

EESTI TEEDE KÜLMUMISSÜGAVUSE KAART

THE FREEZING DEPTH MAP OF ESTONIAN ROADS

ETT70LT

Üliõpilane: Mart Olman

Juhendaja: Prof. Andrus Aavik

Tallinn, 2014

7. KOKKUVÕTE

Teede ja maapinna külmumise ning selle sügavuse peamiseks mõjutajateks on kliima ja pinnase tüüp. Negatiivsete õhutemperatuuride kestus ja lumikatte paksus mõjutavad olulisel määral maapinna külmumissügavust, kuid Eesti teed on talvel üldjuhul lumest puhastatud ning seetõttu on õhutemperatuuri mõju teedele suurem, kui lumikatte all olevale pinnasele. Töö käigus valminud Eesti teede külmumissügavuse kaart on koostatud tuginedes Eesti Ilmateenistuse poolt väljastatud õhutemperatuuride ning AS Teede-Tehnokeskuse poolt väljastatud Percostation jaamade külmumissügavuste andmetele.

Lõputöö eesmärgiks olnud Eesti teede külmumissügavuse kaardi koostamise käigus sai kinnitust väide, et „Elastsete teekatendite projekteerimise juhendis“ määratud tee arvutuslik külmumissügavus $z = 125\text{cm}$, ei pea üle-eestiliselt paika. Nii kolme aasta (2010-2013) Percostation mõõtmisjaamade kui ka 28 aastase ajaperioodi arvutuslikud tulemused näitasid, et keskmiselt külmuvad Eesti teed sügavamalt, kui kasutusel olev 125 cm. Suurem on külmumissügavus sisemaal ja väiksem rannikualadel ning saartel. Teede külmumissügavuste erinevused saarte ja Mandri-Eesti vahel ulatuvad üle ühe meetri ning seetõttu ei ole mõistlik valida teekatendi külmakindluse arvutustes uueks külmumissügavuseks ühtset väärtust, vaid määrata Eesti erinevatele paikadele võimalikult täpsed külmumissügavused kaardi abil.

Käesoleva lõputöö käigus valminud Eesti teede külmumissügavuse kaart on koostatud arvutuslikku meetodit kasutades. Arvutusliku meetodi kaudu leitud tee külmumissügavus arvestab tee konstruktsioonis kasutusel olevaid pinnase liike ning vastavast Eesti Ilmateenistuse mõõtmispunktist väljastatud külmakuude keskmisi õhutemperatuure. Mõõdetud ja arvutatud teede külmumissügavuste väärtuste võrdluses selgus, et Stefani valemi (2.1) kasutamine on kaardi koostamisel õigustatud, ehkki valem annab 10-20% suurema väärtuse tegelikust külmumissügavusest. Kaardi koostamise meetodi valikul sai määravaks arvutusliku meetodi eelis vaadelda tagasiulatuvalt kümneid aastaid.

Teede külmakindluse peamised mõjutajad on külmumissügavus, pinnasvee sügavus katte pinnast, aluspinnas ning tee konstruktsioonis kasutatavad materjalid. Käesolevas lõputöös esitatud külmakindluse arvutused näitavad selgelt, et lubatud külmakerge saab ületatud, kui asendada „Elastsete teekatendite projekteerimise juhendis“ kasutusel olev

külmumissügavus lõputöö käigus koostatud interaktiivse kaardilt võetud väärtustega. Koostatud kolme arvutusnäite põhjal selgus, et arvestades tee külmumissügavuseks interaktiivselt kaardilt leitud tegelikku külmumissügavust, võib tekkida olukord, kus tee külmumissügavus ulatub pinnasevette. Sellisel juhul tuleb rajada drenaaž, mis alandab pinnasevee taset, suurendada muldkeha kõrgust või rajada tee konstruktsiooni soojaisolatsioonikiht, mis aeglustab muldkeha külmumist ja vähendab külmumissügavust. Samal ajal, kui kasutada samades tingimustes üle-eestiliselt ühtset külmumissügavuse väärtust (125 cm), sellist olukorda ja täiendavate meetmete rakendamise vajadust ei teki.

8. SUMMARY

THE FREEZING DEPTH MAP OF ESTONIAN ROADS

Mart Olman

The aim of the present thesis is to create a map for road construction purposes, which can be used to determine the exact frost depth of various roads in Estonia. The hypothesis of the present thesis is the statement from „Flexible Pavement Engineering Manual“ („Elastsete teekatendite projekteerimise juhend“) that the calculational frost depth $z = 125$ cm is not suitable for using all over Estonia.

In the first part of the thesis, the concept of frozen surface is explained, as well as its development and the main factors affecting surface freezing. Furthermore, the concept of freezing and melting and the correlation between these factors and frost heaves are discussed. Various frozen surface types and their differences are outlined, as well as Earth's heat flux and the Sun's impact on surface freezing and its depth.

The second part of the thesis studies the options of creating the freezing depth map of Estonian roads. Calculational and direct methods are compared, and it has been found that calculational method is suitable for creating the freezing depth map of Estonian roads. The frost depth found by using the calculational method takes into consideration the surface types used in the construction of the road and the average temperature during cold months, according to Estonian weather service. By comparing the measured and calculated road frost depth values, it became evident that creating the map by using Stefan's equation (2.1) is justified, although the equation provides 10-20 % higher value than the actual frost depth. The advantage to observe information from decades ago, became decisive when creating the map and selecting the method.

Further on, the source data for creating the freezing depth map is outlined and the statement that calculational frost depth $z = 125$ cm is not valid Estonian-wide, is confirmed. The frost depth of five different surface types (clay, silt, sand, gravel and coarse filling) is calculated, during the time of snow-free surface in 28-year period. In accordance with frost depth, two freezing depth maps of Estonian roads are created. The first map includes