

Rannsóknaráðstefna Vegagerðarinnar – Ágrip erindis

Ástandsskoðun sprautusteypu í jarðgöngum með tilliti til þykktar og væntanlegs líftíma

Benedikt Ó. Steingrímsson, Freyr Pálsson, Guðbjartur J. Einarsson og Matthías Loftsson

Stutt ágrip af verkefnalýsingu

Verkefnið fól í sér að kanna ástand sprautusteypu í íslenskum veggöngum með tilliti til aldurs, hrörnnunar (öldrunar) og þykktar. Sýnatökustaðir voru valdir út frá jarðfræðilegum aðstæðum í göngum og áætlaðri þykkt sprautusteypannar á hverjum stað. Einnig var skoðað hvar sýni hafa voru tekin áður og metið sérstaklega hvort æskilegt sé að taka sýni á ný á sömu slóðum til samanburðar við tilsvareandi rannsóknir, sem gerðar voru árin 2003-2005 (Breiðadals- og Botnsheiðargöng, Hvalfjarðargöng og Múlagöng).

Tilgangur og markmið

Tilgangur verkefnisins er að skoða ástand og meta hrörnun eða "öldrun" sprautusteypu við aðstæður í íslenskum veggöngum og með því reyna að áætla líftíma sprautusteypannar miðað við þykkt ásprautaðs lags.

Markmið rannsóknarinnar er að betrubæta hönnunarforsendur við val á þykkt ásprautaðrar steypu við sæmilegar til góðar jarðgangaaðstæður í nýjum veggöngum. Lagt var upp með að kanna ástand steypu við bæði þurrar og votar aðstæður í göngum og í göngum með mismunandi umferðarþunga (mengun í göngum).

Bakgrunnur og forsaga

Við gangagerð á Íslandi er iðulega stuðst við norskan jarðgangastaðal, handbók N500 Vegtunneler. Í núverandi útgáfu staðalsins N500 er kveðið á um að við góðar jarðfræðilegar aðstæður skuli þykkt sprautusteypu til bergstyrkinga vera minnst 80 mm. Kröfurnar hafa verið auknar frá fyrri útgáfu staðalsins frá 2006 sem kváðu þá um 60 mm þykkt. Kröfurnar voru auknar vegna kröfu um lengri líftíma sprautusteypu í jarðgöngum og 100 ára líftíma bergstyrkinga og þær eru tilkomnar vegna rannsókna á sprautusteypu í norskum jarðgöngum, þar sem jarðfræðilegar aðstæður eru aðrar en á Íslandi.

Leiðbeiningar Vegagerðarinnar frá 2009 kveður á um 60-100 mm þykktarviðmið í þekju og 40-60 mm í veggjum í bergstyrkingarflokkum 1 og 2. Þetta hefur verið viðmiðið í flestum veggöngum eftir Hvalfjarðargöng, nema þessu var breytt í minnst 80 mm í þekju og minnst 60 mm í veggjum Dýrafjarðarganga.

Jarðfræðilegar aðstæður á Íslandi eru um margt ólíkar þeim sem þekkjast í Noregi. Hér á landi er berggrunnurinn frekar "basískur" en í Noregi eru það helst "súr" berglög sem skapa vandamál fyrir líftíma sprautusteypu í göngum yfir sjávarmáli og selta í neðansjávargöngum. Einnig er jarðvatnið hér á landi basískara en norska grunnvatnið. Steypa er í eðli sínu basísk og sýrustig hennar því nær því sem er að finna í umhverfi íslenskra aðstæðna.

Það var því þörf á að kanna hrörnun sprautusteypu í íslenskum veggöngum, þannig að meta mætti væntanlegan líftíma ásprautaðrar steypu hér á landi. Þar með fást betri forsendur fyrir hönnunarviðmiðum fyrir þykkt ásprautaðrar steypu við sæmilegar til góðar jarðfræðilegar aðstæður, en um 70 til 90% af heildarlengd vegganga undanfarinna ára hafa lent í þeim gangaflokki.

Næstu jarðgöng á jarðgangaáætlun eru Fjarðarheiðargöng, sem einnig verða þau lengstu sem gerð hafa verið hingað til á Íslandi, eða um 13,3 km. Ef hægt verður að sýna fram á að minni lágmarksþykkt sprautusteypu í göngum uppfylli áður nefndar kröfur í tveimur efstu styrkingarflokkum munu getað

sparast töluverðir fjármunir (gróft áætlað 200-250 millj. kr.), ásamt því að kolefnisspor ganganna við byggingu mun minnka samsvarandi með minni steypunotkun. Gróft áætlað má gera ráð fyrir að milli 750 - 850 tonn CO_{2ig} sparist við minni lágmarksþykkt.

Rannsóknin mun einnig hafa áhrif á önnur komandi jarðgöng og á viðhald/endurnýjun eldri jarðganga.

Vettvangskönnun og sýnataka

Vettvangsskoðun og sýnataka fór fram í sjö veggöngum á árunum 2021 og 2022 (Almannaskarðsgöng, Bolungarvíkurgöng, Breiðadals- og Botnsheiðargöng, Fáskrúðsfjarðargöng, Héðinsfjarðargöng, Hvalfjarðargöng og Múlagöng). Vettvangskönnun og sýnataka var framkvæmd af Benedikt Ó. Steingrímssyni og Guðbjarti J. Einarssyni (Mannvit), með aðstoð Freys Pálssonar (Vegagerðin).

Sýnatökustaðirnir í göngunum voru valdir út frá aðstæðum í göngunum, áætlaðri þykkt sprautusteypu, skv. kortlagningu frá framkvæmdartíma, trefjainnihaldi og jarðfræðilegum aðstæðum. Sýnatökustaðir eru utan svæða sem eru vatnslædd, hvort sem það eru ásprautaðar eða ósprautaðar vatnslæðingar.

Í hverjum göngum voru valdir átta sýnatökustaðir og á hverjum stað voru boraðir fjórir kjarnar. Í Bolungarvíkur-, Héðinsfjarðar- og Múlagöngum voru allir sýnatökustaðirnir staðsettir í útskotum vegna umferðarþunga í göngunum. Sýnatökustaðirnir voru yfirleitt í um 1 m hæð yfir vegi, annað hvort í hægri eða vinstri vegg. Borað var í gegnum sprautusteypuna þar sem það var hægt, en á fáeinum stöðum náðist ekki að bora í gegnum steypuna þrátt fyrir 20 cm langan kjarnabor. Hverjum kjarna var komið fyrir í merktum plastpoka og lokað tryggilega til þess að viðhalda rakastigi sýnisins. Að sýnatöku lokinni var sýnunum komið í geymslu inni í rakaklefa.

Rannsóknir

Öllum kjörnum var lýst, þeir myndaðir og mældir áður en valin voru sýni í frekari rannsóknir á einásabrotstyrk steypunnar, kolsýringu og fyrir þunnsneiðargerð.

Byrjað var á því að undirbúa sýni fyrir prófun á einásabrotstyrk. Sýnin voru söguð í hlutfallinu $l/b=1$. Yfirborðshryfi sprautusteyppunnar var sagað ofan af öllum sýnunum sem voru styrkprófuð. Oftast var aðeins prófað eitt sýni úr hverjum kjarna, en í kjörnunum sem voru það langir að hægt var að gera annað sýni, var útbúið annað sýni fyrir prófun á brotstyrk til þess að kanna hvort mælanlegur sé styrkmunur milli sýna sem eru nær yfirborði og sýna sem eru fjær yfirborði (nær bergi).

Í kjölfarið voru sýni undirbúin fyrir mælingar á kolsýringu og þunnsneiðargerð. Þeir kjarnar sem voru valdir til mælinga á kolsýringu voru sagaðir í tvennt eftir endilöngum kjarnanum. Annar helmingurinn var notaður til að mæla kolsýringu og í flestum tilfellum var hinn helmingurinn notaður fyrir þunnsneiðargerð.

Í heildina var mældur einásabrotstyrkur og rúmþyngd á 102 sýnum, kolsýring á 54 sýnum og greindar 44 þunnsneiðar.

Niðurstaða

Miðað við niðurstöður einásastyrksprófa, þá er mældur brotstyrkur í flestum tilfellum yfir eða svipaður og mældist á verktíma ganganna. Í heildina mældust 8 sýni, af 102, undir mörkum styrkleikaflokks, sem öll brotnuðu um lagmót/sprungu, sem bendir til þess að steypan sjálf er ekki veik heldur frekar handvömm í sprautun (t.d. vegna þess að yfirborð sprautusteyppu sé illa þrifið áður en það er yfirsprautað). Þar sem að tvö sýni voru þrýstiprófuð úr saman kjarnanum, þá mældist styrkur neðra sýnisins meiri í Almannaskarðs-, Bolungarvíkur- og Hvalfjarðargöngum, en styrkur efra sýnisins mældist meiri í Breiðadals- og Botnsheiðargöngum. Í Fáskrúðsfjarðar- og Héðinsfjarðargöngum var styrkurinn

að mælast meiri ýmist í efra eða neðra sýninu. Yfirleitt var ástæðan fyrir því að styrkur mældist lægri vegna lagmóta á milli sprautusteypulaga í sýnunum sem veikti þau.

Miðað við mælingar á kolsýringu, þá voru 20 sýni, af 54, sem gáfu tilkynna enga kolsýringu. Mesta kolsýringin mældist í sýni úr Héðinsfjarðargöngum, um 15 mm inn frá yfirborði sprautusteypu. Kolsýring var einnig metin í þunnsneiðum og í þeim var greinilega kolsýring næst yfirborði í flestum sýnunum og var hún yfirleitt innan við 10 mm. Mesta kolsýringin (14-20 mm) mældist í fjórum sýnum í þunnsneiðagreiningu (eitt í Bolungarvíkurgöngum, tvö í Breiðadals- og Botnsheiðargöngum og eitt í Héðinsfjarðargöngum). Ef sprautusteypa er trefjabent með stáltrefjum er hætta á að trefjar tærist ef steypa er kolsýrð. Í göngunum þar sem trefjar voru í yfirborði voru þær sums staðar tærðar. Tæringin var yfirleitt aðeins bundin yfirborði trefjanna. Ekki var vart við tæringu í trefjum sem voru að öllu hulin steypu. Því er fullljóst að tæring í trefjum er ekki vandamál þar sem ókolsýrð sprautusteypan þekur trefjarnar. Tæring trefja í sprungum var hins vegar ekki athuguð sérstaklega.

Það virðist sem að kolsýring sé ekki mikið vandamál í þeim veggöngum sem voru skoðuð í verkefninu og ekki er að sjá neina mælanlega aukningu í sýnum miðað við fyrri athuganir í Breiðadals- og Botnsheiðargöngum og Hvalfjarðargöngum. Svo virðist sem að aðstæður í veggöngunum séu almennt á þann máta að kolsýring nái ekki langt inn í steypuna. Ástæða þess er sambland af rakastigi í göngunum eða að steypa er bókstaflega blaut, og í samblandi við að hitastig er ekki nægilega hátt sem allt hefur áhrif á að hægja á eða nánast stöðva kolsýringu steypunnar.

Við smásjárskoðun var ekki annað að sjá en að steypa væri að bera vel þá áraun að styrkja veggöng á Íslandi.

Niðurstöður benda til þess að sú steypa sem var skoðuð og prófuð úr þessum sjö jarðgöngum í þessu rannsóknarverkefni standi sig vel við þær aðstæður sem eru í þessum jarðgöngum.

Af niðurstöðum þessarar rannsóknar má álykta að þau viðmið um minnstu þykkt sprautusteypu við sæmilegar til góðra jarðgangaaðstæðna sem notaðar hafa verið síðustu ár við gangagröft á Íslandi séu fullnægjandi þegar litið er til líftíma. Því er dregin sú ályktun að ekki sé þörf á að auka minnstu þykkt sprautusteypu í berggæðaflokkum I og II úr 60 mm í 80 mm eins og lagt er til í norska veggastaðlinum N500.