



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

TEEDEINSTITUUT

MAARADARI KASUTUSVÕIMALUSTE SELGITAMINE
TEETÖÖDE KVALITEEDI TAGAMISEL

THE USE OF GROUND PENETRATING RADAR IN QUALITY
ASSURANCE OF ROAD CONSTRUCTIONS IN ESTONIA

ETT 60 LT

Üliõpilane: Karmen Kütt

Juhendaja: Prof. Andrus Aavik

Kaasjuhendaja: Marek Truu

Tallinn 2015

KOKKUVÕTE

Käesolev lõputöö uuris maaradari kasutamisevõimalusi Eestis teetööde kvaliteedi tagamisel ja üritas leida vastuseid seni õhus olevatele küsimustele maaradari kasutamise kohta jäävpoorsuse mõõtmiseks. Järgnevas kokkuvõttes vastatakse punktis 1.3 püstitatud uurimisküsimustele.

Esmalt formuleeriti lõputöös probleem. Selleks kirjeldati lõputöö raames eeskirju ja nõudeid, mis reguleerivad Eestis asfaldist katendikihtide kvaliteedi kontrollimist. Seejärel uuriti, mis on probleemiks purustavate meetodite kasutamisel poorsuse ja paksuse hindamisel ning millised on maaradari kasutamise spetsiifilised väljakutsed Eestis. Jõuti järeldusele, et praegu võib lugeda probleemiks teetööde kvaliteedi tagamisel puudulikku pilti tegelikust tee olukorrast, puuduvaid andmeid tee remondi või hoolduse planeerimiseks ning tee kahjustustele õige diagnoosi panemist. Maaradari kasutuse koha pealt on spetsiifilisteks küsimusteks hilisema mõõtmise võimalikkus sügisel ehitatud katenditele, katendis oleva niiskuse mõju poorsuse hindamisele ja katendi paksuse mõõtmise täpsus.

Probleemi formuleeringule järgnes maaradari funktsionaalne analüüs, kus selgitati kirjanduse ja varasemate uuringute põhjal maaradari kasutusvõimalusi poorsuse mõõtmisel. Selle juures tehti ülevaade arvutusmeetoditest, mida on võimalik kasutada jäävpoorsuse määramiseks ning valemitest, mida kasutatakse. Lisaks sellele kirjeldati ka maaradari kasutust paksuse mõõtmiseks ning nende andmete kasutamist FWD uuringutes. Funktsionaalse analüüsi käigus kirjeldati ka maaradari kasutuse rahvusvahelisi praktikaid. Täpsemalt anti ülevaade Soome, Rootsi ja UK regulatsioonidest maaradarimõõtmistel.

Probleemi formuleeringu järel viidi läbi maaradari katsetamised Eesti tingimustes, et saada vastused küsimustele:

- Mis on maaradari täpsus Eestis asfaldist kattekihtide poorsuse mõõtmisel?
- Missugune mõju on katendis oleval niiskusel maaradari kasutamisele asfaltkatte poorsuse mõõtmisel?
- Missugused on maaradari kasutusvõimalused Eestis sügisel valminud katete poorsuse hilisemaks mõõtmiseks?

Maaradari täpsust kattekihtide poorsuse mõõtmisel analüüsi lähtuvalt paralleelmõõtmiste kokkulangevusest ja metallimõõtmiste mõjust dielektrilistele väärtustele. Paralleelmõõtmiste analüüsil põhjal võib öelda, et jäävpoorsuse viga on mõõtmisel on väike ja paralleelmõõtmised korreleeruvad omavahel hästi. Paralleelmõõtmiste hindamiseks on analüüsi põhjal soovitatav kasutada dielektriliste väärtuste korrelatsiooni 5 või 10 m lõikude keskmiste vahel ja kalkuleeritud jäävpoorsuste jaotuste korrelatsiooni. Metallimõõtmiste analüüsi põhjal võis järeldada, et suhteliselt sarnastel metallimõõtmistel on marginaalne mõju nende kaudu arvutatavatele dielektrilistele väärtustele vahedele.

Niiskuse mõju uurimisel leiti, et kattes oleval niiskusel on mõju mõõtmistulemustele ka siis, kui katte pind mõõtmiste ajal on kuiv. Samuti võib kattes oleva niiskuse tõttu paista maaradari uuringu järgi kate tegelikust tihedamana. Kunstlikult niisutatud katte mõõtmisel leiti aga, et mõõtmistel ei ole probleemiks katte peal olev vesi, vaid katte sees olev vesi. Kui katte peal olev vesi ei ole jõudnud katte pooridesse, siis ei mõjuta see otseselt mõõtetulemusi.

Hilissügisel valminud katete tagantjärele mõõtmisel selgus, et mõõdetud dielektrilised väärtused on keskmiselt sarnased sügisel mõõdetule. Samas ei tulnud aprillis ja mais mõõtes välja sügisel kattes esinevad poorsuse ekstreemsused. Seetõttu on soovitatav seda teemat edasi uurida, viies läbi mõõtmised suvel, kui võib täiesti kindel olla niiskuse puudumises katendis.

Maaradari võrdlemisel praegu kasutuses oleva puurkehadel põhineva süsteemiga oli näha, et maaradari kasutamise on võimalik saada ülevaatlikumaid tulemusi väiksema mõjuga liiklusele ja katte seisundile. Nendel põhjustel soovitatakse käesolevas lõputöös võtta maaradar kasutusele jäävpoorsuse määramisel. Samas on oluline tegeleda edasi maaradoriga seotud teemade uurimisega. Käesolevas lõputöös pakuti edasisteks uurimisteamadeks katete tagantjärele mõõtmise teostamine suvel, paralleelmõõtmiste korrelatsioonikordajate selgitamine ja maaradari kasutusvõimaluste selgitamine Eestis väljaspool jäävpoorsuse mõõtmist.

SUMMARY

THE USE OF GROUND PENETRATING RADAR IN QUALITY ASSURANCE OF ROAD CONSTRUCTIONS IN ESTONIA

Karmen Kütt

The aim of this thesis was to research the use of ground penetrating radar (GPR) in quality assurance of road constructions in Estonia and find answers to still unanswered questions regarding air void measurements with the GPR. The main research question for this thesis is as follows:

How can the GPR be used to measure the air void content of asphalt pavements, to ensure the quality of asphalt roads in Estonia, by accounting for the effect of moisture during measurements and postponing the measurements to spring on roads, that were completed late autumn?

First, the problem was defined regarding the use of destructive measures in road construction quality assurance. The problems include not knowing the exact situation of the road structure, not having enough data to plan road reconstructions and correct diagnosis of pavement failures. Additionally specific challenges of using the GPR in Estonia were posed. The problem definition was followed by a functional analysis of the GPR, where the use of it in the field of road construction was elaborated based on the literature, studies that have been undertaken and experience of other countries.

Field-testing of the GPR was undertaken. Based on the results of parallel measurements, it can be said that the error in estimating the air void content is small and the parallel measurements correlate well with each other. From the analysis of the metal plate measurements it can be said that similar metal plate measurements have a marginal effect on the ϵ_r values. Analysis into the effect of moisture showed that even if the surface is dry, the moisture in the construction will make the porous regions appear denser. A water test also proved that surface water, if it has not penetrated the construction, does not affect the GPR results. Comparing the GPR measurements from spring and autumn did not show a significant difference between the air void

content, but it did not show a complete correlations of the results either due to residual water and salt from winter or compaction of the road surface. Further research is needed if the GPR measurements can be postponed, with possible field testing in the summer period.

A comparison of GPR with the current drill-core system showed that the GPR is a superior method for assessing the air void content of asphalt pavements regarding the applicability of the results, the time effect on traffic and the effect on the construction itself. This thesis also suggests that additional research be done to find out the correlation coefficient for parallel measurements and other uses for the GPR besides measuring the air void content.