

## ÁSTAND KAPLA Í HENGIBRÚM

*Rannsóknaverkefni um mat á ástandi kapla í hengibrúm á Íslandi. Verkefni unnið í samstarfi við brúadeild Vegagerðarinnar og styrkt af Rannsóknasjóði Vegagerðarinnar.*

**Guðmundur Valur Guðmundsson**, Efla hf.  
**Aron Bjarnason**, Vegagerðin  
**Einar Hafliðason**, Vegagerðin  
**Baldvin Einarsson**, Efla hf.

Alls eru 7 hengibrýr á þjóðvegakerfinu í dag og voru þær byggðar á árunum 1945 til 1967. Sú elsta og jafnframt sú langumferðarþyngsta er brúin á Ölfusá við Selfoss en sú yngsta er brú á Jökulsá á Breiðamerkursandi. Flestar eru þær mjög mikilvægar samgönguleiðir og í sumum tilfellum eina leiðin yfir þær hindranir sem jökulárnar eru á hverjum stað.

Kaplar hengibrúa eru mikilvægar burðareiningar hengibrúa og er líklegt að brot í kapli valdi hruni brúarinnar. Jafnframt er mjög erfitt og kostnaðarsamt að skipta út köplum auk þess sem lokun brúarmannvirkja vegna viðgerða getur valdið töluverðum tögum með tilheyrandi kostnaði fyrir notendur mannvirkjanna. Kaplar í hengibrúm á Íslandi eru orðnir allt að 65 ára gamlir og virðast hafa staðið tímans tönn vel þrátt fyrir allt annað umferðarálag á brýrnar heldur en gert var ráð fyrir við hönnun þeirra.



Brú á Ölfusá við Selfoss



Brú á Hvítá hjá Iðu



### Hengibrýr á Íslandi

Fyrstu stóru brýrnar á Íslandi yfir Ölfusá (1891) og Þjórsá (1895) voru hengibrýr. Nokkrar minni hengibrýr voru byggðar í upphafi síðustu aldar, s.s. brýr á Sogið, Hörgá og Örnólfsdalsá. Þær hafa allar verið teknar niður að undanskilinni þeirri síðastnefndu sem hefur ekki verið tengd við vegakerfið í áratugi en verið er að endurgera á þessu ári til notkunar sem göngubrú.

Þær hengibrýr sem nú eru á þjóðvegakerfinu eru alls 7 talsins byggðar á árunum 1945-1967. Þær eru allar svipaðar að gerð að undanskilinni þeirri elstu, brú á Ölfusá.

Brú á Ölfusá er sú eina sem er með tvöfaldri akbraut auk þess að vera sú langumferðarþyngsta. Aðrar eru umferðarminni, þó er mikilvægi nokkurra þeirra síst minna þar sem þær eru eina leiðin milli landshluta yfir jökulfljótin, má þar telja brú á Jökulsá á Breiðamerkursandi, brú á Jökulsá á Fjöllum og brú á Jökulsá í Axarfirði.

Heildarlengd þeirra er um 1100 m. Væru þessar brýr byggðar í dag með tvöfaldri akbraut má gera ráð fyrir að heildar stofnkostnaður væri um 5.000 – 6.000 milljónir kr.

### Um kapla sem burðareiningar

Kaplar í hengibrúm á Íslandi eru allir af svipaðri gerð. Hver kapall er byggður upp af nokkrum aðskildum strengjum af lokaðri gerð (e. locked coil strand).

Hver strengur er byggður upp af mismunandi mörgum þráðum sem fer eftir stærð strengsins. Kjarninn er úr hringlaga þráðum sem eru vafðir í spirál í nokkrum lögum, ytri þræðirnir eru Z-laga sem læsast saman þegar þeir eru vafðir og mynda þannig lokað yfirborð og þannig á raki eða önnur tæringarefni ekki greiða leið inn að kjarnanum. Jafnframt eru strengirnir málaðir í heilu lagi eftir uppsetningu til að bæta enn frekar tæringarvörn þeirra. Allir strengir sem framleiddir eru nú eru heitgalvaniseraðir.

Kaplar í hengibrúm eru mikilvægar burðareiningar og getur brot í kapli jafnvel valdið hrúni brúarinnar. Jafnframt eru þeir útsettir fyrir tæringu og viðkvæmir punktar eru gjarnan við hengistangir þar sem stálhlutir eru í snertingu hver við annan og því erfitt að verja gagnvart tæringu. Vegna þessa hafa kaplar gjarnan verið hannaðir með háu öryggi og var gjarnan miðað við fjórfalt öryggi, þ.e. brotstyrkur kapalsins er fjórfalt hönnunarálag.

Með reglulegu viðhaldi og eftirliti geta kaplar haft langan líftíma án þess að styrkur þeirra skerðist.

### Um skoðanir og vöktun

Sjónskoðun er líklega mikilvægasti þátturinn í að fylgjast með ástandi kapla. Hún byggir á því að kaplarnir eru skoðaðir frá akkeri til akkeris ásamt upphengipunktum og metið hvort einhverjar vísbendingar séu um slit eða tæringu. Skoðunin hefur hins vegar nokkra annmarka, s.s. að yfirleitt er ekki mögulegt að skoða alla hluta kapalsins, t.d. við upphengipunkta, án þess að fjarlægja festingar. Norska Vegagerðin (Statens Vegvesen) hefur gefið út handbók um ástandsskoðanir brúa (Handbók 136 – Inspeksjonshåndbok for bruer), þar er m.a. fjallað um ástandsskoðun kapla. Íslensku hengibrúnum svipar til eldri norsku hengibrúna og eiga ráðleggingar og aðferðir við ástandsskoðanir samkvæmt handbók 136 því ágætlega við íslenskar aðstæður.

Í Noregi er miðað við að árleg skoðun fari fram þar sem allir hlutar brúarinnar sem eru aðgengilegir eru skoðaðir. Ítarleg skoðun á köplum (Hovedinspeksjon) er framkvæmd á 5 ára fresti. Í ítarlegu skoðuninni er sett upp nauðsynlegt aðgengi til að hægt sé að skoða alla hluta kapalsins.

### Ástandsskoðun – brú á Hvítá hjá lðu

Almennt virðist tæringarvörn og málning á köplum hafa staðist veður og vind nokkuð vel. Lítið er um skemmdir í málningu en sum staðar hefur þó ysta málningarlagið flagnað af. Ekki virðast vera merki um tæringu að utanverðu nema þar sem galvanisering á vírþráðum hefur skaðast. Strengirnir eru galvaniseraðir og í ágætu ástandi. Á einstaka stað virðist kapallinn hafa gliðnað lítillega, þ.e. ystu þræðirnir mynda ekki alveg lokun.

### Ástandsskoðun – brú á Ölfusá við Selfoss

Almennt virðist tæringarvörn og málning frá árinu 1993 hafa staðist veður og vind nokkuð vel í 18 ár. Ekki virðist mikið um skemmdir í málningu en víða eru þó farnar að sjást skemmdir, einkum þar sem erfitt hefur reynst að mála í upphafi, t.d. við upphengi, við söðul í turntoppi og þar sem strengirnir greinast frá hverjum öðrum að endaakkerum.

Ekki er hægt að meta ástand strengjanna að innan með sjónskoðun og því alls óvíst um hvernig ástandið er þar. Hugsanlegt brot í þráðum og/eða tæring í strengnum að innan má helst merkja ef breytingar hafa orðið á þvermáli strengsins, hann hafi gliðnað eða aflagast. Tæringarvörn strengjanna byggist á því að ysta lagið sé þétt, þar sem Z-laga þræðirnir falla þétt hver að öðrum, kjarninn er hins vegar úr hringlaga þráðum.

Upphaflegt brotöryggi kaplanna var fjórfalt samkvæmt hönnunarútreikningum, sé litið framhjá hrömun strengjanna þá er það brotöryggi komið niður í 1,8 vegna aukins eiginþunga- og umferðarálags.

Nefna má tvær ástæður fyrir háu brotöryggi í upphafi, þ.e. kaplarnir eru burðareiningar sem eru mikilvægar gagnvart öryggi brúarinnar en ekki síst sú að það er gert ráð fyrir að þeir muni hrörna.

Það er mat okkar að núverandi brotöryggi sé orðið óásættanlegt hvort sem notuð er upphafleg reikniðferð án álagsstuðla eða að reiknað sé samkvæmt nógildandi hönnunarstöðlum. Helstu ástæður þess eru:

- Ástand kaplanna gefur vísbendingar um að þversnið þeirra sé farið að skerðast og á það sérstaklega við um staði þar sem erfitt hefur reynst að verja þá fyrir tæringu, s.s. við upphengi hengistanga.
- Dreifing krafta milli kapalplana er ekki þekkt, ef hún er ójöfn er brotöryggið enn minna en hér er gefið upp.
- Raun kapalkraftur hefur ekki verið mældur

Ölfusárbrú er mikilvæg samgönguleið í Árborg og er búin að duga vel í 66 ár og hefur verið táknið bæjarins. Með góðu viðhaldi og vöktun ætti að vera hægt að tryggja endingu brúarinnar til næstu 50 ára þrátt fyrir aukið álag.

### **Helstu niðurstöður**

Áætlun um tíðni ástandsskoðana og umfang vöktunar ætti að vera háð umferðarmagni, hlutfalli þungaumferðar, mikilvægi samgönguleiðar (er þetta eina leiðin), hvert er öryggi gagnvart broti og ástandi samkvæmt fyrri skoðunum.

Ástand kapla brúar á Ölfusá og brúar á Hvítá var metið með sjónskoðun. Á grundvelli þeirrar skoðunar er eindregið mælt með því að brú á Ölfusá verði tekin til frekari skoðunar, hún uppfyllir öll skilyrði fyrir aukinni vöktun, þ.e. mikil umferð, mikilvæg samgönguleið, lágt öryggi gagnvart broti, töluverð óvissa varðandi raunverulega krafta í burðarvirkinu ásamt mörgum vísbendingum um skert burðarþol kaplanna. Í raun er öryggið ekki þekkt þar sem að dreifing raunkrafta er ekki þekkt af nægilegri nákvæmni.

Fyrir brú á Hvítá er hins vegar ekki talin ástæða til sérstakrar vöktunar þar sem ástand kaplanna er gott, brotöryggi er hátt ásamt því að ekki er mikill umferðarþungi á brúnni.

Tillaga að eftirlitsáætlun fyrir kapla í hengibrúm gæti því verið þannig.

- Allar hengibrýrnar verði metnar með sjónskoðun þar sem ástand kapla er skráð.
- Brotöryggi kapla verði metið sérstaklega með hliðsjón af umferðarmagni og yfirferð eldri hönnunargagna.
- Sérstök skoðun eða greining ef brotöryggi er lágt eða vísbendingar eru um djúpstæðari tæringu eða hrörnun.
- Skilgreind vöktunaráætlun fyrir hverja brú á grundvelli fyrri ástandsskoðana.
- Skoðun á köplum verði endurtekin á 3-5 ára fresti eða í samræmi við sérstaka vöktunaráætlun fyrir hverja brú.