

Förord

”Uppföljning av befintliga slaggrusprovvägar” är ett projekt som finansierats av Värmeforsks delprogram ”Miljöriktig användning av askor”. Tidigare mätningar och utvärderingar som använts för jämförelse har finansierats av KFB, VINNOVA, Umeå Energi och Statens geotekniska institut (SGI).

Projektet har genomförts i samarbete med Väg- och transportforskningsinstitutet (VTI) och Vägverket Konsult.

Ett stort tack till referensgruppen för projektet som har bestått av Henrik Bristav (Umeå Energi), Raul Grönholm (SYSAV Utveckling AB), Karl-Johan Looents (VTI) och Tomas Sandström (Vattenfall Utveckling AB). Tack också till Claes Ribbing (Sv Energiaskor AB) som varit Värmeforsks programansvarige och som deltagit aktivt i referensgruppsmötena liksom till Gunnar Westberg (SGI) som granskat slutrapporten.

Linköping, december 2004

Maria Arm
Statens geotekniska institut

Abstract

Styvhetsutvecklingen i två relativt nybyggda provvägar med slaggrus har följts upp med hjälp av fallviktsmätning. Provsträckor med slaggrus i förstärkningslagret har jämförts med referenssträckor med bergkross i förstärkningslagret. I den ena provvägen har inte styvheten hos slaggruslagret ändrats nämnvärt under perioden 1999–2004. I den andra har styvheten minskat något under perioden 2002–2004. Någon stor styvhetsökning motsvarande den som uppmätts i en äldre provväg i Linköping har alltså inte noterats.

Sammanfattning

I Sverige finns ett antal provsträckor och provytor med slaggrus i olika lager och funktioner. Flera av dessa har följts upp tidigare genom fallviktsmätning. Målet med detta projekt är att öka kunskapen om långtidshållfasthet hos slaggrus när det används som vägmateriäl och att i detta arbete dra nytta av de provvägar med slaggrus som redan byggts.

Inom projektet har fallviktsmätningar gjorts under 2004 på två av de befintliga provvägarna med slaggrus i förstärkningslagret. Den ena provvägen byggdes 2001 och finns i Umeå vid Umeå Energis anläggning i Dåva. Den andra provvägen byggdes 1998 och finns i Törringe utanför Malmö. I båda fallen har provsträckan och referenssträckan mätts. Båda provvägarna har mätts tidigare och det här projektets mätdata har utvärderats på samma sätt som vid de tidigare mätningarna (lagermoduler för olika lager respektive ytmoduler för hela konstruktionen). Resultatet presenteras tillsammans med en jämförelse med tidigare års mätningar. De värden som erhållits för slaggruset har även relaterats till motsvarande utveckling för naturmaterialet i referenssträckorna.

Resultatet visar att i Törringe är slaggrusets styvhet i stort sett oförändrad jämfört med tidigare mätningar. I Dåva däremot var styvheten i provsträckan mindre vid mätningen 2004 än den var vid mätningen 2002. I båda vägarna hade provsträckan mindre styvhet än motsvarande referenssträcka. I Törringe rådde samma förhållande mellan slaggrusets och bergkrossmaterialets styvhet 2004 som tidigare. I Dåva var skillnaden mellan slaggrusets och bergkrossmaterialets styvhet något större 2004 än tidigare. Den styvhetsökning som har uppmätts på en äldre slaggrusprovväg i Linköping har alltså inte kunnat noteras på dessa vägar med slaggrus av "modernare" typ. Kanske kan det bero på att de modernare slaggrusmaterialen har lagrats under en längre period innan användning.

Eftersom detta är den enda uppföljning i sitt slag som görs i Sverige är resultatet unikt. Erfarenheterna kan användas vid planering av nya liknande objekt. Därvid måste vikten av homogena undergrundsförhållanden vid byggandet av provvägar betonas. Att ha med en referenssträcka är naturligtvis självklart. Att dokumentera allt under utförandet är också viktigt, liksom att följa upp resultatet under längre tid än två-tre år.

För att undersöka om Törringevägens trend håller i sig och för att se hur Dåvavägens trend ser ut rekommenderas en fortsatt uppföljning av de båda provvägarna med hjälp av fallviktsmätning, förslagsvis om två år. Samtidigt behöver vatteninnehållet i vägkroppen och undergrunden följas upp. Det ger möjligheter att bättre kunna förklara mätresultaten, till exempel skillnader mellan olika lager och mellan olika tidpunkter.

Den här studien visar liksom tidigare laboratorie- och fältstudier att styvheten för slaggrus är mindre än styvheten för bergmaterial med större kornstorlek. Styvheten används idag som indata vid dimensionering av vägar i Vägverkets ATB VÄG. Ett annat mått på hållfasthet är bärförmåga, dvs. motståndet mot permanenta deformationer/sättningar vid belastning. Tidigare laboratorieförsök har visat att slaggrus har bättre bärförmåga än naturgrus med samma kornstorlek. Vägverket och SGI arbetar för att även bärförmåga ska ingå i dimensioneringsunderlaget i framtiden.

Nyckelord: slaggrus, långtidshållfasthet, provväg, fallviktsmätning, förstärkningslager

Summary

There are a number of Swedish test roads and test areas with processed municipal solid waste incinerator bottom ash, here called MSWI gravel. It is used in different road layers and for different purposes. Many of these have been monitored through falling weight deflectometer (FWD) measurements. The main purpose of this project is to increase the knowledge of the long-term strength of MSWI gravel, when it is used as a road material. Another purpose is to take advantage of the existing test roads.

FWD measurements have been performed on two of the existing test roads with MSWI gravel in the sub-base. One road was constructed in 2001 and is situated in Umeå, close to the Dåva power station of Umeå Energi. The other test road was constructed in 1998 in Törringe, outside Malmö. In both cases a test structure as well as a reference structure has been measured. Both test roads have been measured before and the data from this project have been evaluated in the same way as earlier (layer moduli for different layers and surface modulus for the whole road structure respectively). The result is presented and compared with the earlier data. The values obtained for the MSWI gravel have also been related to the corresponding values for the crushed rock material in the reference structures.

The result shows that in Törringe, the stiffness of the MSWI gravel has not changed compared with the results from earlier measurements. However, in Dåva the stiffness of the test structure was lower in 2004 than in 2002. In both test roads, the test structure had lower stiffness than the reference structure. In Törringe, the ratio between the stiffness of the test structure and the stiffness of the reference structure was unchanged. In Dåva, however, the stiffness ratio had increased. The stiffness increase that has been observed on an older test road in Linköping has not been observed on these roads with MSWI gravel of more “modern” type. It is maybe due to the longer storage time before use, for modern bottom ash.

This project is the only long-term monitoring of this type in Sweden and therefore the result is unique. The experiences could be used when planning new similar objects. It is then important with homogenous subgrade conditions, a reference structure (of course), careful documentation of the construction and a monitoring period that is longer than two–three years.

It is recommended to continue the monitoring of the two test roads with FWD measurements in 2006. The object is to see whether the trend in Törringe continues and to see what the trend in Dåva is. It is also recommended to monitor the water content in the two roads, in order to explain the results better.

This study, as well as earlier laboratory and field studies, shows that MSWI gravel is less stiff than crushed rock with larger particle size. Today, the stiffness is used as input in the design manual of The Swedish National Road Administration (SNRA). Bearing capacity is another measure of strength that could be used. Bearing capacity is the resistance to permanent deformation/settlements during loading. Laboratory tests have shown that MSWI gravel has better bearing capacity than natural gravel with the same particle size. SNRA and SGI are working to include the bearing capacity in the future design manual.

Key words: municipal solid waste incinerator (MSWI) bottom ash, long-term strength, test road, falling weight deflectometer measurement, sub-base

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	BAKGRUND	1
1.2	MÅL.....	1
1.3	BEGREPP OCH DEFINITIONER.....	1
2	METOD.....	3
2.1	FALLVIKTSMÄTNING.....	3
2.2	BESKRIVNING AV PROVSTRÄCKORNA	4
3	RESULTAT	7
4	DISKUSSION	10
4.1	STYVHETSUTVECKLING FÖR PROVSTRÄCKORNA	10
4.2	JÄMFÖRELSER MELLAN PROVSTRÄCKOR OCH REFERENSSTRÄCKOR.....	11
5	SLUTSATSER.....	18
6	REKOMMENDATIONER OCH ANVÄNDNING	19
7	FÖRSLAG TILL FORTSATT FORSKNINGSPÅRBEDE	20
8	LITTERATURREFERENSER.....	21

Bilagor

A	TYPISKA LAGERMODULER FÖR OLIKA MATERIAL, UTVÄRDERADE UR FALLVIKTSMÄTNINGAR
B	STYVHET – STABILITET – BÄRFÖRMÅGA
C	PLAN- OCH PROFILRITNINGAR

1 Inledning

1.1 Bakgrund

I Sverige finns ett antal provsträckor och provytor med slaggrus i olika lager och funktioner. SGI och VTI har deltagit i planeringen och uppföljningen av flera av dessa [1], [2], [3], [4], [5]. Tre stycken är aktuella här: Gumpekulla-vändörat i Linköping som byggdes 1987, Törringevägen utanför Malmö som byggdes 1998 och Dåvaverkets transportväg i Umeå som byggdes 2001. I samtliga dessa projekt har uppföljning i någon form gjorts, bland annat genom fallviktsmätning.

Fallviktsmätning är ett hjälpmedel för att bedöma vägars styvhetsegenskaper. Vid mätningen görs en provbelastning av vägytan med hjälp av en vikt som faller ned och samtidigt registreras vägytans nedsjunkning på olika punkter. Nedsjunkningen är en funktion av styvheter och tjocklekarna hos de väglager som påverkas av belastningen.

De mätningar som gjorts hittills har visat att styvheten ökar med tiden hos slaggrusvägen i Linköping. Motsvarande ökning har inte upptäckts hittills i de två senare byggda vägarna. I Malmö finns dock bara värden från mätningar ett och två år efter byggandet och i Umeå finns bara mätningar från ett tillfälle, 2002 [5].

De provsträckor som finns ger en unik möjlighet att studera långtidsegenskaperna och de bör därför följas under åtminstone en femårsperiod. Vägen i Linköping grävs bort under 2004 och studeras då i ett annat Värmeforskfinansierat projekt, Q4-241, men sträckorna i Malmö och Umeå finns kvar och innehåller dessutom slaggrus av "modernare" sort.

I detta projekt görs ingen uppföljning av de miljöpåverkande egenskaperna hos slaggrus. Det gjordes under de första två åren på Törringevägen och är rapporterat i [4], [6] och [7]. Dåvavägen studeras också med avseende på miljöpåverkan på omgivningen och resultatet kommer att rapporteras i [8].

1.2 Mål

Projektets mål är att öka kunskapen om långtidshållfasthet hos slaggrus när det används som vägmateriäl och att i detta arbete dra nytta av de provvägar med slaggrus som redan byggts. Erfarenheter från projektet kan användas vid planering av nya liknande objekt.

1.3 Begrepp och definitioner

Slaggrus	Sorterad och lagrad bottenaska från förbränning av hushållsavfall. Sorteringen innebär att partiklar med större diameter än 50 mm samt magnetiska partiklar avskiljs. Lagringen innebär utomhuslagring i minst sex månader.
MSWI gravel	Processed bottom ash from incineration of municipal solid waste. Processing means that particles with a diameter greater than 50 mm and magnetic particles are removed and the rest is stored outdoors for at least six months.

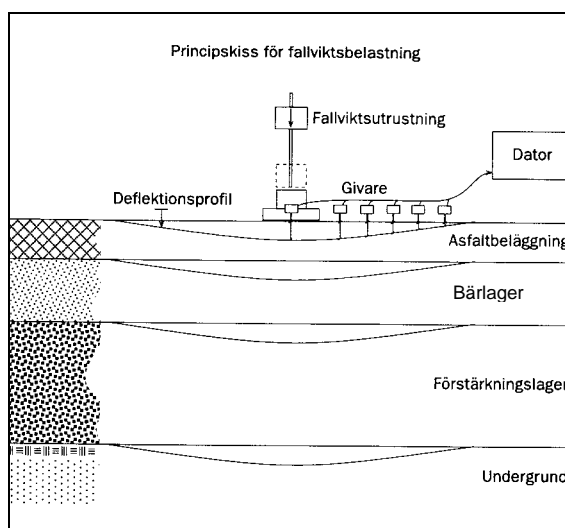
Styvhet	Motstånd mot elastiska deformationer. Samband mellan spänning och töjning. Mäts i MPa.
Lagermodul	Medelstyvheten för ett lager, utvärderad från fallviktsmätning.
Ytmodul	Medelstyvheten för hela konstruktionen från ytan och nedåt inom fallvikts djupverkan som är cirka två meter. E_0 betecknar medelstyvheten från mätytan medan E_{500} betecknar medelstyvheten från 500 mm djup.
Stabilitet	Motstånd mot permanenta deformationer/sättningar.
Bärförmåga	Den last ett lager av ett material kan bära utan att den permanenta deformationen/sättningen blir större än ett visst angivet värde. Mäts i kPa.

2 Metod

Fallviktsmätningar har gjorts på två befintliga provvägar med slaggrus i förstärkningslagret. Den ena provvägen finns i Törringe utanför Malmö. Den andra provvägen finns i Umeå vid Umeå Energis anläggning i Dåva. I båda fallen mättes provsträcka och referenssträcka. Mätdata har utvärderats på samma sätt som vid de tidigare mätningarna (lagermoduler för olika lager respektive ytmoduler för hela konstruktionen).

2.1 Fallviktsmätning

Hållfasthetsutveckling kan registreras med hjälp av fallviktsmätningar. Metoden är ett hjälpmedel för att bedöma vägars eller vägmateriallagers styvhetsgenskaper och heter egentligen Provbekastning med fallviktsapparat. Vid provbekastningen belastas vägytan av en vikt som får falla ned på en belastningsplatta som vilar på vägen (Figur 1).



Figur 1. Princip för provbelastning med fallviktsapparat enligt [9]

Figure 1. Principle of Falling Weight Deflectometer, FWD, measurement according to [9]

Under belastningen registreras vägytans maximala nedsjunkning eller deflektion av givare, dels i belastningscentrum, dels i ett antal punkter på valda avstånd därifrån. Vikten faller ned på ett fjädersystem ovanpå belastningsplattan och plattan överför kraftpulsen till vägen. Kraftpulsens storlek beror av viktens massa, fallhöjden, fjädersystemets egenskaper och vägkroppens styvhet. Storleken på deflektionerna och hela ”deflektionsprofilens” utseende är en funktion av styvheter och tjocklekarna hos de lager som påverkas av belastningen. Deflektionen i belastningscentrum påverkas av alla lager inom lastens djupverkan, medan deflektionen under den yttersta givaren påverkas främst av förhållandena i undergrunden. (Deflektionsprofilen kallas ofta lite vanvördigt för sjunktratt).

Om lagertjocklekarna i en konstruktion är kända kan de olika lagrens styvheter itereras fram med hjälp av ett datorprogram och de uppmätta deflektionernas storlek [10]. Vid kontroll av hållfasthetsutvecklingen görs upprepade mätningar och de utvärderade lagerstyvheter, s.k. lagermoduler, jämförs. För en relativ jämförelse mellan konstruktioner kan även ytmodulen eller medelmodulen för olika djup användas.

Observera att det finns fallviktsapparater av olika fabrikat och att tekniskt viktiga egenskaper såsom kraftpulsens längd och form kan skilja dem åt. Därför bör upprepade mätningar med syfte att följa upp ett vägobjekt utföras med apparater av samma konstruktionstyp. Normalt utförs mätning i höger hjulspår för att fånga den tunga trafikens påverkan på vägen. På färdig vägyta används belastningen 50 kN. På andra ytor, till exempel terrass, bör en mindre last användas. Normalt är belastningsplattans diameter 300 mm. Deflektionsgivarnas antal och placering väljs med tanke på vägkonstruktionen.

Vägverket rekommenderar generellt minst sex givare som placeras på följande avstånd från belastningscentrum: 0, 200, 300, 450, 600 och 900 mm. Mätning ska göras på otjälad väg om inte syftet är att studera just tjällossning. Temperaturen i beläggningen och luften ska mätas vid belastningstillfället, beläggningstemperaturen flera gånger. Det beror på att en asfaltbeläggnings styvhet är temperaturberoende och mätresultaten behöver korrigeras till en referenstemperatur.

En fördel med metoden är att den använder en dynamisk last som simulerar en fordonsaxelöverfart. Dessutom är det en snabb, ickeförstörande provning där olika lagers egenskaper kan särskiljas. Den fungerar bra på vägkonstruktioner med alternativa material, men den kan inte användas på för svagt underlag där mätfordonet inte tar sig fram.

2.2 Beskrivning av provsträckorna

De två provvägarna har både likheter och skillnader. Båda är belagda och slaggruset används som förstärkningslagermaterial. Båda är lågtrafikerade med avseende på tung trafik. På Törringevägen förekommer endast sporadisk tung trafik, medan Dåvavägen trafikeras dagligen av ett 20-tal lastbilar utan släp. En viktig skillnad mellan de båda vägarna är klimatet, som bland annat ger upphov till olika tjälförhållanden.

Törringevägen byggdes 1998 och är genomfartsgata vid byn Käglinge ca 10 km sydost om Malmö (Figur 17). Ett avsnitt, ca 300 m, av gatan byggdes som en provväg med fem olika sträckor (Figur 18). Tre av sträckorna är tvådelade provsträckor med olika alternativa material – krossad betong, tegel eller slaggrus – i förstärkningslagret och antingen krossad betong eller bergkross i bärlagret. Övriga två sträckor utgör referenssträckor och innehåller enbart bergkrossmaterial [6] [7]. I detta projekt studeras en av referenssträckorna, som är 60 m lång, och den provsträckan som har slaggrus i förstärkningslagret och bergkross i bärlagret, 30 m lång (Figur 2).

Dåvavägen byggdes 2001 på Dåvamyran norr om Umeå och används som en intern transportväg inom Dåva kraftvärmeverks område (Figur 21). Den byggdes bland annat med syftet att öka kunskapen om slaggrusets mekaniska och miljömässiga egenskaper när det används som vägbyggnadsmaterial under norrländska förhållanden [7] [8]. Vägen är indelad i fem sträckor med olika utformning. I två sträckor består förstärkningslagret av bergkross och i tre består det av slaggrus. En av bergkrosssträckorna och en av slaggrussträckorna är asfaltbelagd. Det är dessa två sträckor, sträcka 2 och 3, 40 respektive 80 m långa, som följs upp i detta projekt (Figur 3 och 22).

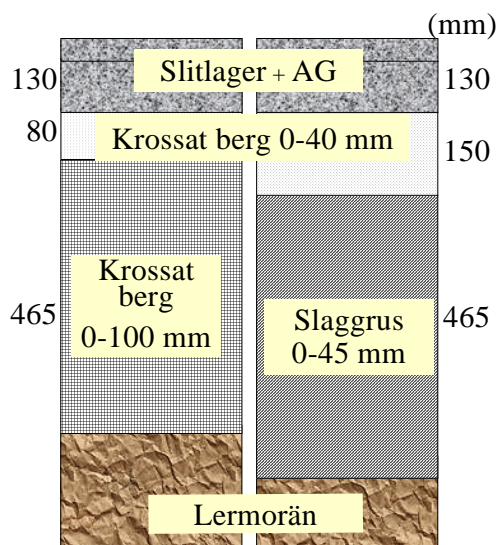


Figur 2. Törringevägen, juni 1999 (Foto VTI) Figur 3. Dåvamyran, sep 2003 (Foto SGI)

Figure 2. Törringevägen June 1999 (Photo VTI) Figure 3. Dåvamyran, Sep 2003 (Photo SGI)

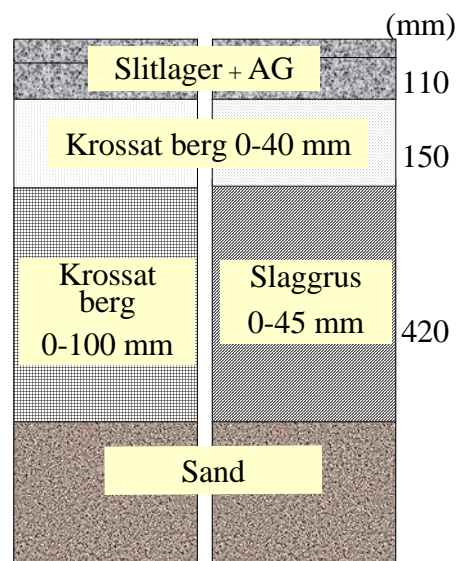
I Törringevägen ligger slaggruset som ett cirka 46 cm tjockt förstärkningslager under 15 cm bärlager av bergkross och 13 cm asfaltbundet bär- och slitlager (Figur 4). Undergrunden består av lermorän. Referenssträckan är byggd med bergkross i förstärkningslaget och med endast åtta cm bärlager av bergkross (Figur 4). Skillnaden i bärlager-tjocklek beror på att Vägverkets regler skulle följas så väl som möjligt. Enligt de reglerna räcker åtta cm bärlager på krossat bergmaterial medan okrossat material kräver 15 cm bärlager. Slaggruset ansågs mest motsvara ett okrossat material.

Även i Dåvavägen ligger slaggruset som förstärkningslager, ca 42 cm tjockt, under 15 cm bärlager av bergkross. Överst ligger 11 cm asfaltbundet bär- och slitlager. Under slaggruset ligger ett så kallat skyddslager av sand och därunder en finkornig morän (Figur 5).



Figur 4. Törringevägen, uppbyggnad av referenssträcka och provsträcka [5]

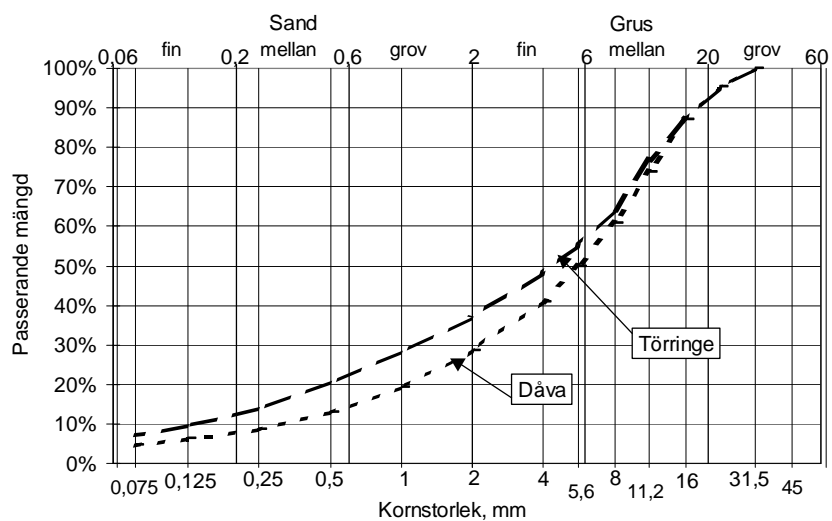
Figure 4. Törringevägen, reference structure and test structure [5]



Figur 5. Dåvamyran, uppbyggnad av referenssträcka och provsträcka [5]

Figure 5. Dåvamyran, reference structure and test structure [5]

Båda slaggrusmaterialen är restprodukter från förbränning av hushålls- och industriavfall i en rosterpanna. Dåva-materialet hade lagrats ungefär ett halvår innan utläggningen, medan Törringe-materialet hade lagrats i mer än två år. Någon provtagning och laboratorieundersökning av materialen har inte gjorts i den här studien. I andra studier [5] har bland annat kornstorleksfördelningen för slaggrus från de båda anläggningarna bestämts (Figur 6).



Figur 6. Kornstorleksfördelning för de två slaggrus-materialen (efter [5])

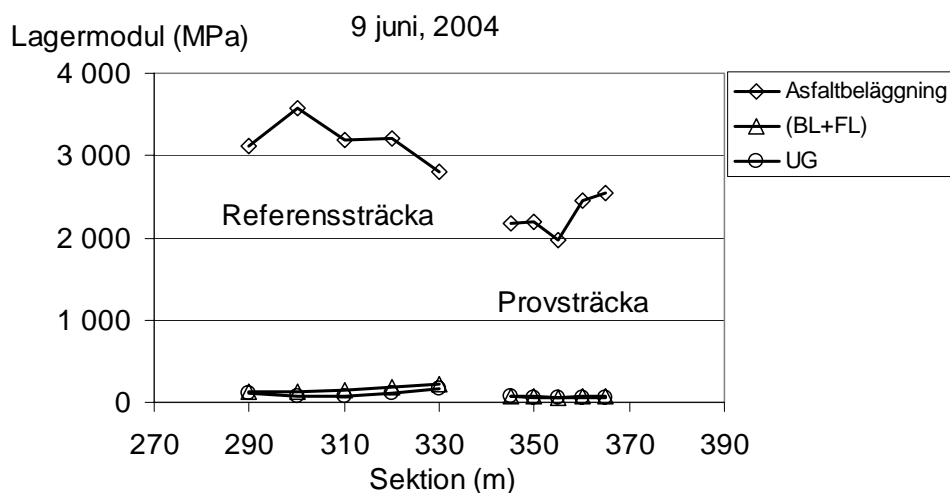
Figure 6. Particle size distribution of the two MSWI gravel materials (after [5])

3 Resultat

Fallviktsmätningarna har utvärderats på samma sätt som vid de tidigare mätningarna. Det innebär att för Törringevägen redovisas de olika lagrens styvheter, så kallade lagermoduler, och för Dåvavägen redovisas ytmodul och medelmoduler för hela vägkonstruktionen.

Törringe

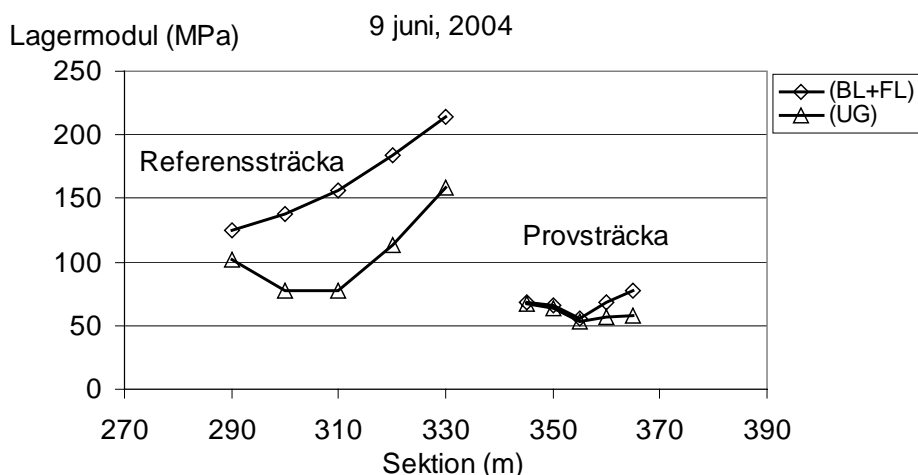
I Törringevägen är referenssträckan med bergkross i förstärkningslagret dubbelt så lång som provsträckan. Ändå har båda sträckorna provbelastats i tio punkter – höger och vänster sida i fem sektioner. Liksom vid de tidigare mätningarna redovisas en gemensam lagermodul för det asfaltbundna lagret, en gemensam lagermodul för bärlaget och förstärkningslagret samt en lagermodul för undergrunden (Figur 7).



Figur 7. Styvhet för olika lager i referens- och provsträcka på Törringevägen, utvärderade som lagermoduler från fallviktsmätning 2004. BL+FL = bärlager + förstärkningslager och UG = undergrund. Medel av två punkter.

Figure 7. Stiffness of different layers in the reference structure and the test structure on the test road in Malmö, evaluated as layer moduli from FWD measurement in 2004. BL+FL = base + sub-base and UG = subgrade. Mean value of two points.

Resultatet visar att det asfaltbundna lagret i referenssträckan är styvare än det i provsträckan. Eftersom styvheten hos det asfaltbundna lagret är så mycket större än hos de andra lagren särredovisas de senare i ett eget diagram. Då framgår det att referenssträckan är inhomogen i längdriktningen (Figur 8).



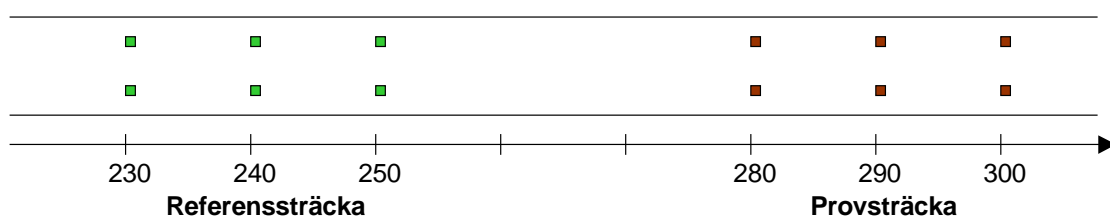
Figur 8. Detalj av Figur 7. Styvhet (lagermodul) för olika lager i referens- och provsträcka på Törringevägen, utvärderade från fallviktsmätning 2004. BL+FL = bärlager + förstärkningslager och UG = undergrund.

Figure 8. Detail of Figure 7. Stiffness (layer modulus) of different layers in the reference structure and the test structure on the test road in Malmö, evaluated from FWD measurement in 2004. BL+FL = base + sub-base and UG = subgrade.

Både undergrunden och bär- och förstärkningslagret är styvare i den östra delen (Figur 8). Lagermodulen för bär- och förstärkningslagret ökar från 125 MPa i sektion 290 till 220 MPa i sektion 330. I provsträckan har bär- och förstärkningslagret ungefär samma styvhet som undergrunden.

Dåva

I Dåvavägen har sex punkter provbelastats på varje sträcka – höger och vänster sida i tre sektioner (Figur 9). Jämför även Bilaga C, Figur 22.

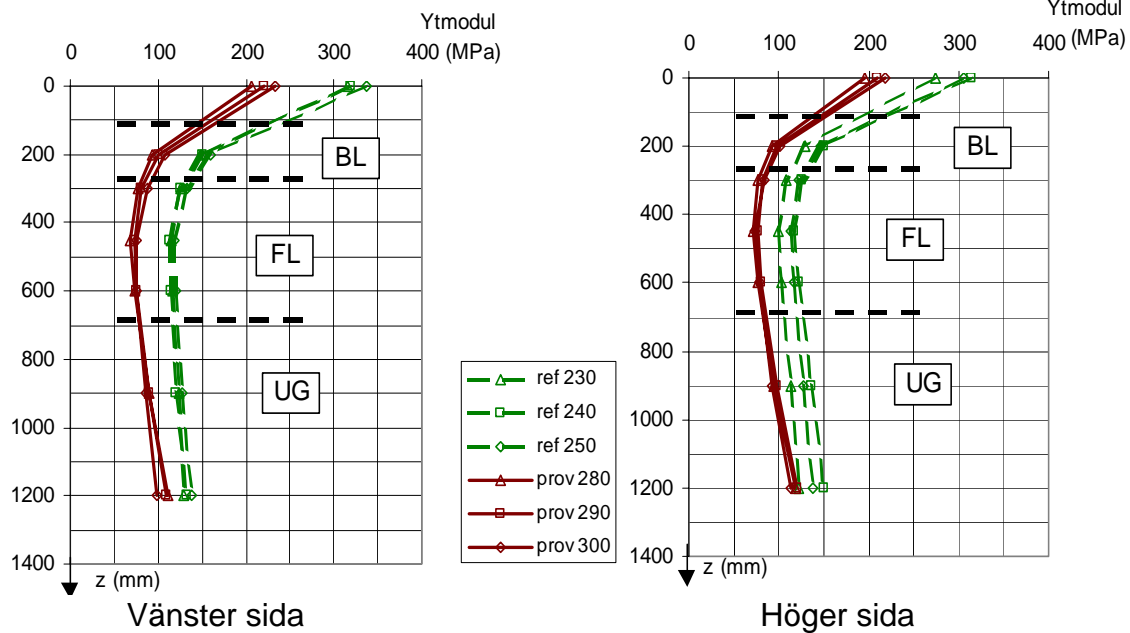


Figur 9. Mätpunkter för fallviktsmätning på Dåvavägen 2004.

Figure 9. Positions for FWD measurement on the test road in Umeå in 2004.

De beräknade ytmodulerna för varje punkt anger medelstyvheten för hela skiktet från ett angivet djup och nedåt (Figur 10). Det betyder att ytmodulen på djupet $z = 0$ mm representerar medelstyvheten för hela konstruktionen. På samma sätt representerar ytmodulen på djupet 110 mm medelstyvheten för hela konstruktionen från bärlagret och nedåt.

7 september, 2004



Figur 10. Medelstyvheter (ytmoduler) utvärderade från fallviktsmätning på Dåvavägen 2004, vänster respektive höger sida. Helt dragna linjer representerar provsträckan och streckade linjer referenssträckan.

Figure 10. Average stiffness (surface moduli) evaluated from FWD measurement on the test road in Umeå in 2004, left- and right-hand sides of the road respectively. The dotted lines represent the reference structure.

Resultatet visar att medelstyvheten för referenssträckans konstruktion (ytmodulen vid $z=0$) varierar mellan 315 och 338 MPa på vänster sida och mellan 274 och 314 MPa på höger sida. Motsvarande siffror för provsträckans konstruktion är 207–234 MPa på vänster sida och 195–219 MPa på höger sida.

Förstärkningslagret är det svagaste skiktet, speciellt i provsträckans högra del (Figur 10). Det framgår också att höger sida i sektion 230 på referenssträckan är mindre styv än resten av referenssträckan.

4 Diskussion

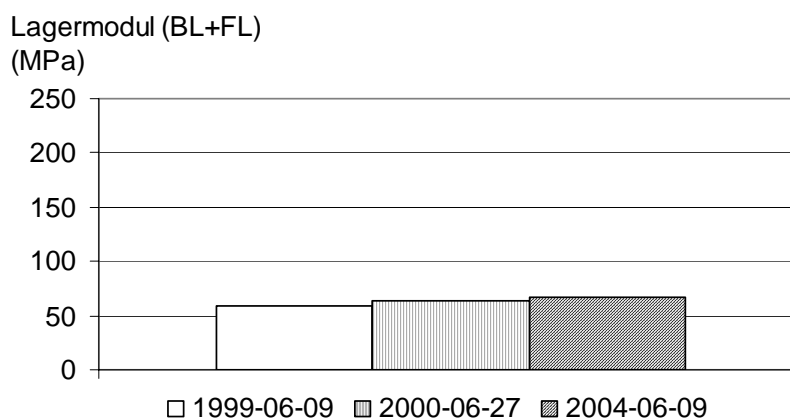
Projektets syfte är att öka kunskapen om långtidshållfastheten hos slaggrus som används som förstärkningsmaterial i lågtrafikerade vägar. Här analyseras resultatet på två sätt:

- 2004 års mätresultat jämförs med tidigare års mätresultat och visar hur slaggruslagrets styvhet förändrats med tiden.
- 2004 års och tidigare års resultat jämförs med motsvarande värden och utveckling för naturmaterialet i referenssträckorna.

4.1 Styvhetsutveckling för provsträckorna

Törringe

Här jämförs tre års värden på lagermodulen för det sammansatta lagret med 15 cm bärager av bergkross och ca 46 cm förstärkningslager av slaggrus. Skälet till att de båda lagren slås ihop vid beräkning och redovisning är att alltför tunna lager ger osäkra resultat när lagermodulen itereras fram. Varje års värde är medelvärdet för tio mätpunkter. Resultatet visar att slaggrusets styvhet är i stort sett oförändrad jämfört med mätningen 1999 (Figur 11). Modulvärdena är 59, 63 och 67 MPa, vilket innebär ca 6–7% ökning varje år.

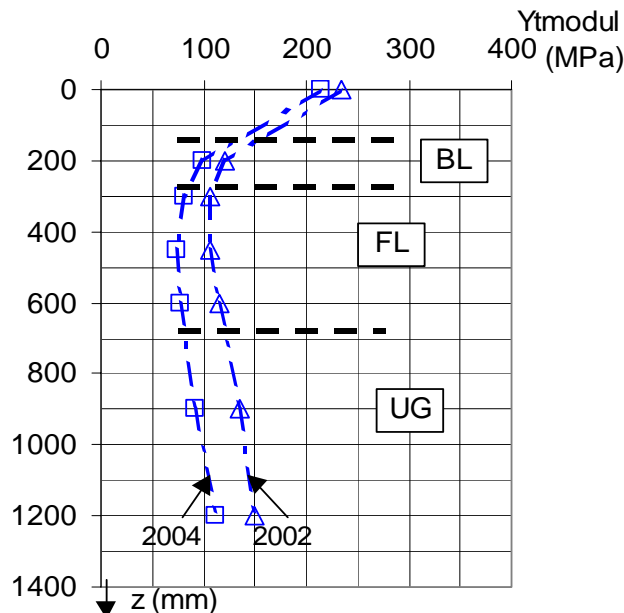


Figur 11. Styvhet (lagermoduler) för det kombinerade bär- och förstärkningslagret på provsträckan i Törringevägen, utvärderade från fallviktsmätningar 1999, 2000 och 2004. Medelvärde av tio punkter. Provsträckan är uppbyggd enligt Figur 4. (Data från tidigare mätningar från [5])

Figure 11. Stiffness (layer moduli) for the combined layer of base and sub-base in the test structure in Malmö, evaluated from FWD measurements in 1999, 2000 and 2004. Mean value of ten points. The test structure is designed according to Figure 4. (Data from earlier measurements from [5])

Dåva

Vid mätningen 2004 var styvheten i Dåvavägens provsträcka mindre än vid mätningen 2002. Det gäller samtliga skikt, men framför allt undergrund och förstärkningslager (Figur 12).



Figur 12. Styvhet (ytmoduler) för den asfaltbelagda provsträckan med förstärkningslager av slaggrus i Dåvavägen, utvärderade från fallviktsmätningar utförda den 16 september 2002 och den 7 september 2004. Medelvärde av sex mätpunkter. Provsträckan är uppbyggd enligt Figur 5. (Data från tidigare mätningar från [5])

Figure 12. Stiffness (surface moduli) for the asphalt paved test structure with sub-base of MSWI gravel in Dåvavägen, evaluated from FWD measurements on 16th September 2002 and 7th September 2004. Mean value of six points. The test structure is designed according to Figure 5. (Data from earlier measurements from [5])

4.2 Jämförelser mellan provsträckor och referenssträckor

För att kunna jämföra prov- och referenssträckor används här kvoten mellan sträckornas styvheter. Det innebär att styvheten för bär- och förstärkningslagret i provsträckan jämförs med styvheten för bär- och förstärkningslagret i referenssträckan. För varje sträcka används medelvärdet av alla mätpunkter. På samma sätt jämförs övriga lagres styvheter med varandra. För Törringe används lagermoduler och för Umeå används ytmoduler (Tabell 1).

Tabell 1. Kvot mellan provsträckornas och referenssträckornas styvheter. BL = bärlager, FL = förstärkningslager, UG = undergrund. Resultat från fallviktsmätningar på provvägarna i Malmö och Umeå. Medelvärde av tio respektive sex mätpunkter. (Data från tidigare mätningar från [5])

Table 1. Ratio between stiffnesses of the test structures and the reference structures. BL = base, FL = sub-base, UG = subgrade. Results from FWD measurements on the test roads in Malmö and Umeå. Mean value of ten or six points. (Data from earlier measurements from [5])

Törringe, Malmö. Byggd 1998		Dåva, Umeå. Byggd 2001	
Datum	Kvot mellan lagermoduler	Datum	Kvot mellan ytmoduler
1999-06	63% (asfaltbundet lager) 68% (BL+FL) 90% (UG)		
2000-06	68% (asfaltbundet lager) 64% (BL+FL) 82% (UG)	2002-09	78% (hela konstruktionen) 77% (BL+FL) 88% (UG)
2004-06	71% (asfaltbundet lager) 41% (BL+FL) 57% (UG)	2004-09	69% (hela konstruktionen) 68% (BL+FL) 83% (UG)

Törringe

Styvheten hos provsträckans kombinerade bär- och förstärkningslager har varit 68%, 64% respektive 41% av referenssträckans dito. Emellertid ska inte den utvecklingen ses som en minskning. Det beror på att underliggande lager har inflytande på ett lagert styvhet vid belastning och i detta fallet minskade kvoten mellan undergrunderna lika mycket eller ännu mer. Förhållandet mellan undergrunderna var 90%, 82%, 57% (Tabell 1).

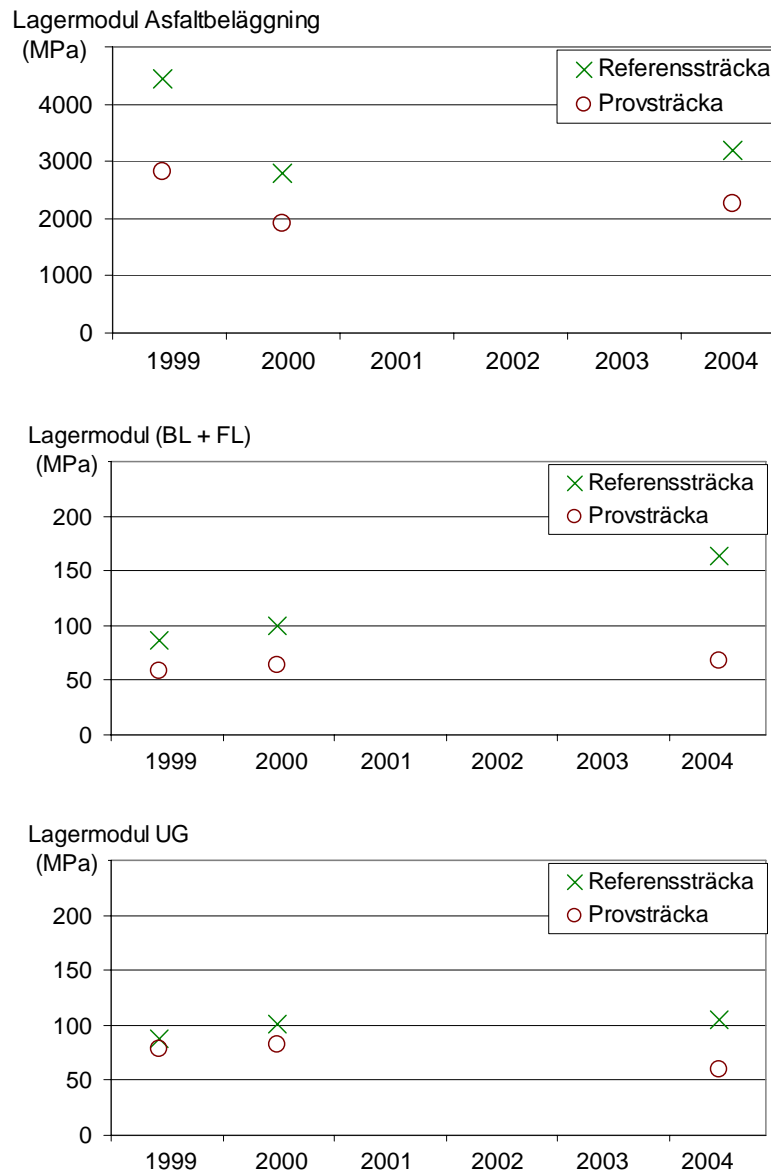
Det faktum att bärlagertjockleken skiljer mellan prov- och referenssträckan kan ha påverkat slutresultatet. Det mest troliga är att det sju cm tjockare bergkrosslagret i provsträckan verkar till slaggrussträckans fördel, det vill säga ökar styvheten.

Enligt Kapitel 3 är referenssträckan dubbelt så lång som provsträckan, vilket inte har någon betydelse här i Kapitel 4.2 eftersom alla jämförelser görs mellan medelvärden för respektive sträcka. Däremot ger en längre sträcka större möjligheter till variation/inhomogenitet i längdled, vilket också var fallet i Törringe (Figur 8). Den markant ökade styvheten i den östra änden av referenssträckan har till exempel en särskild förklaring. Ökningen återfinns i samtliga mätresultat hittills och kan sannolikt förklaras av en gammal väganlutning som ligger i sektion 330. Det är resterna av en utfart från en närliggande fastighet. Det är troligt att den även finns kvar inne i Törringevägen och ger en lokalt styvare vägkropp.

Styvhetsutvecklingen kan också studeras genom att styvheten plottas som funktion av tiden (Figur 13). Observera dock att mätdata representerar en ögonblicksbild vid belastningstillfället och att stora variationer har ägt rum mellan de olika tillfällena.

Det är tydligt att referenssträckan i Törringe har fått ökad styvhet med tiden (Figur 13). Det gäller både bär- och förstärkningslagret (87% ökning från 1999 till 2004) och undergrunden (20% ökning från 1999 till 2004). Provsträckan har också fått ökad styvhet, men det gäller bara bär- och förstärkningslagret (14% ökning från 1999 till 2004).

Undergrunden i provsträckan har istället fått minskad styvhet (24% minskning från 1999 till 2004) (Figur 13). Vad detta beror på är inte klarlagt. Möjligen kan topografin inverka. Provsträckan ligger i nedförslut nedanför referenssträckan och undergrunden i provsträckan kan därför vara mindre utsatt för uttorkning än undergrunden i övriga sträckor (Figur 19). Någon uppgift om vattenkvot i olika lager finns inte.



Figur 13. Styvhet (lagermoduler) för tre olika lager i Törringevägen som funktion av tiden, utvärderade från fallviktsmätningar 1999, 2000 och 2004. Sträckorna är uppbyggda enligt Figur 4 och 5. (Data från tidigare mätningar från [5])

Figure 13. Stiffness (layer moduli) for three different layers in the test road in Malmö as a function of time, evaluated from FWD measurements in 1999, 2000 and 2004. The structures are designed according to Figures 4 and 5. (Data from earlier measurements from [5])

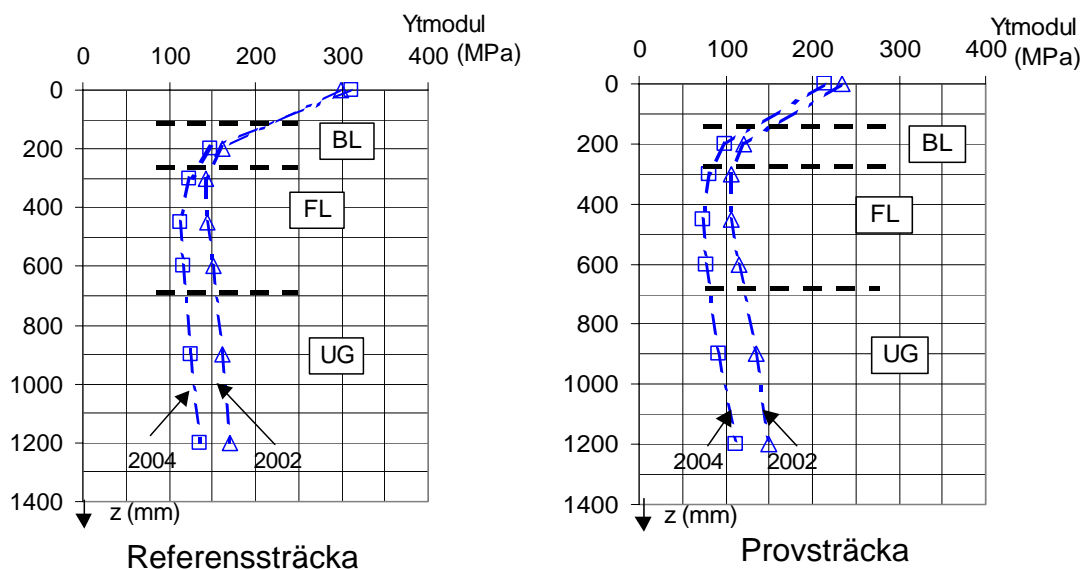
I Vägverkets metodbeskrivning för bearbetning av fallviktsdata [10] ges exempel på lagermoduler för olika material, både överbyggnadsmaterial och undergrundsmaterial (Bilaga A). Där betonas också att för obundna material är lagermodulen beroende av vatteninnehåll och olika material är olika vattenkänsliga. Metodbeskrivningens exempel på lagermoduler avser otjälade förhållanden under sommar och höst. Lagermodulerna är också beroende av den spänningsnivå materialet utsätts för. De tabellerade värdena bygger på erfarenheter av fallviktsmätningar på vägytan av befintliga vägar, med beräkningar utförda efter antagande om ett styvt skikt tre meter under vägytan.

Vid en jämförelse visar det sig att de exempel som Vägverket ger för krossat förstärkningslagermaterial, 300–600 MPa, är mycket högre än de värden som erhållits för bergkrossmaterialet i Törringevägens och Dåvavägens referenssträckor, ca 175 MPa. Det kan till exempel bero på att materialet inte kunnat packas bra eller på att materialet inte varit normenligt.

Det kan diskuteras vilken typisk lagermodul som skulle kunna anges för slaggrus i en framtida version av dessa tabeller. Ett förslag som bygger på Törringevägen kan vara 75 MPa, men ytterligare uppföljning av Dåvavägen kan kanske ge ett annat värde.

Dåva

I Dåva var den utvärderade styvheten mindre vid 2004 års mätning än vid 2002 års mätning. Minskningen i styvhet gäller alla obundna lager i referenssträckan och alla lager i provsträckan (Figur 14).

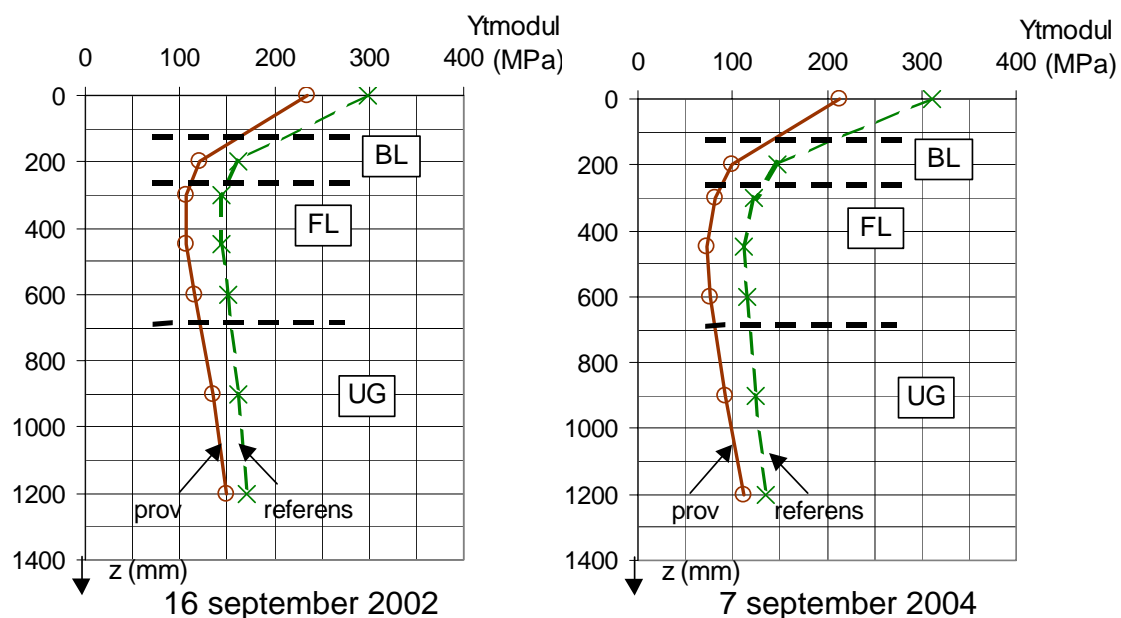


Figur 14. Styvhet (ytmoduler) för de asfaltbelagda sträckorna med förstärkningslager av bergkross respektive slaggrus i Dåvavägen, utvärderade från fallviktsmätningar 16 september 2002 och 7 september 2004. Medel av sex mätpunkter. Sträckorna är uppbyggda enligt Figur 5. (Data från tidigare mätning från [5])

Figure 14. Stiffness (surface moduli) for the asphalt paved structures with sub-base of crushed rock or MSWI gravel in the test road in Dåva, evaluated from FWD measurements on 16th September 2002 and 7th September 2004. Mean value of six points. The structures are designed according to Figure 5. (Data from earlier measurement from [5])

En tänkbar förklaring till detta kan vara tillgången på vatten i väggroppen. Hösten 2001, dvs. under vägens byggnadstid och strax efter, noterades extremt höga ytvattenflöden vid Dåvavägen. Hösten 2002 var mer normal medan hösten 2003 var mycket nederbördsfattig. (I september 2003 vattnades de obelagda sträckorna på vägen för att på konstgjord väg skapa infiltrerande vatten till lysimetrarna). Inom ramen för en annan studie [8] har grundvattennivån registrerats i ett antal grundvattenrör i och omkring provvägen. Det rör som är närmast de här aktuella sträckorna är placerat i en angränsande sträcka, nr 4. I detta rör uppmättes avståndet mellan grundvattenytan och underkanten på slaggruslagret till ca 80 cm i november 2001, ca 145 cm i september 2002, ca 110 cm i september 2003 och ca 105 cm i juni 2004. Tyvärr avslutades mätningarna därefter, men mätresultaten antyder att väggroppen var torrare vid mätningen 2002 än vid mätningen 2004.

Provsträckans styvhet har minskat mer än referenssträckans (Tabell 1). Den relativa skillnaden mellan de båda sträckorna är därför större vid 2004 års mätning än vid mätningen 2002 (Figur 15).

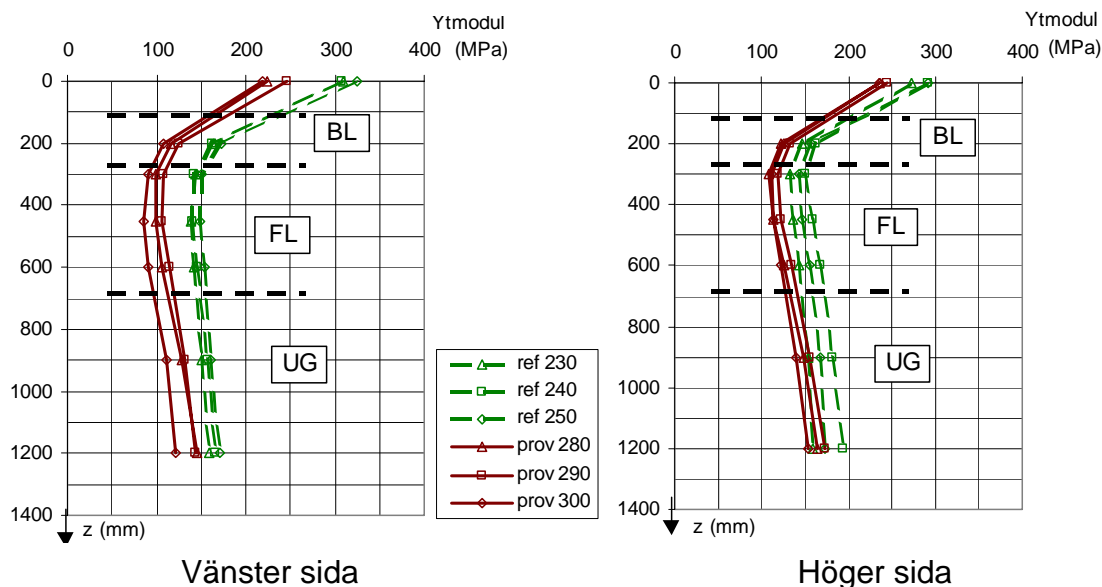


Figur 15. Styvhet (ytmoduler) för de asfaltbelagda sträckorna med förstärkningslager av bergkross respektive slaggrus i Dåvavägen, utvärderade från fallviktsmätningar 2002 och 2004. Medel av sex mätpunkter. Sträckorna är uppbyggda enligt Figur 5. (Data från tidigare mätning från [5])

Figure 15. Stiffness (surface moduli) for the asphalt paved structures with sub-base of crushed rock or MSWI gravel in the test road in Dåva, evaluated from FWD measurements in 2002 and 2004. Mean value of six points. The structures are designed according to Figure 5. (Data from earlier measurement from [5])

Mest har den relativa skillnaden ökat för den högra halvan av vägen. Det framgår när Figur 10 jämförs med Figur 16.

16 september 2002



Figur 16. Medelstyvhet (ytmoduler) utvärderade från fallviktsmätning på Dåvavägen 2002, vänster respektive höger sida. Heldragna linjer representerar provsträckan och streckade linjer referenssträckan.

Figure 16. Average stiffness (surface moduli) evaluated from FWD measurement on the test road in Umeå in 2002, left- and right-hand sides of the road respectively. The dotted lines represent the reference structure.

2002 varierade medelstyvheten för referenssträckans konstruktion (ytmodulen vid $z=0$) mellan 308 och 325 MPa på vänster sida och mellan 272 och 291 MPa på höger sida. Motsvarande siffror för provsträckans konstruktion var 219–224 MPa på vänster sida och 235–245 MPa på höger sida.

I Kapitel 3 konstaterades att höger sida i sektion 230 på referenssträckan var mindre styv än resten av referenssträckan. Motsvarande skillnad återfinns i mätresultaten från 2002. En trolig orsak till detta är att i den sektionen och på den vägsidan finns en av de lysimeter som används för att studera miljöpåverkan från vägen (Figur 22). Lysimetern är en plastduk med måtten 2 x 15 m, som placerats under slaggruslagret för att samla upp eventuellt infiltrerande vatten. Ingen av de andra sektionerna på referenssträckan eller provsträckan berörs av någon lysimeter.

Törringe och Dåva

I båda provvägarna har slaggruset, med kornstorlek 0–50 mm, mindre styvhet än bergkrossmaterialet med kornstorlek 0–100 mm. Detta är naturligt med tanke på den mindre kornstorleken hos slaggruset [5].

Däremot finns det många bevis för god stabilitet hos slaggrus både vid utläggning och packning, tack vare en välgraderad kornstorleksfördelningskurva och kantiga partiklar, vilket brukar utmärka ett stabilt obundet material. Även vid laborieförsök har slaggruset god stabilitet, vilket visar sig som små permanenta deformationer vid belastning. I [5] visas att två olika slaggrusmaterial deformeras ungefär lika mycket som ett krossat granitmaterial vid låga och medelstora belastningar. Slaggrusmaterialen i den

studien kom från samma anläggningar som har levererat material till provvägarna i den här studien, SYSAV i Malmö och Dåva i Umeå.

Den styvhetsökning som uppmäts på den äldre provvägen i Linköping har inte kunnat noteras på dessa vägar med slaggrus av ”modernare” typ. Det kan bero på att de modernare slaggrusmaterialen lagrats under en längre period innan användning. Linköpingsaskan lagrades bara ett par månader, vilket kan jämföras med sex månader i Dåva och ett par år i Törringe. Under lagringen äger kemiska reaktioner rum som stabiliserar den färskas askan. En annan förklaring kan vara att askan som användes i provvägen i Linköping troligtvis även innehöll en del cyklonaska som med sitt kalkinnehåll ger stabiliserande egenskaper och styvhetsökning.

Osäkerhetskällor i fallviktsresultat

Vid provbelastning med fallviktsapparat och utvärdering av fallviktsresultat kan en del osäkerhetskällor förekomma. I den här studien har dessa undvikits så långt som möjligt. För vardera provvägen har samma utrustning använts vid alla mättillfällen och utvärderingen har gjorts med hjälp av samma lagermodell och samma lagertjocklekar. Mätningarna har utförts vid samma tid på året, men skillnader kan ändå förekomma mellan åren när det gäller temperatur eller vattentillgång i undergrunden. Samtliga mätningar har utförts enligt Vägverkets metodbeskrivning [9], till exempel har hänsyn tagits till lastens reella storlek och till temperaturen vid mättillfället.

För att undvika alltför tunna lager som kan ge osäkra resultat har det åtta cm tjocka bärlagret på Törringevägens referenssträcka slagits ihop med det underliggande förstärkningslagret vid utvärderingen. För att få en rättvis jämförelse har även provsträckans bär- och förstärkningslager slagits ihop.

Eftersom asfaltbundna material är mycket styvare än obundna material har tjockleken på detta lager stor inverkan på mätresultatet. Asfaltlagret är också ofta tunt vilket gör att några centimeters variation får stor inverkan på de utvärderade lagermodulerna. Detta har stor betydelse när asfalttjockleken varierar eller skiljer mellan de sträckor som ska jämföras. I den här studien är projekterad asfalttjocklek 13 respektive 11 cm, vilket inte är så tunt att några speciella korrigeringsåtgärder behövs. Någon kontroll av verklig asfalttjocklek har emellertid inte gjorts.

Om mätning görs på mycket styva material blir deflektionerna mycket små och mätresultatet osäkert. I detta projekt har inga sådana problem varit aktuella.

Själva utförandet och kontrollen av byggnadsarbetena skulle i båda provobjekten följa Vägverkets gällande tekniska beskrivning för vägar. I Törringe gjordes dock en utökad kontroll av ytornas jämnhet och packning och de obundna lagrens tjocklek [6].

Förutom tjockleksvariationer förekommer sannolikt också variationer i de olika lagrens egenskaper, till exempel i undergrunden.

5 Slutsatser

- Den styvhetsökning som har uppmätts på den äldre provvägen i Linköping har inte kunnat noteras på de undersökta vägarna med slaggrus av ”modernare” typ.
- I båda vägarna har provsträckan mindre styvhet än motsvarande referenssträcka.
- I Törringe råder samma förhållande mellan slaggrusets och bergkrossmaterialets styvhet 2004 som 1999 och 2000.
- I Dåva är skillnaden mellan slaggrusets och bergkrossmaterialets styvhet något större 2004 än 2002.

6 Rekommendationer och användning

Styvheten för slaggrus är mindre än styvheten för bergkross. Det har visats i den här studien liksom i tidigare laboratorie- och fältstudier [5]. I den här studien var slaggrusets styvhet ca 70% av bergkrossmaterialets styvhet.

Slaggrus som används som förstärkningslager i en vägkropp behåller sin styvhet under årens lopp. Den slutsatsen kan dras från den sex år gamla provvägen i den här studien. De två mätningar som har gjorts på den andra provvägen som är tre år gammal, visar på en minskande styvhet. Emellertid kan två mättillfällen inte visa någon trend. För detta behövs ytterligare några års uppföljning.

Slutligen går det inte att nog betona vikten av homogena undergrundsförhållanden vid byggandet av provvägar. Att ha med en referenssträcka är naturligtvis självklart. Att dokumentera utförandet, till exempel uppnådda densiteter, är också viktigt, liksom att följa upp vägens funktion under längre tid än två–tre år efter trafikpåsläpp.

Resultaten från den här studien bekräftar tidigare påståenden [4] [5] om att de materialtekniska egenskaperna gör slaggrus lämpligt som förstärkningslager om vägen är rätt dimensionerad. Det kan även användas som bankmaterial, i fyllningar och som skyddslager.

7 Förslag till fortsatt forskningsarbete

För att undersöka om Törringes trend håller i sig och för att se hur Dåvas trend ser ut rekommenderas en fortsatt uppföljning av de båda provvägarna med hjälp av fallviktsmätning, förslagsvis om två år.

Samtidigt bör vatteninnehållet i vägkroppen och undergrunden följas upp. Det ger möjligheter att bättre kunna förklara mätresultaten, till exempel skillnader mellan olika lager och mellan olika mättidpunkter. Dessutom bör en kontroll av material och lager-tjocklekar göras. I Törringe behövs kontrollen för att bekräfta hypotesen om anslutningsvägens påverkan på referenssträckan. I Dåva behövs den för att förklara skillnader mellan höger och vänster sida.

I Dåva bör vattenkvotsmätningarna knytas till fortsatta tjäldjupsmätningar i vägkroppen. Det ger förutsättningar för att beskriva och senare rätt utnyttja slaggrusets isolerande egenskaper.

Sammantaget kommer den genomförda studien och de förslagna åtgärderna tillsammans med övrig kunskap att ge ett bra underlag till en framtida Allmän teknisk beskrivning (ATB) för askor.

8 Litteraturreferenser

- [1] Höbeda P, Jacobson T & Viman L; "Undersökning av förbränningsrest från SYSAV, Malmö, genom laboratorie- och provvägsförsök", VTI meddelande nr 413, Statens väg- och trafikinstitut, Linköping 1985
- [2] Hartlén J & Fällman A-M; "Sorted Bottom Ash from MSW Incineration in Road Embankments", SGI Varia 326, Statens geotekniska institut, Linköping 1990
- [3] Jacobsson T & Viman L; "Provvägsförsök Gärstad -87, Slagger från kol- och sopförbränning, Lägesrapport 8901", VTI notat nr V80, Statens Väg- och trafikinstitut, Linköping 1989
- [4] Arm M; "Egenskaper hos alternativa ballastmaterial – speciellt slaggrus, krossad betong och hyttsten", TRITA-AMI LIC 2063, Kungl Tekniska Högskolan, Stockholm 2000
- [5] Arm M; "Mechanical properties of residues as unbound road materials – experimental tests on MSWI bottom ash, crushed concrete and blast furnace slag" Doctoral thesis, Kungl Tekniska Högskolan, Stockholm 2003
- [6] Grönholm R, Hartlén J, Sävström R, Fridh R & Evertsson U; "Användning av betong, tegel och slaggrus som obundet vägbyggnadsmaterial. Törringevägen i Malmö – erfarenheter från utförandet", AFR-report 278. Naturvårdsverket, Stockholm 1999
- [7] RVF; "Kvalitetssäkring av slaggrus från förbränning av avfall", RVF Rapport 02:10, RVF Service AB, Malmö 2002
- [8] Lind B et al; "Energiaska som vägbyggnadsmaterial – bedömning av utlakning och miljöbelastning från en askväg", Diariennr 1-0010-0744, Statens geotekniska institut, Linköping 2004 (rapportmanuskript)
- [9] Vägverket; "Deflektionsmätning vid provbelastning med fallviktsapparat", Metodbeskrivning 112, publ 1998:80. Vägverket, Borlänge 1998
<http://www.vv.se/filer/publikationer/mb112.pdf>
- [10] Vägverket; "Bearbetning av deflektionsdata, erhållna vid provbelastning av väg med FWD-apparat", Metodbeskrivning 114, publ 2000:29. Vägverket, Borlänge 2000
<http://www.vv.se/filer/publikationer/vvmb114.pdf>
- [11] Vägverket; "Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktion ATB VÄG 2004", publ 2004:111. Vägverket, Borlänge 2004
http://www.vv.se/templates/page3_7833.aspx

Bilagor

A Typiska lagermoduler för olika material, utvärderade ur fallviktsmätningar

Tabell 2. Typiska lagermoduler för överbyggnadsmaterial exkl. beläggning, utvärderade ur fallviktsmätningar. (Efter [10])

Table 2. Typical values of layer modulus for pavement materials, excl. surface layer, evaluated from FWD measurements. (After [10])

Materialtyp	Lagermodul-intervall [MPa]
Bärlagermaterial	
enl. VÄG 94:s siktkurvor ¹	400–700
enl. BYA 84:s siktkurvor ¹	200–700
cementstabiliserat grus, CG	300–2 000
övriga	150–600
Förstärkningslagermaterial	
okrossat enl. VÄG 94:s siktkurvor ¹	200–400
krossat enl. VÄG 94:s siktkurvor ¹	300–600
enl. BYA 84:s siktkurvor ¹	100–500
övriga	75–400
Skyddslagermaterial enl. VÄG 94:s siktkurvor ¹	60–130

¹ BYA 84 och VÄG 94 är föregångare till den nuvarande tekniska beskrivningen för vägkonstruktioner, ATB VÄG.

Tabell 3. Typiska lagermoduler för undergrundsmaterial / underbyggnad, utvärderade ur fallviktsmätningar. (Efter [10])

Table 3. Typical values of layer modulus for subgrade materials, evaluated from FWD measurements. (After [10])

Materialtyp	Lagermodul-intervall [MPa]
Organiska jordar	10–25
Ler	
Lös lera	5–25
Lera	20–60
Övriga	30–80
Silt	15–45
Sand	30–100
Grus	75–150
Morän	
finkornig morän	35–150
grovkornig morän	125–500
Berg	60–130
bergbank	150–800

B Styvhet – stabilitet – bärförmåga

I denna rapport har begreppen styvhet och stabilitet använts. *Styvhet* för vägmateriäl brukar anges i sorten MPa och är ett mått på motstånd mot elastiska deformationer vid belastning. Den mäts av fallvikten och även vid dynamiska treaxialförsök i laboratoriet. Styvhet används idag som indata vid dimensionering av vägar enligt Vägverkets ATB VÄG [11]. I ATB VÄG:s Kapitel C Dimensionering anges styvhetsmoduler, M_s , för olika material. Dessa är avsedda att användas vid dimensionering av vägöverbyggnader och är framtagna så att de fungerar med de kravekvationer som beskrivs i samma kapitel. Det går däremot inte att göra direkta jämförelser mellan de styvhetsmoduler som redovisas i ATB VÄG och de som kan mätas i fält med exempelvis fallvikt.

De styvhetsmoduler som anges i ATB VÄG:s Kapitel C är indelade i olika grupper av material, till exempel obundna överbyggnadslager vid nybyggnad (Tabell 4) och undergrundsmateriäl vid nybyggnad. Styvhetsmodulerna avser bara sådana material som uppfyller materialkraven för respektive lager i ATB VÄG:s Kapitel E Obundna materiäl.

Tabell 4. Styvhetsmoduler, M_s , (MPa) för obundna överbyggnadsmateriäl vid nybyggnad (efter [11])

Table 4. Stiffness moduli, M_s , (MPa) for unbound pavement materials in new constructions (after [11])

Tidsperiod	Bärlager	Förstärkningslager		Skyddslager
		Okrossat	Krossat	
Vinter	1 000	1 000	450	1 000
Tjällossningsvinter	150	1 000	450	1 000
Tjällossning	300	160	450	70
Senvår	450	240	450	85
Sommar	450	240	450	100
Höst	450	240	450	100

I ATB VÄG:s Kapitel C finns också angivet styvhetsmoduler för överbyggnadsmateriäl och undergrundsmateriäl som är aktuella vid underhåll och bärighetsförbättring av vägar. Vid dimensionering av sådana arbeten varierar modulvärdena beroende på hur väl dränerade materialen förväntas vara i konstruktionen. Materialkraven för olika lager vid underhåll och bärighetsförbättring finns beskrivna i Kapitel B.

Obundna överbyggnadsmateriäl som varken uppfyller materialkraven för nybyggnad eller underhåll och bärighetsförbättring klassas ned. För sådana överbyggnadsmateriäl ska användas samma styvhetsmoduler som för undergrundsmateriäl aktuella vid underhåll och bärighetsförbättring (Tabell 5). Det borde kunna tolkas som att de värdena gäller vid dimensionering med restprodukter om inget annat kan visas. Slaggrus motsvarar närmast Materialtyp 2 i Tabell 5.

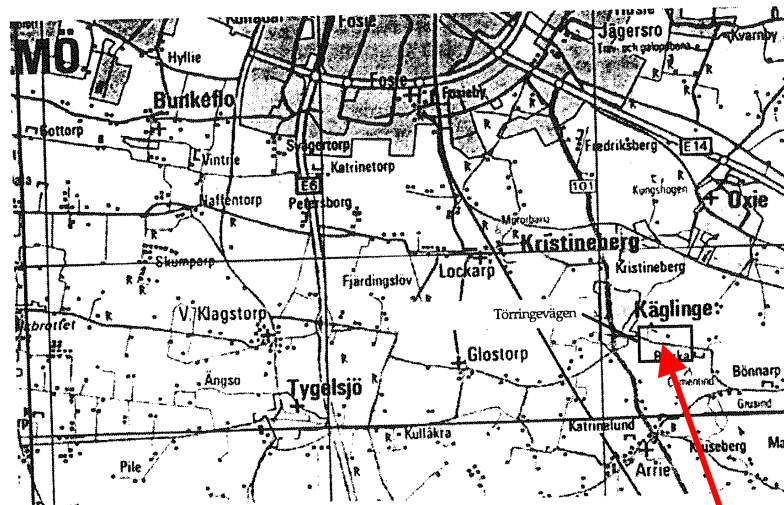
Tabell 5. Styvhetsmoduler, M_s , (MPa) för undergrundsmaterial vid underhåll och bärighetsförbättring samt överbyggnadsmaterial som inte uppfyller materialkrav angivna i ATB VÄG:s Kapitel B och E. Variationen beror på dräneringsgrad med lägst värde vid sämst dränering. (Efter [11])

Table 5. Stiffness moduli, M_s , (MPa) for subgrade materials in maintenance work or reconstruction and for unclassified pavement materials. Variation depends on drainage conditions where the low value implies poor drainage. (After [11])

Tidsperiod	Materialtyp			
	2	3	4	5
Vinter	1 000	1 000	1 000	1 000
Tjällossningsvinter	1 000	1 000	1 000	1 000
Tjällossning	70	35	30	10
Senvår	70–85	35–50	30–40	10–20
Sommar	70–100	35–100	30–50	10–45
Höst	70–100	35–100	30–50	10–45

Stabilitet, å andra sidan, är ett mått på motståndet mot permanenta deformationer/sättningar vid belastning. Om man bestämmer hur stor deformation som kan tillåtas kan man också bestämma ett materials bärförmåga. *Bärförmåga* kan ha sorten kPa (hur stor last kan bäras utan att sättningen blir större än x%). Bärförmåga kan mätas i laboratoriet vid dynamiskt treaxialförsök. Tidigare försök har visat att slaggrus har sämre styvhet än bergmaterial med samma kornstorlek, men likvärdig bärförmåga [5]. Det har också visats i laboratoriet att slaggrus har bättre bärförmåga än naturgrus med samma kornstorlek [5]. Vägverket och SGI arbetar för att även bärförmåga ska ingå i dimensioneringsunderlaget för vägöverbyggnader i framtiden.

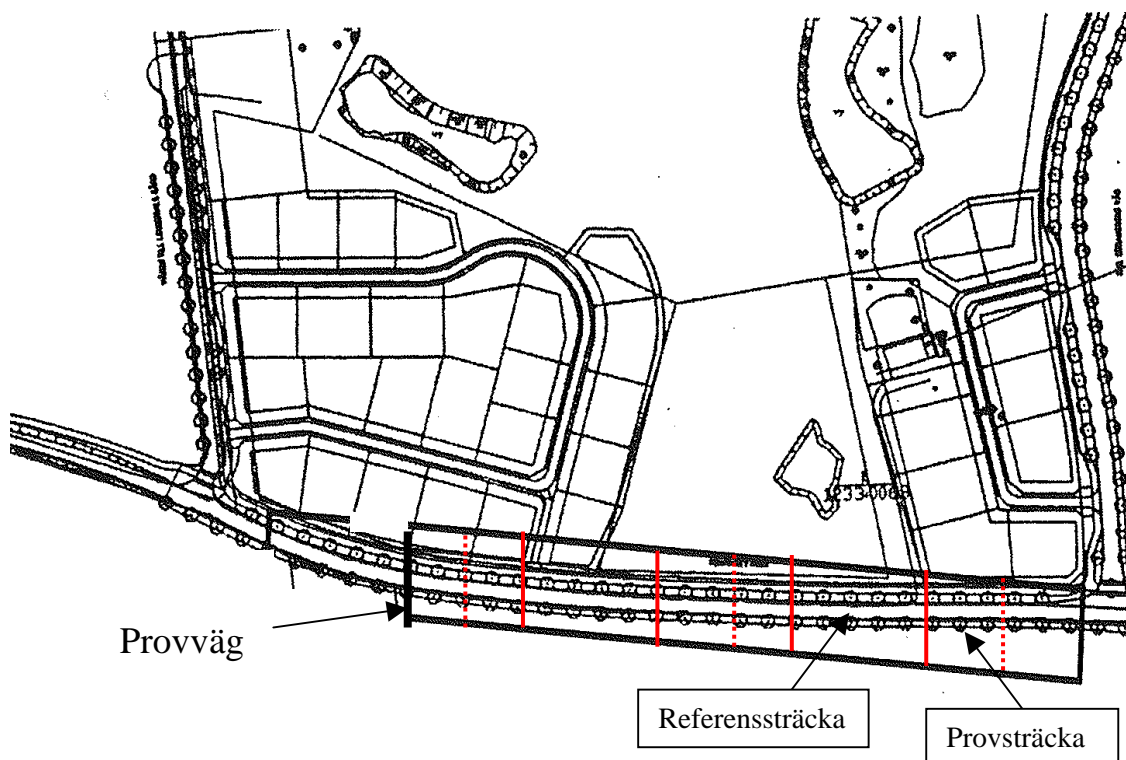
C Plan- och profilritningar



Provväg

Figur 17. Provvägen i Törringe, situationsplan (efter [6])

Figure 17. The test road in Törringe, location (after [6])



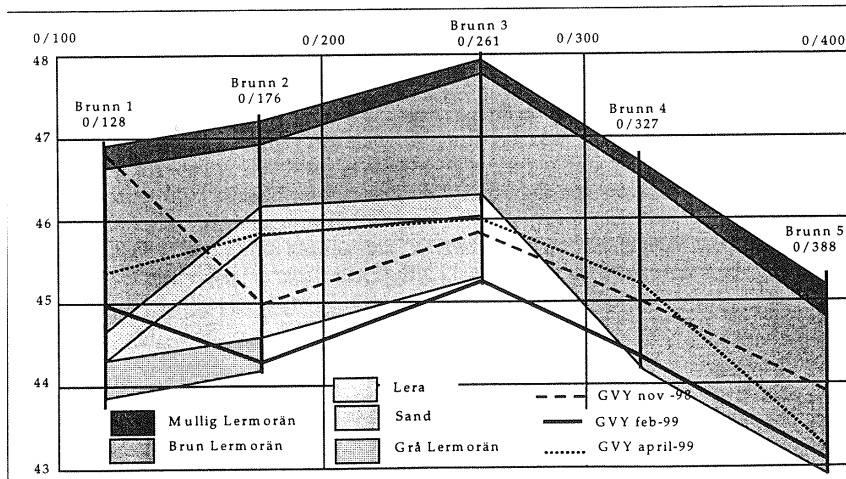
Provväg

Referenssträcka

Provsträcka

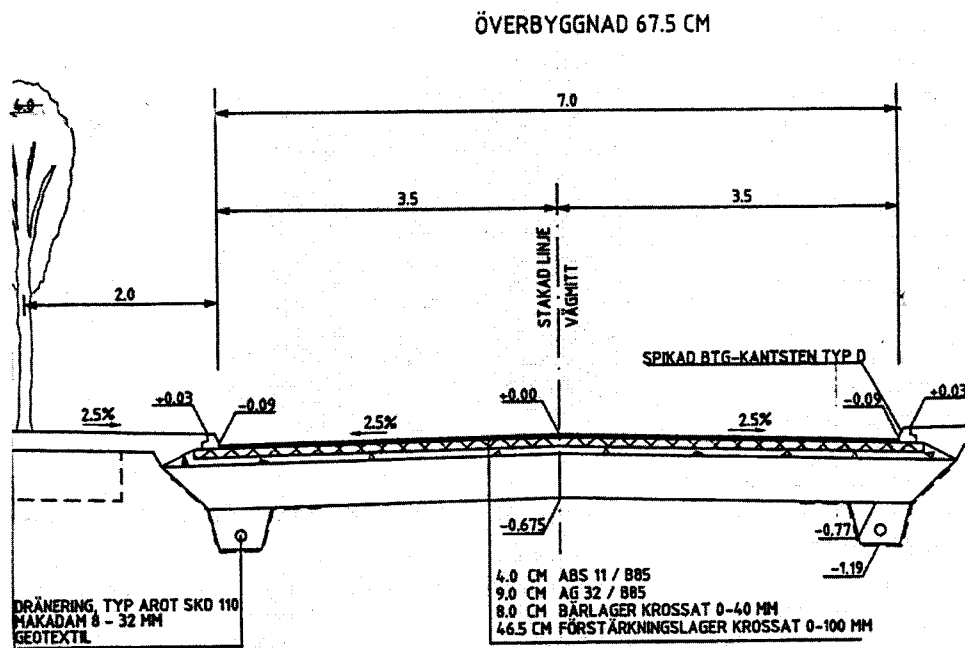
Figur 18. Provvägen i Törringe, översiktsplan (efter [6])

Figure 18. The test road in Törringe, overview (after [6])



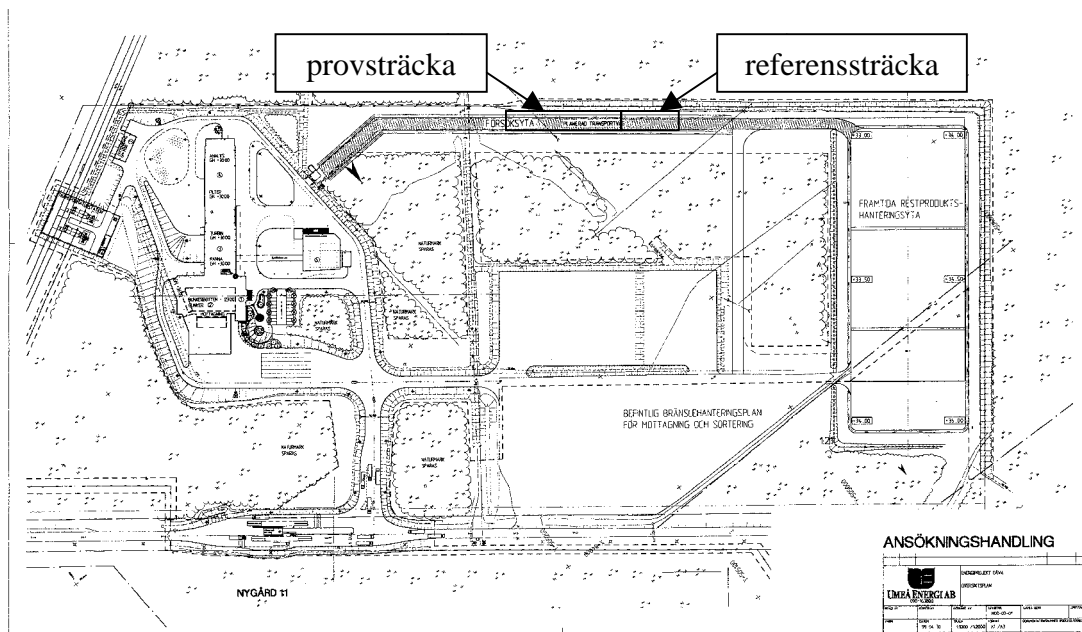
Figur 19. Provvägen i Törringe, geologisk profil (efter [6])

Figure 19. The test road in Törringe, geological profile (after [6])



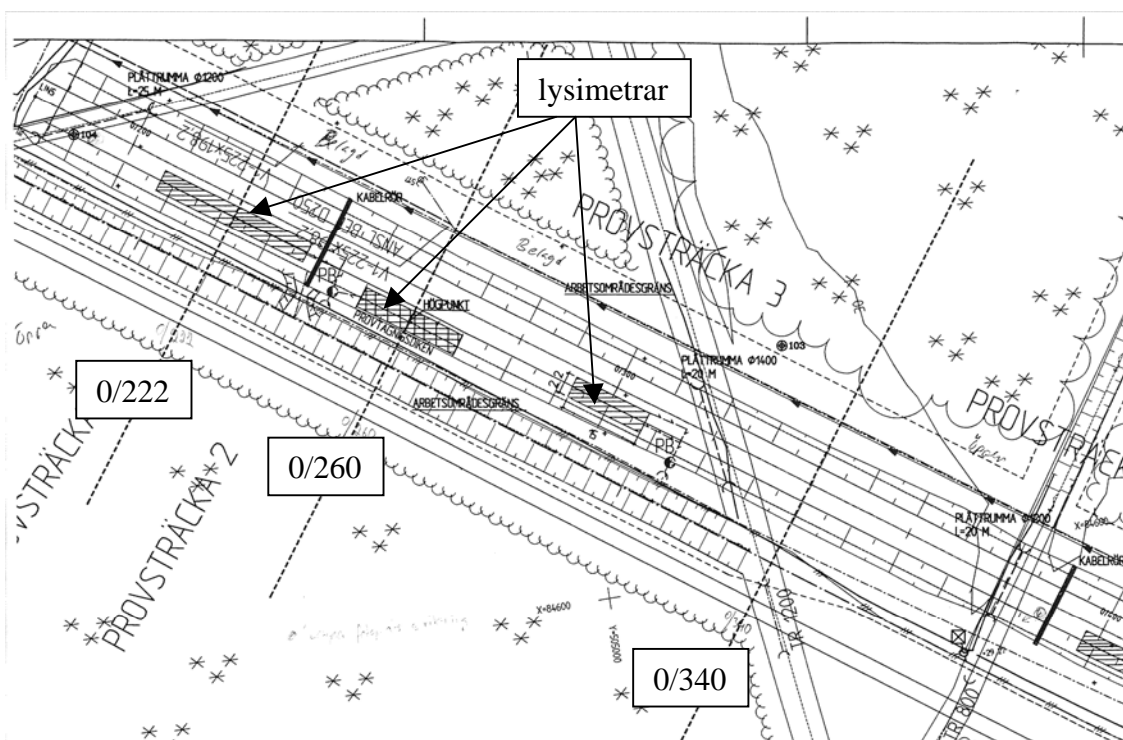
Figur 20. Provvägen i Törringe, tvärsektion (efter [6])

Figure 20. The test road in Törringe, cross-section (after [6])



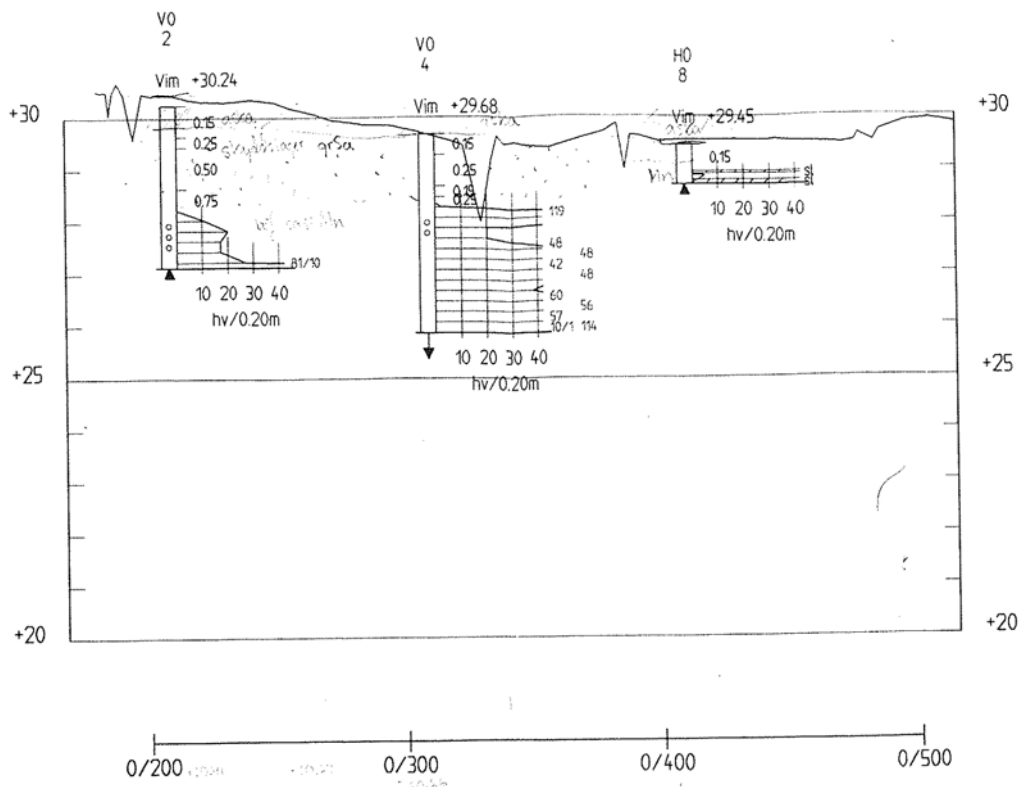
Figur 21. Provvägen i Dåva, översiktsplan.

Figure 21. The test road in Dåva, overview.



Figur 22. Provvägen i Dåva, plan över referenssträcka (sträcka 2) och provsträcka (sträcka 3).

Figure 22. The test road in Dåva, plan view over the reference structure (section 2) and the test structure (section 3).



Figur 23. Provvägen i Dåva, profil med grundundersökningar.

Figure 23. The test road in Dåva, profile with soil investigation results.

