

Kvörðun frostdýptarmæla út frá falllóðsmælingum á vegum

Nicolai Jónasson, Vegagerðinni

Skúli Þórðarson, Vefsýn

Bakgrunnur og markmið

Þrátt fyrir miklar bætur á íslenska vegakerfinu síðustu ár er enn þörf fyrir áspungatakmarkanir á ákveðnum leiðum þegar frost er að fara úr vegum til þess að draga úr skemmdum á burðarlögum og slitlögum. Vegagerðin hefur um nokkurra ára skeið staðið fyrir þróun á frostdýptarmælakerfi til eftirlits með ástandi vega. Nú þegar eru u.p.b. 40 frostdýptarmælar í rekstri á íslenska vegakerfinu og nú í haust verða tíu til viðbótar teknir í notkun en stefnt er að því að þeir verði um 70 á næstu árum. Mælakerfið hefur sannað sig sem mikilvægt hjálpartæki vegna rauntímavöktunar á klakabúskap í burðarlögum vega sem nýtist við stýringu á áspungatakmörkunum vegna lækkaðs burðarþols.

Verkefnið „Kvörðun frostdýptarmæla út frá falllóðsmælingum á vegum“ gengur út á að kvarða frostdýptarmælakerfi Vegagerðarinnar með hliðsjón af niðurstöðum falllóðsmælinga, en þær gefa upplýsingar um burðarþol vega. Markmiðið er að stilla núverandi gagnagreiningarkerfi frostdýptarmæla með hliðsjón af mældu burðarþoli vega, þannig að kerfið gefi til kynna hvenær nauðsynlegt er að setja áspungatakmarkanir á vegi og hvernær unnt er að afléttu þeim. Því nákvæmari upplýsingar sem eru til um burðarþol vega á þessum tímabilum, því minni líkur eru á vegaskemdum, en sérstaklega mikilvægt er að verja vegi þungaá lagi fyrsta daginn og dagana eftir að þýða er farin að hafa áhrif. Betri þekking gerir það enn fremur kleift að lágmarka þann tíma sem nauðsynlegt er að hafa þungatakmarkanir. Áspungatakmarkanir valda miklum aukakostnaði við vöruflutninga á vegum landsins og því er mikilvægt að finna sem raunhæfastan milliveg milli vegaskemmda og þungatakmarkana.

Framkvæmd

Á frostdýptarmælum er skráð hitastig og rafleiðni í 16 lögum niður á 120 cm dýpi undir vegyfirborði á klukkutíma fresti. Vöktun þessara mælinga ásamt athugun á veðurspá og lofthitamælingum gefur til kynna hvenær æskilegt er að gera falllóðsmælingar á athugunarstöðunum. Til þess að kvarða frostdýptarmælingar frá einstakri mælistöð þannig að meta megi burðarþol vegarins hverju sinni er nauðsynlegt að hafa falllóðsmælt við þrenn skilyrði: 1) að sumarlagi eða hausti, sem gefur „fullt“ viðmiðunarburðarþol vegarins, 2) þegar frost hefur farið úr efstu lögum en íslinsa er enn í vegi, og 3) rétt í þann mund þegar allur ís er þiðinn og burðarlög tekin að þorna og vegur að endurheimta burðaþol sitt.

Niðurstöður

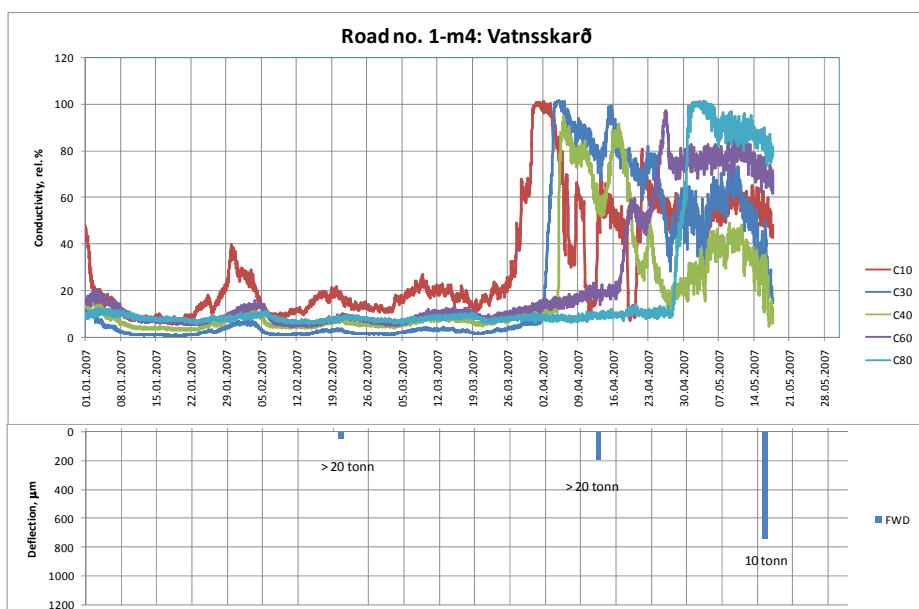
Nú eru niðurstöður falllóðsmælinga á hluta frostmælistoðanna til frá seinni hluta vetrar og um vor árin 2006 og 2007. Vorið 2007 var falllóðsmælt á 23 mælistoðvum á tímabilinu 26. janúar til 15. maí. Reynt var að haga falllóðsmælingum á þá leið að tímasetning þeirra gagnaðist verkefninu sem best sbr. kröfur til mælinga hér að framan. Falllóð og mannskap þarf hins vegar einnig að nýta í önnur verkefni á þessum tíma og því getur verið erfitt að fá nægilega þéttar mælingar á sömu mælistoð á kritískum tíma og þannig að fá nægilega skýra mynd af burðarbolsbreytingum. Hvað sem því líður hafa þessar mælingar gert það mögulegt að staðfesta burðarbolsbreytingar með hliðsjón af niðurstöðum frostdýptarmæla, en íhuga þarf hvort rétt er að leggja upp falllóðmælingarnar með áhlaupum á takmörkuðum svæðum með stutt á milli mælinga til þess að fá þéttari mæligögn á meðan verið er að kortleggja nánar samhengi frostdýptarmælinga og burðarbolsmælinga.

Kvörðun gagnagreiningakerfisins byggir á því að skilgreina krítiska hraða fyrir rafleiðnbreytingar sem segja til um fasabreytingar (milli íss og vatns í báðar áttir), ásamt því að skrásetja hitastig frostmarks á einstökum stöðvum, en þessi gildi eru breytileg á milli mælistoða vegna ólíkra efniseiginleika burðarlaga, breytilegrar grunnvatnsstöðu o.fl. (Algengt er að bræðslumark íss í burðalögum reynist á bilinu mínus hálf til plús hálf gráða). Allar mælistoðvar sem voru tengdar við gagnagreiningarkerfið sumarið 2007 (alls 39 stk) voru skoðar með tilliti til þessa og með tilliti til falllóðsmælinga og kvarðaðar upp á nýtt.

Hér að neðan er dæmi um niðurstöður leiðnimælinga og falllóðsmælinga á Vatnsskarði.

Leiðnimælingar fyrir ólíkar lagdýptir eru sýndar með mismunandi litum línum (C10 er leiðni 10 cm undir vegyfirborði o.s.frv.). Mælt burðarþol er sýnt á súlriti neðan línuritsins, lengd súlunnar niður á við táknað niðurbeygju undan falllóði, en einnig er sýnt umreknað burðarþolsgildi í tonnum. Athuga skal að umreknaða gildið er viðmiðunargildi sem tekur tillit til ákveðinna forsenda um höggþunga mælingar og krappa niðurbeyguferilsins án þess að taka tillit til efnisgæða vegarins að öðru leiti.

Myndin sýnir að burðarþol vegarins er mikið þegar vegurinn er frosinn og lækkar lítið eitt þegar frost tekur að fara úr efstu lögunum, og er orðið verulega skert þegar þýðan er komin niður á 60 cm dýpi. Við skoðun á þessari mynd vakna hins vegar spurningar um burðarþolið á tímabilinu á milli tveggja síðustu falllóðsmælinganna, en þá líða 4 vikur án þess að mæling hafi verið gerð, en mikið er að gerast í klakabúskap vegarins á þessu tímabili.



Umræða og næstu skref

Niðurstöðurnar staðfesta að tenging falllóðsmælinga við niðurstöður frostdýptarmælinga er mjög gagnleg til þess að túlka og kvarða frostdýptarmælana. Þær undirstrika einnig að á þróunartíma kerfisins þarf að gera falllóðsmælingar mjög oft og með stuttu millibili á sömu mælistöð í aðdraganda þýðu og á meðan klaki er að bráðna, og jafnframt að gera þarf mælingar á viðkomandi stöð á nokkurra daga millibili næstu daga og vikur eftir að klaki tekur að bráðna í veginum. Einingis með því móti er unnt að segja um það með nægjanlegu öryggi hve lengi vegur við viðkomandi mælistöð hefur takmarkað burðarþol.

Þann veturnar sem nú er að ganga í garð þarf að fylgjast með því hversu vel forsendur kvörðunarinnar sem gerð var síðasta sumar hafa staðist. Fylgjast þarf með aflestri frostdýptarmæla og veðurspá og gera þarf burðarþolsmælingar með falllóði á mikilvægum tímabilum til þess að sannreyna og bæta kvörðun. Þar að auki þarf að falllóðsmæla á nýjum stöðum þar sem ekki hefur áður verið mælt við frostdýptarmælistöðvar.

Auk tengingar mælakerfisins við falllóðsmælingar sem hér hefur verið lýst hefur í þessum áfanga lítillega verið unnið að því að þráð reiknilíkan sem hermir varmastreymi í burðarlögum vega. Með slíku líkani er unnt að tengja frostdýptarmælakerfið við staðbundna veðurspá á mælistöðunum og segja til um þýðu í burðarlögum fram í tímann. Með því móti má auglýsa þungatakinir með lengri fyrirvara en áður, með allt að tveggja til þriggja sólarhringa fyrirvara, en mikill ávinningur mun verða af því fyrir bæði veghaldara og flutningafyrirtæki. Á eftifarandi mynd má sjá dæmi um mismun á mældu hitastigi og hitatölum sem reiknaðar eru með fyrstu frumgerð þessa líkans. Gögn frá frostdýptarmæli þjóna sem upphafsgildi á gefnum tímapunkti og síðan er hitadreifing í jarðveginum reiknuð út frá spá um breytingar á yfirborðshita vegarins. Í þessu dæmi var stuðst við mældan hita á vegyfirborði í stað veghitaspá og hann notaður sem jaðargildi fyrir hermun. Þetta dæmi er frá Blönduósi og sýnir mælda og reiknaða hitadreifngu á þriggja sólarhringa tímabili þegar kuluið sækir að. Meðalskekkja allra reiknaðra gilda í þessu dæmi er $0,25^{\circ}$ en henni er líklega hægt að ná enn neðar þegar frekari tilraunir hafa verið gerðar með efnisstuðla og fleiri eignileika líkansins. Þá þarf að víkka líkanið út þannig að það taki tillti til ísmyndunar og bráðnunar svo að það gefi til kynna hvenær ætla má að ís bráðni í tilteknum dýptum í burðarlögunum.

