

## Kørende georadarmålinger på vejbelægninger - Teknikerens røntgensyn

Georadarmetoden har været kendt i mange år. Men som med al anden teknologi går udviklingen hurtigt.

Uanset om du skal bruge oplysninger om eksisterende belægninger som grundlag for dit nye projekt eller du vil tjekke tykkelserne af nye belægninger, kan du i dag få georadarmålinger udført både hurtigt, billigt og - ikke mindst - meget præcist.



Geofysiker  
Jørgen Ringgaard  
Ramboll  
jri@ramboll.dk  
www.ramboll.dk



Geofysiker  
Max Halkjær  
Ramboll  
maxh@ramboll.dk  
www.ramboll.dk



Rådgivende ingeniør  
M.IDA + FRI  
Jan Aagaard  
info@ythat.dk  
www.ythat.dk

### Sådan virker georadar

Georadar virker på den måde, at en eller flere antenner sender elektromagnetiske pulstog ned i underlaget. Dele af signalet reflekteres af lag-

grænser mellem materialer med forskellig elektrisk polariseringsevne, også kaldet elektrisk permittivitet. Når det reflekterede signal returnerer til antennerne registreres amplitude og tidsforsinkelse, hvorved laggrænserne fremstår som reflektorer. Det er ikke muligt at afgøre, hvilke konkrete materialer signalererne har ramt. Når vi taler vejbelægninger dannes reflektorerne normalt i grænserne mellem asfaltlag og gruslag, mellem veldefinerede gruslag af forskellig sammensætning og i grænsen mellem gruslag og råjord (planum). Polariseringsevnen hænger delvist sammen med densiteten af materialet.

### Den nyeste teknologi

Indenfor georadar hedder den nyeste teknologi multifrekvens og multi-kanalets 3D Georadar.

Et system kan bestå af 21 antenner monteret således, at der på tværs af køreretningen måles pr. 7,5 cm og

med valgfrit interval i køreretningen, eksempelvis pr. 15 cm. Antennerne monteres ca. 20 cm over vejbanen. Multifrekvens betyder, at der som tidligere ikke blot måles med én frekvens, men over et frekvensinterval. Ved at udsende flere frekvenser samtidigt, kan man i én og samme kørsel kortlægge belægningen tæt på overfladen og laggrænser længe nede i vej-kassen. Noget man tidligere kun kunne opnå ved gentagne overkørsler med hver sin frekvens.

De målte data tilknyttes koordinater målt direkte under kørslen ved hjælp af et navigationssystem, hvorved data med stor nøjagtighed kan overføres til et grundkort.

### Kørende georadar

Målingerne foretages ved hjælp af et antennesystem, der er monteret bagpå en bil. Dataindsamlingen kan foretages med en hastighed på op til ca. 80 km/t, hvorfor det normalt ikke generer trafikken.

Med en effektiv målebredde på ca. 1,6 m, kan der indsamles data på adskillige kilometer vej i løbet af en arbejdsdag.

### Georadar på nye belægninger

På et nyligt udført motorvejskryds, blev der kørt 3D Georadar på næsten 20.000 m<sup>2</sup> asfalt. At foretage målinger i et motorvejskryds er trafikalt kompliceret og dermed tidskrævende. Den høje indsamlingshastighed gjorde det dog muligt at indsamle data i løbet af blot én arbejdsdag og uden at regulere trafikken.

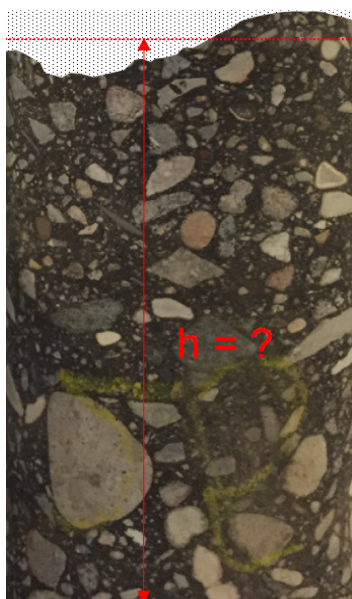
Formålet med georadarmålingerne var at tjekke tykkelserne af de udførte asfaltbelægninger.

For at opnå den største nøjagtighed, blev der udtaget en række borekerner, hvor tykkelsen blev målt. Georadarmålingerne blev herefter kalibreret op mod borekernerne ved at foretage en midling over et mindre område, typisk en halv m<sup>2</sup>, omkring boringen.

Erfaringsmæssigt er overensstemmelsen mellem georadarmålingerne og borekernemålingerne meget høj.

Tykkelsen af de samlede asfallyag, blev med georadaren i et givent punkt, målt med en unøjagtighed på max. +/- 6 mm. Halvdelen af målingerne lå mellem 0-2 mm. En volumenberegning vil dog blive endnu mere nøjagtig, da de kalibrerede måleresultater vil fordele sig omkring den sande middelværdi.

Da nogle borekerner kan være temmelig ujævne i bunden, oplevede vi, at det ikke var tilstrækkelig nøjagtigt at måle dem med tommestok.



Figur 1 - En borekerne med bunden øverst, som er meget ujævn og dermed svært at måle den nøjagtige højde på

I stedet kan man veje borekernen, bestemme densiteten og ud fra diameteren beregne højden.

På gamle veje er undersiden af asfalten oftest både mere ujævn og mere smuldret, hvorfor nøjagtigheden vil være mindre end for nye belægninger.

### Databehandling

Motorvejskrydset var udlagt med asfalt i forskellige tykkelser på grund af forskellige trafikbelastninger på de enkelte ramper og hovedspor. Derfor gav det ikke et tilstrækkeligt overblik blot at udtegne et kort med asfaltykkelserne: hvis målingerne viste 18 cm, var det så godt? Ja, de strækninger, hvor der skulle være 15 cm, men det var dårligt de steder, der skulle være 20 cm.

I stedet blev de forskellige belægningsopbygninger lagt ind i en 3D model. På den måde var det muligt at fremstille differenskort, som viste forskellene mellem de projekterede og de udførte tykkelser:



Figur 2- Udsnit af et differenskort med farvepalette, der viser hvor der er udlagt asfalt i for lille eller stor tykkelse i forhold til det projekterede

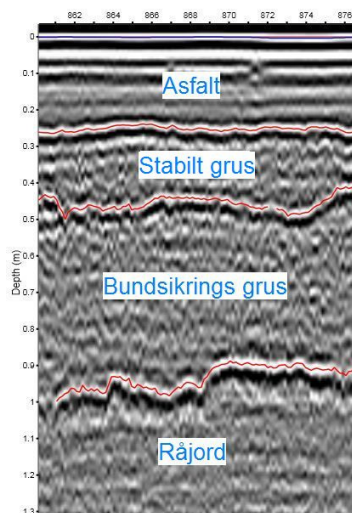
Endelig blev der udført en volumenberegning af de udførte asfalmængder. Den opnåede nøjagtighed gør det muligt at bruge georadarmålingerne som kombineret mængdekontrol og eventuelt også som afregningsmetode. Når tykkelsen af hver eneste m<sup>2</sup> bliver opmålt, bliver det meget nemt både at se, hvor tolerancerne ikke er overholdt og hvor mange m<sup>3</sup> der er udlagt.

Køres der georadar før afleveringen, kan bygherren desuden bruge målingerne til præcist at beskrive i hvilke områder garantien bør forlænges eller arbejdet gøres om.

### Eksempel på radargram

Et radargram er en gengivelse af de reflekterede elektromagnetiske bølger. Nedenfor er der vist et udsnit af et radargram for en strækning på 10 m motorvej. Det ses, at asfalten har en samlet tykkelse på ca. 25 cm.

Tykkelserne af asfallagene bestemmes dog ikke ved aflæsning af radargrammet, men i selve 3D modellen.



Figur 3 - På radargrammet herover, kan man tydeligt se forskellen mellem de forskellige belægningsmaterialer

Når man ikke kan skelne de forskellige asfaltlag fra hinanden (her SMA, ABB og GAB II), skyldes det, at deres elektriske egenskaber og densiteter er meget ens. Tilsvarende kan

man ikke altid se grænsen mellem stabilt grus og bundsikringsgrus.

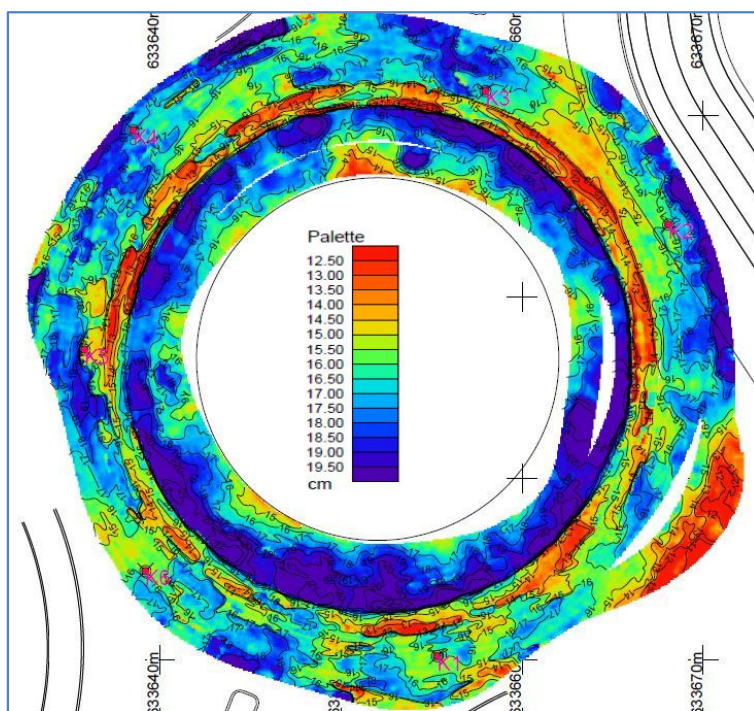
### Georadar på eksisterende belægninger

#### Belægningsforstærkning

Georadarmålinger kan bruges til mere end at kontrollere tykkelserne af asfalt og grus på nye veje.

Skal man forstærke en gammel kørebanebelægning, kan man foretage en 100% gennemkørsel for at få oplysninger om vejens belægningsopbygning, der kan variere meget på de enkelte strækninger og spor.

Herunder er vist et kort med asfaltykkelser i en rundkørsel, der skulle renoveres. Asfaltykkelsen skulle være ens i hele rundkørslen, men som det ses, varierer den fra 12 - 20 cm. Det er en del af forklaringen på, at belægningen skulle udskiftes.



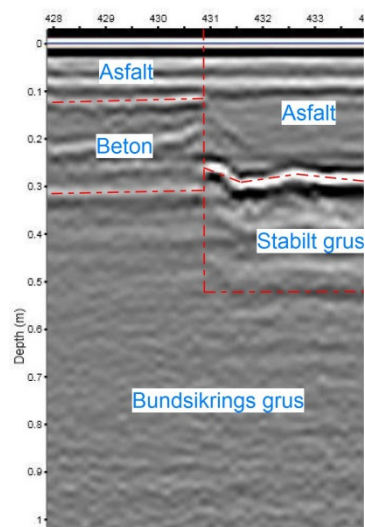
Figur 4 - På tykkelseskortet af rundkørslen ses store variationer af asfaltykkelserne

Vær opmærksom på altid at få foretaget borer eller prøvegravninger i den gamle belægning. Et formål er at kunne kalibrere georadarmålin-

gerne for at opnå det mest nøjagtige resultat - et andet formål er at bestemme, hvilke belægninger vejen rent faktisk er bygget op af.

Nedenfor ses et eksempel på et radargram, hvor der er et skifte i belægningsopbygningen. Før st. 431 er der beton under asfalten. Efter st.

431 er der en traditionel belægning med asfalt på stabilt grus:



Figur 5 - Radargram i overgangen mellem en "betonvej" og en "asfaltvej"

### Belægningsopbrydning

Hvis vejen ikke skal forstærkes, men i stedet opbrydes, vil det også være en fordel at få foretaget en 100% dækkende georadarmåling. På den måde kan man på forhånd beskrive og beregne opbrydningsmængderne til brug i udbudsmaterialet.

### Sammenfatning

Med den nye 3D Georadar teknologi kan man både hurtigt, billigt og nøjagtigt foretage en fuldt dækkende og ikke-destruktiv mængdeopmåling og kontrol af tykkelser af asfalt, beton og grus i vejbelægninger, som ikke er mulig med andre metoder. Dog bør der altid foretages borer for kalibrering og til bestemmelse af materialerne.

Da efterbehandling af data, kortudtegnning og eventuel mængdeberegning i stort omfang foregår automatisk, giver metoden rigtig stor værdi i forhold til udgiften.