án loftunar frá falsi.

Oft er þétt með kítis á einangrun og múr að innan í stað þess að staðsetja kítisfúguna milli steins og karms.

Þessar aðferðir verða til þess að þéttara verður að utan en innan sem kemur til með að hafa alvarlegar afleiðinga varðandi rakamyndun og eykur líkur á leka vegna mismunaprýstings sitt hvoru megin við ytri þéttinguna.

Ófagleg vinnubrögð



Það er mikill breytileiki í vinnubrögðum við þéttingar. Ein algengasta orsök leka er þegar notaður er þéttiborði að innan en frágangur í hornum er lélegur sem getur valdið miklum loftleka.

Þegar gluggum er rennt að stalli eða falsi í gluggagatinu má oft sjá misjafnt bil frá glugga að stalli þar sem þéttingin kemur á. Þetta bil getur verið allt frá 2 mm upp í 10–12 mm á sama glugga sem gerir þéttingu erfiða. Við slíkar aðstæður má einnig sjá að pulsan sem á að vera undirstaða fyrir vandaða kítisfúgu liggur laus í falsinu eða henni er sleppt þar sem rifan er lítil.

Oft má sjá steypuskemmdir á stallinum sem glugganum er rennt að en slíkar skemmdir er nær ómögulegar að laga svo vel fari. Viðgerðir á steypuskemmdum og loftgötum þar sem þéttiborði eða kítis á að koma yfir er oft ábótavant, illa unnar eða of opnar til að stöðva loftstreymi undir þéttiefnunum.



F.Hansen

Gæðastjórnun og slagregnsprófanir

Samantekt á helstu ályktunum

Það er erfitt að draga eitt atriði fram yfir annað sem helstu orsök leka en eftirfarandi ályktanir má þó draga:

- **Eðlisfræðileg lögmál tveggja þrepa þéttingar eru oft hunsuð** sem bendir til skorts á þekkingu hjá hönnuðum og iðnmeisturum.
- **Steypuvinnu er ábótavant** Hjá sumum verktökum eru alltaf steypuskemmdir á meðan þær sjást aldrei hjá öðrum.
- **Ísetningarfólk skortir skilning eða getu til að viðhafa fagleg vinnubrögð.** Í samtölum við ísetningarfólk ber sjaldan á skilningi á mikilvægi fagmennsku.
- **Iðnmeistarar sinna ekki eigin innra eftirliti.** Skortur er á skilningi og vilja til að fylgjast með mikilvægum þáttum við ísetningu og þéttingu glugga og hurða.

Slagregnsprófanir – hvað kemur í ljós?

Slagregnsprófanir hafa leitt í ljós atriði sem eru ekki sýnileg en geta valdið



Þrýstingur utan við glugga.

miklu tjóni á mannvirkjum og heilsu þeirra sem þar dvelja. Við mælingar á ástandi milli þéttinga kemur í ljós að vatn getur safnast þar án þess að það komi inn í húsnæðið og legið þar dögum, vikum eða mánuðum saman. Þetta getur valdið myglu og rakaskemmdum sem oft koma ekki í ljós fyrr en of seint, t.d. í formi heilsuvandamála íbúa.

Mælingar á mismunaprýstingi milli þéttinga ásamt mælingum utan og innan mannvirkis sýna að því lægri sem þrýstingurinn er milli þéttinga miðað við loftþrýsting utandyra því meiri líkur eru á leka.



Lægri þrýstingur milli þéttinga er ávísun á leka.

Þó lítilsháttar loftleki sé með innri þéttingunni veldur það ekki leka ef ytri þétting er nægilega opin. Hins vegar ef ytri þétting er of lokuð getur þrýstingsmunur valdið loftleka sem kemur til með að draga með sér vatn, ef það er til staðar, inn á milli þéttinga og inn í húsnæðið.

Þegar gluggum er rennt að stalli eða falsi og galli er í þéttingum getur það vakið falskar vonir því vatn getur safnast upp fyrir framan stallinn án þess að komast inn í húsnæðið fyrr en það er komið í sömu hæð og stallurinn.

Slíkar aðstæður bjóða hættunni heim þar sem allir eru grunlausir um að þarna eru að skapast kjör aðstæður fyrir raka og myglu.

Mikilvægar áherslur

Við ísetningu glugga og hurða þarf að:

- Styðjast við eðlisfræði tveggja þrepa þéttingar.
- Tryggja rétt val og uppröðun á þéttiefnum.
- Tryggja örugga leið fyrir raka út úr byggingarhlutum.
- Forðast myndun mismunaprýstings innan og utan við ytri þéttinguna.
- Gera við allar steypuskemmdir áður en gluggar eru settir í vegg.
- Koma á virku eftirliti með aðferðum, efnaröðun og vinnubrögðum.

F.Hansen

Gæðastjórnun og slagregnsprófanir

Niðurstaða

- Skortur er á þekkingu á eðlis- og veðurfræði sem hefur áhrif á öruggrar þéttingar.
- Iðnmeistara skortir vilja til að rýn tæknigögn og þekkingu til að túlka raka- og loftflæðigildi í tæknilýsingum.
- Steypuvinnu er oft ábótavant.
- Þéttingar eru of þéttar að utan sem veldur undirþrýstingi og hindrar rakastreymi.
- Skortur er á námsgögnum og leiðbeiningum.
- Þjálfun og fagleg meðvitund starfsmanna er ófullnægjandi.
- Eftirlit iðnmeistara er ekki nægilega markvisst.

Hugmyndir um úrbætur

- Útbúa góð námsgögn og leiðbeiningar svo sem:
 - Námsgögn fyrir tækni og verkmenntun
 - Myndbönd fyrir iðnaðarmenn á verkstað
 - RB blöð fyrir hönnuði og iðnmeistara
- Halda námskeið:
 - Fyrir hönnuði.
 - Fyrir iðnmeistara og byggingarstjóra.
 - Fyrir almenna starfsmenn með verklegum æfingum.
 - Fyrir þá sem vilja sérhæfa sig í slagregnsprófunum.
 - Halda námskeið sem líkur með verklegum æfingum, prófi og viðurkenningu HMS.

Hafnarfirði 15.10.2025

Ferdinand Hansen

822-1664

ferdinand@hansen.is

www.hansen.is