

Geta timburbrýr hentað fyrir íslenskar aðstæður?

Bragi Þorvaldsson⁽¹⁾, Hávar Þorbjörnsson⁽¹⁾, Arnar Björn Björnsson⁽¹⁾

(1) exa nordic



Inngangur

Í ljósi hnattrænnar hlýnunar hafa kröfur um sjálfbærni og orkusparnað í mannvirkjagerð aukist verulega. Þetta hefur leitt til vaxandi áhuga á timbri sem burðarefni, meðal annars vegna lágs kolefnissþors þess [1]. Timbur býður jafnframt upp á ýmsa kosti sem byggingarefni: það hefur hátt styrk–þyngdarhlutfall, býður upp á mikla möguleika í forsmíði sem flýtir fyrir uppsetningu, getur verið hagkvæmt og, ef rétt er staðið að hönnun og viðhaldi, haft langan endingartíma [2].

Á Norðurlöndunum hefur notkun timburs í brúargerð þróast hratt frá því að verkefnið *Nordic Timber Bridge Program* hófst árið 1994 [3]. Í Svíþjóð voru til að mynda byggðar 817 timburbrýr á árunum 1994–2013, þar af 316 fyrir ökutæki og 501 fyrir gangandi vegfarendur, sem samsvarar um 25% allra brúa sem voru reistar á tímabilinu [4]. Í Finnlandi eru nú skráðar um 1.300 timburbrýr, þar af rúmlega 600 úr límtré [5], og í Noregi hafa á síðustu tveimur áratugum verið byggðar að meðaltali 10 timburbrýr á ári, eða um 5% allra nýrra brúa [6].

Á Íslandi hafa nýjar lausnir í timbri, svo sem krosslímðar timbureiningar (KLT), sem og hefðbundin timbur, sömuleiðis sótt í sig veðrið sem eftirsótt burðarefni í húsbyggingar [7]. Sambærileg þróun hefur hins vegar ekki átt sér stað í brúargerð á Íslandi, þar sem notkun timburs hefur takmarkast við timburgólf í brúm fyrir ökutæki ofan á aðalburðarvirki úr stáli. Þó ber að nefna að nýverið var tekin í notkun göngu- og hjólabú yfir Dimmu sem nýverið var tekin í notkun (2025) þar sem yfirbygging samanstendur af límtrésbogum með þverspenntu límtrésgólfi.

Verkefnið miðar að því að kanna frekar raunhæfni þess að auka notkun timburs í brúargerð á Íslandi. Með heimildagreiningu og samanburði við reynslu nágrannalanda er greint hvaða lausnir hafa gefist vel, hvort eitthvað beri sérstaklega að forðast og hvaða sérstakar aðstæður hér á landi geta ýmist hvatt til eða hamlað notkun timburs í brúargerð á Íslandi. Niðurstöðurnar munu skapa yfirsýn yfir reynslu og framfarir á þessu sviði og styðja við stefnumótun og hönnun sjálfbærari brúa úr timbri á Íslandi.

Dæmi um timburbrýr á norðurlöndum

Evenstad, Umferðarbrú (Noregi)



Gerð: Grindarbrú, Þverspennt límtrésgólf
Heildarlengd: 180m
Lengsta haflengd: 36 m
Tekin í notkun: 1996

Flisa, Umferðarbrú (Noregi)



Gerð: Grindarbrú, Þverspennt límtrésgólf
Heildarlengd: 182m
Lengsta haflengd: 71 m
Tekin í notkun: 2003

Vihantasalmi, Umferðarbrú (Finlandi)



Gerð:Grindarbrú, Samv. steipt timburgólf
Heildarlengd: 182m
Lengsta haflengd: 42 m
Tekin í notkun: 1999

Gislaved, Umferðarbrú (Svíþjóð)



Gerð:Bogabrú, Þverspennt límtrésgólf
Heildarlengd: 47m
Lengsta haflengd: 47 m
Tekin í notkun: 2013

Älvsbacka, Hjóla- og göngubrú (Svíþjóð)



Gerð: Stagbrú, Þverspennt límtrésgólf
Heildarlengd: 182m
Lengsta haflengd: 130 m
Tekin í notkun: 2011

Dimma, Hjóla- og göngubrú (Íslandi)



Gerð: Bogabrú, Þverspennt límtrésgólf
Heildarlengd: 46 m
Lengsta haflengd: 32 m
Tekin í notkun: 2025

Nýlegar framþróanir í hönnun timburbrúa

Krosslímðar timbureiningar

(e. *Cross-Laminated-Timber*)

Samverkandi steipt timburgólf

(e. *Timber-Concrete-Composite*)

Þverspennt límtrésgólf

(e. *Stress-Laminated-Timber*)



Umhverfisáskoranir fyrir timburbrýr



Úrkoma og raki



UV-geislun



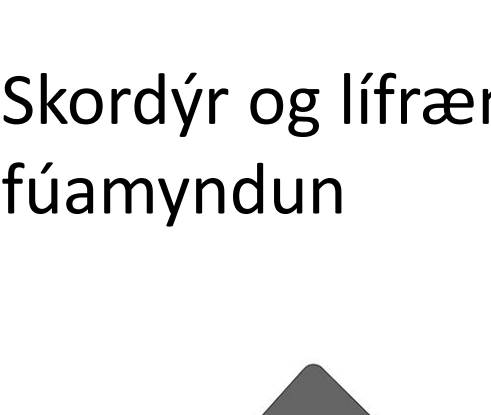
Vindur / Slagregn



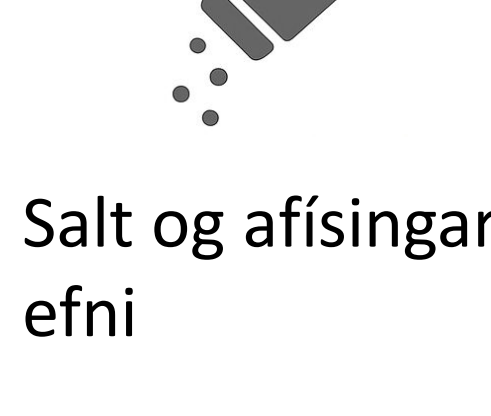
Frost-þíða



Skordýr og lífræn fúamyndun



Salt og afísingar-efni



Hitasveiflur



Hitasveiflur



Loftmengun

Raki er helsta orsök niðurbrots timburs. Hann veldur bólgum, sprungum, sveppavexti og langvarandi raki veldur rotnun [1]. Á Íslandi er úrkomumagn mikið og loftraki hærri en víða annars staðar, sérstaklega á suðurlandi sem gerir vatnsvarnir, loftun og viðeigandi yfirborðsmeðhöndlun lykilatriði í hönnun timburbrúa [2].

Útfjólublá geislun brýtur niður viðartrefjar og yfirborðshúðun, sem leiðir til grámyglu, sprungumyndunar og viðhaldsvanda [1]. Á norðlægum breiddum geta langir sumardagar og hátt sólarvið aukið áhrif UV-geislunar þrátt fyrir lágt hitastig [2]. Yfirborðsmeðhöndlun með efnum sem innihalda UV-vörn er nauðsynleg til að viðhalda vernd og útliti.

Slagregn getur leitt til þess að vatn berist inn í samskeyti, viðarenda og rifur þar sem það safnast upp og veldur aukinni rakaupptöku og mögulegri fúamyndun [1]. Jarðvegsfok vegna gróðurskorts getur einnig valdið því að óhreinindi safnist á og í kringum brúarluta, sem getur stuðlað að rakasöfnun [3]. Á Íslandi er vindálag einna mest í Evrópu og jarðvegsfok víða mikið, sem eykur þessi áhrif. Góð hönnun með hallandi yfirborðum, virku frárennsli og verndandi yfirborðsmeðhöndlun dregur verulega úr rakasöfnun og áfoki.

Endurtekin frysting og þíða geta valdið útpenslu vatns í viðnum, sprungum og því að húðun losni eða flagni af yfirborðinu [7]. Frostþíðusveiflur eru tíðari á Íslandi en í flestum nágrannalöndum og þarf því að gæta sérstaklega að yfirborðsmeðhöndlun og frárennslishönnun [2].

Viðarsveppir og örverur geta valdið fúamyndun í röku timbri og eru ein algengasta orsök niðurbrots í viðarbrúm [8]. Á Íslandi eru trjáétandi skordýr sjaldgæf vegna kalds loftslags, en langvarandi raki í samskeytum og við óvarið endatré getur samt leitt til rotnunar og yfirborðsskemmda. Notkun rotvarins eða hitameðhöndlaðs timburs, reglulegt viðhald og góð hönnun sem tryggir loftun eru lykilatriði til að koma í veg fyrir slíkt niðurbrot [3].

Vegsalt og afísingarefni geta haft neikvæð áhrif á timbur með því að draga til sín raka og flýta fyrir niðurbroti yfirborðsmeðhöndlunar [10]. Sölt og klóríðjónir geta einnig stuðlað að tæringu á málmfestingum og boltum í brúarsam-setningum. Á Íslandi eru notuð bæði vegsalt og saltlausnir við hálkuvarnir, sem gerir mikilvægt að velja ryðfriar eða varðar festingar og tryggja vatnsfráhrindandi yfirborðsmeðhöndlun [2].

Stórar daglegar og árstíðabundnar hitasveiflur geta valdið varmaþenslu og rýrnun í viði, sem leiðir til sprungu- og spennumyndunar í yfirborði [9]. Á Íslandi eru hitasveiflur mildari samanborið við hin Norðurlöndin en loftraki er almennt hærri, sem krefst þess að yfirborðsmeðhöndlun taki mið af langvarandi rakastigi.

Brennisteinsdíoxíð (SO₂) og aðrar loftmengandi gastegundir geta valdið súrari úrkomu sem brýtur niður húðun og flýtir fyrir öldrun viðaryfirborða [11]. Á Íslandi getur brennisteinsmengun frá jarðhita- og eldfjallasvæðum haft staðbundin áhrif á efni og yfirborð brúa, sérstaklega í samspili við rakt loftslag. Hönnun sem tryggir góða loftun og reglulegt viðhald yfirborðs-meðhöndlunar getur dregið úr áhrifum mengunarálags á timburhlut

Niðurstöður og umræða

Rannsóknir og reynsla frá nágrannalöndum sýna að timburbrýr geta hentað vel við krefjandi norðlægar aðstæður ef rétt er staðið að hönnun, efnisvali og viðhaldi. Við hönnun brúar fyrir íslenskar aðstæður þarf sérstaklega að huga að vatnsvörnum, yfirborðsmeðhöndlun, frárennsli og loftun, þar sem slagregnsálag er mikið, loftraki hár og frostþíðusveiflur tíðar. Einnig þarf að taka tillit til jarðvegsfoks, sem getur safnað raka, hindrað frárennsli og þannig hraðað niðurbroti timburs.

Á Íslandi eru einnig aðstæður sem gætu gert timburbrýr sérstaklega hentugar. Hátt styrk–þyngdarhlutfall timburs getur dregið verulega úr þyngd yfirbyggingar og þar með jarðskjálftaálagi á undirstöður, sem er kostur einkum á virkustu jarðskjálftasvæðum landsins, Suðurlands- og Tjörnesbrotabeltunum. Timburbrýr geta einnig verið ákjósanlegar þar sem gert er ráð fyrir styttri líftíma mannvirkja, til dæmis á svæðum þar sem jökulhlaup eða árrof geta valdið skemmdum án fyrirvara.

Timburbrýr geta því, með viðeigandi hönnun og reglubundnu viðhaldi, orðið raunhæfur og vistvænn kostur í íslenskri brúargerð.

Heimildir:
[1] M. Ritter, *Timber Bridges: Design, Construction, Inspection, and Maintenance*, Washington D.C.: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 1990.
[2] P. Dietsch and P. Winter, "Durability of Timber Bridges – Experience from European Case Studies," *Engineering Structures*, vol. 226, 2021, Art. no. 111386.
[3] A. Pousette, M. Elfgren, and P. Johnsson, *Timber Bridges – An Overview of Existing Timber Bridges in Sweden and the Nordic Countries*, SP Technical Research Institute of Sweden, Report 2017:21, 2017.
[4] T. Mahner and U. Hundhausen, "Nordic Timber Bridge Program – 20 Years of Development," *Proceedings of the 5th International Conference on Timber Bridges*, Skellefteå, Sweden, 2018.

[5] P. Blomberg, "Development and Status of Timber Bridges in Finland," *VTT Technical Research Centre of Finland*, Report VTT-R-00234-13, 2013.
[6] Statens Vegvesen, "Trebroer i Norge – Erfaringer og Veiledning," *Norwegian Public Roads Administration*, Report 2019:14, 2019.
[7] C. Brischke and A. Rapp, "Influence of Weathering on the Moisture Performance of Wood," *Wood Material Science and Engineering*, vol. 3, no. 1–2, pp. 54–62, 2008.
[8] J. Jermer and A. Thelandersson, *Moisture and Decay in Timber Structures*, Lund University, Division of Structural Engineering, Report TVBK-3062, 2001.

[9] J. Neuhaus and H. Sjöström, "Thermal Movement and Crack Formation in Wood Surfaces," *Holzforschung*, vol. 60, no. 2, pp. 128–134, 2006.
[10] M. Wälinder, "Effects of Road Salt and De-icing Chemicals on Timber Bridge Decks," *Proceedings of the 9th World Conference on Timber Engineering*, Portland, OR, 2006.
[11] K. Sandberg, "The Effect of Air Pollution and Acid Rain on Wood," *Journal of Cultural Heritage*, vol. 9, no. 3, pp. 285–292, 2008.

Höfundaréttur á myndefni (í þeirri röð sem það birtist): Evenstad Brú – Geir J. M. Hval; Flisa Brú – Broer.no; Vihantasalmi Brú – PUUNVO; Gislaved Brú – Sören Håkaniind (svenstre.se); Älvsbacka Brú – Patrick Degerman (svenstre.se); Brú yfir Dimmu – Arnar Björn Björnsson; Krosslímðar timbureiningar – Mayr-Melnhof Holz; Samverkandi steipt timburgólf – Entuitive; Þverspennt límtrésgólf – Kristoffer Ekholm, Chalmers.

Þakkir: Þetta verkefni er styrkt af rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar. Frekari upplýsingar um sjóðinn eru á vefsíðu Vegagerðarinnar. Verkefnið er unnið af ofangreindum höfundum og bera þeir ábyrgð á innihaldi þess.