

Thesis 269

# Bärighetsförbättrande åtgärder på lågtrafikerade landsvägar

Anton Vilander

Trafik och Väg  
Institutionen för Teknik och Samhälle  
Lunds Tekniska Högskola  
Lunds Universitet



Copyright © Anton Vilander

LTH, Institutionen för Teknik och samhälle  
CODEN: LUTVDG/(TVTT-5235)/1-165/2015  
ISSN 1653-1922

Tryckt i Sverige av Media-Tryck, Lunds universitet  
Lund 2015

Examensarbete

CODEN: LUTVDG/(TVTT-5235)/1-165/2015

Thesis 269 / Lunds Tekniska Högskola, ISSN 1653-1922  
Institutionen för Teknik och samhälle,  
Trafik och väg, 2015

Author: Anton Vilander  
Title: Bärighetsförbättrande åtgärder på lågtrafikerade landsvägar  
English title: Bearing capacity measures on low traffic country roads  
Language: Svenska  
Year: 2015  
Keywords: Lågtrafikerade vägar; Förstärkning; JIM/IMT- beläggning; Fallvikt; Underhållsåtgärder; Tillståndsbedömning  
Citation: Anton Vilander, Bärighetsförbättrande åtgärder på lågtrafikerade landsvägar. Lund, Lunds universitet, LTH, Institutionen för Teknik och samhälle. Trafik och väg 2015. Thesis. 269

Abstract:

An extensive part of the Swedish roads are low-traffic roads, which are not properly constructed and thus lack the necessary bearing capacity. The Swedish Transport Administration has a limited budget each year that is used to fix the roads with the comprehensive needs. Therefore, it is important to be able to make a quick inventory of the existing damages in order to make road maintenance more cost efficient and to address the maintenance where it is most needed.

The issue was answered by a study of various literatures and by studying the construction of two different roads in Kronoberg county, which was monitored by surveying the damages on the finished reconstruction. The mapping of damages was carried out with FWD, "Bära eller brista", digging of test pits and analysing data from PMSv3.

It is noted that there is two ways to solve the problem of lacking bearing capacity in a road; through direct and non-direct methods. With direct methods, the problem is fixed by reconstruction of the road, and with non-direct methods by using non-direct interventions.

One of the main reason that pavements deteriorate and that the deterioration process accelerates with time is the presence of water in the road structure. Furthermore, it was found that it is more cost efficient to implement small-scale interventions continuously instead of implementing a more comprehensive measure when the road is completely destroyed.

Trafik och väg  
Institutionen för Teknik och samhälle  
Lunds Tekniska Högskola, LTH  
Lunds Universitet  
Box 118, 221 00 LUND

Transport and Roads  
Department of Technology and Society  
Faculty of Engineering, LTH  
Lund University  
Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

# Innehållsförteckning

Förord	1
Sammanfattning	2
Summary	4
1 Inledning	6
1.1 Bakgrundsbeskrivning	6
1.2 Syfte	7
1.3 Tillvägagångssätt	7
1.3.1 Metodbeskrivning	7
1.3.2 Bakgrundsbeskrivning av valda vägobjekt	7
1.3.3 Avgränsning	9
1.4 Rapportens disposition	9
2 Teori	10
2.1 Skadebeskrivning	10
2.1.1 Spårbildning	10
2.1.2 Sprickor i beläggning	11
2.1.3 Ojämnheter	13
2.1.4 Kantdeformation	14
2.1.5 Slaghål	15
2.1.6 Åldrad beläggningsyta	15
2.1.7 Otillräcklig ytvattenavledning	15
2.1.8 Bristfällig dränering	16
2.1.9 Skadeorsak – Sammanfattning	16
2.2 Vattnets inverkan på väggroppen	17
2.2.1 Vattnets inverkan på hållfasthet	17
2.2.2 Vattnets inverkan på tjälen	20
2.2.3 Vattnets påverkan på beläggningsytan	21
2.3 Teorier vid underhållsåtgärder	22

3	Metoder för tillståndsbedömning	23
3.1	Okulär besiktning	23
3.1.1	Enligt Bära eller brista	23
3.1.2	Erfarenhetsbedömning	24
3.2	Icke förstörande provmetoder	24
3.2.1	Mätning med fallvikt	24
3.2.2	Mätning med statisk plattbelastare	27
3.2.3	Rullande bärighetsmätning	28
3.2.4	Olika mått på vägytans jämnhet	28
3.3	Förstörande provmetoder	33
3.3.1	Kärnbörning	33
3.3.2	Provtagning med tryckrör	34
3.3.3	Provtagning med Underlättaren	35
3.3.4	Grävning av provgropar	36
3.4	Geofysiska metoder	37
3.4.1	Mätning med georadar	37
4	Skadebedömning av aktuella objekt	39
4.1	Bedömning av väg 506	40
4.1.1	Enligt Bära eller brista	40
4.1.2	Grävning av provgropar	41
4.1.3	Mätning med fallvikt	41
4.1.4	Data från Trafikverkets PMSv3	42
4.1.5	Sammanfattning	42
4.2	Bedömning av väg 522	43
4.2.1	Delsträcka 1	43
4.2.2	Delsträcka 2	46
4.2.3	Delsträcka 3	48
4.3	Jämförelse mellan provmetoderna	51
5	Resultat	53
5.1	Underhållsåtgärder avvattning	53
5.1.1	Kantskärning	53
5.1.2	Dikesrensning och dikning	54
5.1.3	Underhåll av vägtrummor	56

5.1.4	Åtgärda problem med blockuppfrysning	57
5.2	Underhåll av slitlager	57
5.2.1	Tankbeläggningar	57
5.2.2	Massabeläggningar	60
5.2.3	Beläggningsreparationer	61
5.3	Förstärkningsmetoder	64
5.3.1	Infräsning av makadam	65
5.3.2	Påbyggnadsmetoden	67
5.3.3	Armering i obundna lager	67
5.3.4	Tidigare erfarenheter	69
5.4	Trafikverkets föreslagna åtgärder	70
5.4.1	Åtgärdsförslag för v. 506	70
5.4.2	Åtgärdsförslag för v. 522	71
5.5	Beräknat åtgärdsförslag	71
5.5.1	Dimensionering enligt DK1 – FE- metoden	71
5.5.2	Dimensionering enligt DK2 – PMS Objekt	76
5.6	Jämförelse mellan beräkningarna	78
5.6.1	Sammanfattning av resultaten	78
5.6.2	Kommentarer till resultatet	79
5.6.3	Kommentarer till metoderna	79
6	Genomförande av byggnation	80
7	Slutsatser och diskussioner	84
7.1	Slutsatser	84
7.2	Resultatdiskussion	85
7.2.1	Diskussion kring frågeställningen	85
7.2.2	Övrig diskussion	86
7.3	Metoddiskussion	86
7.3.1	Rekommendationer för vidare studier	87
8	Referenser	88
	Bilagor	91







# Förord

Detta examensarbete har genomförts tillsammans med Peab Anläggning AB vid Trafikverkets vägdriftområde i Ljungby. Det har visat sig att det finns ett stort behov av att underhålla och åtgärda de brister som förekommer i det lågtrafikerade vägnätet.

Jag vill rikta ett särskilt tack till mina handledare Jan Rudolfsson och Rickard Svensson på Peab Anläggning för att ni har ställt upp med både tid och att ni har besvarat alla de frågor jag har haft under arbetets gång. Jag vill också tacka Anders Bengtsson på Trafikverket och alla som arbetar på Peab i Ljungby. Vidare vill jag tacka min handledare Sven Agardh och min examinator Ebrahim Parhamifar på LTH för alla värdefulla kommentarer under arbetets gång.

Jag vill också tacka alla på Peab Anläggning i Malmö för att ni har upplåtit en arbetsplats på ert kontor, där jag fått prata och diskutera mina frågor med många kunniga människor.

Slutligen vill jag tacka min sambo Anna för att du alltid har ställt upp och lyssnat på de frågor jag har haft under arbetets gång.

Malmö, maj 2015

# Sammanfattning

Trafikverket är en av Sveriges största väghållare. Av Trafikverkets ca 100 000 km väg är 75% av vägarna så kallade lågtrafikerade vägar. En lågtrafikerad väg innebär en väg med ett ÅDT <1000 f/d och där andelen tung trafik inte överstiger 12%. På de lågtrafikerade vägarna går endast ca 25% av den totala trafikmängden. Vidare har Trafikverket beslutat att bygga om fyra delsträckor på två vägar i Kronobergs Län. Ombyggnaden av v. 506 och v. 522 kommer att följas hela vägen, från skadekartering till ombyggnad.

För att undersöka vilka vägar som behöver åtgärdas är det viktigt att först genomföra en skadekartering för att undersöka nuläget; hur ser vägen och de givna förutsättningarna ut idag?

Vid en inspektion av en väg är det viktigt att ha kännedom om de skador som kan förekomma och varför de förekommer på en väg. De mest förekommande skadorna på en väg är följande; spårbildning, sprickbildning, ojämnheter, kantdeformationer och slaghål. Vidare finns det också några vägtekniska skador såsom otillräcklig ytvattenavledning och bristfällig dränering.

Det främsta problemet med vatten i vägkroppen är att bärigheten i de obundna lagren kan minska med ca en tredjedel. Vidare accelereras nedbrytningen av de obundna lagren vid förekomst av vatten.

En annan effekt vattnet i vägkroppen för med sig är att konsekvenserna vid tjälbildning blir mer omfattande desto mer vatten som befinner sig vid vägkroppen. Tjälen bildas vanligtvis i finkorniga jordarter, exempelvis silt. När tjälen väl etablerats är hållfastheten i vägen mycket hög och det är inte förrän under tjällossningen de stora problemen uppstår. Under tjällossningen stänger Trafikverket av ca 16 000 km väg, vilket kostar skogsindustrin upp till 650 miljoner kronor varje år på grund av större mellanlager och fler transporter. Slutligen uppstår den initiala sprickbildningen i beläggningen snabbare i fuktigt tillstånd.

Förekommande underhållsteori inom drift- och underhåll av vägar är att det är mer kostnadseffektivt att genomföra många små åtgärder vid olika tidpunkter än att låta vägen förfalla vilket resulterar i att en mer omfattande åtgärd krävs.

För att kunna identifiera de skador och problem, vilka beskrivs ovan, krävs det att vägen tillståndsbedöms. Det finns i huvudsak fyra olika tillvägagångssätt för att tillståndsbedöma en väg; okulär besiktning, icke förstörande provmetoder, förstörande provmetoder och geofysiska metoder.

De vägar Trafikverket har beslutat att bygga om har skadeinventerats med hjälp av Bära eller brista, mätning med fallvikt, grävning av provgropar och analys av vägytemätningssdata från PMSv3. De uppmätta värdena för spårdjup, IRI och kantdjup jämförs sedan med de krav Trafikverket ställt för befintliga vägar.

När en väg väl har skadeinventerats är det viktigt att välja åtgärd för att åtgärda den eller de skador som noterades vid skadeinventeringen. Det är i detta skede viktigt att förstå varför skadan uppstod och på så sätt kunna gå till botten med problemet. Anledningen till detta är att problemet annars kommer komma åter efter en kort tid. Det finns i huvudsak två olika tillvägagångssätt för att höja en vägs bärighet, direkta och indirekta metoder. De direkta metoderna syftar till de metoder där bärigheten på en väg höjs genom att vägen exempelvis

byggs om och förstärks. De indirekta metoderna syftar till de metoder där vägens bärighet höjs indirekt, exempelvis genom en dikning.

De indirekta metoderna är väldigt kostnadseffektiva och bör utföras som ett första steg för att åtgärda ett problem. De indirekta metoderna är i huvudsak indelade i två delar; underhållsåtgärder avvattning och underhållsåtgärder slitlager.

För att nedbrytningen av vägens obundna lager inte ska accelerera är det viktigt att vägens slitlager bevaras intakt från sprickor och slaghål. I de fall när det endast förekommer enstaka slaghål och sprickor är det lämpligt att reparera den befintliga beläggningen.

Är vägens beläggning åldrad eller består beläggningen av många skador är det istället lämpligt att vägens slitlager ersätts genom ombeläggning. Vid val av slitlager för en lågtrafikerad väg är följande egenskaper viktiga att prioritera; flexibilitet, vattenbeständighet, vattentätthet och åldringsresistens. De mest lämpade beläggningarna att använda sig av då är tankbeläggningar eller halvvarmt blandade massabeläggningar.

De direkta metoderna är vanligtvis mer omfattande eftersom de kräver att vägens tätskikt på något sätt förstörs eller avlägsnas. De vanligaste förstärkningsmetoderna listas nedan:

- Infräsning av makadam – Vägens beläggning och tillförd mängd makadam fräses in i bärlaget och på så sätt bildas ett nytt bärlager.
- Påbyggnadsmetod (traditionell metod) – Nytt material tillförs på överbyggnaden.
- Armering i obundna lager – Armeringsnät eller geonät placeras i vägens obundna lager.

För de delsträckor Trafikverket har beslutat att bygga om har Trafikverket föreslagit en åtgärd för varje sträcka. Trafikverkets föreslagna åtgärd har sedan beräknats enligt FE- metoden (Indexmetoden) och PMS Objekt. Trafikverkets valda åtgärd var att beläggningen först frästes sönder innan ett triaxialt geonät placerades på fräsmassorna. När nätet var utlagt spreds förstärkningslager och bärlager ut innan ytan avjämnades för att slutligen beläggas med IMT40.

De viktigaste slutsatserna från examensarbetet är följande:

- Det är mer kostnadseffektivt att utföra många mindre åtgärder vid flera olika tidpunkter än att låta vägen förfalla och på så sätt bli tvungna att genomföra en större och mer omfattande åtgärd vid ett tillfälle.
- Att bevara vägens slitlager i ett gott skick, exempelvis från slaghål och sprickor är viktigt. Samtliga underhållsmetoder fungerar utmärkt att använda på de lågtrafikerade vägarna. Särskilt lämpat är det i ett tidigt skede, vid förekomsten av krackeleringar, att använda sig av försegling och att vid enstaka sprickor använda sig av Snabelbil. Anledningen till att vägytan ska bevaras intakt är för att förhindra fritt vatten från att rinna in i vägkroppen.
- Förekomst av vatten i vägkroppen kan vara en stor orsak till att vägkroppens livslängd förkortas avsevärt. Att göra enkla avvattningsåtgärder, exempelvis dikning och kantskärning, har visat sig ge en stor effekt och det går att sänka vattennivån i diket avsevärt.

# Summary

The Swedish Transport Administration, STA is one of Sweden's main road owners, which is responsible for service and maintenance of 100 000 km of road. 75% of the total amount of roads are classified as low-traffic roads with the definition of an AADT <1000 v/d and where the proportion of heavy traffic does not exceed 12%. The Traffic volume at the low traffic roads represents 25% of the total traffic volume. The STA has decided reconstructing two roads in Kronoberg county which are divided into four sections. The reconstruction of road 506 and 522 will be followed, all the way from distress surveying to the actual reconstruction.

In order to decide which roads that need to be reconstructed it is first necessary to conduct a surveying of the distresses in order to see the recent condition of the road.

When inspecting the conditions of a road it is necessary to have knowledge of the different type of damage a road can have and the reason why they occur. The most common damages are; rutting, cracking, roughness, edge cracking and potholes. Furthermore there are also different road technical deficiencies such as inadequate surface water diversion and inadequate drainage.

The main problem that water inside the road structure can cause is that it could reduce the bearing capacity in the unbound layers by a third. Further, the water also accelerates the decomposition of the unbound layers.

A different effect that water brings is the consequences of soil freezing. This becomes greater the more water that there is in the road structure. The ground frost is normally created in fine grained soils. When the frost is well established in the road structure it provide the construction with a high strength and it is not until the spring that the major problems arise. When the frost is melting The STA closes down about 16 000 km of the roads, which cost the forest industry about 650 million SEK each year due to the need for larger wood storages and more transports. At the end of this period the initial cracking is created in the pavement which happens more rapidly in a moist condition.

There exists a common theory in road maintenance. This Theory implies that it is more cost-efficient to perform many small measures at different times than to let the road decay which in the end means a comprehensive measure that is far more expensive than all the smaller ones together.

In order to localize the damage and problems, which are described above, it is required that the existing road condition is judged. There are essentially four different approaches to assess the conditions of a road; visual inspection, non-destructive testing methods, destructive test methods and geophysical methods.

The roads that The STA has decided to reconstruct has been inventoried according to "Bära eller brista", measured with a FWD (Falling Weight Deflectometer), digging of test pits and also been analyzed with road surface data from PMSv3. The measured values for rut depth, IRI and the edge deformation are compared with the requirements that The STA has on existing roads.

When the damage inventory is conducted it is important that the chosen operation addresses the damages that are detected with the inventory. At this stage it is important to understand why the road has bearing capacity problems. If this problem is not addressed then the

damages will come back after a short time and the problem is not solved. There is mainly two ways to improve the bearing capacity of a road, direct methods and non-direct methods. The direct methods are methods where the bearing capacity of a road is increased by reconstructing or reinforcement. The non-direct method is where the bearing capacity increases, for example by ditching.

The non-direct methods are very cost efficient and should be done as a first step to solve the problem and are mainly divided into two groups, maintenance measures drainage and maintenance measures pavement.

To avoid an acceleration of the degradation in the unbound layers, it is important that the wearing course is preserved intact from cracks and potholes. In cases when there is only occasional potholes and cracks, it is appropriate to repair the existing pavement.

If many damages are detected in the pavement then it is suitable to repave the road. When choosing the pavement for a low-traffic road the following properties are important to prioritize; flexibility, water resistance, aging resistance. The most suitable pavements to use in that situation are a surface dressing or a WMA (Warm Mixed Asphalt).

The direct methods are normally more demanding since they require that the existing pavement has to be removed. The most common reinforcement methods are listed below:

- Full depth reclamation with adding road metal – The roads pavement and the added amount of road metal are milled into the base course and therefore a new base course is created.
- Mounting method (traditional method) – new materials are added to the construction.
- Reinforcement of the unbound layers - Steel bars or geogrid are placed in unbound layers.

For those sections which The STA has decided to reconstruct, a measure is proposed for each route. These measures have been calculated according to the “FE method” (index method) and PMS Object.

The roads are reconstructed where the pavement was milled down and afterwards a geogrid was placed on the masses. On top of the geogrid road metal were distributed and the surface made even before a new IMT40 was added.

The main conclusions of this study are as follow:

- It is more cost efficient to perform many small measures at several times than letting the road decay and thus be forced to carry a large and comprehensive action at one time.
- It is important to keep the road surface in good condition, such as free from potholes and cracks. All maintenance methods are good to use on low-traffic roads. It is particularly suited at an early stage, at the occurrence of alligator cracking, to use seals and on the occasional crack use a “Snabelbil”. The reason that the road surface must be kept intact is to prevent free water from penetrating into the road structure.
- It has been found that the water in the road structure is a major factor in shortened life span considerably. Making simple drainage measures such as ditching and cutting the edge, has been shown to give a big effect and it is possible to lower the water level in the ditch considerably.

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrundsbeskrivning

I Sverige förekommer det tre olika väghållare. En väghållare är den som äger, underhåller och förvaltar en väg. De tre olika väghållarna är följande; staten, kommunerna samt de privata aktörerna. De privata vägarna ägs för det mesta av näringslivet och en stor del av dem utgörs av skogsvägar, alla privata vägar är således inte öppna för allmän trafik.

**Tabell 1: Det allmänna svenska vägnätet är fördelat enligt följande år 2012 (Trafikverket, 2014a).**

Kategori	Väglängd (km)
Statliga vägar	98 500
Kommunala vägar	41 600
Enskilda vägar med statsbidrag	74 500
<b>Summa:</b>	<b>214 600</b>

Av de 98 500 km statlig väg är det 19 300 km grusväg, vilket motsvarar 20% av den totala längden statlig väg (Trafikverket, 2014a).

**Tabell 2: Väglängd och trafikmängd fördelade efter standardklass (Trafikverket, 2014b).**

Vägtyp	Väglängd (km)	Andel trafikmängd (%)
Standardklass 1	2 200	14
Standardklass 2	6 500	27
Standardklass 3	18 000	35
Standardklass 4	23 600	14
Standardklass 5	53 200	10
<b>Summa:</b>	<b>103 500</b>	<b>100</b>

Detta arbete handlar om lågtrafikerade vägar, vilka kan sammanfattas som alla vägar i standardklass 4 och 5. De lågtrafikerade vägarna utgör alltså ca 75% av de statliga vägarna men har endast 24% av den totala trafikmängden. Enligt Edvardsson (2013) och SKL (2001) definieras en lågtrafikerad väg som en väg med ett ÅDT <1000 f/d och där andelen tung trafik inte överstiger 12%. Ytterligare en egenskap, vilken bör beaktas när beläggningen väljs till en lågtrafikerad väg är att beläggningen i de flesta fall bör ha förbättrade åldringsegenskaper.

Många av vägarna i standardklass 4 och 5 är lågt trafikerade men är således livsviktiga för de individer som bor intill vägen. Trafikverket har till och med en speciell beteckning på *vissa* av de lågtrafikerade vägarna, nämligen viktiga näringslivsvägar. Viktiga näringslivsvägar är de vägar Trafikverket har pekat ut som extra viktiga för näringslivet.

## 1.2 Syfte

Arbetet syftar till att svara på nedanstående frågor om Trafikverkets vägar i standardklass 4 och 5. Givetvis *kan* de lösningar och metoder som nämns i detta examensarbete användas på liknande kommunala och privata vägar.

1. Vilka faktorer påverkar nedbrytningen av en väg?
2. Varför är tjälen ett problem?
3. Hur tillståndbedöms en väg?
4. Hur åtgärdas de bärighetsrelaterade problemen genom kostnadseffektiva åtgärder?

## 1.3 Tillvägagångssätt

### 1.3.1 Metodbeskrivning

De ovan beskrivna frågorna kommer att besvaras på följande sätt:

1. *Vilka faktorer påverkar nedbrytningen av en väg?*  
Den här frågan besvaras genom en litteraturstudie.
2. *Varför är tjälen ett problem?*  
Den här frågan besvaras genom en litteraturstudie.
3. *Hur tillståndsbedöms en väg?*  
Den här frågan besvaras delvis genom en litteraturstudie men också genom att se hur Trafikverket gör på aktuella vägobjekt.
4. *Hur åtgärdas de bärighetsrelaterade problemen genom kostnadseffektiva åtgärder?*  
Genom en litteraturstudie, men också genom att studera valda vägobjekt i Driftområde Ljungby, innan och under pågående ombyggnad.

### 1.3.2 Bakgrundsbeskrivning av valda vägobjekt

Nedan beskrivs de två vägobjekt Trafikverket avser att byggas om. Vägsträckan är uppmätt, övrig information kommer från Trafikverkets PMSv3<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> PMSv3 är en tjänst Trafikverket tillhandahåller. I PMSv3 går det att få information om uppmätt och beräknat tillstånd på Trafikverkets belagda vägar. Vidare kan information om bland annat trafikmängd och andel tung trafik tas fram. Resultatet redovisas i grafer, tabeller och på kartor. För att se mer om PMSv3, <https://pmsv3.trafikverket.se/>

### 1.3.2.1 Beskrivning av väg 506

Väg 506 sträcker sig mellan Hinneryd och Strömsnäsbruk. Vägen är del i godsstråket Timmerleden som sträcker sig från Strömsnäsbruk upp till Hyltebruk. Vägen har standardklass 4 vid vinterunderhåll, vilket innebär att den är lågt prioriterad. För övriga förutsättningar se Tabell 3.

**Tabell 3: Förutsättningar v. 506**

Län	Kronobergs län
Klimatzon	2
Referenshastighet	80 km/h
Antal körfält	2
ÅDT <sub>tot</sub>	440
Andel tunga fordon	10%
Standardaxlar per tungt fordon	2
Vägbredd	6,5 m
Väglängd	240 m
Dimensioneringsperiod	20 år

Vägen är belagd med oljegrus och beläggningsen utförd vid två tillfällen; 1984 och 1986. Vägen fick ett nytt tätskikt i form av en enkel ytbehandling (Y1B) 2001. En Y1B är en underhållsbeläggning där makadamen och bindemedlet sprids var för sig.

### 1.3.2.2 Beskrivning av väg 522

Väg 522 sträcker sig mellan Vivljunga och Hinneryd. Vägen har standardklass 5 vid vinterunderhåll, vilket innebär att den är lägst prioriterad. För övriga förutsättningar se Tabell 4.

**Tabell 4: Förutsättningar v. 522**

Län	Kronobergs län
Klimatzon	2
Referenshastighet	70 km/h
Antal körfält	2
ÅDT <sub>tot</sub>	250
Andel tunga fordon	12%
Standardaxlar per tungt fordon	2
Vägbredd	5,7 m
Väglängd	530 m i 3 delar
Dimensioneringsperiod	20 år

Vägen fick ett bituminöst tätskikt, nämligen enkel ytbehandling (Y1B) 1993, innan dess var vägen en grusväg.



### 1.3.3 Avgränsning

Det här examensarbetet kommer att avgränsa sig till Trafikverkets Driftområde i Ljungby, hädanefter DO Ljungby. Väl i DO Ljungby kommer nedanstående vägsträckor att analyseras och åtgärdas.

- Väg 506 mellan Hinneryd och Strömsnäsbruk (Timmerleden), längd ca 250 m (standardklass 4)
- Väg 522 mellan Vivljunga och Hinneryd, längd ca 530 m i tre delar (standardklass 5)
- Väg 595 mellan Ivla och Hamneda, åtgärdad för ca 2 år sedan, längd ca 2300 m (standardklass 5)

För karta, se bilaga 1.

## 1.4 Rapportens disposition

Rapporten är strukturerad enligt nedan beskriven lista.

Kapitel 1: Inledning – Bakgrundsbeskrivning och avgränsningar beskrivs och definieras.

Kapitel 2: Teori – Beskrivning av ingående begrepp, förklaring av de vanligaste skadorna samt uppkomsten till skadorna.

Kapitel 3: Metoder för tillståndsbedömning – De vanligaste metoderna för att lokalisera vägar med bärighetsproblem förklaras, både subjektiva och objektiva metoder.

Kapitel 4: Skadebedömning av aktuella objekt – En tillståndsbedömning på de vägobjekt Trafikverket avser att bygga om.

Kapitel 5: Resultat – Vilka åtgärdsförslag används idag och hur kostnadseffektiva är varje åtgärdsmetod. Vidare kommer även en kort erfarenhetsåterföring att genomföras genom intervjuer och rapporter.

Kapitel 6: Genomförande av åtgärder – En beskrivning av arbetsgången under ombyggnationen av vägarna.

Kapitel 7: Diskussion och analys – Analys av resultatet, förslag på vidare arbete.

Parallellt genom alla steg kommer en del i varje kapitel att handla om de ovan avgränsade vägarna Trafikverket har beslutat att bygga om. Vidare kommer också Trafikverkets lösning att beräknas.

## 2 Teori

Detta examensarbete syftar till att belysa olika metoder för att förstärka de lågtrafikerade vägarna. Det är därför av stor vikt att förstå de faktorer som - påverkar en vägs bärighet samt vilka orsaker som kan accelerera nedbrytningen av vägkroppen.

### 2.1 Skadebeskrivning

Avsnittet kommer att inledas med en skadebeskrivning om de bärighetsrelaterade skador som förekommer och orsaken till uppkomsten av varje skada. För mer ingående information om de skador som går igenom nedan samt information om fler skador än de som tas upp i detta arbete hänvisas det till följande litteratur:

- Sveriges Kommuner och Landsting (SKL) – Bära eller brista

#### 2.1.1 Spårbildning

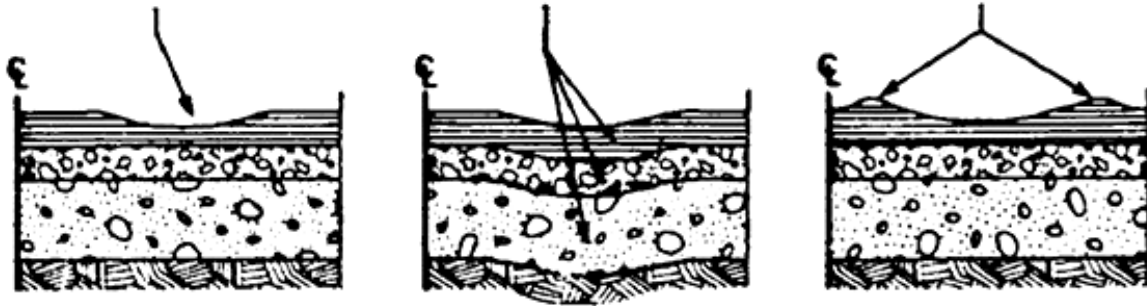
Det förekommer tre olika sorters spår; spår på grund av avnötning, bärighetsberoende spår och spår på grund av plastiska deformationer i beläggningen (SKL, 2003).

Spårbildningen på grund av avnötning från dubbdäck kännetecknas av att spårvidden är ca 1,5 m vilket motsvarar avståndet mellan två hjul på en personbil, se Figur 1, bilden till vänster. Vid förekomst av dessa spår ligger endast problemet i slitlagret och ett nytt tätskikt torde behövas (SKL, 2003).

De bärighetsberoende spåren kännetecknas av att spåren är flacka med en spårvidd på ca 1,9 m förekommer problemen troligtvis på grund av deformationer i en dålig terrass eller bristfälliga obundna lager, se Figur 1, bilden i mitten (SKL, 2003). Deformationerna i terrassen och i de obundna bärlagren kan bildas vid tjällossning. Isacson (2010) beskriver att desto djupare och bredare spåren är desto längre ned i konstruktionen förekommer problemet.

Spårbildning på grund av plastiska deformationer i beläggningen karakteriseras av att spåren vanligtvis är dubbla efter de tunga fordonens parhjul och även här är avståndet mellan spåren ca 1,9 m. Deformationerna uppstår vanligtvis 5- 8 cm under vägytan i beläggningen, i vissa fall uppstår deformationerna i slitlagret, se Figur 1, bilden till höger. Det är dock ytterst sällan det förekommer spår på grund av plastiska deformationer på det lågtrafikerade vägnätet. Anledningen till det är att beläggningen i de flesta fall bara är någon centimeter tjock.

Vid kraftig spårbildning ökar risken för vattenplaning (Trafikverket, 2012a). Det är vanligt förekommande på mindre vägar att vatten blir stående i hjulspåren efter att det slutat regna. Anledningen till att det är vanligt förekommande med stående vatten på de mindre vägarna är att det inte kör så många tunga fordon på vägen. De tunga fordonen har en förmåga att ”köra bort” vattnet.



Figur 1: Spår på grund av avnötning (till vänster), bärighetsberoende spår (i mitten) och spår på grund av plastiska deformationer i beläggningsen (till höger) (NCHRP, 2002)

### 2.1.2 Sprickor i beläggning

Enligt SKL (2003) förekommer det sex stycken olika spricktyper, i detta arbete slås alla de olika spricktyperna ihop till ett samlingsnamn, sprickor i beläggning. De sex stycken olika spricktyperna är följande; sprickbildning i hjulspår, krackelering, tvärgående sprickor, kantsprickor, fogsprickor och tjälsprickor.

Sammanfattningsvis är sprickor i beläggningsen sällan ett problem för bilisten, då bilisten endast märker av den större sprickstrukturen. Däremot kan sprickor i beläggningsen vara en väldigt stor orsak till att vatten kan ta sig in och ansamlas i överbyggnaden. Anledningen till detta är att beläggningsen ska vara tät och blir det då sprickor i beläggningsen kan vatten rinna in fritt, se Figur 2. Ett annat problem med sprickor i beläggningsen är när vatten i sprickorna fryser till is och beläggningsen riskerar att spricka genom frostsprängning (Gustafsson, 2015).

Nedan följer en kort beskrivning av några spricktyper.



Figur 2: Sprickor och krackeleringar på en bostadsgata, även gamla bristfälliga lagningar visas i bilden

#### 2.1.2.1 Sprickbildning i hjulspår

Den vanligaste orsaken till uppkomsten av sprickor i hjulspår är en åldrande beläggning (SKL, 2003). Om inte beläggningsens livslängd har löpt ut är det ett tecken på att vägöverbyggnaden från början har varit underdimensionerad.

I de fall när beläggningsens livslängd har löpt ut är det enklast att lägga en ny beläggning på vägen. Däremot när beläggningsens livslängd ej har löpt ut bör en bärighetsutredning utföras (SKL, 2003).

#### 2.1.2.2 Krackelering

Den vanligaste orsaken till krackelering är en åldrad beläggning (SKL, 2003). Om inte beläggningsens livslängd har löpt ut är det ett tecken på att vägöverbyggnaden från början har varit underdimensionerad.

En krackelering uppstår vanligtvis som andra spricktyper, det kan sägas att krackelering ett värre stadium än den enskilda sprickan (SKL, 2003). På engelska heter krackelering ”Alligator Cracking”, vilket det faktiskt liknar. En ytterligare orsak som kan påskynda en krackelering är när överbyggnadens dränering är bristfällig och när det förekommer en stor mängd tjälfarligt material i vägkroppen.

#### 2.1.2.3 Tvärgående sprickor

Tvärgående sprickor är de sprickor som sträcker sig tvärs över vägen och sprickorna uppträder regelbundet över hela vägbredden (SKL, 2003).

Tvärgående sprickor framträder vanligtvis på vägar med en underliggande betongbeläggning (SKL, 2003). Vägar med underliggande betongbeläggning förekommer inte på vägar i standardklass 4 och 5, vilket innebär att det problemet inte kommer att utredas vidare.

Tvärgående sprickor på lågtrafikerade vägar uppkommer främst genom två anledningar (SKL, 2003):

- På grund av krympspänningar som uppkommer vid hastiga temperaturväxlingar under främst vintern
- Genom att moigt<sup>1</sup> material i terrassen sväller och krymper

#### 2.1.2.4 Fogsprickor

En fogspricka är en spricka mellan två olika belägningsdrag. Fogsprickor uppkommer endast när det läggs asfalt mot en befintlig kall beläggning eller belägningskant (SKL, 2003). För att minimera risken att fogsprickor uppkommer är det viktigt att utföra packningen vid skarven bra och att klistra skarven mellan belägningsdragen ordentligt.

#### 2.1.2.5 Kantsprickor

Kantsprickor kännetecknas av att dem ligger nära en väggkant. Sprickornas karakteriseras av att de är breda och djupa (SKL, 2003).

---

<sup>1</sup> Moigt är ett äldre begrepp som med dagens terminologi innefattar kornfraktionerna grovsilt och finsand.

Anledningen till uppkomsten av kantsprickor kan enligt SKL (2003) vara:

- Otillräckligt sidostöd
- Bristande dränering av överbyggnad
- Bristfällig ytvattenavrinning vid kanten
- För smal vägbredd vilket tvingar den tunga trafiken ut mot beläggningskanten

### 2.1.2.6 Tjälspäckor

Tjälspäckor uppkommer vanligtvis längs med vägen och då i vägmitt eller i vägkant beroende på vägbredd (SKL, 2003). Vid vägar med vägbredd mellan 5 m och 8 m förekommer tjälspäckorna vanligtvis vid vägkanten. Däremot på vägar med en vägbredd mellan 7 m och 9 m förekommer tjälspäckorna vanligtvis mitt på vägen. Vid ännu bredare vägar med en vägbredd på 12 m till 13 m förekommer späckorna vanligtvis ett par meter in från vägkanten på varje sida. Tjälspäckorna kännetecknas av att dem vanligtvis är både breda och djupa.

Uppkomsten till tjälspäckor beror i de flesta fall på ojämna tjällyft eftersom att vägoöverbyggnaden inte är täckt av snö (isolerande) som den omkringliggande marken (SKL, 2003). Problemet med tjälspäckorna blir större desto mer snö det förekommer i området.

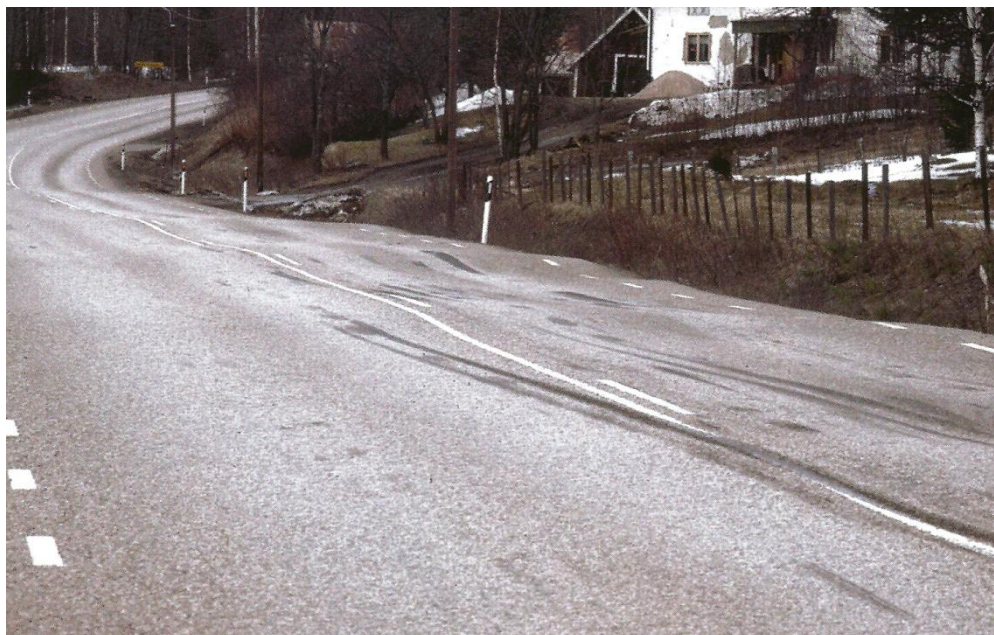
En förutsättning för att tjälspäckor ska kunna bildas är att det förekommer bundet vatten i vägkroppen. Vanligtvis binds vattnet kapillärt i det finmaterial som finns i överbyggnaden och slutligen bryts vägens obundna material ned till finmaterial. En annan vanlig orsak till tjälspäckor är att mäktigheten på de obundna lagren i vägkroppen ej är tillräckligt stor och på grund av detta kan tjälmen nå ner till terrassen och på så sätt ge vägen en ojämn tjällyftning.

### 2.1.3 Ojämnheter

Begreppet ojämnheter innefattar de ojämnheter som förekommer i såväl vägens längd- eller tvärriktning. De regelbundna ojämnheterna i längsled kallas för spår (SKL, 2003). I Figur 3 visas det ett exempel på en ojämn väg.

Ojämnheter i en väg kan uppkomma på följande sätt (SKL, 2003):

- Ojämma sättningar – Vanligtvis förekommande på nybyggda vägar där materialet inte har hunnit sätta sig och effekten blir större om vägarna byggs vintertid med vattenmättat material
- Tjällyftningar och trumslag, de två problem förekommer vanligtvis i mellersta och norra Sverige
- Uppfrysta block i överbyggnaden



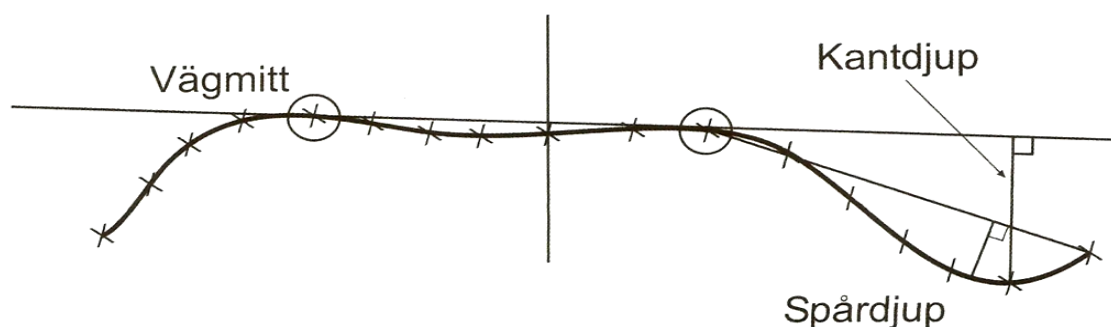
Figur 3: En ojämn väg, skadegrad 3 (SKL, 2003)

#### 2.1.4 Kantdeformation

Kantdeformation, i vissa sammanhang kanhäng, förekommer vanligtvis på vägar med en smalare vägbredd än 7 m (SKL, 2003). Anledningen till detta är att de tunga fordonens högerhjul går väldigt nära väggkant. En kantdeformation kännetecknas av att deformationen sträcker sig ända ut till beläggningens kant, se Figur 4.

Kantdeformationer uppkommer då väggkanten saknar erforderlig bärighet eller att det mothållande materialtrycket inte är tillräckligt stort (SKL, 2003).

Faran vid en för stor kantdeformation är de sidokrafter, vilka uppstår då tunga fordon passerar över kantdeformationen. Sidokrafterna kan då förskjuta hela eller delar av lasten och i värsta fall få fordonet att köra i diket (Trafikverket, 2012a).



Figur 4: Tvärsnitt med kantdeformation (SKL, 2003)

### 2.1.5 Slaghål

Slaghål, även kallade potthål, kan uppträda ensamt i beläggningen utan övriga problem på en väg (SKL, 2003). Slaghål kan också vara den yttersta konsekvensen av en rad andra skador, exempelvis krackelering eller dålig vidhäftning. I Figur 5 nedan syns en bild på ett stort slaghål.

Där ett slaghål har bildats saknas beläggningen och därmed kan vatten fritt tränga in i väggroppen och kan på så sätt orsaka mer omfattande skador än det ”betraktaren” ser vid en första anblick.



**Figur 5: Ett stort slaghål, notera bilnyckeln i bilden**

### 2.1.6 Åldrad beläggningssyta

En åldrad beläggningssyta innebär att majoriteten av bituminet i asfalten har oxiderat (SKL, 2003). Asfalten börjar oxidera direkt vid blandningen i ett asfaltverk och oxideringen kommer att fortsätta hela dess livslängd. En oxiderande asfalt kännetecknas av den gråa färgen.

Den slutgiltiga konsekvensen av en åldrad beläggning är den ökade risken för sprickor, stensläpp och slutligen kommer även uppkomsten av slaghål (SKL, 2003).

### 2.1.7 Otillräcklig ytvattenavledning

En otillräcklig ytvattenavledning innebär att vatten inte har någon möjlighet att rinna av vägen, men det kan också gälla det vatten som ansamlas i vägens olika skador (SKL, 2003).

När det förekommer problem med dålig ytvattenavledning beror orsaken vanligtvis på grund av följande problem (SKL, 2003):

- Vägen saknar erforderligt tvärfall
- Växtlighet kan hindra vattnet från att rinna av körbanan
- Skador där vatten kan tränga in

Följande problem kan uppstå när vatten blir stående på vägen (SKL, 2003):

- Vattnet bryter ned bituminet i asfalten snabbare
- Vatten kan komma in genom sprickor och slaghål i beläggningen och således accelereras nedbrytningen av de obundna lagren
- Stående vatten i spåren utgör även en fara för trafikanterna då risken för vattenplaning ökar

### 2.1.8 Bristfällig dränering

Bristfällig dränering innebär att det kan ansamlas vatten i vägkroppen (SKL, 2003). Det förekommer en rad olika problem vilket möjliggör att vatten kan ansamlas i vägöverbyggnaden:

- Avsaknad av dike
- Otillräckligt djup i diket
- Täta innerslänter
- Igensatta eller rasade trummor och på så sätt kan vattnet i diket stiga
- Fel fall i trumma eller dränering (bakfall)

### 2.1.9 Skadeorsak – Sammanfattning

Analyseras ovanstående beskrivna skador går det att sammanfatta att den ”optimala vägen” har följande egenskaper:

- Tät beläggning och bra tvärfall
- Tillräckligt utformat dike samt erforderligt dikesdjup
- Tillräckligt med obundna lager i överbyggnaden, både ur hållfasthet- och tjälsynpunkt
- Erforderlig vägbredd
- Ej täta material och växlighet i och på sidorna av vägkroppen

De ovan beskrivna egenskaperna kan alla sammanfattas till de egenskaper en helt nybyggd väg ska ha. I dagens glesbebyggda landsbygd i Sverige är ytterst få ställen där det är samhällsekonomiskt genomförbart att anlägga en helt ny väg.

Då det i de flesta fall ej är möjligt att anlägga en ny väg bör därför de befintliga vägarna förädlas och förbättras. Analyseras de faktorer som påskyndar nedbrytningen av en väg och försämrar dess hållfasthet, kan de sammanfattas till i huvudsak två faktorer:

- En dränerande överbyggnad med erforderlig mängd obundna bärlager, både ur hållfasthets- och tjälaspekten
- En beläggning utan sprickor, krackeleringar och spår



## 2.2 Vattnets inverkan på vägkroppen

I detta kapitel kommer det att beskrivas hur vatten i överbyggnaden påverkar en vägs bärlighet och hur tjälproblematiken uppstår.

### 2.2.1 Vattnets inverkan på hållfasthet

VTI (Statens väg- och transportforskningsinstitut) har genomfört en rad tester på Lv. 126 utanför Torpsbruk, där effekterna av ett igensatt dike och tät innerslänt (det vill säga ingen infiltration kan ske) har mätts upp i förhållande till fukthalt (Salour & Erlingsson, 2012). Mätningarna av fukthalten utfördes med EnviroSMART™, den mäter kontinuerligt den volymetriska fukthalten genom elektromagnetisk strålning (Cruz del Aguila & Direnius, 2012). För att mäta vägens totala bärlighet har en tung fallvikt använts (FWD). Vidare beräkningar, så kallade bakåtberäkningar, är utförda för att kunna få fram bärligheten i varje materiallager.



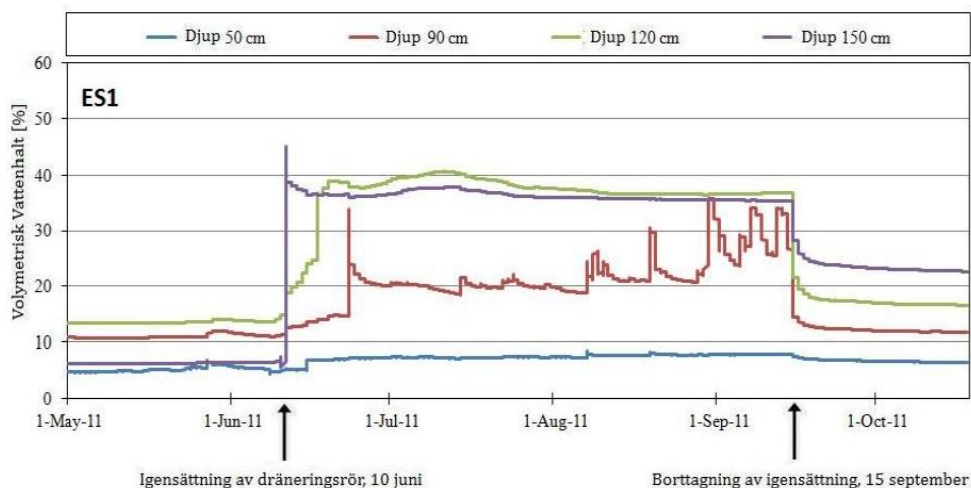
**Figur 7: Tätning av innerslänt**  
(Salour & Erlingsson, 2012)



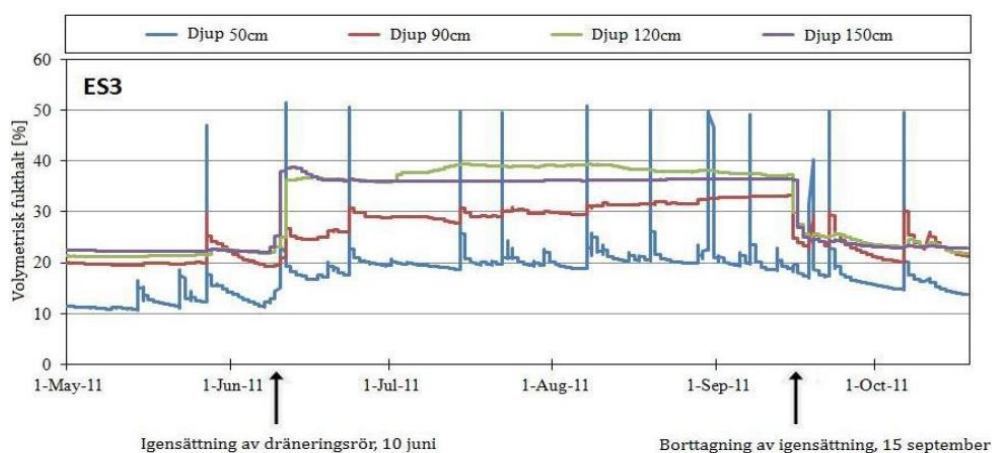
**Figur 6: Igensättning av vägtrumma**  
(Salour & Erlingsson, 2012)

Diket tätades (Figur 6) och vägtrumman sattes igen (Figur 7) 10 juni och togs sedan bort 15 september 2011 och fukthalten mättes på olika djup (Cruz del Aguila & Direnius, 2012). Den modell som har använts vid beräkningarna av hållfasthetsvärdena är förenklad och består endast av 3 lager; asfaltsbeläggning (100 mm), obundna material (460 mm) och terrass (~ 2000 mm till fast berg).

Hansson, et al. (2012) visar att de mätningar som genomförts kring hur vattennivån i diket påverkas av en igentäppt vägtrumma. Den igentäppta trumman medför i detta fall att vattennivån i diket ökar med ca 1,5 m. Vidare beskriver Cruz del Aguila & Direnius (2012) hur fukthalten ökar i vägkanten, vid olika djup och i två fall; under presenningen (Figur 8) och i en vanlig innerslänt (Figur 9). Det första mätdjupet, på 50 cm, befinner sig i de obundna lagren medan de andra mätningar befinner sig i terrassen.



**Figur 8: Hur fukthalten ökar vid igensättningen av vägtrumman vid mätning under presenningen (Cruz del Aguila & Direnius, 2012)**



**Figur 9: Hur fukthalten ökar vid igensättningen av vägtrumman vid mätning utan presenning (Cruz del Aguila & Direnius, 2012)**

Om figurerna ovan analyseras kan följande slutsatser dras;

I fallet med presenning (ES1):

- På djupet 50 cm, minimal ökning av fukthalt på grund av att ingen infiltration sker
- På djupet 90-150 cm ökar fukthalten med 10- 30 procentenheter
- Fukthalten ökar med djupet i terrassen

I fallet utan presenning (ES3):

- På djupet 50 cm; fukthaltens lägstanivå ökas med 10 procentenheter och fukthalten när det regnar ökar ca 35 procentenheter
- På djupet 90 cm ”förskjuts” kurvan 10 procentenheter uppåt
- På djupet 120-150 cm ökar fukthalten med ca 15 procentenheter
- Fukthalten ökar först i terrassen för att sedan stabilisera sig runt en fukthalt på ca 37%

För att kunna kontrollera om det har skett några bärighetsförsämringar vid en ökad fukthalt krävs det att utförliga fallviktsmätningar utförs innan, efter och under testet. VTI har

genomfört fallviktsmätningarna och i detta arbete jämförs endast bärigheten i det obundna lagret och terrassen.

De intressanta värdena från rapporten, skriven av Cruz del Aguila & Direnius (2012), presenteras i Tabell 5 och Tabell 6 nedan.

**Tabell 5: Hållfasthet och fukthalt under presenningen (ES1) <sup>1</sup>**

<b>Djup (cm)</b>	<b>Fukthalt före (%)</b>	<b>Hållfasthet före (MPa)</b>	<b>Fukthalt efter (%)</b>	<b>Hållfasthet efter (MPa)</b>
<b>50</b>	5	220	7	180
<b>90</b>	12	150	20	110
<b>120</b>	15	150	37	110
<b>150</b>	7	150	35	110

**Tabell 6: Hållfasthet och fukthalt utan presenning (ES3) <sup>1</sup>**

<b>Djup (cm)</b>	<b>Fukthalt före (%)</b>	<b>Hållfasthet före (MPa)</b>	<b>Fukthalt efter (%)</b>	<b>Hållfasthet efter (MPa)</b>
<b>50</b>	12	210	20	160
<b>90</b>	20	150	31	110
<b>120</b>	21	150	37	110
<b>150</b>	22	150	35	110

I rapporten nämns det att bärigheten i värsta fallet minskade med ca 1/3 och att värdena för fukthalten fortsatte att öka även i slutet av mätserien (Cruz del Aguila & Direnius, 2012). Det är enligt författarna mycket troligt att vägen har ännu högre fukthalt under tjällossningen.

Då detta endast är en vägsträcka förekommer det inte tillräckligt med data för att kunna dra några direkta slutsatser angående fukthalten i förhållande till hållfastheten, dock är deras arbete en indikation på att en högre fukthalt radikalt försämrar bärigheten för en väg.

<sup>1</sup> Eftersom terrassen räknas som ett homogent lager kommer samtliga hållfasthetsvärden för terrassen vara konstanta.



Figur 10: Igensatt trumma



Figur 11: Dike i behov av underhåll

#### 2.2.2.1 Varför tjälen är ett problem

I Sverige stänger Trafikverket av vägar med en total längd på 16 000 km under tjällossningen varje år (Vägverket, 2003a). Under tjällossningen är det ytterligare 27 000 km väg där bärigheten sätts ner vilket innebär att Trafikverket inte tillåter den tunga trafiken.

Enligt Andersson & Westlund (2008) kostar de avstängda vägarna och de vägar där bärigheten sätts ner samhället mellan 510 och 650 miljoner kronor varje år, de framräknade siffrorna gäller 2008 års penningvärde. I rapporten har hänsyn tagits till lager (eftersom att sågverk och massabruk inte ska stå still under tjällossningen), ränta och mertransporter. Det ovanstående belopp inte tar hänsyn till är den virkesmängd som krävs vid tillverkning av biobränsle. Den tillverkade mängden biobränsle kommer sannolikt att öka då efterfrågan på framförallt biodiesel ökar och således kommer kostnaden med all säkerhet att öka i framtiden om inte fler vägar tjälsäkras.

Tänk på att ovanstående endast berör skogsnäringen, då är inte privatpersoner och andra branschers förluster medräknade, vilket innebär att det faktiska beloppet torde vara högre.

Efter en intervju med Rudolfsson (2015) framgick det att Trafikverket gjorde en bruttoviktsnedsättning på ca 90 km väg i DO Ljungby. Av de 90 km väg var ca 4 km väg i standardklass 4 och resterande väg var i standardklass 5. Följande beskrivna bruttoviktsnedsättningar utfördes under april 2013 och varade under 2- 3 veckors tid. Under 2014 och 2015 genomfördes inga bruttoviktsnedsättningar.

#### 2.2.2.2 Etablering av tjäle

Tjäle innebär att vattnet i jorden fryser till is (Svensson, 2010). Problemet med tjälen uppkommer då vatten fryser till is och på detta sätt ökar volymen. I Sverige ligger grundvattenytan normalt på 1- 2 m och det är ytterst sällan tjälen når ända ner till grundvattnet, maximalt tjäldjup i Norrland är 2,1 m och i Skåne är tjäldjupet maximalt 1,1 m.

Tjälen är endast ett problem i de så kallade tjälfarliga jordarter. De tjälfarliga jordarterna är detsamma som de finkorniga jordarterna det vill säga de jordarterna med stor andel silt och lera. Anledningen till att tjälproblematiken endast existerar i de finkorniga jordarterna beror på att det i de flesta fall endast är det kapillärt bundna vattnet som fryser. När det är kallt och tjälen är djup har marken en avsevärd mycket högre hållfasthet än då det inte förekommer någon tjäle alls (Svensson, 2010).

När tjälen etablerats kommer den hela tiden att gå djupare ner, förutsatt att det är kallt (Svensson, 2010). Tjälen är farligast i siltrika jordarter, ty silt har en kapillär stighöjd på mer än 1,5 m och har en relativt snabb stighastighet. Då det kapillära vattnet högst upp, närmast islinsen, fryser kommer det att uppstå ett så kallat kapillärt undertryck. Detta undertryck innebär att mer obundet vatten kommer att stiga kapillärt. Den här cykeln pågår och upprepas i några veckor eller månader för siltrika jordarter och således kommer marken att få en onaturligt hög vattenhalt. Hur mycket vatten tjälen kan frysa under vintern beror till största delen på hur god tillgången till grundvatten är.

Det är under ovan beskrivna fas, den så kallade tjällyftningen, som problemen med tjälspäckor uppkommer, se mer i 2.1.2.6.

### 2.2.2.3 Tjällossning

Varje år under våren när det blir varmare kommer tjälen att tina, den så kallade tjällossningen. Det är i den här fasen allt det frusna vattnet tinar och åter blir vatten, som de verkliga problemen uppstår. Det blir då ett överskott på vatten och vägen saknar erforderlig bärlighet för att kunna bära trafiken, i vissa fall inte ens den lätta personbilstrafiken. Det är vid tjällossningen vanligt förekommande att de lågtrafikerade vägarna, även vissa högtrafikerade vägar, blir mer eller mindre ojämna, se mer om ojämnheter i 2.1.3.

Ett annat vanligt problem som uppstår vid den här fasen är blockuppfrysning (NE, 2015). Blockuppfrysning innebär att det finkorniga materialet följer med vattnet ner vid tjällossningen medan större block inte har förmåga att transporteras nedåt eftersom att det förekommer material under. För varje år kommer blocket att komma närmare och närmare vägytan, för att slutligen tränga igenom beläggningen. Detta fenomen förekommer vanligtvis endast på de vägar som saknar en rätt dimensionerad överbyggnad med tillräcklig mäktighet av de obundna lager.

## 2.2.3 Vattnets påverkan på beläggningen

Kalman et al. (2005) har genomfört olika tester för att se om den initiala sprickbildningen påverkas ifall vägen befinner sig i fuktigt eller torrt tillstånd. Testet är dock inte tillräckligt omfattande för att säkerställa några slutsatser men testet indikerar följande samband:

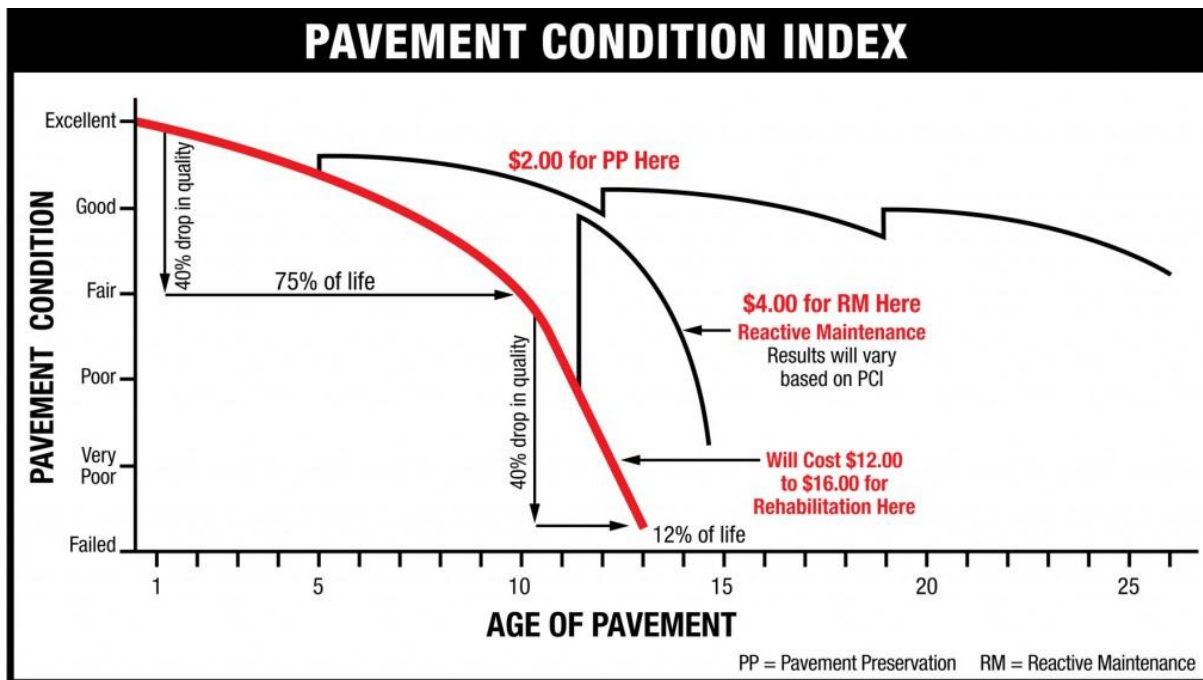
- Närvaro av vatten och fukt innebär att den initiala sprickbildningen uppstår snabbare
- Asfalt med filler bestående av enbart glimmer istället för filler av Skärlandsgranit (65% fältspat, 25% kvarts och 10% glimmer) innebär en ytterligare påskyndning av sprickbildningen

Asfaltens nedbrytning påverkas av att vatten tränger sig in mellan stenaggregatet och bindemedlet och således löses bindemedlet upp (Gustafsson, 2015). I en väg är stenaggregatet makadam och bindemedlet bitumen. Vid en våt vägbana eller en vägbana med stående vatten påskyndas asfaltens nedbrytning enligt Gustafsson (2015) och Kalman et al. (2005).

En annan viktig faktor att tänka på vid tillverkning av asfalten är hållrumshalten. Blir hållrumshalten fel ökar risken för att vatten kan ansamlas i asfalten. Idag går det att dimensionera rätt hållrumshalt, bindemedel och stenmaterial och i princip eliminera de nackdelar som vattnet medför vid nedbrytning av asfalt. Notera att detta enbart gäller vägar med ny asfaltsbeläggning vilket ytterst sällan inträffar på de lågtrafikerade vägarna (Gustafsson, 2015).

## 2.3 Teorier vid underhållsåtgärder

I detta stycke förklaras Shahin (1994) underhållsteori och den är presenterade och omnämnd i den mesta litteraturen som berör drift- och underhåll av vägar. Teorin handlar om att kvaliteten på en väg minskar med 40% under 75% av tiden för vägens förväntade livslängd. Vidare tappar en väg 40% i kvalitet på resterande 12% av den förväntade livslängden, se Figur 12.



Figur 12: En vidareutvecklad bild från Shahin (1994) illustrerad av CPM (2015)

Underhålls vägen, enligt Figur 12, vid tillstånd ”good” kostar det \$2. Väntar väghållaren med underhållet tills tillståndet ”Fair- Good” kostar underhållet \$4 och dröjer väghållaren med underhållet tills tillståndet når ”Very Poor” kostar det \$12-\$16 att åtgärda.

Följande slutsats kan antas från Figur 12; det är att många små åtgärder kostar mindre än en mer omfattande åtgärd. Ett typexempel är att det är mer kostnadseffektivt att utföra en enkel åtgärd vid tidpunkt 1 när vägen börjar bli dålig, exempelvis en föresegling. Väntar väghållaren istället till tidpunkt 2 när vägen är väldigt dålig och krackelerad är kanske enda utvägen att lägga en ny beläggning.

Vid en omfattande ombyggnad har väghållaren låtit vägen förfalla tillräckligt mycket, vilket innebär att den enda åtgärden blir en total ombyggnad eller nybyggnad. Detta är vanligt då vägkroppens tillstånd sjunkit till ”Very Poor” eller ”Fail” enligt Figur 12. Det räcker helt enkelt inte att bara utföra en underhållsbeläggning utan lagren under asfalten bör ses över.

Utifrån tidigare beskrivna stycke är det alltid mer kostnadseffektivt att underhålla vägen innan den når tillståndet ”Very Poor” eller sämre. Vet väghållaren om att vägen är underdimensionerad kan det vara klokt att låta vägen förfalla för att sedan genomföra en förstärkningsåtgärd. Det är dock viktigt att vägens tillstånd aldrig får bli så dåligt att brukarna riskerar att skadas. Vidare ska inte heller de som vistas på vägen, bilarna eller egendom vid vägen riskeras att skadas.

## 3 Metoder för tillståndsbedömning

För att undersöka om en väg behöver förstärkas är det viktigt att bedöma vägens tillstånd. På befintliga vägar saknas det vanligtvis en ritning över hur vägen är uppbyggd, hur tjocka de obundna och bundna lagren är. För att ta reda på en vägs tillstånd förekommer det några olika tillvägagångssätt:

- Okulär besiktning
- Icke förstörande metod
- Förstörande metod
- Geofysisk metod

Den okulära, icke förstörande och geofysiska metoden är metoder där mätningen sker på befintlig vägyta medan den förstörande metod, precis som den låter, förstör vägytan eller marken i någon utsträckning.

### 3.1 Okulär besiktning

Okulär besiktning är precis som det låter; en eller flera personer bedömer vägens tillstånd genom att inspektera den. Antingen utförs en snabb bedömning, en så kallad ”erfarenhetsbedömning” eller bedöms vägen enligt Bära eller brista. Det är bra att börja skadeinventeringen med en okulär bedömning. Anledningen till det är att den inte kräver någon annan utrusning än betraktarens ögon.

#### 3.1.1 Enligt Bära eller brista

##### 3.1.1.1 Bakgrund

Bära eller brista är ett hjälpdokument, en handledning, som har skrivits tillsammans av SKL, VTI och dåvarande Vägverket.

I Bära eller brista beskrivs 18 olika vägskador enligt följande upplägg: Skadebeskrivning, möjlig orsak till uppkomsten av skadan och tänkbara åtgärder för att åtgärda skadan. När en skada väl har lokaliserats är det upp till betraktaren att bedöma skadans svårighetsgrad och utbredning. Vidare beskrivs det också några förekommande metoder för att bedöma skadan (SKL, 2003).

##### 3.1.1.2 Användning

Trafikverket föreskriver att Bära eller brista kan användas som dimensioneringsunderlag vid förstärkning av vägar i följande dokument:

- Trafikverket – Förstärkningsåtgärder
- Trafikverket – TRVK Väg, ersätter tidigare VVMB 120 Inventering och värdering av befintlig väg

Vidare beskrivs det också i följande litteratur hur olika korrigeringsfaktorer kan komma att påverka dimensioneringen:

- Trafikverket VVMB 302 - Dimensionering av lågtrafikerade vägar – DK1
- Trafikverket TRVK Väg
- Trafikverket TRVR Väg

I Bära eller brista förekommer det ett exempel på hur ett skadeprotokoll kan utformas. Det centrala i varje skadeprotokoll är att ta reda på vilken typ av skada det är, skadans svårighetsgrad och utbredning. För att kunna utföra den mest kostnadseffektiva åtgärden är det i detta skede viktigt att dela in vägen i många mindre avsnitt och besiktiga varje enskilt avsnitt separat. Enligt SKL (2003) är det lämpligt att besiktiga ca 100 lpm väg per skadeprotokoll. Är skadeprotokollet ”blankt” förekommer det inte några skador och vägen behöver således inte åtgärdas.

### 3.1.2 Erfarenhetsbedömning

En erfarenhetsmässig bedömning kan vara att en eller flera erfarna väginventerare tittar på en väg och konstaterar, med hjälp av sin erfarenhet, olika typer av skador vägen kan ha. Varje enskild skada som en väg kan ha har ett underliggande problem. Det underliggande problemet bör åtgärdas vid en eventuell förstärkning eller ombyggnad av vägen.

Ett annat sätt att lokalisera dåliga sträckor på en väg kan vara att prata med den driftansvariga entreprenören. Entreprenören har i de flesta fall en god kännedom om området eller kanske till och med den delen av vägen där problemet förekommer. Exempelvis existerar det ställen där slaghål alltid uppkommer, för det tränade ögat går det att se detta genom att samma ställe är lagat vid flera olika tillfällen, med olika eller med samma metoder, dock utan resultat. I sådana fall är det bra att prata med entreprenören; för vem känner till vägen bättre än de som besiktigar och underhåller vägen?

## 3.2 Icke förstörande provmetoder

En icke förstörande metod innebär att en operatör använder någon form av utrustning för att undersöka och testa vägen. När operatören har utfört provmetoden lämnas vägen i det skick vägen hade innan testet utfördes.

### 3.2.1 Mätning med fallvikt

Fallvikt, eller FWD (Falling Weight Deflectometer), är ett relativt kostnadseffektivt sätt för att kunna ta reda på en vägs bärighet och tillstånd. Enligt Trafikverket (2012d) arbetar en ensam operatör och denne hinner med ca 200- 300 mätningar per dag, beroende på avståndet mellan mätningarna. Mätningen är automatiserad och det blir därför ett oberoende resultat.

#### 3.2.1.1 Beskrivning av metoden

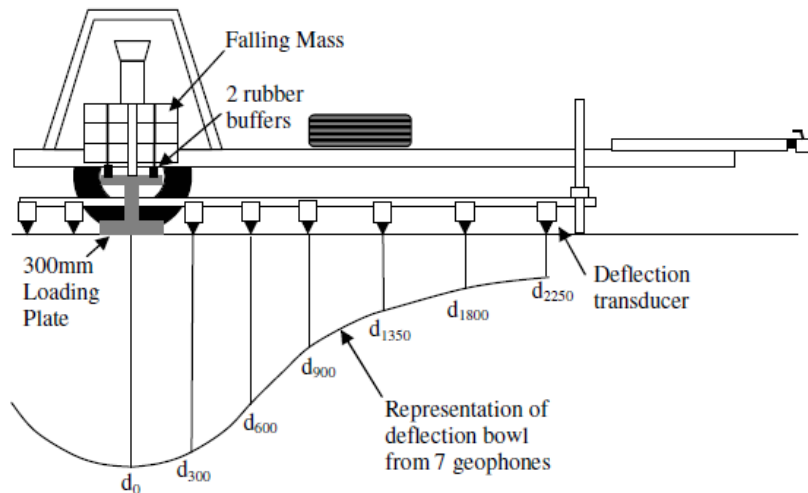
Det existerar två sorters fallvikter, i den här texten belyses endast den tunga fallvikten vilken har en belastning på 50 kN. Förväxla ej den här med den lätta handhållna fallvikten.

En fallvikt är tänkt att simulera ett hjul när ett tungt fordon kör på vägen. Tekniskt fungerar fallvikt genom att en vikt faller och skapar en belastning på 50 kN som sedan överförs till en platta med diametern 300 mm (Trafikverket, 2012d). När vikten har fallit mäts deflektionerna



(deformationerna) på minst 7 punkter med geofoner, se Figur 13. Vidare skall även asfalttemperaturen och koordinaterna mätas in. För en mer detaljerad beskrivning, se följande litteratur:

- Trafikverket TRVMB 112 – Deflektionsmätning vid provbelastning med fallviktsapparat.



Figur 13: Principbild på hur en fallvikt fungerar (Lambert, 2007)

### 3.2.1.2 Bearbetning av data

När fallviktsmätningen är utförd erhålls en deflektion från varje mätsensor. Enligt Trafikverket (2012d) förekommer det 5 st. olika bärighetsmått; ytmodul, medelmodul, krökningsradie, Surface Curvature Index (SCI) och uppskattad asfalttöjning. Vidare kommer också passningsräkning, eller också bakåträkning beskrivas. För att se vilka ekvationer som förekommer vid analys av fallviktsdata, se följande litteratur:

- Trafikverket TRVMB 114 – Bearbetning av deflektionsmätdata, erhållna vid provbelastning.

### Ytmodul och medelmodul

Ytmodulen är ett mått på vägens och markens totala bärighet mitt under mätcentrum (Trafikverket, 2012d).

Medelmodulen är ett mått på vägens och markens totala bärighet på ett ekvivalent djup. Ett ekvivalent djup innebär att varje deflektionspunkts avstånd från mätcentrum motsvarar det djup där bärigheten beräknas. Detta betyder att det går att beräkna markens bärighet i förhållande till djupet (Trafikverket, 2012d).

### Krökningsradie

Krökningsradien är ett mått som beskriver hur nedsänkningstratten blir vid mätningen och ska motsvara töjningen som uppstår då ett tungt fordon passerar på vägen (Trafikverket, 2012d). Krökningsradien är ett relativt mått och tar endast hänsyn till de översta 300 mm i konstruktionen.

### Surface Curvature Index (SCI)

SCI är ett mått på konstruktionens styvhet i de översta 300 mm och används endast som en relativ jämförelse (Trafikverket, 2012d).

### Uppskattad asfalttöjning

Uppskattad asfalttöjning är ett mått på de horisontella dragtöjningarna i underkanten av beläggningen (Trafikverket, 2012d). Töjningen som beräknas fram är ett mått på hur stor risken är för att utmattningssprickor eventuellt kan bildas i underkanten av beläggningen.

### Bärförmågeindex (BI)

Bärförmågeindexet är ett mått som går att använda till att jämföra bärigheten mellan olika vägar och olika delar på en väg. För vägar med en livslängd på mindre än 500 000 standardaxlar gäller följande värden (Trafikverket, 2012d):

**Tabell 7: Bärförmågeklass för vägar som utsätts för upp till 500 000 standardaxlar under sin livslängd (Trafikverket, 2012d).**

Bärförmågeklass	Bärförmågeindex
1	$X > 3,3$
2	$2,5 < X < 3,3$
3	$1,6 < X < 2,5$
4	$X < 1,6$

Värdena bör korrigeras med hänsyn till temperaturen (Trafikverket, 2012d).

Bärförmågeklass 1 är nybyggda vägar med AG-lager och i bärförmågeklass 4 hamnar endast mycket svårt skadade vägar (Trafikverket, 2012d).

### Passningsräkning

Beräkningsgången kallas för passningsräkning eller också bakåträkning. Passningsräkningen går att utföra i PMS Objekt<sup>1</sup>, men även andra program kan användas. Tanken med passningsräkningen är att få fram bärigheten för varje enskilt lager i konstruktionen.

För att kunna beräkna bärigheten i varje enskilt lager skapas en modell anpassad för tre, max fyra lager. De tre lagren är följande; bundet lager, obundet lager och terrass. Är asfalten helt uppsprucken klassificeras den som ett obundet bärlager. När modellen är skapad måste lagertjockleken på varje lager vara känd. Tjockleken kan erhållas från en ritning, georadar eller genom att använda någon av de förstörande metoderna (Trafikverket, 2012d).

För att verifiera modellen och E-modulerna är det viktigt att jämföra med typiska värden för varje lagertyp (Trafikverket, 2012d). De beräknade värdena ska minska med djupet, dock inte i de fall där terrassen består av exempelvis morän eller fast berg.

<sup>1</sup> PMS Objekt – Trafikverkets datorprogram för vägdimensionering. Programmet har även andra funktioner såsom att beräkna hållfastheten i varje enskilt lager.

### 3.2.2 Mätning med statisk plattbelastare

Prövning med Statisk plattbelastare utförs av en operatör och är en långsam metod då en mätning tar 30-60 min (Trafikverket, 2012d). Det är en kostsam metod för entreprenören då denne måste tillhandahålla en motvikt, exempelvis en vält eller grävmaskin. Anledningen till att den statiska plattbelastaren används är att mätmetoden direkt går att hänvisa till befintliga krav i TRVK Väg. Det föreligger en viss svårighet med metoden och det är när underlaget är ojämnt eftersom att monteringsriggen måste stå helt horisontellt.

#### 3.2.2.1 Beskrivning av metoden

Syftet med metoden är att mäta markens styvhet och packningsgrad. Markens packningsgrad är ett mått på förhållandet mellan markens torrdensitet och makens maximala torrdensitet vid hård packning. När en mätning är utförd går det att beräkna markens E- modul (bärighet). Eftersom att två mätningar utförs i samma punkt är det intressant att jämföra de två E- modulerna (Vägverket, 1993).

En statisk plattbelastare fungerar genom att en platta med diametern 300 mm, 600 mm eller 762 mm belastas med ett hydrauliskt tryck (Vägverket, 1993). För att kunna belasta plattan och komprimera marken krävs det en motvikt på minst 4,5 ton. När marken belastas används en domkraft och sättningen mäts mitt under lasten. Sättningen mäts genom en monteringsrigg och den fungerar genom att två fötter står på marken horisontellt och stabilt medan sättningen mäts med linjal under den tredje foten. Kortfattat går mätningen till genom att lasten läggs på lite i sänder, under två försök. För mer ingående detaljer om hur mätningen går till, se följande litteratur:

- Vägverket VVMB 606 – Bestämning av bärighetsegenskaper med statisk plattbelastning.



Figur 14: Bild på en statisk plattbelastare (HMP, 2015)

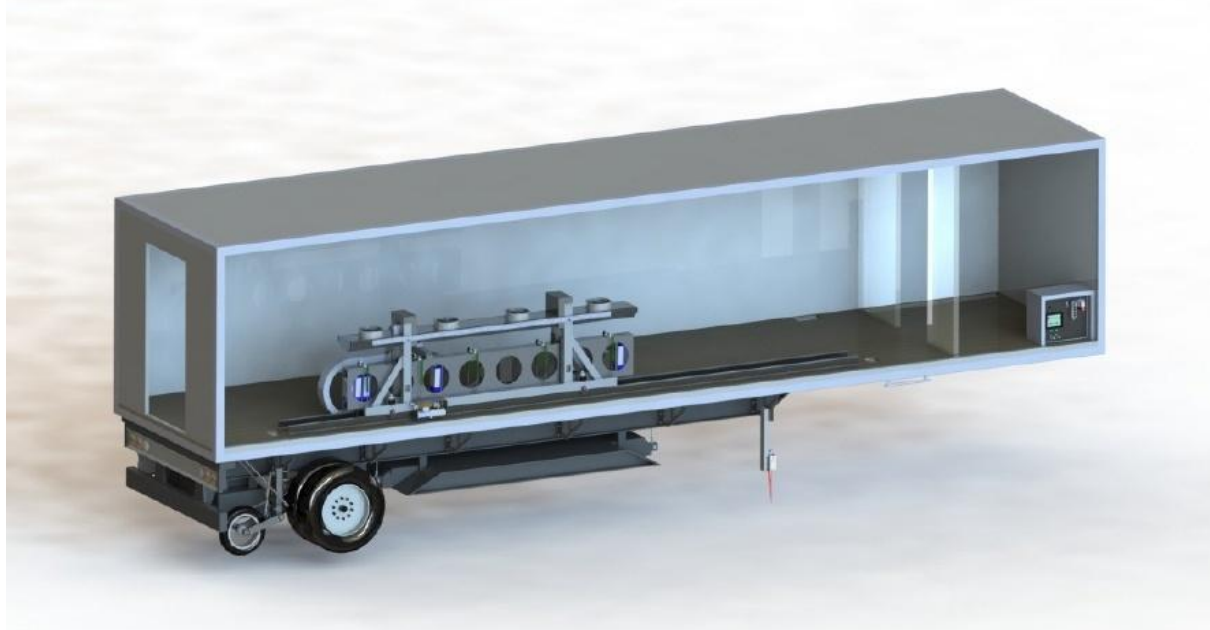
#### 3.2.2.2 Bearbetning av data

Det erhållna resultatet efter en mätning är förhållandet mellan den påförda lasten och sättningen (Vägverket, 1993). Vidare går det att beräkna markens bärighet och skillnaden

mellan det konsoliderade och okonsoliderade tillståndet. Ett okonsoliderat tillstånd är mark som aldrig tidigare blivit utsatt för belastning och vid konsoliderat tillstånd är marken väl packad. Det okonsoliderade tillståndet ges av den första mätningen medan det konsoliderade tillståndet ges av andra mätningen.

### 3.2.3 Rullande bärighetsmätning

I bland annat Danmark används rullande bärighetsmätning. Idén går ut på att mäta deflektionerna vid en belastning med en tyngd motsvarande en halv standardaxel, i detta fall tyngden av ett lastbilshjul. Skillnaderna mellan den rullande bärighetsmätningen och fallvikten är att mätningen sker kontinuerligt med ett lastbilshjul, istället för en last och kontaktyta, vilket ska motsvara ett lastbilshjul. Deflektionerna mäts med geofoner på samma sätt som vid mätning med fallvikten (Greenwood Engineering, 2012).



**Figur 15: Principbild för rullande bärighetsmätning (Greenwood Engineering, 2012)**

Bakom lastbilshjulet sitter ett hjul där sträckan och hastigheten mäts. Under lastbilen fästes en tyngd, vilken ska motsvara tyngden av en standardaxel. Mätningen går ut på att utföra i hastigheter upp till 80 km/h. Tester har visat att hastigheten inte spelar någon roll för resultatet. Exempelvis beskriver Greenwood Engineering (2012) att de har mätt hela Danmarks motorvägsnät, vilket motsvarar ca 3 000 körfältskilometer, på 10 dagar.

### 3.2.4 Olika mått på vägytans jämnhet

I Sverige har vägytans tillstånd mäts kontinuerligt sedan 1990 med en vägytemättningsbil, en så kallad RST-bil (Ramböll, 2014). Trafikverket mäter riks- och primärvägnätet varje år medan sekundärvägnätet mäts mindre frekvent.

En RST-mätning går till genom att en mätbil kör och mäter antingen 3,2 m brett (17 punkter) eller på smalare vägar 2,6 m brett (15 punkter). Varje punkt mäts kontinuerligt med laser och det skapas en 2-D bild i varje mätsekvens. Eftersom att bilen färdas framåt kommer det att skapas oändligt många 2-D bilder och många 2-D bilder i olika sekvenser, i detta fall olika tvärsnitt, skapas en 3-D bild över hur vägytan ser ut. (Ramböll, 2014).

I Trafikverket PMSv3 förekommer många olika bedömningsmått och under varje bedömningsmått är både den senaste mätningen och historiska mätningar redovisade. De två vanligaste måtten är spårdjup och IRI (International Roughness Index). Vidare ska det även tas en digital stillbild var 20 meter.

Trafikverket ställer också krav på tre olika parametrar; spårdjup, IRI och kantdjup. De tre parametrarna beskrivs mer ingående längre fram i detta avsnitt. Kraven för parametrarna listas i Tabell 8. Trafikverket har även fler krav men då de inte berör vägens bärighet utan mer friktionen kommer de inte att tas upp i detta arbete.

**Tabell 8: Kravvärden vid mätning med mätbil. Kraven gäller vid 70 km/h, siffrorna inom parentes avser kraven vid 80 km/h (Trafikverket, 2012a).**

Trafik (f/d)	Spårdjup (mm)	IRI (mm/m)	Kantdjup (mm)
0-250	≤ 30,0 (24,0)	≤ 6,7 (5,9)	≤ 60
250-500	≤ 27,0 (22,0)	≤ 6,3 (5,5)	≤ 60
500-1000	≤ 24,0 (20,0)	≤ 5,8 (5,1)	≤ 50

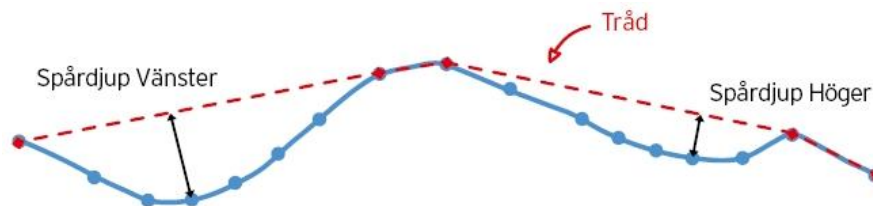
För fler trafikmängdklasser och hastighetsklasser se:

- Trafikverket – Underhållsstandard belagd väg 2011

#### 3.2.4.1 Spårdjup

Spårdjup, även kallat vägens ojämnheter i tvärled. Historiskt från 70- och 80- talet var dubbdäck den största faktorn till att spårdjupet ökade. Idag har beläggningsbranschen lärt sig mycket om hur en mer slitstark beläggning tillverkas, däcktillverkarna har börjat använda lättviktsdubb och brukarna har i en allt större utsträckning börjat använda friktionsdäck. Därför är den främsta anledningen till att spårdjupet ökar idag den ökade mängden tunga fordon på vägarna. För de vägar där spårbildningen accelererar beror det vanligtvis på bärighetsrelaterade problem (Ramböll, 2014).

För att kunna beräkna spårdjupet ska tvärsnittet ”nollas”. Att ”nolla” innebär att vägens tvärfall tas bort och de två yttersta mätpunkterna sätts till noll. Alla andra mätpunkter redovisas då i relation till de två yttersta. Själva databearbetningen går sedan till genom den så kallade trådprincipen, där en fiktiv tråd spänns mellan ytterpunkterna och den maximala höjden mellan mätpunkterna och tråden mäts (Ramböll, 2014).



**Figur 16: Principbild vid mätning av spårdjup (Ramböll, 2014)**

#### 3.2.4.2 IRI

IRI, även kallat ojämnheter i längsled mäts genom att vägens höjdprofil sammanställs och följaktligen kommer alla ojämnheter att ge utslag. I stort speglar IRI hur en bilist upplever komforten på vägen (Ramböll, 2014).

IRI är ett mått på hur en, så kallad Quarter-car<sup>1</sup>, simuleras i datorn till att köra i 80 km/h över vägytan. Modellen tar även hänsyn till hur vägens ojämnheter upplevs; stora ojämnheter (1-10 m) förstärks då de fortplantar sig i bilens chassi medan de små ojämnheter som fångas upp av ett däck och dämpare försvagas (Ramböll, 2014).

### 3.2.4.3 Kantdjup

Kantdjup, även kanthäng, visar avsnitt där en väg kan ha svaga eller rent utav dåliga vägkanter. Fenomenet är vanligast på smala vägar där det vanligtvis saknas erforderligt kantstöd och vägen är smal vilket tvingar ut trafiken mot beläggningens kanten. Det blir alltså en dubbelt förstärkt effekt, vilken ökar risken för uppkomsten av stora kantdjup avsevärt (Trafikverket, 2012a).

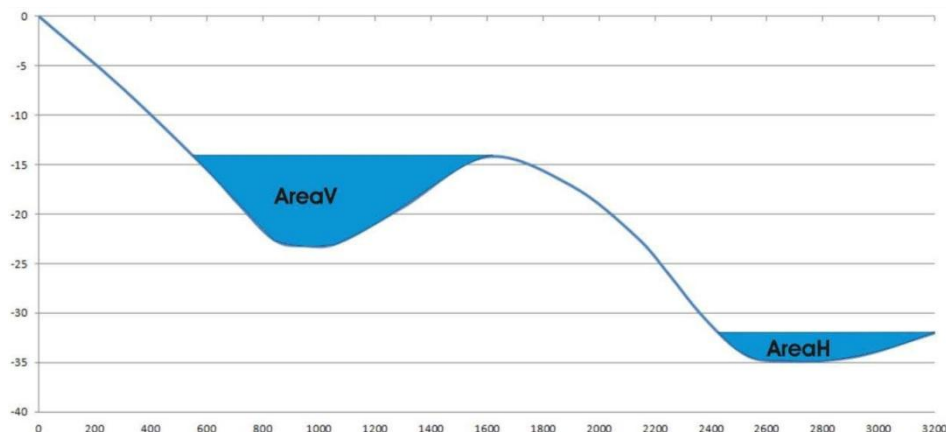
Kantdjupet beräknas i datorn från en vägytemätning. Idén är att det skapas en dynamisk regressionslinje som sedan jämförs med medeltvärprofilen. Måttet mellan vägytan och regressionslinjen är kantdjupet. Det är viktigt att föraren av RST- bilen inte har någon del utanför beläggningens kanten, vilket skulle ge ett högre värde på kantdjupet än vad kantdjupet faktiskt är (Trafikverket, 2012a).

### 3.2.4.4 Övriga vägytemått

Det förekommer fler vägytemått och anledningen till att Trafikverket inte använder sig av dem kan vara att de är under utveckling eller också är det på väg att implementeras en ny mätstandard. Vidare tas endast de mått upp som kan bedöma eller hjälpa till att påvisa vägar med dålig bärighet.

### **Teoretisk vattenarea**

Teoretisk vattenarea är ett mått Trafikverket har under utveckling. Tanken med den teoretiska vattenarean är att indikera hur stor mängd vatten som riskerar att bli stående på en väg efter regn.



**Figur 17: Den teoretiska vattenarean i en viss tvärsnitt (Trafikverket, 2012a)**

För att beräkna den teoretiska vattenarean summeras AreaV och AreaH i varje tvärsnitt därefter tas ett medelvärde över 100 m. Enheten är  $\text{dm}^3$  och mätomfånget ligger mellan 0-1  $\text{dm}^3$  (Trafikverket, 2012a).

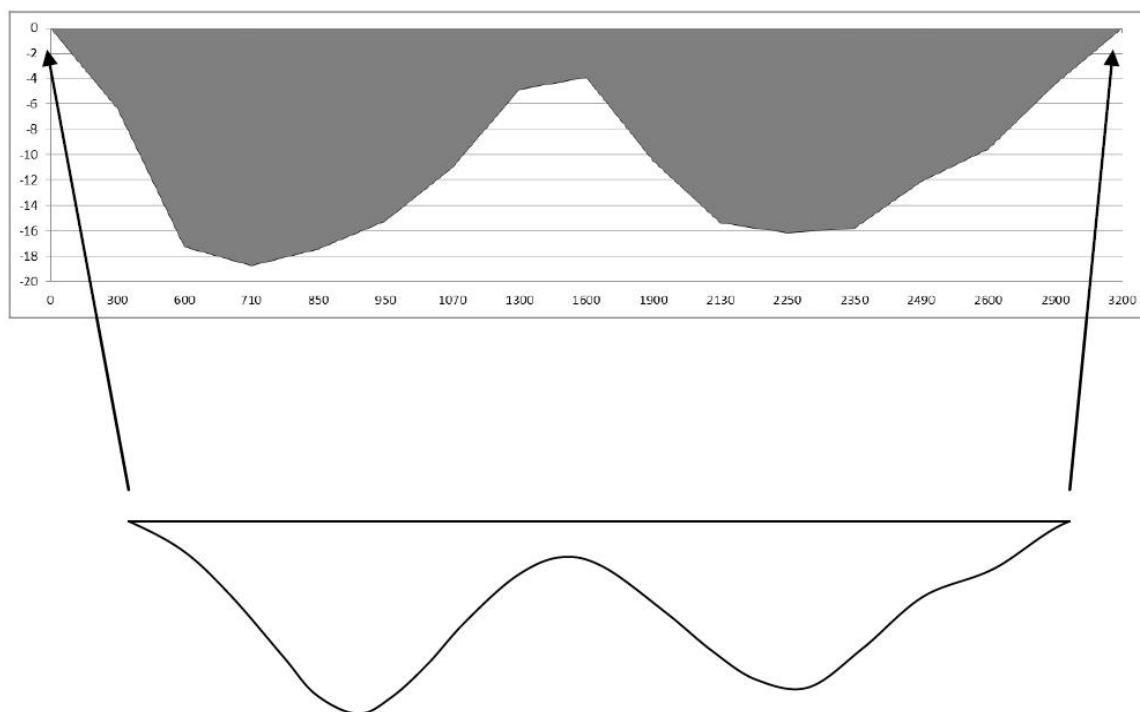
<sup>1</sup> Quarter-car är en teoretisk modell med förutbestämd fjäder, dämpare samt vikten av en fjärdedels personbil. IRI visar då hur mycket bilens dämparen får arbeta upp och ner och enheten blir således mm/m.

Ett hög teoretisk vattenarea och en sprickig beläggning, vilket är vanligt förekommande på mindre vägar, ökar markant risken för att vatten ska kunna tränga ner i väggroppen. Ett annat problem som nämnts tidigare i examensarbetet är den ökade risken för vattenplaning, både under och efter det har regnat kraftigt. Måttet ensam ger bara ett bra värde på horisontella vägar, eftersom att vatten när det regnar vanligtvis transporteras längs med vägen i spåren.

### Spårarea

Spårarea är ett mått Trafikverket har under utveckling. På större vägar utan bärighetsproblem innebär måttet hur mycket av beläggningen trafiken har "kört" bort. På det mindre vägnätet används måttet tillsammans med spårdjup. Om det är ett litet spårdjup men stor spårarea är det ett tecken på ett begynnande bärighetsproblem. Detta kan betraktaren också se genom att vägen i de flesta fall är sprucken eller krackelerad (Trafikverket, 2012a).

Spårarean mäts genom att det spänns en fiktiv tråd mellan mittlinje och väggkant. Spåraren blir då ytan mellan tråden och vägytan. Måttets omfång är 0-21 dm<sup>2</sup> och enheten är alltså dm<sup>2</sup>. En väg med stor spårarea men litet spårdjup kan tillsammans med en krackelerad beläggning indikera bärighetsproblem (Trafikverket, 2012a).



Figur 18: Principbild för beräkning av spårarean (Trafikverket, 2012a)

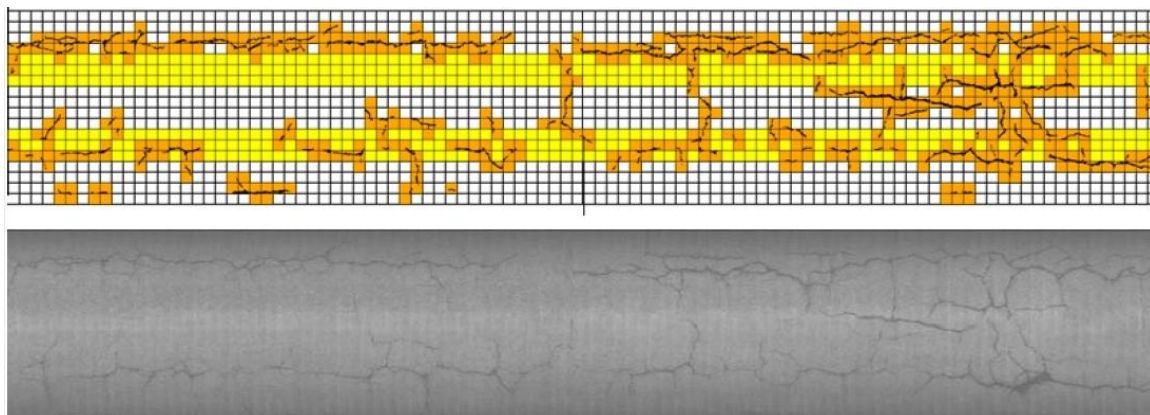
### Sprickor

Det har tidigare nämnts att sprickor, krackeleringar och slaghål är en stor bidragande orsak till att vatten kan komma in i konstruktionen. Det är därför av stor vikt att på ett snabbt, effektivt och automatiserat sätt kunna identifiera och detektera sprickor i beläggningen.

Sjögren (2002) beskriver att en automatiserad process består av fyra olika steg:

- Datasamling – Video, foto, punk-, manuell-, eller linjelaser.
- Sprickdata – Materialet digitaliseras, antingen manuellt eller genom en analysstation (dator)
- Analys – Materialet analyseras antingen i en analysstation eller manuellt
- Den insamlade data läggs in i ett drift- och underhållsystem, exempelvis PMSv3

I Sverige arbetar bland annat Ramböll (2015) med detta. Insamling av data genomför Ramböll med en teknik dem kallar för dPAVUE (laser RST) och en helautomatiserad tolkningsteknik kallad AIES. Systemet AIES kan tolka och detektera sprickor ner till storleksordningen 1 mm. Resultatet kan antingen fås antingen i tabell, mätfil eller bildfil, se Figur 19.



**Figur 19:** Ett exempel på en sprickanalys enligt ovan beskrivna metod (Ramböll, 2015)

### **Avstånd mellan spårbottnar**

Att mäta avståndet mellan spårbottnarna är ett sätt för att verifiera hur spårbildningen har uppkommit, antingen från dubbdäcksslitage eller från den tunga trafiken. Spårbildning från den tunga trafiken indikerar bärighetsproblem. Avståndet mellan spårbottnar är för dubbdäcksslitage ca 1,5 m och avståndet för bärighetsberoende spår är ca 1,9 m (Trafikverket, 2012a).



### 3.3 Förstörende provmetoder

Med en förstörande metod verifieras teorier och det går att få 100% korrekta lagertjocklekar och materialegenskaper just där undersökningen sker. Nackdelar med de förstörande metoderna är att de förstör vägen men de är också väldigt dyra och tidskrävande metoder.

#### 3.3.1 Kärnbörning

Kärnbörning är den absolut vanligaste metoden då beläggningen ska undersökas. På de lågtrafikerade vägarna är det vanligt med endast några centimeter beläggning och då bidrar inte beläggningen med någon större bärighet till vägens totala bärighet. Metoden fungerar bra på såväl asfaltsvägar som betongvägar (Trafikverket, 2012d).

När väl en borkärna är upptagen går det bland annat undersöka följande egenskaper; bindemedelshalt, kornkurva, kompakt densitet, nötning mot dubbdäck, styvhetsmodul, vattenkänslighet och tjocklek (Peab Asfalt, 2015).



**Figur 20: Borrhutrustning på släp**  
(Peab Asfalt, 2015)

Kapaciteten vid kärnbörning är 7-15 hål/ dag och provtagningen kräver 1-2 operatörer. Provtagningen är begränsad till ett djup av 0,8 m. En svårighet efter börning kan vara att återställa vägen till det skick den hade innan provtagningen genomfördes (Trafikverket, 2012d).

### 3.3.2 Provtagning med tryckrör

För att kunna utföra provtagning med tryckrör är det viktigt att först avlägsna vägens bundna lager. Att avlägsna vägens bundna lager genomförs enklast med hjälp av kärnborring. Erfarenheter visar att det är bra att borra hålet i asfalten något större än storleken på det rör operatören trycker ner i överbyggnaden. Det rör som trycks ned är delbart i längsled och det går därför att se hela lagerföljden. Röret hamras ned med en hydraulisk utrustning vilken vanligtvis fästes på en hjulgrävare eller lastbil (Trafikverket, 2012d).

Maximalt provdjup är ca 2 m, vid större djup kan en skruvborr användas. Metoden fungerar maximalt ner till berggrunden. Provtagningsmetodens kapacitet är 10-15 hål/ dag och den kräver 2 operatörer vid provtagning (Trafikverket, 2012d).

Några nackdelar med metoden är att provvolymen är beroende av rörets diameter och lagertjocklekarna. Vidare kan stora stenar begränsa provtagningsdjupet avsevärt (Trafikverket, 2012d). Vid intervju med Bengtsson (2015) är det vanligt att fortsätta undersökningen med CPT- eller Hejarsondering i hålet för att komma ytterligare några meter ner i marken.



**Figur 21: Provtagning med typen tryckrör (Trafikverket, 2012b)**

#### 3.3.3 Provtagning med Underlättaren

I Trafikverket (2012d) förekommer benämningen ”specialbyggd utrustning”, vilket vanligtvis innebär Underlättaren. Metoden beskrivs genom att provtagning sker med hjälp av borrhning, spettning och grävning. Efter att provtagningen har genomförts åtgärdas hålet genom att godkända material läggs i hålet och packas ordentligt innan det beläggs med en lämplig beläggning.



**Figur 22: En variant av Underlättaren, i bild ses samtliga delar (Trafikverket, 2012b)**

Fördelen med Underlättaren är att provtagningen kan utföras enda ner till terrassen och få upp ett ostört prov på materiallagren. De obundna lagren tas upp i ett rör enligt den metod som beskrivs under 3.3.2. Borrhning och provtagning i asfalten sker genom en kärnborrhning, se mer i 3.3.1 (Trafikverket, 2012d).

Maximalt provdjup är ca 1,2 m, därefter krävs det att en skruvborr används. Kapaciteten för underlättaren är 6-10 provtagningar/ dag och det krävs 1-2 operatörer för maskinen. En annan fördel ur säkerhetsaspekten är att maskinen kan fjärrstyras och således behöver operatören aldrig vända trafiken ryggen (Trafikverket, 2012d).

### 3.3.4 Grävning av provgropar

Grävning av provgrop innebär att en provgrop grävs, vanligtvis med en hjulgrävare. I de fall då grävningen ska utföras i överbyggnaden behöver asfalten sågas upp. Ibland räcker det med att gräva i innerslätten eller bankslätten.



**Figur 23:** Provgrop i bankslätt med en hjulgrävare

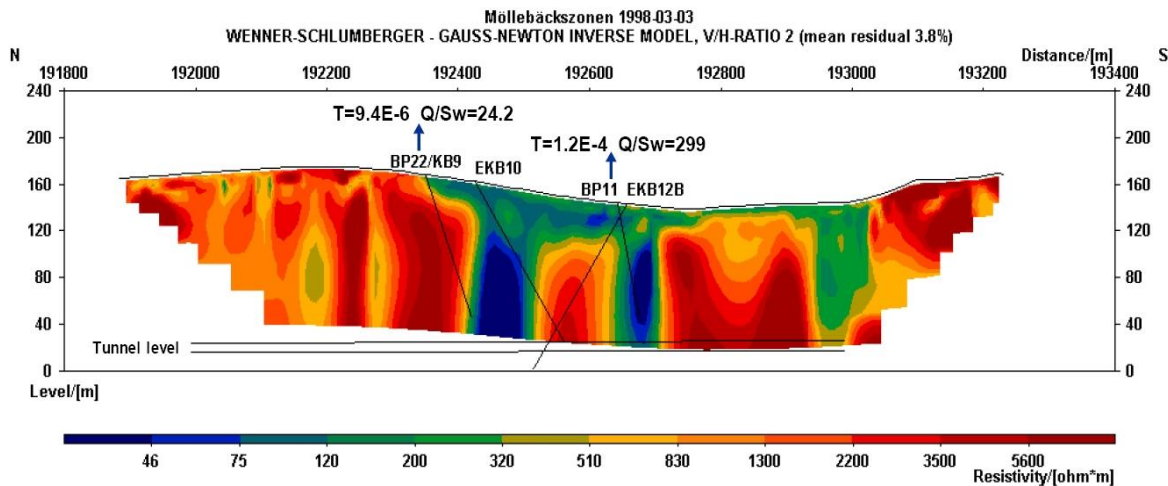
Fördelen med att gräva provgropar är att bärighetsutredaren kan undersöka ett stort djup, enligt Trafikverket (2012d) ända ner till ca 4 m. Undersökningsdjupet beror främst på vilken typ av grävaggregat hjulgrävaren använder. Det förekommer också en stor möjlighet att gräva ett stort hål vilket gör att det går att se de befintliga materialen i överbyggnaden. En nackdel är att maskinen kräver mycket TMA- skydd<sup>1</sup> vid grävning på större vägar och att den är långsam att flytta. Vidare beskriver Trafikverket (2012d) att det förekommer en viss risk att materialen i de obundna lagren riskerar att blandas och det svårt att få återfyllnaden tillräckligt god med hänsyn till packning.

---

<sup>1</sup> Med TMA (Truck Mounted Attenuator)- skydd avser skydd som används tillsammans med en lastbil. Antingen fästes skyddet direkt på lastbilen eller är skyddet på ett släp. TMA- skyddets uppgift är att skydda arbetarna från att bli påkörda av fordon på vägen. TMA- skyddet fungerar genom att det absorberar den energi som det krockande fordonet har, på samma sätt som en krockkudde.

## 3.4 Geofysiska metoder

Med en geofysisk metod undersöks ett objekt genom att exempelvis skicka ut olika vågor, såsom ljud- eller radiovågor. När en geofysisk mätning har genomförts får bärighetsutredaren ett resultat, där det går att se markens olikheter. När resultatet väl har analyserats är det vanligt att utredaren vill ta reda på vad de olika fälten innebär, detta utförs sedan med någon av de förstörande metoderna.



Figur 24: Resistivitet i Möllebäckszonen i Hallandsåsen (Dahlin, 2014)

I Figur 24 ses Möllebäckszonen i Hallandsåsen, de enda slutsatserna som kan dras efter den geofysiska mätningen är att det är olika färger, vilket i praktiken betyder olika geotekniska förhållanden. I figuren visas även fyra borrhål, strategiskt placerade, för att ta reda på vad de olika färgerna innebär geologiskt.

### 3.4.1 Mätning med georadar

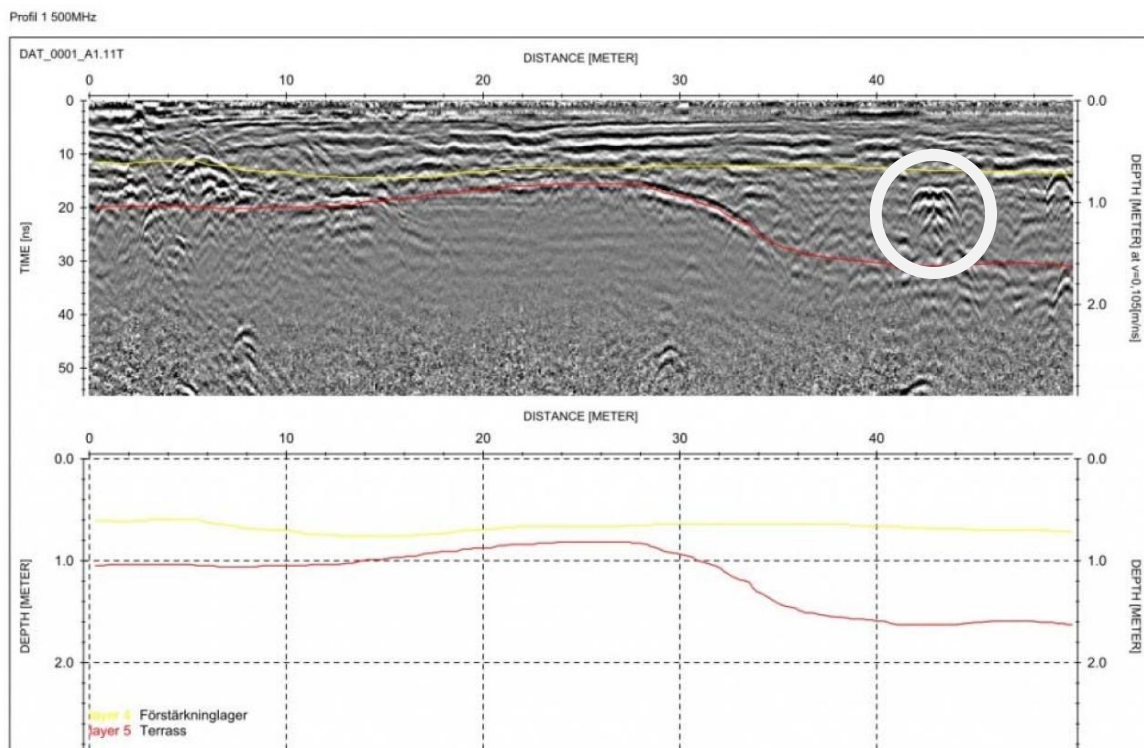
Georadar eller GPR (Ground Penetration Radar) är en mätmetod där elektromagnetiska pulser i frekvensintervallet 10 MHz till 1 GHz sänds ut. En låg frekvens ger en stor våglängd vilket i sin tur innebär att det går att undersöka ett stort djupt med en låg detaljnivå, tvärtom gäller vid en hög frekvens. Georadarn kan användas till många olika saker inom vägbyggnad, exempelvis kan lagertjocklekar tas fram och de stenblock som riskerar att blockuppfrysas kan identifieras (Trafikverket, 2014c).



Figur 25: En modell av georadar (Trafikverket, 2014c)

I Figur 25 ses en av de olika georadarna som förekommer på marknaden, den här modellen har 31 antenner och mäter en bredd på 2,2 m i varje stråk. När bilen kör framåt, vilket den gör i 90 km/h, kommer det att skapas en 3D- struktur över vägens lagerföljd (Trafikverket, 2014c).

Då materialen i en vägöverbyggnad är kända och vanligtvis kan de delas in i tre lager; bundna lager, obundna lager och terrass. Georadarn användas då till att detektera vilka tjocklekar de olika lagren har<sup>1</sup>. Nedan visas ett exempel på en väg där tjockleken på de olika lagren har detekterats. Trafikverket (2014c) använder sig i detta fall av en frekvens på 500 MHz.



**Figur 26: Undersökning av väg med georadar (Trafikverket, 2014c)**

I Figur 26 ses även en vit cirkel, som ringar in en så kallad hyperbel. En hyperbel uppkommer när vågorna stöter på något stort, exempelvis ett stenblock eller vägtrumma. Stora föremål reflekterar samtliga radiovågor, det vill säga inga radiovågor passerar genom föremålet.

<sup>1</sup> För att få helt korrekta lagertjocklekar behöver mätningen kalibreras mot ett borrhål. Detta eftersom att rådata från mätningen endast ger resultaten i form av tiden på y- axeln (se vänstra y- axeln i Figur 26). För att få fram ett djup behövs georadarns hastigheterna i materialen.

## 4 Skadebedömning av aktuella objekt

I examensarbetet ska en skadeinventering genomföras på v. 506 och v. 522. Begreppet skadeinventering innebär att en intressant vägsträcka inventeras och de befintliga skadorna på vägytan och vägkroppen identifieras och bedöms. För att på ett praktiskt genomförbart sätt kunna utvärdera om det råder evidens mellan de okulära metoderna, förstörande metoderna, icke förstörande metoderna och analys av vägytemättningsdata, beslutades det att skadeinventeringen skulle utföras enligt Bära eller brista (okulär metod), Trafikverkets PMSv3 (vägytemättningsdata), fallvikt (icke förstörande metod) och grävning av provgropar (förstörande metod).

Anledningen till att just Bära eller brista valdes är att det är den enda okulära metoden en skadeinventerare med begränsad erfarenhet kan använda sig av. Vid skadebedömning enligt Bära eller brista sammanställs skadorna och dess utbredning i ett skadeprotokoll.

En förstörande metod utfördes genom grävning av provgropar. Valet av just den här provmetoden är att det är en metod där vägytan ej nödvändigtvis behöver förstöras. Fördelen är att det i vissa fall går att få tillräcklig kännedom om vägens överbyggnad och dess olika materiallager och således kan vägytan bevaras intakt. En annan fördel är att det vid grävning av provgropar går att gräva till ett stort djup, vilket är av stor vikt då det föreligger en risk att vägarna vilar på en torvmosse.

I examensarbetet ingår dessutom en icke förstörande metod; mätning med fallvikt. Metoden är tidseffektiv och kan användas vid utvärdering av långa vägsträckor. Vidare har fallviktsmetoden en fördelen att det, via en enkel beräkning, överskådligt går att se de avsnitt där bärigheten för en väg är sämre.

En fjärde metod i arbetet är analys av olika vägytemått. Användning av vägytemättningsdata är en metod som kommer att användas mer och mer, då all data sparas i en databas. Trafikverket uppdaterar kontinuerligt. All data i PMSv3 går också att jämföra med krav. Trafikverket har för de befintliga vägarna.

## 4.1 Bedömning av väg 506

Nedan visas en bild på hur v. 506 ser ut. Bilden är tagen efter att det har regnat. Vidare i bilden går det att se en tendens till spårbildning och en beläggning med grov struktur.



**Figur 27: Bild på v. 506**

### 4.1.1 Enligt Bära eller brista

I slutet av november utfördes en inventering enligt Bära eller brista. Temperaturen var några plusgrader och det duggregnade stundtals.



**Figur 28: Ojämnheter och vatten i dike**

Vid inventeringen konstaterades följande problem med vägen:

- Kraftig spårbildning (~ 25 mm)
- Några ojämnheter
- Måttlig kantdeformation
- En åldrad beläggningssyta med liten mängd stensläpp
- Stående vatten och dålig dräneringsförmåga

För hela skadeprotokollet, se bilaga 2.



#### 4.1.2 Grävning av provgropar

I början av oktober 2014 grävdes det två provgropar på v. 506 och följande överbyggnad noterades:

**Tabell 9: Resultatet vid grävning av provgropar**

Material	Djup (m)
Beläggning	0- 0,18
Naturgrus, 0-50 mm	0,18- 0,48
Naturgrus, 0-150	0,48- (minst 2 m)

Vidare konstaterades det att vägen var spårig och att det var mycket vatten i diken.

#### 4.1.3 Mätning med fallvikt

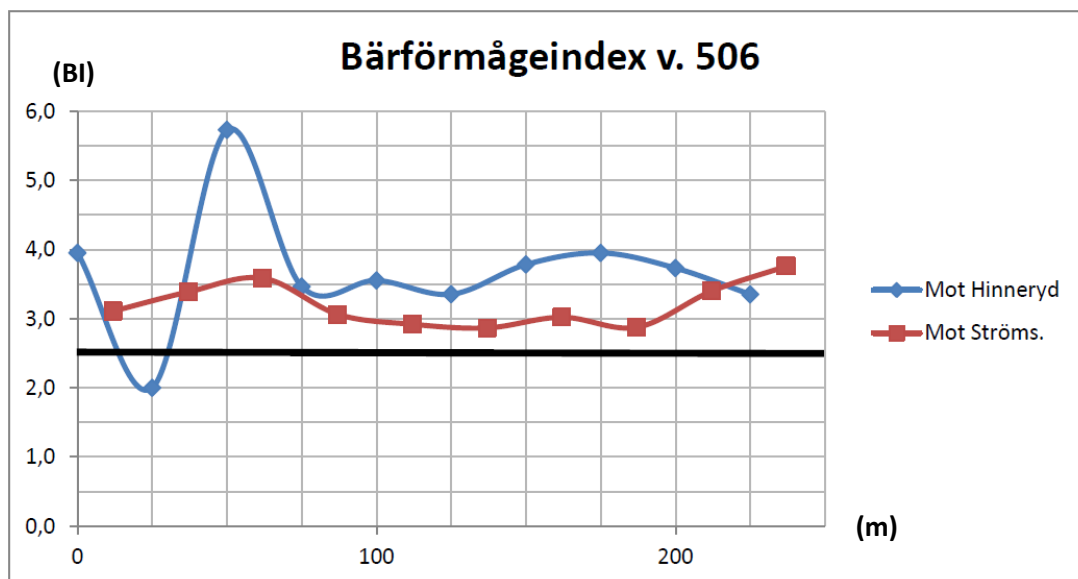
Vid en fallviktsmätning är det av intresse att mäta en stor del av en vägsträcka för att på så sätt kunna identifiera avsnitt med olika bärighet. Nedan följer bärförmågeindex precis på den sträcka där en ombyggnad ska genomföras, för hela bärförmågeindex för v. 506 se bilaga 6. Fallviktsmätningen är utförd var 12,5 m där vägen ska byggas om, innan och efter ombyggnadsdelen är avståndet mellan mätningarna 25 m. Mätningen är utförd i höger hjulspår i vardera riktningen.

Bärförmågeindex i varje punkt beräknades med hjälp av följande ekvation (Trafikverket, 2012d):

$$BI = \frac{1000}{\varepsilon_a}, \text{ där}$$

$$\varepsilon_a = 37,4 + 0,988 \cdot D_0 - 0,553 \cdot D_{300} - 0,502 \cdot D_{600}$$

Ingen hänsyn är tagen till temperaturen och  $D_x$  är deflektionen i respektive punkt med avståndet  $X$  mm från centrum mitt under lasten.



**Figur 29: Bärförmågeindexet för v. 506 för den delen som ska byggas om.**

Den breda svarta linjen i Figur 29 är gränslinjen mellan bärförmågeklass 2 och 3. Den svarta linjen är framtagen med hjälp av Tabell 7. Ur Figur 29 går det att se att vägen mestadels har bärförmågeklass 2 och vissa avsnitt med bärförmågeklass 3.

#### 4.1.4 Data från Trafikverkets PMSv3

Vid framtagning av vägytemättningsdata användes Trafikverkets PMSv3 och senaste mätningen som kördes 2014, följande data utläses:

- Spårdjup upp till ca 18 mm
- IRI höger upp till ca 8 mm/m
- Kantdjupet är stort, på några ställen ända upp till ca 55 mm
- Spårbottenavståndet är mestadels ca 2 m, även om det förekommer spårbottenavstånd på 1,4 m
- Den teoretiska vattenarean uppgår till ca 0,8 dm<sup>2</sup>

Slutligen noterar även PMSv3 avvattningsbrist på två ställen; höga värden kantdjup och snabb nedbrytning spår om vardera 20 m.

För graferna, se bilaga 2.

#### 4.1.5 Sammanfattning

Vägens tillstånd sammanfattas och jämförs med de existerande krav för en väg med ÅDT<sub>tot</sub> 430 f/d och referenshastighet 80 km/h. Samtliga av de metoder som utfördes vid tillståndsbedömningen indikerar på samma typ av skador och sammanfattas i nedanstående Tabell 10:

Tabell 10: Jämförelse mellan uppmätta maxvärden och gränsvärden

Mått	Uppmätt maxvärde	Gränsvärde	Kommentar
<b>Spårdjup</b>	18 mm	22 mm	Uppfyller kravet
<b>IRI Höger</b>	8 mm/m	5,5 mm/m	Uppfyller ej kravet
<b>Kantdjup</b>	55 mm	60 mm	Uppfyller kravet

Vidare noterades det att vägen har en dålig dräneringsförmåga och att beläggningen är åldrad.

Vägen verkar vara i stort behov av en förstärkningsåtgärd; spårdjup och kantdjup är nästan uppe på kravnivåerna. IRI höger ligger ca 50% över kravnivån och analys av spårbottenavstånden indikerar att avståndet är 2 m, vilket tyder på att det är bärighetsberoende deformationer.

I detta fall verkar fallvikten överskatta vägens tillstånd. Alla andra faktorer pekar på att vägen lider av följande bärighetsproblem; kantdeformation och en kraftig spårbildning med en spårvidd på 2 m.

## 4.2 Bedömning av väg 522

I början av oktober utfördes grävning av provgropar och i slutet av november genomfördes en inventering enligt Bära eller brista. Temperaturen var vid detta tillfälle några plusgrader och det duggregnade stundtals.

Vid framtagning av vägytemättningsdata användes Trafikverkets PMSv3 och senaste körning från 2014.

### 4.2.1 Delsträcka 1

Nedan visas en bild på hur v. 522, delsträcka 1 ser ut. Vid första anblick ser vägen bra ut, notera dock att vägen inte ligger på bank och sjön till vänster i bild.



Figur 30: En bild på v. 522 delsträcka 1

#### 4.2.1.1 Enligt Bära eller brista

Vid inventering enligt Bära eller brista konstaterades det att vägen hade följande problem:

- Liten spårbildning
- En liten kantdeformation
- Stensläpp förekommer på ca halva sträckan
- Ytvattenavledningen hindrades av växtlighet på stödremsan
- Mycket dålig dräneringsförmåga

För hela skadekarteringsprotokollet, se bilaga 3.

#### 4.2.1.2 Grävning av provgropar

Provgropar utfördes, en för vardera delsträcka 1 och delsträcka 2. Provgroparna indikerade att vägsträckorna hade likadan överbyggnad. Befintliga överbyggnaden är uppbyggd enligt följande, se Tabell 11:

Tabell 11: Resultatet vid grävning av provgropar

Material	Djup (m)
Beläggning	0- 0,03
Makadam	0,03- (minst 2 m)

Grundvattennivån mättes till ca 0,3 m under beläggningsytan och det konstaterades vidare att överbyggnaden hade bra grusmaterial en bit utanför asfaltkanten och sedan torv.

#### 4.2.1.3 Mätning med fallvikt

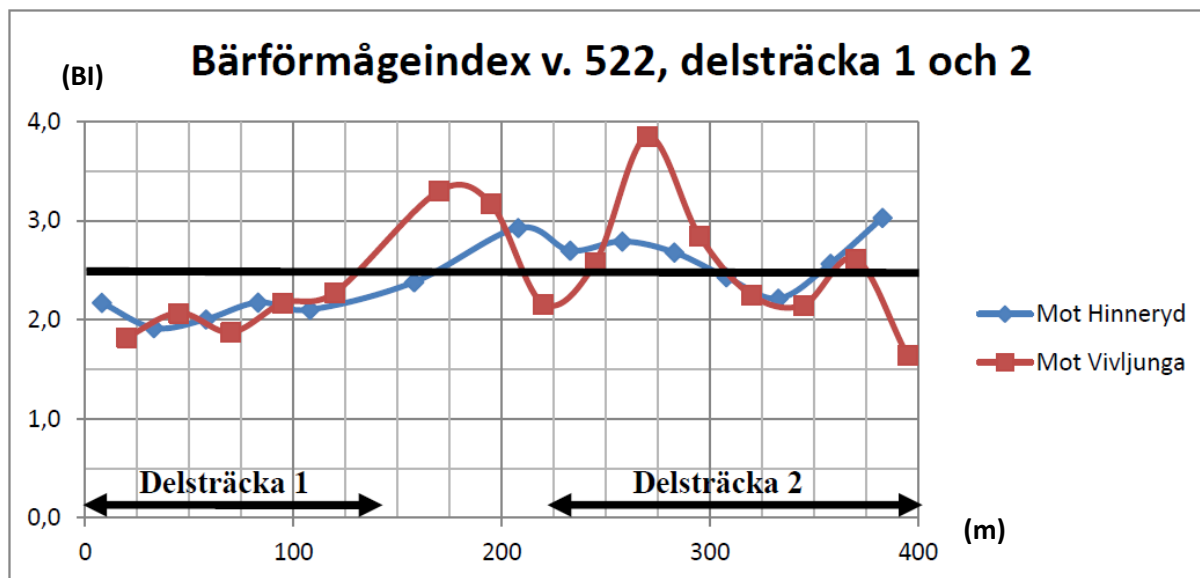
Vid en fallviktsmätning är det av intresse att mäta en stor del av en vägsträcka för att på så sätt kunna identifiera avsnitt med olika bärighet. Nedan följer bärförmågeindex precis på den sträcka där en ombyggnad ska genomföras, för hela bärförmågeindex för v. 522 se bilaga 6. Fallviktsmätningen är utförd var 12,5 m där vägen ska byggas om, innan och efter ombyggnadsdelen är avståndet mellan mätningarna 25 m. Mätningen är utförd i höger hjulspår i vardera riktningen.

Bärförmågeindex i varje punkt beräknades med hjälp av följande ekvation (Trafikverket, 2012d):

$$BI = \frac{1000}{\varepsilon_a}, \text{ där}$$

$$\varepsilon_a = 37,4 + 0,988 \cdot D_0 - 0,553 \cdot D_{300} - 0,502 \cdot D_{600}$$

Ingen hänsyn är tagen till temperaturen och  $D_x$  är deflektionen i respektive punkt med avståndet X mm från centrum mitt under lasten.



Figur 31: Bärförmågeindexet för v. 522, delsträcka 1 och 2

Den breda svarta linjen i Figur 31 är gränslinjen mellan bärförmågeklass 2 och 3. Enligt Tabell 7 får delsträcka 1 bärförmågeklass 3.



**Figur 32:** I figuren visar sig grundvattnet mycket nära vägytan

Vid intervju med Rudolfsson (2015) framkom det att vägen var översvämmad under och efter stormen Egon<sup>1</sup>. För att se skadornas utbredning och svårighetsgrad, se bilaga 3.

#### 4.2.1.4 Data från Trafikverkets PMSv3

I PMSv3 kan följande information om vägen utläsas:

- Spårdjup upp till ca 15 mm
- IRI höger upp till ca 5 mm/m
- Kantdjupet är under 10 mm
- Spårbottenavståndet varierar och befinner sig för det mesta runt 1,4 m
- Den teoretiska vattenarean är nära 0 dm<sup>2</sup> under nästan hela sträckan

Vidare gick det inte att notera någon avvattningsbrist. För vidare information och diagram, se bilaga 3.

#### 4.2.1.5 Sammanfattning

Nedan följer en kort sammanfattning från de provmetoderna som har genomförts på delsträcka 1. Vägen har ett  $\text{ÅDT}_{\text{tot}}$  på 250 f/d och referenshastigheten är 70 km/h. I detta fall väljs kravnivån för trafik i intervallet 250-500 f/d, detta eftersom att andelen tung trafik är hög (12%). Samtliga metoder vid tillståndsbedömningen indikerar på samma typ av skada, se Tabell 12:

---

<sup>1</sup> Stormen Egon ägde rum 10- 11 januari 2015 med en stormstyrka upp till ca 30 m/s.

Tabell 12: Jämförelse mellan uppmätta maxvärden och gränsvärden

Mått	Uppmätt maxvärde	Gränsvärde	Kommentar
Spårdjup	15 mm	27 mm	Uppfyller kravet
IRI Höger	5 mm/m	6,3 mm/m	Uppfyller kravet
Kantdjup	10 mm	60 mm	Uppfyller kravet

Vid jämförelse mot kraven är det inget som tyder på att vägen behöver förstärkas. Genomförs en mer strikt analys framgår det att IRI höger börjar närma sig kravnivån. Vidare är spårbottenavståndet 1,4 m, vilket innebär att beläggningsslitage kommer från dubbdäcksanvändandet. Spårbildning och hög växtlighet i stödresan medför att det föreligger en stor risk för vattenansamlingar på vägen samt att risken för sprickor och stensläpp från beläggningen är betydande.

Fallvikten visar på att vägen behöver förstärkas. Med bärförmågeklass 3 menas det att vägen är dålig men inte extremt dålig eftersom att en väg med bärförmågeklass 4 vanligtvis har en mycket sprickig och krackelerad vägyta vilket inte är fallet för delsträcka 1 (Trafikverket, 2012d).

Om vidare hänsyn tas till att vägen faktiskt har svämmats över börjar helt andra kriterier att diskuteras. Vägen lider inte av några omedelbara bärighetsproblem. Däremot ligger mitten av vägytan alldeles för lågt i förhållande till grundvattennivån, en höjning av vägytan erfordras. Vägens låga nivå, med hänsyn till grundvattnet, bidrar till att överbyggnaden har en mycket dålig dräneringsförmåga och med torv endast ett par meter utanför vägkanten.

#### 4.2.2 Delsträcka 2

Delsträcka 2 på v. 522 är snarlik delsträcka 1. Kortfattat kan det beskrivas som att delsträcka 1 och delsträcka 2 ligger i två svackor väldigt nära varandra. Vid en första anblick indikeras det att vägen har en viss kantdeformation och en viss mängd ojämnheter.



Figur 33: Delsträcka 2 på v. 522

#### 4.2.2.1 Enligt Bära eller brista

Vid analys enligt Bära eller brista konstaterades det att vägen hade följande problem:

- Kraftig spårbildning
- Lokala kantsprickor
- Mycket ojämnheter och kantdeformationer
- Relativt utbredd grad av stensläpp
- Stundtals bristfällig ytvattenavledning på grund av växtlighet i stödremsan
- Mycket dålig dräneringsförmåga

För hela skadekarteringsprotokollet, se bilaga 4.

#### 4.2.2.2 Grävning av provgropar

Överbyggnaden för delsträcka 2 var likvärdig med överbyggnaden för delsträcka 1. För vidare information hänvisas det till 4.2.1.2.

Dock låg inte grundvattnet lika nära befintlig vägyta, men då vattnet påverkar vägen negativt antas det att grundvattenförhållandena är identiska som för delsträcka 1.

#### 4.2.2.3 Mätning med fallvikt

Fallviktsdiagrammet förekommer i Figur 31.

Enligt Tabell 7 får delsträcka 2 bärförmågeklass 2 till 3. En punkt är uppe och vänder på bärförmågeklass 1 men det är troligtvis något mätfel eller har en större sten prickats. Vidare klassificeras endast 50 m väg till bärighetsklass 3.

#### 4.2.2.4 Data från Trafikverkets PMSv3

I PMSv3 kan följande information om vägen utläsas:

- Spårdjup upp till ca 18 mm
- IRI höger upp till ca 6 mm/m
- Kantdjupet är på några ställen ända upp till ca 35 mm
- Spårbottenavståndet varierar och befinner sig runt 2 m eller 1,4 m
- Den teoretiska vattenarean är under  $0,1 \text{ dm}^2$

Vidare noteras inte några avvattningsbrister, för diagrammen se bilaga 4.

#### 4.2.2.5 Sammanfattning

Nedan följer en kort sammanfattning från de provmetoderna som har utförts på delsträcka 2. Vägen har ett  $\text{ÅDT}_{\text{tot}}$  på 250 f/d och referenshastigheten är 70 km/h. I detta fall väljs kravnivån för trafik i intervallet 250-500 f/d, detta eftersom att andelen tung trafik är hög (12%). Samtliga metoder vid tillståndsbedömningen indikerar på samma typ av, se Tabell 13:

Tabell 13: Jämförelse mellan uppmätta maxvärden och gränsvärden

Mått	Uppmätt maxvärde	Gränsvärde	Kommentar
Spårdjup	18 mm	27 mm	Uppfyller kravet
IRI Höger	6 mm/m	6,3 mm/m	Uppfyller kravet
Kantdjup	35 mm	60 mm	Uppfyller kravet

Vid analys av kraven framgår det att vägen är ojämn. IRI höger är i paritet med kravnivån och det förekommer en betydande spårbildning. Kantdjupet är ca 60% av kravnivån. Vidare är spårbottenavståndet 1,4 m eller 2 m, vilket innebär att beläggningsslitaget beror på både dubbdäcksanvändandet och på bärighetsberoende problem. Analyseras spåren noga i bilaga 4 framgår det att de höga spårdjupen är vid spårbottenavståndet 1,4 m, vilket innebär att förekomsten av spår främst beror på dubbdäcksanvändandet.

Fallviktsmätningen visar att endast 50 m väg bör byggas om och det är exakt de 50 m väg där också grundvattnet står högst upp i överbyggnaden.

Den här delsträckan, liksom delsträcka 1, ligger den i en svacka och har således en mycket dålig dränerande förmåga och av den orsak grundvattennivån ligger mycket nära vägytan och torv förekommer endast några meter från väggkant. Den omfattande växtligheten på stödremsan innebär att ytvattenavrinningen är dålig och således förekommer det även stensläpp.

### 4.2.3 Delsträcka 3

Nedan visas en bild på delsträcka 3. Vid inventering noterades det att det förekom stående vatten, på vägen, på grund av spårbildning och även stående vatten i diket, se Figur 34. Slutligen noterades en betydande växtlighet på stödremsan.



**Figur 34: Delsträcka 3 på v. 522**

#### 4.2.3.1 Enligt Bära eller brista

Vid analys enligt Bära eller brista konstaterades det att vägen hade följande problem:

- Generell spårbildning
- Lokala och mycket svåra krackeleringar
- Lokala kantsprickor och sprickor i hjulspår
- Många ojämnheter
- Betydande del stensläpp
- Bristfällig ytvattenavledning
- Mycket dålig dräneringsförmåga

För hela skadeprotokollet, se bilaga 5.





**Figur 35: Bristande kantstöd, vilket har lett till att asfalten har spruckit**



**Figur 36: Vatten i ett hål, där stensläpp förekommer**

#### 4.2.3.2 Grävning av provgropar

På delsträcka 3 grävdes två provgropar och följande överbyggnad kunde konstateras:

**Tabell 14: Resultatet vid grävning av provgropar**

Material	Djup (m)
Beläggning	0- 0,03
Makadam, 0-90 mm	0,03- 0,33
Torv	0,33-

Vägen gungade vid grävning på stort djup, vilket innebär att vägen troligtvis vilar på torvmosse. Slutligen noterades att någon skogsägare grävt igen ett dike, det vill säga att det har anlagts en skogsväg över ett dike utan att en vägtrumma har lagts i vägen.

#### 4.2.3.3 Mätning med fallvikt

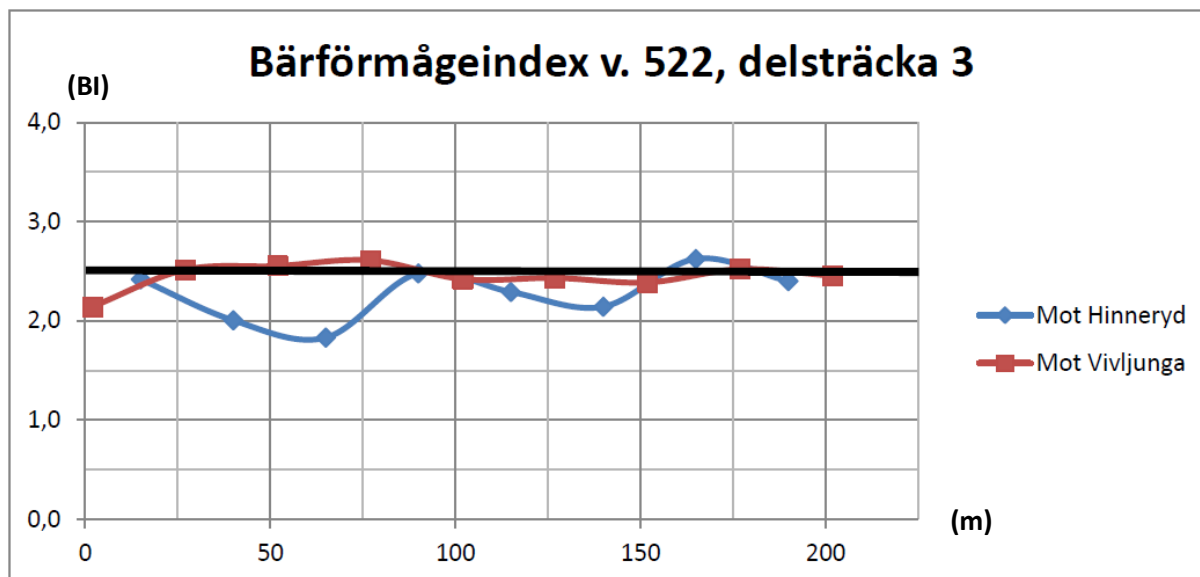
Vid en fallviktsmätning är det av intresse att mäta en stor del av en vägsträcka för att på så sätt kunna identifiera avsnitt med olika bärighet. Nedan följer bärförmågeindex precis på den sträcka där en ombyggnad ska genomföras, för hela bärförmågeindex för v. 522 se bilaga 6. Fallviktsmätningen är utförd var 12,5 m där vägen ska byggas om, innan och efter ombyggnadsdelen är avståndet mellan mätningarna 25 m. Mätningen är utförd i höger hjulspår i vardera riktningen.

Bärförmågeindexet i varje punkt beräknades med hjälp av följande ekvation (Trafikverket, 2012d):

$$BI = \frac{1000}{\varepsilon_a}, \text{ där}$$

$$\varepsilon_a = 37,4 + 0,988 \cdot D_0 - 0,553 \cdot D_{300} - 0,502 \cdot D_{600}$$

Ingen hänsyn är tagen till temperaturen och  $D_X$  är deflektionen i respektive punkt med avståndet  $X$  mm från centrum mitt under lasten.



Figur 37: Bärförmågeindex för v. 522, delsträcka 3

Den breda svarta linjen i Figur 37 är gränslinjen mellan bärförmågeklass 2 och 3.

Enligt Tabell 7 får delsträcka 3 bärförmågeklass 3. Anledningen till detta är att samtliga punkter ligger på linjen eller precis ovan. Den blå ”dippen” mellan sektion 0 och 100 m är ytterkanten på högersidan där det förekommer stående vatten i Figur 34.

#### 4.2.3.4 Data från Trafikverkets PMSv3

I PMSv3 kan följande information om vägen utläsas:

- Spårdjup upp till ca 27 mm
- IRI höger upp till ca 5 mm/m
- Kantdjupet är på några ställen ända upp till ca 35 mm
- Spårbottenavståndet varierar kraftigt mellan 1,4 m till 2,6 m
- Den teoretiska vattenarean är under 0,1 dm<sup>2</sup> förutom på ett ställe där den är ca 0,95 dm<sup>2</sup>

Vid analys av den senaste mätningen, ur avvattningsbrist, förekommer det inga brister, dock saknas det mycket data från en del av sträckning. Analyseras vägytemätningen från 2011 förekommer det stora avvattningsbrister på motsvarande sträcka. Enligt PMSv3 sker den snabba nedbrytningen på grund av spår. För att se diagrammen hänvisas det till bilaga 6.

#### 4.2.3.5 Sammanfattning

Nedan följer en kort sammanfattning från de provmetoderna som har utförts på delsträcka 3. Vägen har ett ÅDT<sub>tot</sub> på 250 f/d och referenshastigheten är 70 km/h. I detta fall väljs kravnivån för trafik i intervallet 250-500 f/d, detta eftersom att andelen tung trafik är hög (12%). Samtliga metoder vid tillståndsbedömningen indikerar på samma typ av problem, se Tabell 15:

Tabell 15: Jämförelse mellan uppmätta maxvärden och gränsvärden

Mått	Uppmätt maxvärde	Gränsvärde	Kommentar
<b>Spårdjup</b>	27 mm	27 mm	Uppfyller precis kravet
<b>IRI Höger</b>	5 mm/m	6,3 mm/m	Uppfyller kravet
<b>Kantdjup</b>	35 mm	60 mm	Uppfyller kravet

Vid analys av kraven visar det sig att spårdjupet precis hamnar på kravnivån. Även de uppmätta värdena för kantdjupet och IRI höger är betydande, även om de ligger inom tillåtna nivåer. Det är ett mycket stort spårdjup och några samband mellan spårdjup och spårbottenavstånd kan inte dras då båda fluktuerar kraftigt.

Den här vägsträckan ligger på en vägbank och vid grävning av provgropar ”gungade” vägen vilket är en indikation på att vägen ej vilar på fast mark. Även förekomsten av kantsprickor, i Figur 35, tyder på att vägbanken håller på att ge vika på grund av ett bristande kantstöd. Det bristfälliga kantstödet beror troligtvis på att vägen vilar på torv och det är således endast torven som agerar ”motstöd” mot vägbanken.

Fallviktsmätningen, liksom alla andra metoder, indikerar på att vägen behöver förstärkas. Vägen har en tunn överbyggnad, något som visar sig tydligt vid fallviktsmätningen och således blir inte vägens bärförmågeindex bättre.

Även den här sträckan kännetecknas av hög växtlighet i stödremsan vilket förhindrar att vatten kan rinna av vägen. Detta ihop med de djupa spåren och sprickor i spåren har inneburit att vägen har haft några stensläpp. Vidare är överbyggnaden mycket dålig dränerad.

### 4.3 Jämförelse mellan provmetoderna

Rubricerande jämförelse syftar till fördelarna med de provmetoder som har använts vid skadeinventeringen och kapitlet gäller således endast för lågtrafikerade vägar.

Att inventera en väg enligt Bära eller brista är relativt enkelt om boken noggrant läses igenom och stegen vid skadeinventeringen följs. Inventeraren eller skadeutredaren kan på ett snabbt och överskådligt sätt identifiera de bra respektive de dåliga avsnitten på en väg.

För att ta reda på vägens aktuella överbyggnad är det lämpligt att gräva provgropar, eftersom att det enda som behövs vid grävning av provgropar är en hjulgrävare. En hjulgrävare, i jämförelse med annan mer specifik provtagningsutrustning, brukar förekomma överallt i Sverige istället för att bara finns på några få platser i Sverige.

Det kan förekomma svårigheter i de fall när en hel väg ska utvärderas med både fallviktsmätning och enligt Bära eller brista. Det är i de fall inte helt säkert att de uppmätta värdena indikerar på samma problem som inventeringen enligt Bära eller brista. Bärförmågeindex för v. 506 och v. 522 är bifogade i bilaga 6. Analyseras bärförmågeindex för hela sträckorna går det att se att bärförmågeindex varierar kraftigt. Det förekommer både bättre och sämre partier enligt bärförmågeindex än de vägsträckor, där ombyggnad ska ske. Undersöks hela sträckan, där fallviktsmätningen är utförd, går det vid en okulär bedömning att se att de sämsta vägvagnsnitten också är de som har beslutats att byggas om.

På de lågtrafikerade vägarna med en begränsad budget går det inte bara analysera och lita på siffrorna, från exempelvis en fallviktsmätning, utan hänsyn måste tas till hur vägen ser ut.

Varför ska Trafikverket satsa X miljoner kronor på att åtgärda de sträckor som ser bra ut vid en okulär besiktning, när det förekommer sträckor som *ser* riktigt dåliga ut?

## 5 Resultat

Föreskrivande kapitel beskriver lämpliga åtgärder för det lågtrafikerade vägnätet. Många åtgärder går att kombinera och den åtgärden som är lämpligast att börja med beskrivs först och så vidare. Vidare går det att dela in metoderna i två kategorier; indirekta och direkta metoder. En direkt metod kan exempelvis vara en förstärkning, medan en indirekt metod är en metod där bärigheten ökar på en väg utan att vägen byggs om, exempelvis genom en dikning.

De indirekta metoderna redovisas i 5.1 och 5.2. De direkta metoderna redovisas i 5.3.

### 5.1 Underhållsåtgärder avvattning

Utifrån examensarbetet framgår det att det viktigt att bevara vägkroppens avvattningssystem i bra skick. En väg med bristfällig avvattning kommer att brytas ned snabbare och följaktligen kommer det att krävas mer omfattande åtgärder långt innan vägens livslängd har löpt ut. För vidare förklaring av de problem vattnet kan orsaka i vägkroppen se 2.2.

#### 5.1.1 Kantskärning

Kantskärning är en kostnadseffektiv metod som används när växtligheten på stödremsan hindrar vattnet från att rinna ner i diket. Detta förutsätter dock att diketets kondition är i gott skick och därför kan vattnet transporteras vidare i diket. Trafikverket (2011a) föreskriver att stödremsan ska vara minst 0,25 m bred.

Vägverket (2009a) beskriver tre olika metoder för kantskärning; med vatten (används mest på högtrafikerade vägar), med kanthyvel VKS (Figur 38) och med stålborstar (Figur 39). Vidare finns det en fjärde metod som återuppbygger kantremsan, en så kallad Stödkantsrenoverare (Figur 40). Det förekommer en ytterligare metod, vilken inte är en specialmaskin och idén med metoden är avlägsna växtligheten med en konventionell skopa. Att ta bort växtligheten med en skopa torde vara både minst effektiv och minst kostnadseffektiv.



**Figur 38: Kanthyvel VKS**  
(Vägverket, 2009a)



**Figur 39: Stålborstar**  
(Vägverket, 2009a)



**Figur 40: Stödkantsrenoveraren**  
(Vägverket, 2009a))

Kostnaden för de olika alternativen ligger mellan 0,45 kr/m ända upp till 9 kr/m. Anledningen till att priset varierar beror främst på förekomsten av räcke och andra fasta föremål, således minskas framdriften avsevärt. Även vägar med breda stödremсор och hög växtlighet sänker kapaciteten. Vidare föreskriver Vägverket (2009a) att samtliga metoder ger ett bra resultat och det går inte att säga vilken metod som är mest fördelaktig. Varje enskild metod har sina respektive fördelar, mycket beror på operatörens skicklighet och de aktuella förutsättningarna. Däremot torde Stödkantsrenoveraren vara bättre på de vägar där det förekommer en för låg stödkant. Anledningen till det är att Stödkantsrenoveraren justerar och återställer stödkanten till erforderligt skick.

### 5.1.2 Dikesrensning och dikning

När en dikesrensning eller dikning planeras är det viktigt att besiktiga diket för att på så sätt kunna optimera resurserna dit dem verkligen behövs.

Med dikesrensning avses att det befintliga diket vid en väg dikas ur, i det lågtrafikerade vägnätet och kanske framförallt grusvägar är det vanligt att ett dike saknas. På dessa vägar, utan dike, är det bra att anlägga ett dike så att vattnet kan transporteras vid sidan av vägen istället för att rinna på vägen i längsled och således minskas mängden vatten på vägen.

Vid byggande av en ny väg ställer Trafikverket (2011a) följande krav på ett dike:

- Minsta längslutning ska vara 5‰
- Dikesdjupet ska vara minst 0,5 m under vägytan
- Dikesdjupet ska vara minst 0,3 m under terrassnivån

Det är dock svårt, både ekonomiskt och platsmässigt, att ställa dessa krav vid en underhållsåtgärd av ett dike, däremot ger kraven en indikation på vad som är tillräckligt för ett bra dike. Notera dock att ett litet dike, som ej uppfyller kraven, är att föredra framför att ett dike saknas. En annan aspekt är den säkerhetsmässiga, där risken för vattenplaning minskar om vattnet transporteras i ett dike bredvid vägen istället för på vägen.

#### 5.1.2.1 Dikesrensning

Vid en planerad dikesrensning är det viktigt att först inventera alla väg- och sidotrummor för att kunna se ifall de är i bra skick. Ett bra skick innebär att trummorna inte är igensatta av löv, slam samt att dem inte har rasat.

Syftet med en dikesrensning är att säkerställa diketets framtida funktion. Vid samtal med Bengtsson (2014) framgick det att Trafikverkets livslängd på en dikning är ca 10 år. Ett dike kan sättas igen av bland annat växtlighet, vilken kan börja gro i diket. Detta är framförallt vanligt förkommande på äldre vägar där det i de flesta fall förekommer jordmaterial med stor andel finmaterial i innerslänt och ytterslänt. När ett dike väl har börjat förfalla eller att en vägtrumma har satts igen kommer vattennivån i diket att stiga och det föreligger då en risk att fuktkrävande växter kan börja gro i diket.

För att utföra en dikesrensning används vanligtvis en hjulgrävare med olika stora skopor (Rudolfsson, 2015). Vid en dikesrensning på vägar med ett ADT >5000 f/d har det visat sig att avfallsmassorna innehåller stora mängder tungmetaller och avfallsmassorna får således inte användas till vad som helst (Vägverket, 2003b). Vidare i DO Ljungby dikesrensas det ca 7-8 mil väg varje år (Rudolfsson, 2015).

Några erfarenheter från dikesrensningar som har utförts i DO Ljungby är en dikesrensning på v. 582 där vattennivån i diket sänktes med ca 0,7 m. Detta är en ganska extrem sänkning och vägen uppvisade partier med mycket stora ojämnheter, en så kallad vattensjuk väg. En

ytterligare dikesrensning som har genomförts var vid en ramp från E4 i Hamneda, där sänktes vattennivån i diket med ca 1,0 m (Rudolfsson, 2015).

Det är dock viktigt att besiktiga hur diket mår utanför vägområdet. Är diket igensatt eller inte underhållet av markägaren kommer vattnet att ansamlas sig innan utloppet från vägen. Det är här viktigt att prata med markägaren och då försöka få denne att genomföra de åtaganden en markägare är skyldig till att utföra, nämligen att se till att diket är tillräckligt bra (Rudolfsson, 2015).

### 5.1.2.2 Dikning

På många mindre vägar saknas diken. Detta beror vanligtvis på att vägarna under årens lopp har byggts om från tidigare kostigar. Många äldre vägar, vilka går att känna igen på dess kurvatur, slingrar sig kontinuerligt och småskaligt genom landskapet. Vägarna präglas vanligtvis av äldre milstolpar, stengärsgårdar, låg vägbank och äldre välbevarade stenbroar (Trafikverket, 2011b).



**Figur 41: Ett exempel på kulturväg, notera den smala vägbredden och den kuviga linjeföringen (Trafikverket, 2011b)**

När en väg är kulturklassad gäller särskilda skötselråd för vad som får utföras på och vid vägen. Det förekommer föreskrifter gällande att stengärsgårdar och milstolpar ska bevaras, dessa får således inte flyttas till förmån för ett dike. Alla befintligt kulturskyddade vägar behöver dock inte sakna ett dike och att anlägga ett dike torde inte vara något större hinder ifall ovanstående föreskrifter beaktas. En tillstymmelse till dike, en liten skåra, kan bidra till att en vägs livslängd ökar väsentligt.

När det gäller grusvägar är det av större vikt att dike anläggs, detta eftersom att vattnet på vägen kan transporteras ner i ett dike istället för att rinna på vägen. Anledningen till detta är det vatten som flödar på vägen riskerar att dra med sig det naturliga finmaterialet som förekommer i ett grusslitlager och därefter samla det i en lågpunkt på vägen (Agardh, 2015).

### 5.1.2.3 Övriga lösningar

Att anlägga en öppen ränna är en alternativ lösning till det traditionella diket. Metoden används i Schweiz och idén är, liksom ett dike, att leda vattnet ner i rännan.



**Figur 42:** En öppen ränna för ytvattenavledning utanför Zürich i Schweiz

I Figur 42 går det att se att vägen har ett ordentligt tvärfall. Vidare från studiebesöket noterades också att vägen lutade nedåt i riktning med bilden. Idén här är att regnvattnet ska rinna tvärs över vägen och ner i rännan. På så sätt hindras finmaterialet i grusslitlagret att transporteras bort från vägen (Agardh, 2015).

### 5.1.3 Underhåll av vägtrummor

Vägtrummor behöver, liksom öppna diken, inspekteras och underhållas. I SKL (2003) står det beskrivet att varje trumma bör besiktigas manuellt. Vidare står det även föreskrivet att det vanligtvis är fyra anledningar till att en vägtrumma inte fungerar:

- Igensatt av växtlighet
- Rasad
- Hamnat ur sitt läge i plan eller höjd
- Delat på sig i en skarv

När en trumma är igensatt är det lämpligt att rensa ur den och det kan genomföras med hjälp av en spolbil (Rudolfsson, 2015). Visar det sig att trumman inte är igensatt utan att den är rasad krävs det ett byte av trumman, således måste trumman grävas upp och trumman kan då ersättas. I Trafikverket (2011a) framgår det att vägtrumorna ska ha en livslängd på ca 40 år, vilket innebär att trummorna på många äldre vägar börjar nå sin livslängd och behöver därför bytas ut.



### 5.1.4 Åtgärda problem med blockuppfrysning

Problem med blockuppfrysning är ett vanligt problem på de mindre vägar och det förekommer några olika metoder för att åtgärda problemet. En nödlösning när det inte är aktuellt för en ny beläggning på vägen är att använda sig av en hjulgrävare utrustad med en hydraulhammare, för att på så sätt knacka ner stenen (Rudolfsson, 2015). I de fall när vägen ska byggas om eller beläggas om rekommenderas det att avlägsna de stenar som på sikt riskerar att blockuppfrysas till vägytan (Trafikverket, 2014c).

## 5.2 Underhåll av slitlager

I föreskrivande avsnitt kommer de olika underhållsmetoderna för en vägs tätskikt att redovisas. Under 5.2.1 och 5.2.2 redovisas olika beläggningsåtgärder medan det i 5.2.3 handlar mer om akuta åtgärder exempelvis för att åtgärda enstaka slaghål och breda sprickor.

Innan en beläggningsåtgärd utförs är det viktigt att se över vägens avvattningsystem, i de fall när vägens dike inte uppfyller erforderlig standard kan det vara bra att genomföra en dikesrensning, helst hösten innan beläggningsåtgärden. Anledningen till att dikesrensningen bör utföras långt innan planerad beläggningsåtgärd är för att vägkroppen verkligen ska hinna dräneras och bli torr innan beläggningsåtgärden kommer på plats. Syftet med dikesrensningen innan beläggningsåtgärden är att skydda och bevara den nya beläggningsåtgärden, således förhindras de skador och problem den äldre beläggningsåtgärden hade att återkomma. Åtgärds inte de grundläggande dräneringsproblemen innan en åtgärd utförs så kommer grundproblemet att återkomma efter utförd åtgärd.

Ett annat problem som bör kontrolleras är ifall det föreligger risk för blockuppfrysning. Detta kan kontrolleras med hjälp av exempelvis radar och i vissa fall har väghållaren information om var problemen med blockuppfrysning brukar förekomma.

Vid val av beläggning till en lågtrafikerad landsväg, ÅDT <1000 f/d och andel tungtrafik <12%, är det enligt SKL (2001) viktigt att prioritera följande egenskaper:

- Flexibilitet – Beläggningsåtgärden ska kunna ta upp ”rörelser” utan att spricka
- Vattenbeständighet – Hur vidhäftningen mellan sten och bindemedel påverkas vid förekomst av vatten
- Vattentäthet – Hur tät en beläggning är, i vissa fall helt tät och i andra fall helt dränerande
- Åldringsresistens – Hur beläggningsåtgärden egenskaper är anpassade för att beläggningsåtgärden ska behövas ersättas på grund av slitage och inte på grund ut av ålder

### 5.2.1 Tankbeläggningar

Tankbeläggningar är en beläggningstyp där bindemedlet och stenen sprids ut på vägen var för sig, så kallat pågrus. Namnet ”tankbeläggning” kommer från att bindemedlet sprids ut med en tankbil (Agardh & Parhamifar, 2014).

#### 5.2.1.1 Ytbehandling

Ytbehandlingens huvudfunktion är att den ska verka som ett slitlager på vägen och dess egenskaper är bland annat följande; goda nötningssegenskaper, god friktion och en bra ljusreflektion. Ytbehandlingen i sig ger inte vägen något tillskott i bärighet, men genom att

vägen får ett nytt tätskikt medför det att vägens accelererande nedbrytning av de obundna lagren upphör, en så kallad indirekt metod. Slutligen har en ytbehandling ingen avjämnande effekt och ett ojämnt underlag behöver därför jämnas till med exempelvis en massabeläggning (SKL, 2000).

Det förekommer enligt Trafikverket (2014d) tre olika typer av ytbehandlingar:

- Y1B – Enkel ytbehandling på bitumenbundet underlag
- Y2B – Dubbel ytbehandling på bitumenbundet underlag
- Y1G och Y2G – Ytbehandling på grusunderlag

Agardh & Parhamifar (2014) nämner även en fjärde metod: SPY – Spårytbehandling.

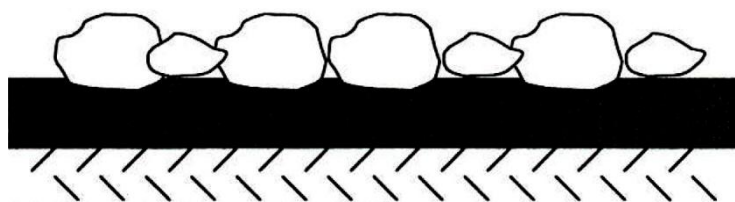
En ytbehandling är lämplig att använda på alla vägar med  $\text{ÅDT}_k < 4000$  f/d. De nackdelar en ytbehandling har är bland annat känsligheten för mekanisk påverkan, risk för stenlossning och risk för blödning (Agardh & Parhamifar, 2014). Vid partier med blödning och nedsatt friktion är det viktigt att sanda vägen för att inte äventyra trafiksäkerheten.

Metoden är relativt resurssnål då bitumenemulsionen (vanligtvis BE65R) sprids vid temperaturen  $60^\circ\text{C}$  och pågruset värms väldigt sällan. Det finns dock en baksida med metoden och det är att den bitumenemulsion som används innehåller ca 1- viktsprocent lösningsmedel. Jämförs detta med den bitumenlösning branschen tidigare använde så hade den en andel lösningsmedel på upp till 15- viktsprocent (SKL, 2000). Vid en ytbehandling sprids ca  $2 \text{ l/m}^2$  bitumenemulsion på en väg, att jämföra med förseglingens ca  $1 \text{ l/m}^2$  (Sundell & Södergren, 2010). SKL (2001) beskriver att det är viktigt att dimensionera bindemedelsmängden och stenstorleken rätt för att på det sättet få goda slitlageregenskaper.

Enligt SKL (2001) är alla typer av ytbehandlingar lämpliga att använda på lågtrafikerade vägar då ytbehandlingen har de egenskaper väghållaren efterfrågar för en beläggning på en lågtrafikerad väg.

### **Y1B - Enkel ytbehandling på bitumenbundet underlag**

En enkel ytbehandling (Y1B) innebär att en bitumenemulsion sprids på en väg med bituminös beläggning och pågruset har fraktionerna 4-8 mm eller 8-11 mm. När pågruset har spridits packas materialet med en vält (SKL, 2000). Därefter ska vägen avsandas och vältas en sista gång (Isacsson, 2010).



**Figur 43: Principbild på en enkel ytbehandling**  
(Agardh & Parhamifar, 2014).

Ju lägre trafikmängd en väg har desto mindre ska stenfraktionen vara (SKL, 2001).

### **Y2B - Dubbel ytbehandling på bitumenbundet underlag**

En dubbel ytbehandling (Y2B) innebär att en ytbehandling i två lager. Det börjas med att en bitumenemulsion sprids på en väg med bituminös beläggning och därefter läggs pågrus i exempelvis kornfraktionen 11-16 mm för att sedan vältas. När stenen har vältats läggs ytterligare ett lager sten i exempelvis kornfraktionen 4-8 mm för att slutligen vältas och avsandas (Isacsson, 2010).



**Figur 44: Principbild på en dubbel ytbehandling**  
(Agardh & Parhamifar, 2014).

Vid tillverkning av en dubbel ytbehandling är det viktigt att det understa lagret grus är av betydligt grövre stenfraktion än det översta lagret. Anledningen till detta är att de mindre stenarna kilar sig fast mellan de större stenarna, således blir beläggningen mer jämn och hållbar (Agardh & Parhamifar, 2014).

### **Y1G och Y2G - Ytbehandling på grusunderlag**

På grusvägar går det alldeles utmärkt att lägga antingen en enkel eller en dubbel ytbehandling. Det är först viktigt att utföra en impregnering av grusytan med en bitumenlösning (Agardh & Parhamifar, 2014). Skillnaderna mellan Y1G och Y2G är att kornfraktionen i pågruset varierar (Isacsson, 2010 & SKL, 2000). Agardh & Parhamifar (2014) beskriver att den här metoden sällan används som slitlager när det förekommer ett obundet lager under, eftersom att de tvärkrafter som uppstår från trafiken snabbt riskerar att förstöra beläggningen.

### **SPY – Spårytbehandling**

En spårytbehandling innebär att Y1B eller Y2B endast läggs i slitagespårerna, vilka uppstår på bituminös beläggning (Agardh & Parhamifar, 2014). SKL (2001) beskriver att erfarenheter har visat att stenmaterialet och kornfraktionen ska motsvara det som förekommer i den befintliga beläggningen.

#### *5.2.1.2 IM – Indränkt makadam*

Indränkt makadam är en mycket gammal beläggningsmetod som började användas på landsbygden under 1930- talet. På den tiden var det vanligt förekommande att tjära användes som bindemedel, vilket på senare tid har fasats ut, dels av miljöskäl men också på grund av att tjäran inte var tillräckligt styv som bindemedel (Jacobson, 2007).

Metoden är lämplig att använda på vägar med följande egenskaper (Jacobson & Göransson, 2014):

- ÅDT <1000 f/d
- Hastighet ≤70 km/h, enligt Rudolfsson (2015) hastighet ≤80 km/h
- Vägen ska inte saltas
- Ej i tätort

Metoden indränkt makadam börjar alltid med följande steg, oavsett vilken av nedanstående metod väghållaren väljer att använda. Att skapa ett lager indränkt makadam går till genom att ett makadamlager sprids ut på marken med en mekanisk läggare. När makadamen är utlagd flisas ytan av med en vält innan en indränkning med bitumenemulsion sker. Indränkningdjupet för bitumenemulsionen kommer vara ca 2-3 cm (Jacobson, 2007). Enligt Trafikverket (2014d) används kornfördelning 8-22 mm eller 16-22 mm.

En IM- beläggnings starka egenskap är att den är självläkande. En självläkande beläggning innebär att uppkomna sprickorna vanligtvis läker ihop under den varma årstiden (SKL, 2001). Jacobson & Göransson (2014) beskriver att genom flera väl uppföljda provvägsförsök noterades följande typiska skador för IM- beläggningar:

- Vridskador (vanligast vid avfartsvägar) kan ge stenlossning eller avskalning
- Mekaniska skador (från skogs- och lantbruksmaskiner) kan ge stenlossning eller avskalning
- Plogskador (vid blockuppfrysningar) kan ge stenlossning eller avskalning
- Stenlossning på grund av dålig vidhäftning

Indränkt makadam förekommande i tre ytterligare former:

- JIM – Justeringsmassor av Indränkt Makadam (justeringslager)
- IMT – Indränkt Makadam Tät (bärlager + slitlager)
- JIMT – Justeringsmassor av Indränkt Makadam Tät (justeringslager + slitlager)

Då det är glest mellan stenarna på ytan är det inte lämpligt att belasta vägar med endast indränkt makadam (IM), materialet är dock lämpligt att använda till bundet bärlager på högtrafikerade vägar (Agardh & Parhamifar, 2014). Däremot är de tre olika formerna av indränkt makadam (IMT/JIM/JIMT) mycket lämpliga att använda som slitlager på de lågtrafikerade vägarna.

### **IMT – Indränkt Makadam Tät**

För att den indränkta makadamen ska bli tät används kilsten vid spridning på makadamen och bitumenemulsionen. Kilstenens övre korngräns är maximalt detsamma som makadamens nedre korngräns (Trafikverket 2014d). När kilstenen har spridits packas beläggningen innan ett andra lager bitumenemulsion sprids på vägen. Slutligen sprids ett lager finmakadam på ytan för att tätas beläggningen innan det utförs en sista vältning (Jacobson, 2007).

### **JIM – Justeringsmassor av Indränkt Makadam**

En JIM- beläggning används vanligtvis för att justera ojämnheter, bland annat kantdeformationer, spårbildning och sättningar (Jacobson, 2007). Enligt SKL (2001) kan ojämnheter upp till 15 mm justeras med en JIM- beläggning. Förfarandet är likadant som för den indränkta makadamen, men den valda kontraktionen kan vara ända upp till 32-63 mm. Efter att bitumenemulsionen påförts sprids ett lager kilsten med kornfraktionen 8-11 mm eller 16-22 mm beroende på vad det första lagret hade för kornfördelning (Trafikverket, 2014d).

För längsta hållbarhet av en JIM- beläggning bör den förseglas efter 2- 5 år (Isacsson, 2010 & Rudolfsson, 2015). Vidare beskriver Rudolfsson (2015) att det står i driftskontraktet med Trafikverket att det ska läggas 50 000 m<sup>2</sup> JIM- beläggning varje år.

### **JIMT – Justeringsmassor av Indränkt Makadam Tät**

En JIMT- beläggning är en beläggning där metodiken och egenskaperna är densamma som för en IMT- beläggning. Vidare går JIMT- beläggningen även att använda till att justera ojämnheter, exempelvis spår, likt en vanlig JIM- beläggning.

## **5.2.2 Massabeläggningar**

En massabeläggning är en beläggning där tillverkningen sker i ett asfaltverk. Stenmaterialet och bituminet värms upp för att sedan läggas ut med en asfaltläggare (Isacsson, 2010).

### **5.2.2.1 Halvvarmt blandad asfaltmassa**

En halvvarmt blandad asfaltmassa innebär en beläggning där blandningstemperaturen är mellan 50°C och 120°C. Den här beläggningen är speciellt lämpad för det lågtrafikerade vägnätet och används i stor utsträckning främst i norra Sverige (Agardh, 2015).

Beläggningarna har en mycket stor flexibilitet och är därför lämplig att använda på många tjälkänsliga vägar. Beläggningen kan vara vattengenomsläpplig och vattenbeständigheten är bra på de vägar där väghållaren inte saltar. Slutligen är beläggningen mycket åldringsresistent (SKL, 2001).

Beläggningen är bra ur miljösynpunkt, då blandningstemperaturen är relativt låg, jämfört med varmt blandad asfaltmassa. Vidare tillverkas beläggningen i små mobila verk, främst i norra Sverige, och följaktligen minskas de långa transporter avsevärt. Det förekommer dock några negativa miljöaspekter, såsom att det måste tillsättas extra vidhäftningsmedel vid tillverkningen och att mjukbituminet innehåller fluxmedel. Det finns enligt SKL (2001) två typer halvvarmt blandad asfaltmassa:

- MJAB – Mjukgjord asfaltbetong
- MJOG – Mjukbitumenbundet grus med oljegrusgradering

Vid tillverkning av en MJOG- massa fås det blandas i upp till 30% asfaltgranulat, men när andelen asfaltgranulat är större än 10% krävs det att det tillsätts extra bindemedel (Trafikverket, 2014d).

### 5.2.2.2 Varmt blandad asfaltmassa

En varmt blandad asfaltmassa är en beläggning där tillverkningen sker i ett asfaltverk och vid mycket höga temperaturer (>120°C) (Isacsson, 2010). Beläggningen är mycket slitstark och stabil men den kräver en rätt dimensionerad överbyggnad enligt gällande normer och krav, vilket sällan är fallet för det lågtrafikerade vägnätet. Vidare är en varmt blandad massabeläggning alldeles för stel och skulle vid minsta påkänning, exempelvis vid tjällossningen, spricka och kräva ett mycket omfattande underhåll. Slutligen har en massabeläggning dåliga åldringsegenskaper. Exempel på olika varmt blandade asfaltmassor är exempelvis asfaltbetong (ABT) och tunnskiktsbeläggning (TSK) (SKL, 2001).

Rudolfsson (2015) beskriver att en massabeläggning kostar ca 50% mer än motsvarande JIM-beläggning med en försegling efter några år. På de lågtrafikerade vägarna där åldringsegenskaper, och inte nötningsresistens, prioriteras är det inte samhällsekonomiskt lönsamt att lägga en massabeläggning. Vidare är de högt tempererade massabeläggningarna energikrävande där stora mängder koldioxid släpps ut vid tillverkning. Att jämföras det med en tankbeläggning där endast bindemedlet värms upp till ca 60 °C (SKL, 2001).

### 5.2.3 Beläggningssreparationer

Beläggningssreparationer är en driftsåtgärd där tanken är att bevara beläggningssytan hel och fri från exempelvis slaghål. Reparationerna är har olika hållbarhet och vissa lagningar används mer permanent, medan andra lagningar endast är temporära.

#### 5.2.3.1 Reparation med Snabelbil

En Snabelbil är en lastbil med en monterad snabel framtill. Lagningen går till genom att följande procedur genomförs (Sundell & Södergren, 2010):

1. Hålet rengörs
2. Bitumenemulsion sprutas i hålet för vidhäftning
3. Hålet fylls med bitumenindränkt makadam
4. Lagningen förseglas med bindemedel
5. Ett tunt lager grus placeras överst för att på så sätt skydda lagningen från trafik innan emulsionen har härdat



Figur 45: Snabelbil som lagar en spricka (Trafikverket, 2009a)



Figur 46: Spricklagning utförd med snabelbil

Trafikverket (2009) beskriver att lagning med Snabelbil är överlägset bäst oavsett trafikmängd. Enda nackdelen med åtgärdsmetoden är den överskottssten som blir kvar precis när metoden har utförts. Det har genomförts lite olika experiment för att minska överskottsgruset, bland annat har det testats att packa lagning med en gummivals monterad baktill på Snabelbilen och en sopvals monterad framtill på plogfästet. Den här metoden gav enligt Trafikverket (2009) ett mycket bra resultat. Gummivalsen är till för att packa lagningen och sopvals körde över lagningen efter ca 15 min för att sopa bort överskottsstenen.

Trafikverket (2009) föreskriver att vägens livslängd kan förlängas med 15-20 år i de fall då väghållaren reparerar små skador och problem kontinuerligt med Snabelbil. Detta gäller för vägar med ÅDT <1500 f/d. På vägar med ÅDT >1500 f/d förlängs livslängden endast med 5-10 år.

Snabelbil används vanligtvis vid lagning av slaghål och alla typer av sprickor, men Snabelbilen kan också användas för att åtgärda mindre ojämnheter (Sundell & Södergren, 2010).

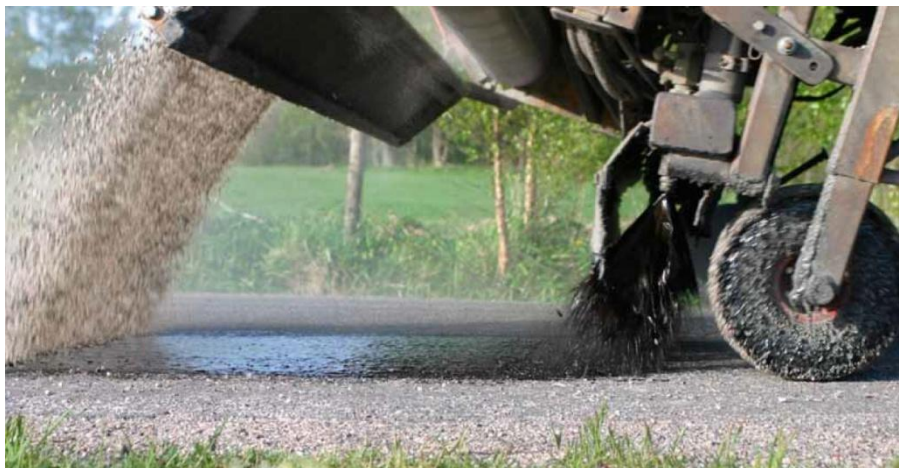
### 5.2.3.2 Reparation med försegling

Förseglingsåtgärder kan antas vara en första åtgärd på en väg där beläggningen avses att ligga kvar. Det går att säga att en försegling förseglar den redan uppkomna skada och förhindrar följaktligen att skadans omfattning inte ökar, vilket i sin tur leder till att vägens accelererande nedbrytning upphör (Lindroth, 2010).

Tanken med en försegling är att endast tillföra den mängd bindemedel, vilken har oxiderat eller på annat sätt försvunnit från beläggningen. En förseglings huvudsyfte är att förnya beläggningens tätskikt och i viss mån eventuell materialförlust (Lindroth, 2010).

En vanlig förseglingsmetod Trafikverket föreskriver i sina driftskontrakt är HP27. I kontraktet för DO Ljungby ska det varje år förseglas 100 000 m<sup>2</sup> väg med HP27 (Rudolfsson, 2015).

En lastbil avsedd för användning till HP27 är utrustad med en spridare för grus och vald bitumenemulsion. Lastbilens spridningsbredd varierar från 0,3 m till 2,7 m och är ställbar i nio steg. Den varierande spridningsbredden möjliggör att metoden kan användas väldigt precist, exempelvis vid spårlagning (Sundell & Södergren, 2010).



Figur 47: Utläggning av HP27 (Svevia, 2015)



Figur 48: En väg reparerad med HP27, som kännetecknas av de svarta rektanglarna.

HP27 fungerar genom att en bitumenemulsion (ca  $1 \text{ l/m}^2$ , det vill säga hälften av vad en ytbehandling kräver) sprids ut jämnt i vald bredd. När bitumenemulsionen har spridits ut läggs ett lager makadam (vanligtvis med fraktionen 2-4 mm) ut för att slutligen packas (Sundell & Södergren, 2010). Nackdelar med metoden är den överskottssten som blir kvar direkt efter läggning och bör sopas bort snarast (Lindroth, 2010). HP27 är en resurssnål beläggning trots att bitumenemulsionen vid utläggning har en temperatur på  $65\text{-}70^\circ\text{C}$ . Vidare är bitumenemulsionen vattenlöslig och är därför inte klassad som farligt gods (Sundell & Södergren, 2010).

Metoden med försegling, eller HP27, är lämplig att använda på vägar med sprickor och krackeleringar. Metoden är också bra på vägar med en åldrad beläggning och följaktligen kan framtida skador såsom krackeleringar och slaghål förhindras. Det är däremot inte lämpligt att använda metoden vid partier med mycket start, stopp eller svängar, exempelvis vid rondeller och korsningar (Sundell & Södergren, 2010). Anledningen till detta är den överhängande risken för blödning i de fall när fordon står stilla och roterar hjulen. Blödningar förekommer

endast under den varma årstiden. Vid partier med blödning och nedsatt friktion är det viktigt att sanda vägen för att inte äventyra trafiksäkerheten.

### 5.2.3.3 Reparation med kallmassa

Kallmassa eller också kallasfalt är en massa där tillverkningen sker i asfaltverk. En kallmassa består av en sakta hårdnande bitumenlösning och stenmaterial, på detta sätt skapas en massa som långsamt hårdnar (Isacsson, 2010).

Vid akut lagning av slaghål på belagda vägar används kallmassa. Under vintertid fungerar kallmassan utmärkt att använda även på högtrafikerade vägar (Isacsson, 2010). På de lågtrafikerade vägarna används kallmassa året runt (Rudolfsson, 2015). För bäst resultat avlägsnas eventuellt vatten från hålet, kallmassa placeras sedan i hålet och någon överfart med bil sker direkt efter läggning för bästa resultat. Dock tar det lång tid för kallmassan att hårdna och det är vanligt att trafiken kör bort den, vilket innebär att den ej är lämpad att använda till mer permanenta lagningar.

Rudolfsson (2015) beskriver att kallmassa används till att fylla upp ojämnheter, exempelvis slaghål, innan en väg förseglas med HP27 eller beläggs med en JIM- beläggning. På detta vis fungerar metoderna tillsammans med HP27 och JIM- beläggning, även på de vägarna med mycket dålig och ojämn beläggningssyta.

## 5.3 Förstärkningsmetoder

Förstärkningsåtgärder innebär att vägens överbyggnad förstärks. För att kunna använda sig av förstärkningsmetoderna på bästa sätt är det viktigt att ta reda på nuläget; hur ser vägens överbyggnad ut idag? För att ta reda på nuläget, se mer i kapitel 3.

I detta arbete kommer tre olika metoder att beskrivas:

- Infräsning av makadam – Vägens beläggning och tillförd mängd makadam fräses in i bärlaget och på så sätt bildas ett nytt bärlager
- Påbyggnadsmetod (traditionell metod) – Nytt material tillförs på överbyggnaden
- Armering i obundna lager – Armeringsnät eller geonät placeras i vägens obundna lager

Innan en förstärkningsåtgärd utförs är det viktigt att säkerställa vägens avvattnings- och dräneringssystem. Det kan vara bra att utföra de avvattande åtgärderna hösten innan för att vägkroppen verkligen ska hinna dräneras innan det är dags att utföra förstärkningsåtgärden.

Det föreligger en viss nackdel i de fall när vägens överbyggnad ökar i tjocklek på de lågtrafikerade vägarna och det är den kompromiss som uppstår genom antingen brantare slänter eller en smalare väg. De lågtrafikerade vägarna är vanligtvis redan smala, vägbredden kan inte minskas och det är inte heller bra ur bärighets- eller säkerhetsaspekterna att ha en brantare släntlutning än 1:3. Anledning till detta är att en brantare släntlutning minskar det mothållande jordtrycket och på sikt kommer risken att öka för uppkomsten av kantdeformationer och bärighetsrelaterade spår, särskilt utsatta är då vägar med stor andel tung trafik (Trafikverket, 2010). Slutligen är Trafikverkets förväntade livslängd på en förstärkningsåtgärd är 20- 25 år (Bengtsson, 2014).



### 5.3.1 Infräsning av makadam

Metoden infräsning av makadam innebär att makadam sprids på vägen för att sedan tillsammans med den befintliga beläggningen och befintligt bärlager skapa ett nytt godkänt bärlager.

För att läsa mer om infräsning av makadam läses följande dokument:

- Förstärkning av vägar – Infräsning av makadam i befintligt bärlager

#### 5.3.1.1 Förberedelser

Metoden med infräsning av makadam är lämplig att använda på följande vägar enligt Trafikverket (2010):

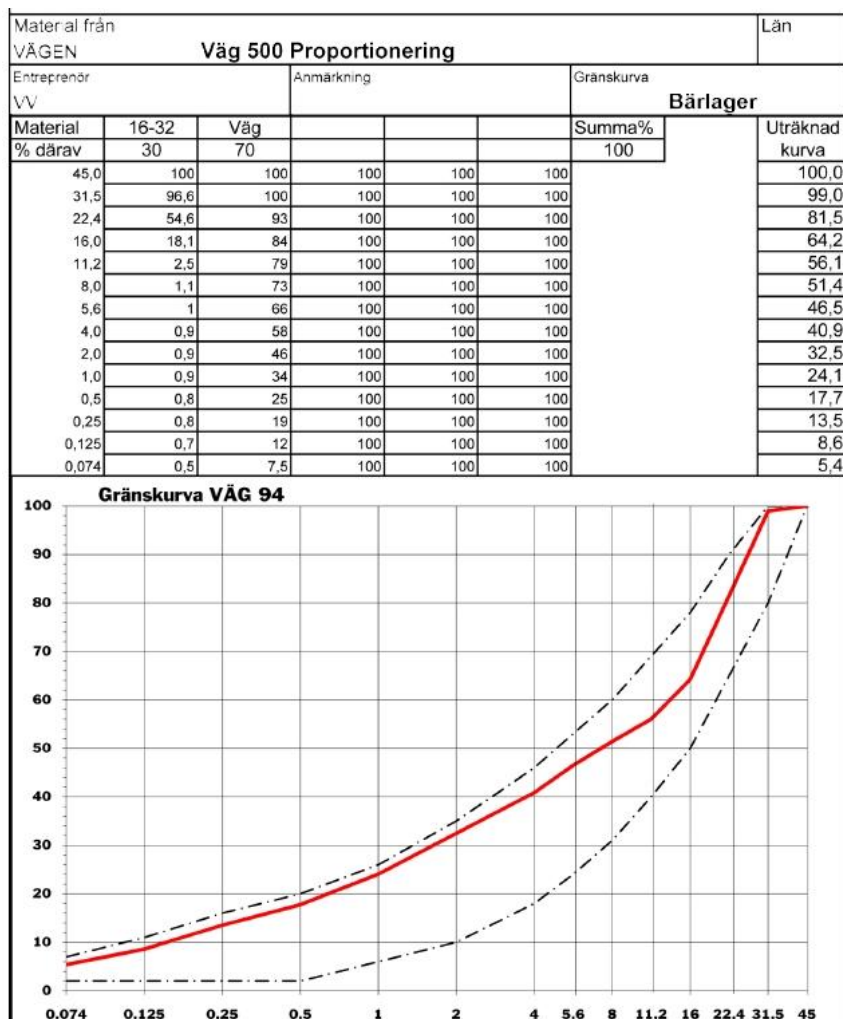
- ÅDT max ca 1000 f/d
- Vägar med tunn beläggning
- På både belagda och obelagda vägar med dålig bärighet

I de fall ovanstående kriterier är uppfyllda *kan* infräsning av makadam vara lösningen på en väg med bärighetsrelaterade problem.

För att kunna välja rätt mängd och rätt kornfraktion på det material som avses att fräsas in är det därför viktigt att ta reda på det befintliga bärlagrets kornkurva. Vid beläggningstjocklekar på mindre än 7 cm tas prover på de översta 20 cm av bärlagret och vid beläggningstjocklek på mer än 7 cm tas provet genom hela bärlagret. Enligt Trafikverket (2010) är det lämpligt med ett prov per kilometer väg.

För att beräkna hur mycket makadam som ska tillföras per kvadratmeter väg är det viktigt att ett proportioneringsprogram används. I proportioneringsprogrammet, se Figur 49, matas kornkurvan för materialet från den befintliga överbyggnaden in och kornkurvan för materialet som ska fräsas in. För att få ett godkänt bärlager provar operatören olika förhållanden mellan tillfört material och befintligt material. Det är viktigt att bestämma vilken tjockleken som eftersträvas på det godkända bärlagret efter infräsningen (Trafikverket, 2010).

Från ett referensobjekt i Trafikverket (2010) där det eftersträvas 20 cm godkänt bärlager ( $400 \text{ kg/m}^2$ ). Enligt givna förutsättningar, resultat från provtagning och proportionering i ett proportioneringsprogram innebär det att 30% av materialet behöver tillföras och 70% av materialet redan förekommer i befintlig överbyggnad. Detta innebär att det behöver tillföras 120 kg makadam per kvadratmeter ( $30\% \text{ av } 400 \text{ kg/m}^2$ ), vilket i sin tur medför ett fräsdjup på 14 cm (70% av 20 cm).



Figur 49: Ett exempel på proportionering (Trafikverket, 2010)

Det är också viktigt att kontrollera beläggningstjockleken så att inte asfaltsgranulatets andel överstiger 30% av materialet i det nya bärlagret. Om kravet uppfylls klassas det nya bärlagret till ett obundet lager, i både beräkningarna och i packningsarbetet. Om kravet ej uppfylls klassas det nya bärlagret till ett delvis bundet material och packningsbehovet bör då utredas och vanligtvis krävs det mer packning (Trafikverket, 2011a). Från exemplet ovan får alltså asfalten vara maximalt 7 cm tjock (30% av 20 cm godkänt bärlager).

### 5.3.1.2 Metodbeskrivning

När alla förberedande arbeten, såsom dräneringsåtgärder och proportionering är utförda, är nästa steg infräsningen. Till att börja med sprids makadam på vägen och därefter fräses makadamen, beläggningen samt delar av det obundna bärlagret ihop och bildar följaktligen ett nytt godkänt bärlager. Det är viktigt att materialet packas tillräckligt innan det beläggs med vald beläggning (Trafikverket, 2010).

### 5.3.1.3 Erfarenheter om infräsning av makadam

Att använda sig av infräsning av makadam har många fördelar, dels återanvänds vägens befintliga beläggning och på så sätt kan antalet materialtransporter minskas vilket är bra ur både resurs- och miljöaspekt. Enligt Trafikverket (2012d) är också metoden med infräsning ett bra sätt för att få bort så kallade "sandwichkonstruktioner" på en befintlig väg. En sandwichkonstruktion är en konstruktion där vägen har två beläggningar med ett

mellanliggande lager av obundna material. Problemen med sandwichkonstruktioner är att beläggningen mitt i väggkroppen också fungerar som ett tätskikt och förhindrar på så sätt att vatten kan dräneras genom överbyggnaden.

Trafikverket (2010) beskriver att erfarenheter har visat att det är bra att ligga nära den nedre kravgränsen vid proportionering för bästa möjliga resultat. Slutligen vid förstärkning av grusväg är det viktigt att kontrollera så att det inte förekommer några stora block inom valt fräsdjup.

### 5.3.2 Påbyggnadsmetoden

Påbyggnadsmetoden innebär att vägens beläggning avlägsnas och nytt godkänt material tillförs och skapar då ett nytt bärlager i konstruktionen. För att kunna använda den här metoden behövs kännedom om vägens befintliga lagerföljd och det går då att utföra en ”nydimensionering” av överbyggnaden.

För att kunna använda sig av påbyggnadsmetoden är det viktigt att först avlägsna beläggningen på vägen. Följaktningen kommer det obundna bärlagret fram och nytt godkänt bärlager tillsätts i överbyggnaden och väggkroppen förstärks. För att påbyggnaden ska vara lönsam är det viktigt att vägen är kraftigt underdimensionerad. Anledningen till detta är att otillräckliga obundna lager i många fall går att lösa genom att öka beläggningstjockleken på vägen (Trafikverket, 2012d).

Det förekommer däremot vissa specialfall, exempelvis när terrassen består av torv eller lera. I de förekommande fall kommer en ökad beläggningstjocklek utgöra att överbyggnadens egentyngd ökar och således kommer vägen att sätta sig kraftigt. På vägar med dålig terrass är det en bra åtgärd att ta bort beläggningen om den är av betydande tjocklek, detta då asfalt väger ca 2400 kg/m<sup>3</sup> och packat bärlager ca 1800 kg/m<sup>3</sup> (Rudolfsson, 2015). Antag att det är 15 cm asfalt på en väg med bärighetsproblem och 10 cm av de 15 cm asfalt är överflödigt asfalt. Detta innebär att 10 cm asfalt motsvarar 13 cm bärlager i tyngd.

På befintliga vägar, med dålig bärighet, är det inte säkert att det går att ersätta befintliga material utan problemet torde ligga i en extremt svag terrass, exempelvis torv. Vid de fall är det optimalt att schakta bort det dåliga materialet och ersätta det med bra obundet material. Enligt Vägverket (2005) används metoden med massutskiftning för ett djup ner till 8 m, men då det snabbt blir mycket massor används metoden i en begränsad utsträckning på de lågtrafikerade vägarna.

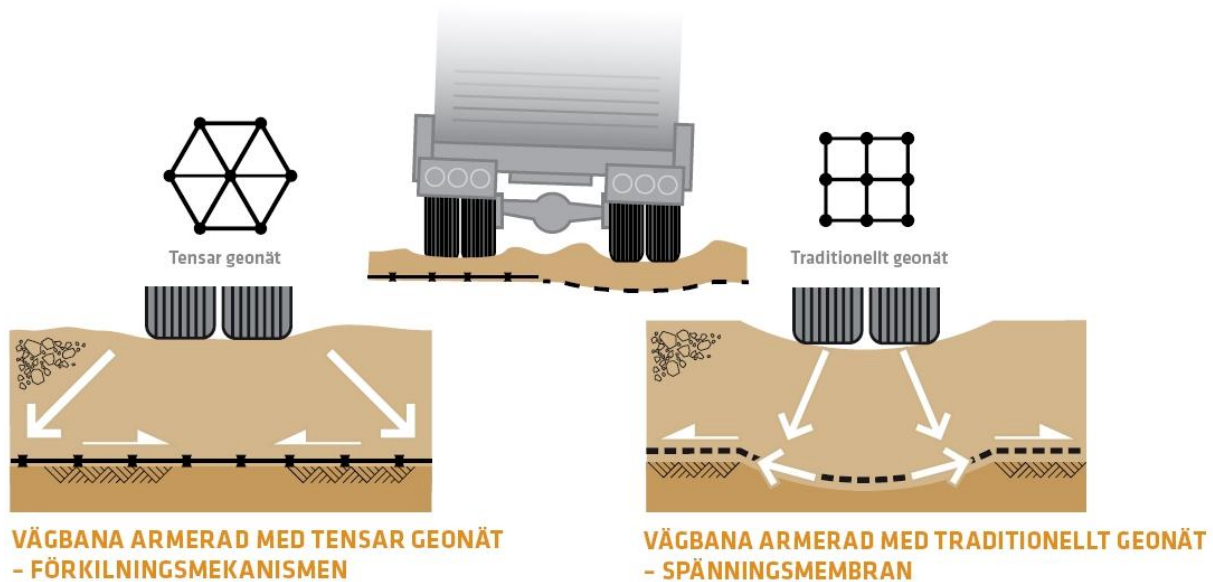
### 5.3.3 Armering i obundna lager

Anledningen till att armera en väg i de obundna lagren är att materiallagrets styvhet förbättras (Trafikverket, 2012d). Enligt en tillverkare av triaxiala geonät används näten för att kontrollera differentialsättningar, reducera lagertjockleken, öka bärförmågan och förlänga livslängden (Tensar, 2012). Enligt Trafikverket (2011a) är det dock inte tillåtet att tillgodoräkna sig några bärighetshöjande fördelar genom att använda armering i överbyggnaden.

#### 5.3.3.1 Armering med geonät

Anledningen till att armeringen fungerar är att jordmaterialets lastfördelade effekt ökar genom att vanligtvis makadam kilas fast mellan geonätet och de obundna lagren. Enligt Eriksson och Jernberg (1994) ökar materialets friktionsvinkel från normala 32° (oarmerat tillstånd) ibland ända upp till 55° (armerat tillstånd). Den här förbättringen av materialets friktionsvinkel innebär att dess lastfördelade effekt markant ökar.

I några speciella förekommande fall eftersträvas det en ökad lastspridande effekt och det är vid vägar med extremt svaga terrasser, exempelvis torv- och myrmark. Används armeringsnätet högre upp i konstruktionen minskas de plastiska deformationerna som uppkommer då tunga fordon kör på vägen och således förlängs vägens livslängd avsevärt (Eriksson & Jernberg, 1994).



Figur 50: Jämförelse mellan traditionella biaxiala geonät mot nyare triaxiala geonät (Tensar, 2012)

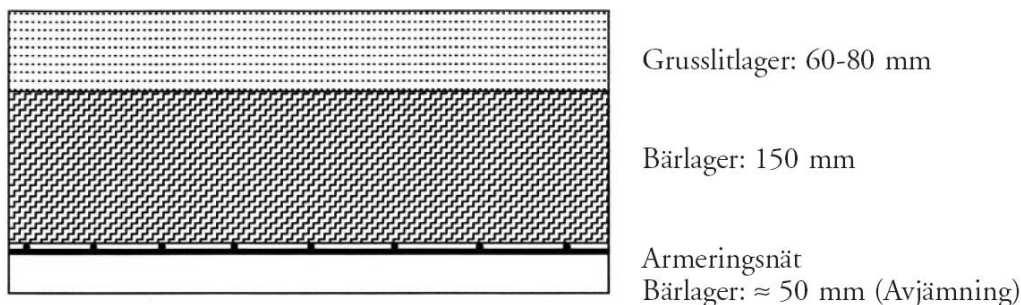
Enligt Figur 50 kan de nyare triaxiala geonäten fördela laster i sex riktningar medan de traditionella biaxiala geonäten endast kan fördela lasten i fyra riktningar. I och med att det är uppbyggt av trianglar förankras nätet endast genom inkilning mellan det obundna lagret och geonätet. Däremot behöver de traditionella biaxiala geonäten förankras i kanterna (Tensar, 2012).

### 5.3.3.2 Armering med stålät

Många tester med stålätarmering har genomförts i Sverige och övriga Europa. Tester där armeringsnäten är placerade i de obundna lagren har visat sig vara effektiva mot sprickor och krackeleringar i beläggningen. Laborrietester har visat att provkroppar med armering i de obundna lagren klarar av 50%- 100% fler belastningar än den oarmerade provkroppen. Slutligen visade den armerade provkroppen bättre resultat vid mätning av bärighet än motsvarande provkropp utan armering (Sandberg & Björnfot, 2004).

Fullskaliga tester ute på vägarna har visat att det är mindre spänningar i det armerade tvärsnittet än det oarmerade och att spänningsökningen går långsammare i det armerade tvärsnittet. Bäst effekt hade armeringen när det placeras 30- 40 cm ner i de obundna lagren (Sandberg & Björnfot, 2004).

I Finland är armering av grusvägar vanligt förekommande och har använts med stor framgång, se Figur 51 hur överbyggnaden är uppbyggd på en armerad grusväg (Sandberg & Björnfot, 2004).



**Figur 51: Följande överbyggnad är vanlig i Finland och används med gott resultat (Sandberg & Björnfot, 2004)**

### 5.3.4 Tidigare erfarenheter

#### 5.3.4.1 Bakgrund

Våren 2013 byggdes v. 595 om på sträckningen mellan Hamneda- Ivla, en sträcka på ca 2300 m. Vägen är 5 m bred och har ett ÅDT på ca 150 f/d och andel tung trafik är ca 15% (PMSv3). Innan byggnation var vägen BK2<sup>1</sup>- klassad och hade vissa parti med ännu sämre bärighet. Vägen led alltså av extremt svaga kanter, vilket är en effekt av att slänterna har en brant lutning. Innan ombyggnaden var vägens obundna lager morän och bärlager. Det bundna lagret bestod av en JIM- beläggning (Rudolfsson, 2015).

#### 5.3.4.2 Vald metod

Vägen avvattnades och beläggningsen frästes sönder och ett biaxialt geonät placerades innan 30 cm 0-90 mm makadam spreds ut för att skapa ett nytt förstärkningslager. Därefter lades 10 cm bärlager ut innan vägen slutligen belades med IMT40.

#### 5.3.4.3 Inventering av dagsläget

Vägen inventerades okulärt och visade inga tecken på kantdeformation eller kantsprickor. Vägen är efter ombyggnad uppklassad till BK1. Enligt Rudolfsson (2015) har det inte varit några problem med vägen efter ombyggnad.

Följande nackdel observerades dock vid den okulära inventeringen och det var de branta slänterna. Då vägen är en lågtrafikerad landsväg är det inte samhällsekonomiskt försvarbart att skapa erforderlig släntlutning, se Figur 52.

<sup>1</sup> En BK2- väg är en väg dimensionerad för en bruttovikt på 51,4 ton. En vanlig väg har BK1- klassning och är då dimensionerad för en maximal bruttovikt på 60,0 ton.



Figur 52: V. 595 mellan Hamneda- Ivla

## 5.4 Trafikverkets föreslagna åtgärder

I samband med att Trafikverket beslutade att vägsträckorna skulle byggas om föreslog deras geotekniker den nya överbyggnaden. Under en av delsträckorna förekom det torv som material i terrassen och det är därför svårt att ”räkna och dimensionera” en överbyggnad. Det är här viktigt att genomföra en erfarenhetsbedömning för att minimera eventuell risk för vägen att ”sjunka”.

Eftersom att detta är små och korta sträckor har inga andra förstörande metoder än provgroppar använts.

### 5.4.1 Åtgärdsförslag för v. 506

Då v. 506 led av bärlighetsproblem beslutades det att följande överbyggnad skall anläggas, se Tabell 16 (Rudolfsson, 2015):

Tabell 16: Vald överbyggnad för v. 506

Lager	Beskrivning	Tjocklek (m)
Beläggning	IMT40	0,04
Obundet bärlager	Makadam, 0-30 mm	0,1
Förstärkningslager	Makadam, 0-90 mm	0,40
Triaxialt geonät	Tensar Triax TX160	–
Fräsmassor	–	–
Befintlig överbyggnad	–	–

Den befintliga beläggningen ska fräsas sönder och massorna ska ligga kvar på befintlig överbyggnad.

#### 5.4.2 Åtgärdsförslag för v. 522

Problemen på v. 522 var i huvudsak två svackor (delsträcka 1 och 2) och en sträcka där vägens bärighet behövde förstärkas (delsträcka 3). Det beslutades då att följande överbyggnad skall anläggas (Rudolfsson, 2015), se Tabell 17:

Tabell 17: Vald överbyggnad för v. 522

Lager	Beskrivning	Tjocklek (m)
Beläggning	IMT40	0,04
Obundet bärlager	Makadam, 0-30 mm	0,1
Förstärkningslager	Makadam, 0-90 mm	0,30
Triaxialt geonät	Tensar Triax TX160	–
Fräsmassor	–	–
Befintlig överbyggnad	–	–

Den befintliga beläggningen ska fräsas sönder och massorna ska ligga kvar på befintlig överbyggnad.

## 5.5 Beräknat åtgärdsförslag

I detta avsnitt kommer valda åtgärdsförslag att beräknas.

### 5.5.1 Dimensionering enligt DK1 – FE- metoden

För att kunna använda sig av FE (Förstärknings Effekt)- metoden, även kallad indexmetoden, får en väg inte utsättas för mer än 500 000 standardaxlar per körfält under sin totala livslängd (Vägverket, 2009b).

För att beräkna antalet standardaxlar används följande ekvation (Trafikverket, 2011a):

$N_{ekv} = \text{ÅDT}_k \cdot 3,65 \cdot A \cdot B_{just} \cdot n$ , då andelen tunga fordon ej beräknas att öka.

$\text{ÅDT}_k$  = Antalet fordon per körfält

A = Andel tunga fordon i %

$B_{just}$  = Justerat ekvivalent antal standardaxlar per tungt fordon

n = Avsedd dimensioneringsperiod i år

### 5.5.1.1 Beräkningar v. 506

#### Kontroll

För att beräkna antalet standardaxlar för en väg behöver  $B_{just}$  tas fram och det utförs med följande ekvation från (Trafikverket, 2011a):

$B_{just} = B \cdot f_a \cdot f_b \cdot f_c$ , där

B = 2, antaget värde, antal standardaxlar per tungt fordon

$f_a = 1,3$ , ty körfältsbredden (m) < 3,25 m

$f_b = 1,2$  vid gods- eller timmerväg

$f_c = 1$  ty vägens referenshastighet är 80 km/h

$B_{just} = 3,12$

$\text{ÅDT}_k = 220$  f/d

A = 10%

n = 20 år

$N_{ekv} = \text{ÅDT}_k \cdot 3,65 \cdot A \cdot B_{just} \cdot n = 501\,072 \approx 500\,000$  standardaxlar

$N_{ekv} = 501\,072$  standardaxlar  $\geq 500\,000$  standardaxlar. Då värdet ligger nära kravet antas  $N_{ekv} = 500\,000$  standardaxlar

#### Kontroll av FE- tal

Tabell 18: Gränsvärden för FE- tal från Vägverket (2009b)

FE- tal (samtliga klimatzoner)	Summa antal standardaxlar
4,2	0
6,4	500 000

Då v. 506 utsätts för 500 000 standardaxlar bör den ha ett FE- tal på 6,4. Ligger antalet standardaxlar mellan 0 och 500 000 i Tabell 18 krävs interpolering för att få rätt FE- tal.

#### Beräkning av FE- talet (nuläge)

När vägens FE- tal ska bestämmas får bara de översta 0,5 m av de bundna och obundna lagren samt terrassen tillgodoräknas (Vägverket, 2009b).



$$FE = \sum_{i=1}^n A_i \cdot a_i = A_1 \cdot a_1 + A_2 \cdot a_2 + \dots + A_n \cdot a_n$$

$A_n$  är lagrens tjocklekar

$a_n$  är lagrens materialkonstanter

$n$  är lagrens nummer

Värdet för beläggningen antas vara samma som för en MJOG- beläggning. Det obundna bärlaget antas klara kraven för äldre bärlager och förstärkningslaget klassificeras som terrass, materialtyp 1 med en mäktighet på mer än 0,7 m. Terrassen klassificeras som terrass, materialtyp 2. För beräkning av FE- talen multipliceras lagrens tjockleken med FE- kvoten (Vägverket, 2009b).

**Tabell 19: Beräkning av lagrens FE- tal**

Lager	Beskrivning	Tjocklek (m)	FE- kvot	FE- tal
Beläggning	Y1B överst sedan oljegrus	0,18	15	2,7
Obundet bärlager	Naturgrus, 0-50 mm	0,3	9	0,27
Förstärkningslager	Naturgrus, 0-150 mm	0,02	10	0,2

Enligt Vägverket (2009b) ska värdena korrigeras och eftersom att beläggningen var sprickfri, enligt SKL (2003), behöver inte beläggningen korrigeras. Däremot behöver de obundna lagren korrigeras med en faktor 0,9 eftersom att vägens dräneringsförmåga enligt SKL (2003) är svårighetsgrad 2.

Vägens FE- tal blir följande:

$$FE = 2,7 + (0,27 + 0,2) \cdot 0,9 = 3,12$$

### Beräkning av Trafikverkets åtgärdsförslag

**Tabell 20: Beräkning av Trafikverkets valda metod**

Lager	Beskrivning	Tjocklek (m)	FE- kvot	FE- tal
Beläggning	IMT40	0,04	15	0,6
Obundet bärlager	Makadam, 0-30 mm	0,1	11	1,1
Förstärkningslager	Makadam, 0-90 mm	0,36	11	3,96

Eftersom att vägkroppen ökar i tjocklek hamnar vägytan längre från dikets vattennivå och vägen är nybelagd antas samtliga korrektionsfaktorer vara 1.

Vägens FE- tal, efter åtgärd, blir följande:

$$FE = 0,6 + 1,1 + 3,9 = 5,66$$

Enligt beräkningarna ovan kommer vägkroppen inte att hålla hela livslängden.

Via bakåträkning motsvarar ett FE- tal på 5,66 ca 330 000 standardaxlar enligt Tabell 18. Vid bakåträkning av antalet standardaxlar kommer vägens livslängd bli ca 13 år.

#### 5.5.1.2 Beräkningar v. 522

##### Kontroll

För att beräkna antalet standardaxlar för en väg behöver  $B_{\text{just}}$  tas fram och det utförs med följande ekvation från (Trafikverket, 2011a):

$$B_{\text{just}} = B \cdot f_a \cdot f_b \cdot f_c, \text{ där}$$

$B = 2$ , antaget värde, antal standardaxlar per tungt fordon

$f_a = 1,3$ , ty körfältsbredden (m)  $< 3,25$  m

$f_b = 0,95$  vid pendlingsväg

$f_c = 1,03$  ty vägens referenshastighet är 70 km/h

$$B_{\text{just}} = 2,54$$

$$\text{ÅDT}_k = 125 \text{ f/d}$$

$$A = 12\%$$

$$n = 20 \text{ år}$$

$$N_{\text{ekv}} = \text{ÅDT}_k \cdot 3,65 \cdot A \cdot B_{\text{just}} \cdot n = 278\,130 \approx 278\,000 \text{ standardaxlar}$$

$N_{\text{ekv}} = 278\,130$  standardaxlar  $\leq 500\,000$  standardaxlar, ok att använda indexmetoden.

##### Kontroll av FE- tal

Med hjälp av Tabell 18 och interpolering beräknas det erforderade FE- talet för en väg med dimensionerande 278 000 standardaxlar. Detta innebär att vägen behöver ett FE- tal på 5,42.

##### Beräkning av FE- talet (nuläge), delsträcka 1 och 2

När vägens FE- tal ska bestämmas får bara de översta 0,5 m av de bundna och obundna lagren samt terrassen tillgodoräknas (Vägverket, 2009b).

$$FE = \sum_{i=1}^n A_i \cdot a_i = A_1 \cdot a_1 + A_2 \cdot a_2 + \dots + A_n \cdot a_n$$

$A_n$  är lagrens tjocklekar

$a_n$  är lagrens materialkonstanter

$n$  är lagrens nummer

Eftersom att en beläggning av typen Y1B inte är bärighetshöjande kommer beläggningen att försummas vid beräkning av FE- talet (SKL 2000). Det obundna lagret antas klara kraven för äldre förstärkningslager med tjocklek mer än 0,7 m (terrass, materialtyp 1). Då vägen ej gungade vid grävning av provgroparna antas terrassen vara terrass, materialtyp 1. För beräkning av FE- talen multipliceras lagrens tjockleken med FE- kvoten (Vägverket, 2009b).

Tabell 21: Beräkning av lagrens FE- tal (nuläge), delsträcka 1 och 2

Lager	Beskrivning	Tjocklek (m)	FE- kvot	FE- tal
Beläggning	Y1G	0,03	–	–
Förstärkningslager	Makadam, 0-150 mm	0,5	10	5

Enligt Vägverket (2009b) ska värdena korrigeras och eftersom att beläggningen var sprickfri, enligt SKL (2003), behöver inte beläggningen korrigeras. Däremot behöver de obundna lagren korrigeras med en faktor 0,8 eftersom att vägens dräneringsförmåga enligt SKL (2003) är svårighetsgrad 3.

Vägens FE- tal blir följande:

$$FE = 5 \cdot 0,8 = 4$$

### Beräkningar av Trafikverkets åtgärdsförslag för delsträcka 1 och 2

Tabell 22: Beräkning av Trafikverkets valda metod

Lager	Beskrivning	Tjocklek (m)	FE- kvot	FE- tal
Beläggning	IMT40	0,04	15	0,6
Obundet bärlager	Makadam, 0-30 mm	0,1	11	1,1
Förstärkningslager	Makadam, 0-90 mm	0,3	11	3,3
Förstärkningslager	Makadam, 0-150 mm	0,06	10	0,6

Då vägen är nybelagd antas beläggningens korrektionsfaktor vara 1.

Eftersom att vägytan kommer att höjas med ca 0,45 m innebär det att grundvattenytan på vägens lägsta punkt kommer vara 0,75 m under vägytan (tidigare ca 0,3 m under). Kravet för dräneringsförmåga 1 är att inget stillastående vatten får vara närmare än 0,8 m under vägytan (SKL, 2003). Då det är en väldigt kort sträcka av vägen där kravet ej är uppfyllt antas vägen ha dräneringsförmåga 1.

Vägens FE- tal, efter åtgärd, blir följande:

$$FE = 0,6 + 1,1 + 3,3 + 0,6 = 5,6$$

Via bakåtberäkning kommer vägen att klara en belastning på ca 320 000 standardaxlar, vilket motsvarar en livslängd på 23 år.

### Beräkningar av FE- talet (nuläge), delsträcka 3

Då beläggningen (Y1B) inte är bärighetshöjande försummas den vid beräkning av FE- talet (SKL, 2000). Det obundna lagret antas klara kraven för äldre bärlager. Terrassen klassificeras som terrass, materialtyp 6b eftersom att det är torv vid sidan av vägen och vid grävningen av provgroparna gungade också vägen vilket indikerar på att vägen vilar på torv. För beräkning av FE- talen multipliceras lagrens tjockleken med FE- kvoten (Vägverket, 2009b).

**Tabell 23: Beräkning av lagrens FE- tal, delsträcka 3**

Lager	Beskrivning	Tjocklek (m)	FE- kvot	FE- tal
Beläggning	Y1G	0,03	–	–
Obundet bärlager	Naturgrus, 0-50 mm	0,3	9	2,7
Terrass	Torv	0,2	0	0

Enligt Vägverket (2009b) ska värdena korrigeras men eftersom att beläggningsen var sprickfri enligt SKL (2003) behöver inte beläggningsen korrigeras. Däremot behöver de obundna lagren korrigeras med en faktor 0,6 eftersom att vägens dräneringsförmåga enligt SKL (2003) är svårighetsgrad 3.

Vägens FE- tal blir följande:

$$FE = 2,7 \cdot 0,6 = 1,62$$

### Beräkningar av Trafikverkets åtgärdsförslag för delsträcka 3

**Tabell 24: Beräkning av Trafikverkets valda metod**

Lager	Beskrivning	Tjocklek (m)	FE- kvot	FE- tal
Beläggning	IMT40	0,04	15	0,6
Obundet bärlager	Makadam, 0-30 mm	0,1	11	1,1
Förstärkningslager	Makadam, 0-90 mm	0,3	11	3,3
Äldre bärlager	Naturgrus, 0-50 mm	0,06	9	0,54

Eftersom att vägkroppen ökar i tjocklek hamnar vägytan längre från dikets vattennivå och eftersom att vägen får en ny beläggning antas samtliga korrektionsfaktorer vara 1.

Vägens FE- tal, efter åtgärd, blir följande:

$$FE = 0,6 + 1,1 + 3,3 + 0,54 = 5,54$$

Via bakåtberäkningar kommer vägen klara en belastning på ca 300 000 standardaxlar, vilket motsvarar en livslängd på 22 år.

## 5.5.2 Dimensionering enligt DK2 – PMS Objekt

Vid underhålls- och förstärkningsdimensionering i PMS Objekt används indata såsom materialförutsättningar i nuläget. I programmet går det att välja att dimensionera vägen enligt indexmetoden (DK1) eller att dimensionera vägen analytiskt enligt DK2. En DK2- analys får alltid användas men är ett krav när antalet standardaxlar >500 000 under en vägs livslängd (Vägverket, 2009b).

### 5.5.2.1 Beräkningar v. 506

För samtliga indata och resultat, se bilaga 2.

#### Förutsättningar

I dimensioneringsprogrammet PMS Objekt matas information från Tabell 3: Förutsättningar v. 506 in. Enligt inventering och omräkning i Trafikverket (2011a) blir skadegraden 0 och

överbyggnadens dräneringsgrad är 2. B- värdena väljs till samma värden som under 5.5.1.1. Dräneringsfaktorn för terrassen sätts till 0,8.

Under fliken ”passerad trafik” matas samma trafikinformation in som i trafikberäkningarna och senast utförda åtgärd var 2001 då en JIM- beläggning lades (PMSv3).

Längst ned, som terrass, väljs materialtyp 1, äldre grovfraktion med en mäktighet på 2 m då det som är längre ner än ca 2,5 m är okänt.

### **Vägens konstruktion innan förstärkning**

Vägen kommer under sin kommande livslängd att utsättas för ca 500 000 standardaxlar medan vägen med den befintlig överbyggnad ska klara av ca 17 000 000 standardaxlar. Detta innebär att vägens beläggning har en livslängd på 671 år enligt PMS Objekt.

### **Vägens konstruktion efter förstärkning**

Vägens nya överbyggnad matas in och asfaltgranulatet antas inte tillföra någon bärighet och lagret försummas i beräkningarna.

Vägens beläggning kommer att klara en belastning på ca 450 000 standardaxlar mot dimensionerade 500 000 standardaxlar under vägens livslängd. Enligt PMS Objekt blir vägens livslängd 18 år.

#### *5.5.2.2 Beräkning v. 522*

För samtliga indata och resultat för delsträcka 1 och 2, se bilaga 3. För delsträcka 3, se bilaga 5.

### **Förutsättningar**

I dimensioneringsprogrammet PMS Objekt matas information från Tabell 4: Förutsättningar v. 522 in. Enligt inventering och omräkning i Trafikverket (2011a) blir skadegraden 1 (lokala sprickor med svårighetsgrad 1) och överbyggnadens dräneringsgrad är 3. B- värdena väljs till samma värden som under 5.5.1.2. Dräneringsfaktorn för terrassen sätts till 0,6, ty det är torvmark runt om vägen.

Under fliken ”passerad trafik” matas samma trafikinformation in som i trafikberäkningarna och senast utförda åtgärd var 1993 då en Y1G- beläggning lades (PMSv3).

Längst ned, som terrass väljs materialtyp 5e, silt. Anledningen till detta är att det vid dimensionering enligt PMS Objekt ej går att beräkna hållfastheten med en terrass i materialtyp 6. Siltens egenskaper torde ligga närmast de egenskaper en torv förväntas ha. Vidare går det inte heller att försumma terrassen i PMS Objekt då programmet kräver att terrasstyp väljs.

### **Vägens konstruktion innan förstärkning, delsträcka 1 och 2**

Vägen kommer under sin kommande livslängd att utsättas för ca 280 000 standardaxlar medan vägen med befintlig överbyggnad sedan senaste åtgärd endast skulle klara av ca 17 000 standardaxlar. Detta innebär att vägen skulle ”gått sönder” för 16 år sedan, redan år 1999, det vill säga 6 år efter senaste beläggningsåtgärd.

### **Vägens konstruktion efter förstärkning, delsträcka 1 och 2**

Vägens nya överbyggnad matas in och asfaltgranulatet antas inte tillföra någon bärighet och lagret försummas i beräkningarna.

Vägens beläggning kommer att klara en belastning på ca 520 000 standardaxlar mot dimensionerade 280 000 standardaxlar under vägens livslängd. Enligt PMS Objekt blir vägens livslängd 37 år. I beräkningarna har ingen hänsyn tagits till tjälproblematiken, anledningen till det är att torven inte är något tjälfarligt material.

### **Vägens konstruktion innan förstärkning, delsträcka 3**

Vägen kommer under sin kommande livslängd att utsättas för ca 280 000 standardaxlar medan vägen med befintlig överbyggnad sedan senaste åtgärd endast skulle klara av ca 66 000 standardaxlar. Detta innebär att vägen skulle ”gått sönder” för 13 år sedan, redan år 2002, det vill säga 9 år efter senaste beläggningsåtgärd.

### **Vägens konstruktion efter förstärkning, delsträcka 3**

Vägens nya överbyggnad matas in och asfaltgranulatet antas inte tillföra någon bärighet och lagret försummas i beräkningarna.

Vägens beläggning kommer att klara en belastning ca 520 000 standardaxlar mot dimensionerade 280 000 standardaxlar under vägens livslängd. Enligt PMS Objekt blir vägens livslängd 37 år. I beräkningarna har ingen hänsyn tagits till tjälproblematiken, anledningen till detta är att torven inte är något tjälfarligt material.

## **5.6 Jämförelse mellan beräkningarna**

Av den orsak att två olika beräkningsmetoder har använts, både dimensionering enligt DK1 och DK2 är det relevant att jämföra resultaten och varför de skiljer sig åt.

### **5.6.1 Sammanfattning av resultaten**

Nedan kommer en sammanfattning av vägens livslängd och antalet tillåtna standardaxlar.

#### *5.6.1.1 Sammanfattning v. 506*

I Tabell 25 jämförs Trafikverkets kravnivå med de två olika beräkningssätten.

**Tabell 25: Jämförelse mellan kravet och beräkningsmetoderna DK1 och DK2**

<b>Metod</b>	<b>Livslängd (år)</b>	<b>Antal standardaxlar (st)</b>
Krav	20	500 000
DK1 (Indexmetoden)	13	330 000
DK2 (PMS Objekt)	18	450 000

### 5.6.1.2 Sammanfattning v. 522, delsträcka 1 och 2

I Tabell 26 jämförs Trafikverkets kravnivå med de två olika beräkningssätten.

**Tabell 26: Jämförelse mellan kravet och beräkningsmetoderna DK1 och DK2**

Metod	Livslängd (år)	Antal standardaxlar (st)
Krav	20	280 000
DK1 (Indexmetoden)	23	330 000
DK2 (PMS Objekt)	33	450 000

### 5.6.1.3 Sammanfattning v. 522, delsträcka 3

I Tabell 27 jämförs Trafikverkets kravnivå med de två olika beräkningssätten.

**Tabell 27: Jämförelse mellan kravet och beräkningsmetoderna DK1 och DK2**

Metod	Livslängd (år)	Antal standardaxlar (st)
Krav	20	500 000
DK1 (Indexmetoden)	22	300 000
DK2 (PMS Objekt)	33	460 000

## 5.6.2 Kommentarer till resultatet

Enligt ovanstående beräkningar kommer v. 506 inte att hålla hela sin livslängd. Beroende på vilken metod bärighetsutredaren väljer att använda fås två olika livslängder fram. Det mest troliga, efter att livslängden har löpt ut, är att vägens beläggning ej är i tillfredställande kondition och det är mycket troligt att de krav Trafikverket ställer på befintliga vägar, enligt Tabell 8, ej uppnås. Enligt Bengtsson (2014) är Trafikverkets livslängd på beläggningsåtgärder ca 5- 10 år.

## 5.6.3 Kommentarer till metoderna

Den största skillnaden mellan DK1 och DK2 är att det vid dimensionering enligt DK1 endast tas en hänsyn de material som förekommer från vägytan och 50 cm ner i konstruktionen. Denna brist innebär att det är svårt att ”räkna hem” en konstruktion med endast en tunn beläggning då de obundna lagren har ett FE- tal på ca 60% av ett bundet bärlager (Vägverket, 2009b).

Ett exempel är ifall en väg har 46 cm obundet bärlager (FE- tal 11) och en IMT40- beläggning (FE- tal 15) kommer vägen innan alla korrektionsfaktorer endast tillåta en belastning på 330 000 standardaxlar. Dimensioneras istället vägkonstruktionen enligt DK2 och PMS Objekt tillgodoräknas alla existerande material under vägytan, ända ner till terrassen och är det då mer obundna lager eller en stabil terrass kommer vägen troligtvis att klara sig.

När vägens livslängd är nådd, vad kommer då att hända? Från beräkningarna av nuläget kan det konstaterats att v. 522 borde gått sönder för ca 16 år sedan. Vilket inte är fallet, då v. 522 har hållit, dock har inte vägen en tillfredställande standard och uppfyller således inte alla de krav Trafikverket ställer för befintliga vägarna. Analyseras istället v. 506, där beläggningsen har en livslängd på 671 år. Hur länge kommer vägen vara farbar innan spårdjupet utgör ett hinder för fordonens framkomlighet?

## 6 Genomförande av byggnation

I detta avsnitt ges en kort redogörelse där det beskrivs hur v. 506 och v. 522 byggdes om. Av den orsak att samtliga vägavsnitt i princip ska ha en likartad överbyggnad kommer endast en sammanställning att presenteras.

För att överhuvudtaget kunna börja med att förstärka vägen och undvika sandwichkonstruktioner beslutades det att beläggningen skulle fräsas sönder, se Figur 53. Efter fräsningen av beläggningen packades materialet.



Figur 53: Fräsning av beläggningen på v. 506

När materialet väl hade packats rullades det triaxiala geonätet ut för att sedan förseglas med 0- 90 mm förstärkningslager, vilket spreds med en lastbil, se Figur 54.



Figur 54: 0-90 mm förstärkningslager spreds på geonät



Figur 55: Resultatet av spridningen



Allt eftersom materialet anlände och spreds ut, jämnades ytan till och materialet packades i omgångar. När allt förstärkningslager spridits ut påbörjades spridningen med 0-30 mm bärlager på samma sätt som förstärkningslagret. Slutligen jämnades ytan till och vägen lämnades öppen för trafik i ca 3 veckor innan de sista justeringarna utfördes.



**Figur 56: V. 522 åter öppen för trafik innan de sista justeringarna utförs och vägen beläggs**

Ungefär 3 veckor efter ombyggnad justerades vägytan med hyvel och 0-18 mm makadam användes till de sista justeringarna. Anledningen till justeringen är att vägen under tiden varit öppen för trafik och en beläggning blir aldrig riktigt bra om materiallagret, där beläggningen ska ligga, inte är jämnt.

Nedan följer en kort beskrivning, med bilder, över hur utläggningen av tankbeläggningen IMT40 går till:

1. Makadamen sprids ut på vägen med en mekanisk läggare (Figur 57)
2. Makadamen vältas (Figur 57)
3. Bindemedel sprids ut med tankbil (Figur 58)
4. Kilsten sprids ut med mekanisk läggare (Figur 59)
5. Vägytan packas med en gummihjulsvält (Figur 59)
6. Vägytan sopades två gånger innan vägen var redo att trafikeras (Figur 61)



Figur 57: Utläggning av makadam med mekanisk läggare



Figur 58: Spridning av bindemedel på makadamen



**Figur 59: Spridning av kilsten på bindemedlet och makadamen**



**Figur 61: Färdig vägyta efter sopning**



**Figur 60: Närbild på IMT40- beläggning**

## 7 Slutsatser och diskussioner

### 7.1 Slutsatser

Utifrån examensarbetet framgår följande slutsatser:

- Det är mer kostnadseffektivt att utföra många mindre åtgärder vid flera olika tidpunkter än att låta vägen förfalla och på så sätt bli tvungen att genomföra en större och mer omfattande åtgärd vid ett tillfälle (kapitel 2.3).
- Att bevara vägens slitlager i ett gott skick, från exempelvis slaghål och sprickor, är viktigt. Anledningen till att vägytan ska bevaras intakt är för att förhindra fritt vatten från att tränga in i väggroppen. Samtliga underhållsmetoder fungerar utmärkt att använda på de lågtrafikerade vägarna. Särskilt lämpat är det att i ett tidigt skede, vid förekomsten av krackelering, använda sig av försegling och vid enstaka sprickor använda sig av Snabelbil (kapitel 2.1 & 2.2.1).
- Väggroppens livslängd förkortas avsevärt vid förekomst av vatten i väggroppen. Att utföra enkla avvattningsåtgärder, exempelvis dikning och kantskärning, har visat sig ge stor effekt och det går att sänka vattennivån i diket avsevärt (kapitel 2.2.1, 2.2.3 & 5.1).
- Att begripa bakgrundsorsaken till varför en skada uppstår är av stor vikt, för att på så sätt kunna gå till botten med de problem som gör att skadan uppstår. I de fall när grundproblemet åtgärdas tar det lång tid innan samma problem återkommer på samma del av vägen (kapitel 2.1).
- Avstängda vägar, under tjällossningen, kostar skogsindustrin ca 650 miljoner kronor per år. Väljer Trafikverket att satsa mer pengar på att tjälsäkra fler vägar kan skogsindustrin spara pengar och i förlängningen kommer samhället tjäna mer pengar (kapitel 2.2.2.1).
- Att okulärt skadeinventera en väg, exempelvis enligt Bära eller brista, är en bra metod att börja inventeringen med; behöver vägen åtgärdas med någon åtgärd? I de fall när vägen behöver åtgärdas, gå då vidare till de andra provmetoderna, exempelvis grävning av provgrop, mätning med fallvikt eller analys av vägytemättningsdata (kapitel 3.1).
- Tankbeläggning är en mycket lämplig beläggning att använda på de lågtrafikerade vägarna. Anledningarna till detta är att tankbeläggningar tål de dragspänningar en väg utsätts för bättre än konventionell asfalt. Att metoden i sig kostar mindre och förbrukar mindre energi vid tillverkning än asfalt är andra positiva effekter (kapitel 5.2).
- JIM- eller JIMT- beläggning är mycket lämplig att använda som slitlager på en väg med kraftig spårbildning, ojämnheter eller andra deformationer. Det är dock viktigt att säkerställa att spåren på åldring eller slitage och inte på grund av bärighetsproblem (kapitel 5.2.1.2).
- Att anlägga ett dike kan minska beläggningsunderhållet avsevärt och framförallt minska underhållet av slitlagret på en grusväg (kapitel 5.1.2.2).

- Mätning med fallvikt är den enda objektiva provmetoden i dagsläget. Det går bra att jämföra bärigheten mellan olika vägar, med ett så kallat bärförmågeindex. Bärförmågeindexet är ett mått på hur vägens totala bärighet varierar i längsled (kapitel 3.2.1.2).
- Användning av geonät minskar differentialsättningar, såsom kantdeformationer. Tidigare erfarenheter och information från leverantören visar att ett geonät även är bärighetshöjande. Vid dimensionering enligt Trafikverkets krav får geonät användas men dem får ej tillgodoräknas som bärighetshöjande (kapitel 5.2.3 & 5.3.4).
- Vid förstärkning av lågtrafikerade vägar är det viktigt att de befintliga materialen i överbyggnaden bevaras och återanvänds i största möjliga mån. Det är både kostsamt och ej hållbart att exempelvis schakta bort en beläggning när den går att fräsa in den i befintligt bärlager, så kallad infräsning, eller genom att fräsa sönder den och låta den ligga kvar på befintligt material. Är beläggningen av betydande tjocklek kan dock bortkörning av massorna erfordras (kapitel 5.3.1.3).

Ombyggnaderna av vägarna kunde genomföras med ett mycket bra resultat. Det är dock för tidigt att dra några slutsatser då det dröjer några år innan eventuella brister i genomförandet eller dimensioneringen visar sig i vägytan.

Sammanfattningsvis lönar det sig, på lång sikt, att kontinuerligt underhålla och sköta de lågtrafikerade vägarna. Genomförs inte underhållet kontinuerligt kommer eftersläpningar i underhållet att uppstå och vid en viss tidpunkt kommer det krävas ofantliga resurser för att då bygga om vägarna så att dem får en tillräckligt god standard.

## 7.2 Resultatdiskussion

### 7.2.1 Diskussion kring frågeställningen

En kort diskussion kring de frågor som ställdes upp i frågeställningen innan examensarbetet startade.

#### **Vilka faktorer påverkar nedbrytningen av en väg?**

Resultatet av litteraturstudien och intervjuer med personer som dagligen arbetar med det lågtrafikerade vägnätet har alla pekat på samma sak, nämligen vatten. Vatten är den enskilt största orsaken till att en väg bryts ner, vilket har varit känt sedan tidigare. Detta examensarbete förstärker bilden av hur vattnet bidrar, påverkar samt accelererar nedbrytningen av en väg. Vidare påskyndas uppkomsten av de skador som eventuellt uppstår på vägytan vid förekomst av vatten samt att vatten i vägkroppen sänker bärigheten i de obundna lagrena avsevärt.

#### **Varför är tjälen ett problem?**

Genom litteraturstudien visade det sig att tjälen, på de lågtrafikerade vägarna, för med sig vissa problem, exempelvis blockkupplyftning och tjällossning. Avstängda vägar, på grund av tjällossningen, kostar skogsindustrin ca 650 miljoner kronor årligen och samhällets totala kostnad torde vara ännu större. De övriga kostnaderna kan vara ökade kostnader som uppstår för exempelvis privatpersoner och övrig industri.

### **Hur tillståndsbedöms en väg?**

En väg kan tillståndsbedömas på många olika sätt och de vanligaste metoderna finns beskrivna i detta arbete. Vid skadeinventering av de vägar som byggdes om utfördes inventeringen med hjälp av Bära eller brista, mätning med fallvikt, grävning av provgropar och analys av vägytemättningsdata. Samtliga metoder, förutom fallvikten, indikerade att respektive väg led av en typ av problem.

Min bedömning är att det är fördelaktigt att börja inventeringen med hjälp av Bära eller brista, eftersom att det är den mest kostnadseffektiva och enkla metoden att använda sig av. Det enda vägutredaren behöver är sina egna ögon och boken Bära eller brista.

### **Hur åtgärdas de bärighetsrelaterade problemen genom kostnadseffektiva åtgärder?**

Det finns två olika sätt för att höja bärigheten på en väg, direkta och indirekta metoder.

Med direkta metoder byggs vägens överbyggnad om och enda sättet att göra det på är genom att tillsätta mer obundna lager, anledningen till detta är att Trafikverket inte tillåter geonät som en bärighetshöjande åtgärd. Även infräsning av makadam är en bra direkt metod då vägens beläggning samt befintliga material i överbyggnaden förädlas och bildar på så sätt ett nytt godkänt bärlager.

De indirekta metoderna är kostnadseffektiva metoder där vägens överbyggnad bevaras och syftet är att indirekt höja bärigheten, exempelvis genom dikning, kantskärning, nytt slitlager eller underhåll av slitlager. Vägutredaren ändrar inte vägens överbyggnad utan förbättrar endast de förutsättningar som gör att en vägens accelererande nedbrytning upphör. Anledningen till att de indirekta metoderna fungerar är att vägkroppen dräneras och ytvattenavledningen säkerställs och på så sätt ökar bärigheten i vägens obundna lager.

Samtliga åtgärder är kostnadseffektiva, men det viktiga är att analysera och endast utföra en åtgärd på de avsnitt där det föreligger ett behov av exempelvis en förstärkning. Genomförs de indirekta metoderna i tid är de alltid mer kostnadseffektiva än de direkta metoderna och ger i många fall ett tillräckligt bra resultat.

### **7.2.2 Övrig diskussion**

Jag anser att dimensionering enligt DK1- metoden ska tillämpas på de vägar som maximalt utsätts för 500 000 standardaxlar under sin livslängd. Däremot tycker jag att metoden behöver justeras; är det rimligt att endast räkna de översta 50 cm? Vidare är det också oklart var FE-talen kommer ifrån, hur "säkra" är talen? Enligt dagens metodik och valda FE- tal är det väldigt svårt att "räkna hem" en standardkonstruktion, IMT40- beläggning och 46 cm obundna lager, för en lågtrafikerad landsväg (kapitel 5.6.3).

## **7.3 Metoddiskussion**

Att genomföra en litteraturstudie och att vara med under ombyggnaden av några vägsträckor anser jag var en bra metodik. Vidare genomfördes även intervjuer med några personer som har god kännedom inom drift- och underhåll av det lågtrafikerade vägnätet.

Litteraturstudien genomfördes för att förstå teorin bakom de problem som uppstår på vägarna vid bristande underhåll. Vidare var det för resultatets skull betydelsefullt att försöka förstå hur vattnet påverkar en vägs nedbrytning. Intervjuer genomfördes för att täcka de områden där jag ansåg att litteraturen var bristfällig. Att vara med vid ombyggnad av några vägsträckor var ett bra sätt för att se produktionen och undersöka ifall det förekom några direkta

produktionsnackdelar med att använda sig av geonät vid förstärkning av en väg. Vid genomförandet av ombyggnaden noterades inga brister och tidigare erfarenheter från v. 595 Hamneda- Ivla tyder på att vägarna kommer att ha god standard under hela sin dimensionerande livslängd.

Följande felkällor har noteras under arbetets gång:

- I det statistiska underlaget förekommer det brister vid val av provvägar för ombyggnad. För att få ett mer representativt resultat borde inte avgränsningen gjorts till vägar enbart i Kronobergs län. Då ett examensarbete endast pågår under en begränsad tid var det inte möjligt att undersöka provvägar i ett annat län än Kronobergs län.
- Vid dimensionering enligt DK2 – PMS Objekt valdes terrassmaterialet till silt. Anledningen till detta är att PMS Objekt inte tillåter dimensionering i de fall när torv förekommer i terrassen. Anledningen till valet av silt är att dess egenskaper påminner om torvens. Siltens tjälfarlighet försumrades och gavs klassificeringen icke tjälfarligt material.
- Vid dimensionering togs ingen hänsyn till tjäleegenskaperna hos det befintliga materialet eller tillfört material. Mängden tillfört makadam torde vara tillräcklig för att tjälsäkra vägarna. Vidare har vägarna inte lidit av några problem med exempelvis tjällossning, i alla fall inte under de senaste åren.

### 7.3.1 Rekommendationer för vidare studier

För följande frågeställning erfordras vidare studier:

- Geofysiska mätningar av vägar, identifiera dåliga vägar och jämförelse med konventionella metoder
- Uppföljning av provvägarna – blev resultatet som förväntat?
- Alternativ till kallasfalt som går att ha i vägservicefordonen för ”akut” reparation av slitlagret, exempelvis vid reparation av slaghål

## 8 Referenser

- Agardh, S. & Parhamifar, E. (2014), Vägbyggnad  
ISBN: 978-91-47-09346-5
- Agardh, S. (2015), Föreläsare på LTH och Bärighetsutredare på Ramböll RST  
Intervju 2015-03-02
- Andersson, G. & Westlund, K. (2008), Vägstandardens inverkan på skogsnäringens transportarbete  
(Skogforsk rapport 663)
- Bengtsson, A. (2014), Projektledare på Trafikverket för DO Ljungby  
Intervju 2014-12-16
- Bengtsson, J. (2015), Geotekniker Peab Anläggning AB  
Intervju 2015-02-05
- California Pavement Maintenance Company, Inc. (CPM) (2015), Preventive Maintenance Can Save You Money,  
<http://cpmamerica.com/preventive-maintenance-can-save-you-money/> (Hämtad 2015-02-05)
- Cruz del Aguila, F. & Direnius, M. (2012), Vägens strukturella tillståndsförändring vid igensättningsförsök -  
Bärighetsutredning med hänsyn till uppmätt fallviktsdata och fukthalt från Lv126 Torpsbruk
- Dahlin, T. (2014), Geoelectrical Imaging  
[http://www.tg.lth.se/fileadmin/user\\_upload/Kurser/VTGN01/FUM14\\_ResistivityIP\\_TD140912.zip](http://www.tg.lth.se/fileadmin/user_upload/Kurser/VTGN01/FUM14_ResistivityIP_TD140912.zip)  
Filen: Resistivity.pdf (Föreläsning 2014-09-12)
- Edvardsson, K. (2013), Lågtrafikerade vägar – En litteraturstudie utifrån nytta, standard, tillstånd, drift och  
underhåll (Publikation VTI rapport 775)
- Eriksson, P. & Jernberg, M. (1994), Jordförstärkning med geonät
- Greenwood Engineering (2012), FWD USER'S GROUP - Traffic Speed Deflectometer (TSD)  
[ftp://ftp.greenwood.dk/tsd/pdf/tsd\\_fwdusersgroup2012.pdf](ftp://ftp.greenwood.dk/tsd/pdf/tsd_fwdusersgroup2012.pdf) (Föreläsning 2012-10-16)
- Gustafsson, P. (2015), Laboratorieförstärkning Syd, Peab Asphalt AB  
Intervju 2015-02-10
- Hansson, K., Hellman, F., Svensson, L.-G. & Enkell, K. (2012), Utvärdering av djupdränering och effekt av  
tätad stödremsa och innerslänt utmed väg 126, Torpsbruk (VTI notat 13-2012)
- HMP (2015), NEW! Static plate load tester HMP PDGpro according to ASTM D1194/1195/1196, DIN 18134,  
<http://www.hmp-online.com/en/news/2012/47> (Hämtad 2015-02-10)
- Isacsson, U. (2010), Drift och underhåll av vägar och gator, kapitel 4: Vägkroppens nedbrytning  
(Huvudredaktör: Isacsson, U.)
- Jacobson, T. (2007), Indränkt makadam – Kunskapsöversikt
- Jacobson, T. & Göransson, N.- G. (2014), Indränkt makadam (IMT, JIM, JIMT) – Provvägsförsök och  
kontrollsträckor – Lägesrapport 2007- 2013
- Kalman, B., Hakim, H., Said, S. & Waldemarson, A. (2005), Beständighet hos asfaltbeläggningar -  
Utmattning av asfaltlager som utsätts för upprepade belastningar i närvaro av vatten  
(VTI notat 9- 2005)
- Lambert J P. (2007), Novel assessment test for granular road foundation materials
- Lindroth, R. (2010), Drift och underhåll av vägar och gator, kapitel 6: Drift och underhåll av vägkropp och  
sidoområde (Huvudredaktör: Isacsson, U.)
- National Cooperative Highway Research Program (2002), Contributions of Pavement Structural Layers to  
Rutting of Hot Mix Asphalt Pavements (NCHRP Report 568)
- Nationalencyklopedin (NE) (2015), Konsekvenser av tjäle  
<http://www.ne.se.ludwig.lub.lu.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/tjäle/konsekvenser-av-tjäle> \*  
(Hämtad 2015-01-09)



- Peab Asphalt (2015), Provningstjänster  
<http://www.peabasfalt.se/Produkter-och-tjanster/Tjanster/Provningstjanster-asfalt/>  
(Hämtad 2015-02-04)
- Ramböll (2015), Mätning av ytskador
- Ramböll (2014), Jämnt hela vägen – Hanbok vägytemått  
ISBN: 978-91-7467-607-5
- Rudolfsson, J. (2015), Platschef Driftområde Ljungby, Peab Anläggning AB  
Intervju 2015-02-12
- Salour, F. & Erlingsson, S. (2012), Pavement structural behaviour during spring thaw - Interpretation of FWD measurements by monitoring environmental data from county road 126 at Torpsbruk  
(Publikation VTI rapport 738A)
- Sandberg, J. & Björnfot, P. (2004), Sprickfri och bärig väg med stålarmring (Publikation Vägverket 2004:160)
- Shahin, M. Y. (1994), Pavement Management for Airport, Roads and Parking Lots  
ISBN: 0-412-99201-9
- Sjögren, L. (2002), State of the art; Automatisk sprickmätning av vägbanor (VTI notat 24-2002)
- Sundell, D. & Södergren, J. (2010), Försegling och spricklagning  
[http://www.asfaltskolan.se/asfaltdagar/asfaltdag10/presentationer/Försegling\\_och\\_spricklagning.pdf](http://www.asfaltskolan.se/asfaltdagar/asfaltdag10/presentationer/Försegling_och_spricklagning.pdf)  
(Föreläsning 2010-10-29)
- Svenska Kommunförbundet (2000), Topp & belägg – Beläggningsunderhåll på lågtrafikerade gator  
ISBN: 91-7099-922-8
- Svenska Kommunförbundet (2001), I valet & kvalet – Hanbok för val av beläggningåtgärd  
ISBN: 91-7289-009-6
- Svenska Kommunförbundet (2003), Bära eller brista – Handbok i tillståndsbedömning av belagda gator och vägar  
ISBN: 91-7289-172-6
- Svensson, C. (2010), Kompendium i Teknisk Geologi AK
- Svevia (2015), Försegling av sliten asfalt med HP 27
- Tensar (2012), Grundstabilisering, utgåva 3 tryckt februari 2012
- Trafikverket (2009), Minimera överskottssten vid lagning av pothål och sprickor med snabelbil
- Trafikverket (2010), Förstärkning av vägar – Infräsning av makadam i befintligt bärlager
- Trafikverket (2011a), TRVK Väg – Trafikverkets tekniska krav Vägkonstruktion  
(Publikation Trafikverket 2011:072)
- Trafikverket (2011b), Kultur – kulturvägar, väganknutna kulturminne, broar med kultur- och teknikhistoriskt värde – Driftområde Dalsland
- Trafikverket (2012a), Underhållsstandard belagd väg 2011 (Publikation Trafikverket 2012:074)
- Trafikverket (2012b), Förstärkningsåtgärder (Publikation Trafikverket 2012:090)
- Trafikverket (2012c), TRVMB 112 - Deflektionsmätning vid provbelastning med fallviktsapparat (Publikation Trafikverket 2012:050)
- Trafikverket (2012d), TRVMB 114 - Bearbetning av deflektionsmätdata, erhållna vid provbelastning av väg med FWD- apparat (Publikation Trafikverket 2012:051)
- Trafikverket (2014a), Standardklass vinter  
<http://www.trafikverket.se/Privat/Vagar-och-jarnvagar/Sa-skoter-vi-vagar1/Vintervaghallning/Standardklass-vinter/> (Hämtad 2014-12-09)
- Trafikverket (2014b), Sveriges vägnät  
<http://www.trafikverket.se/Privat/Vagar-och-jarnvagar/Sveriges-vagnat/> (Hämtad 2014-12-11)
- Trafikverket (2014c), Mobil datainsamling - Bilburen datainsamling med georadar för status bedömning av mindre vägar samt identifiering av uppfrysande block (Publikation 2014:059)
- Trafikverket (2014d), Krav – Bitumenbundna lager, version 1.0 (TDOK 2013:0529)
- Vägverket (1993), VVMB 606 - Bestämning av bärighetsegenskaper med statisk plattbelastning  
(Publikation Vägverket 1993:19)
- Vägverket (2003a), Den goda resan - Förslag till nationell plan för vägtransportsystemet 2004–2015 (Publikation Vägverket 2003:99)

Vägverket (2003b), Vägdikenas funktion och utformning – En beskrivning av multifunktionella diken  
(Publikation Vägverket 2003:103)

Vägverket (2005), Massutskiftning (Publikation Vägverket 2005:4)

Vägverket (2009a), Kantskärning och stödkanter

Vägverket (2009b), Dimensionering av lågtrafikerade vägar – DK1 (Publikation Vägverket 2009:7)

# Bilagor

Bilaga 1 – Karta

Bilaga 2 – Väg 506

Bilaga 3 – Väg 522, delsträcka 1

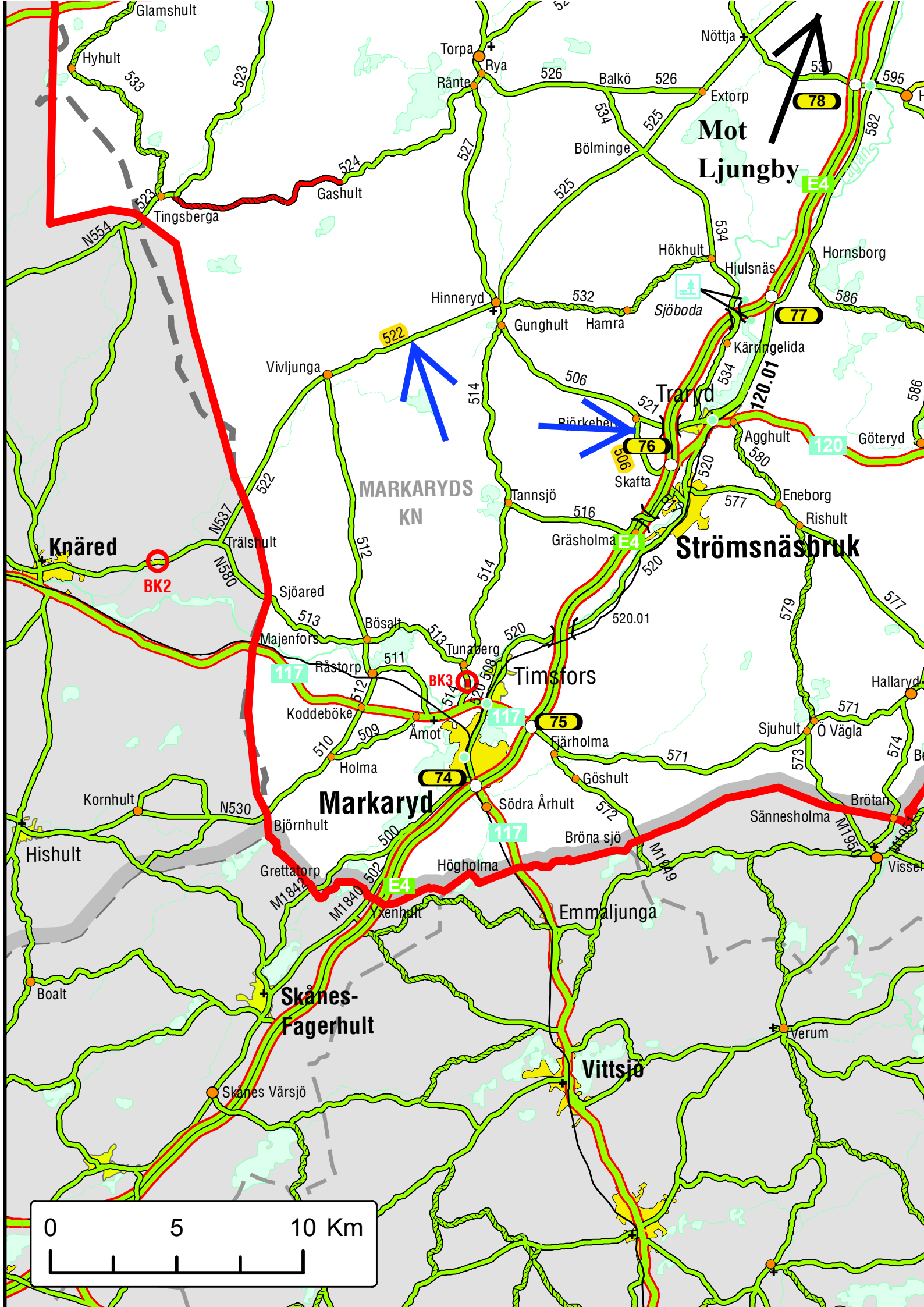
Bilaga 4 – Väg 522, delsträcka 2

Bilaga 5 – Väg, 522, delsträcka 3

Bilaga 6 – Bärförmågeindex och rådata från fallviktsmätningen

# Bilaga 1-

Karta



# Bilaga 2-

Väg 506

# Protokoll för tillståndsbedömning av belagda gator och vägar

Objektets beteckning: v. 506 (ca 250 m)

Datum: 20/11- 2014

Besiktning av: Anton Vilander

Fyll i svårighetsgrad 1-3 enligt beskrivning i Bära eller brista

## Utbredning

Spårbildning	Lokal	Måttlig	Generell	Anmärkningar
	< 20%	20- 50%	>50%	
Spårdjup			2	

## Sprickbildning

Sprickor i hjulspår				
Krackelering				
Tvärgående sprickor				
Tjälsprickor				
Fogsprickor				
Kantsprickor				
Sprickor på väggren				

## Ytliga skador och defekter

Ojämnheter	1			
Kantdeformation		1		
Separation				
Blödande beläggning				
Stensläpp		1		
Slaghål				
Åldrad beläggningssyta				
Skador vid lagningar				

## Avvattning och dränering

Ytvattenavledning	1			
Dräneringsförmåga			2	
Vägtrummor				

## Vidtagna åtgärder

Lagning/ lappning				
Försegling				

Övrigt: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Län: G, 7, Kronoberg

Vägnummer: 506.00

Riktning: Med

Körfält: 10

Start löpandelängd: 8300

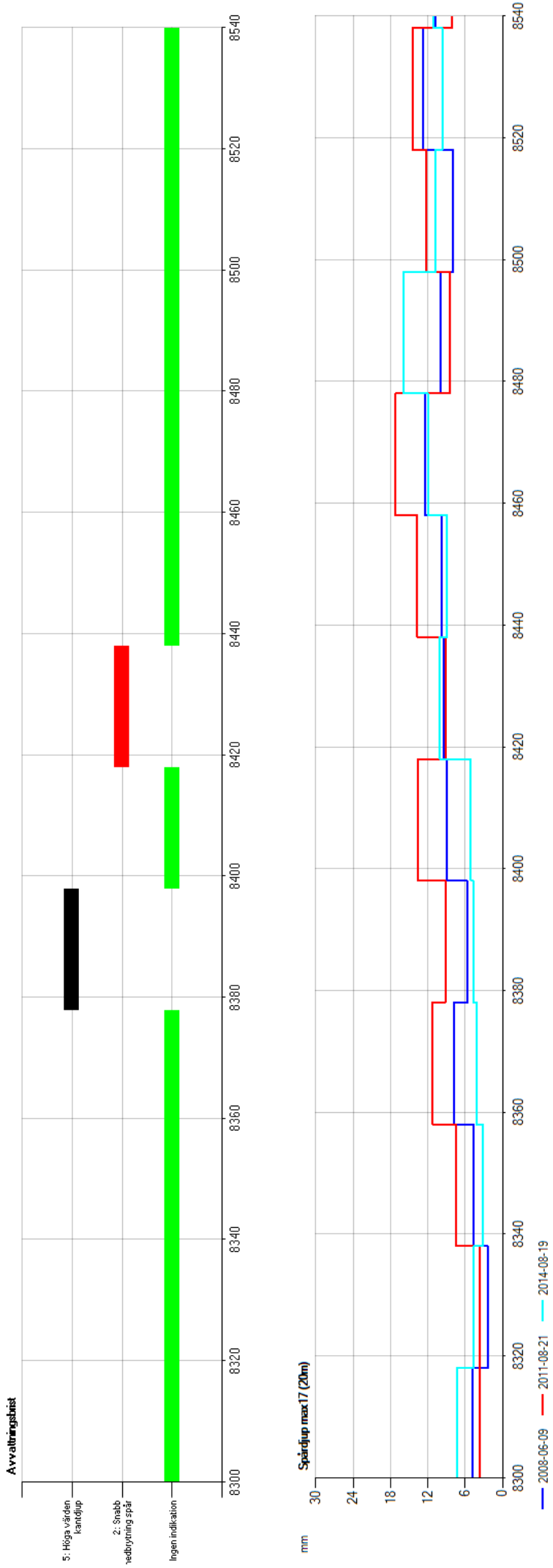
Slut löpandelängd: 8540

Start koordinat: 6270886, 420076

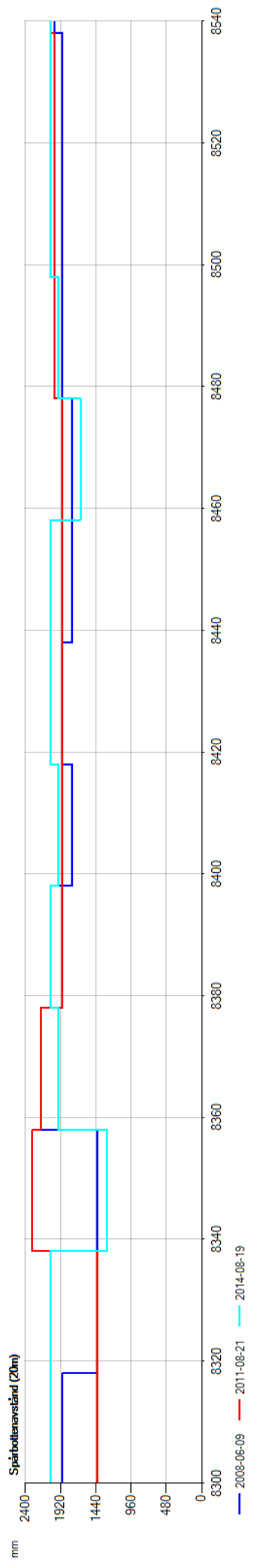
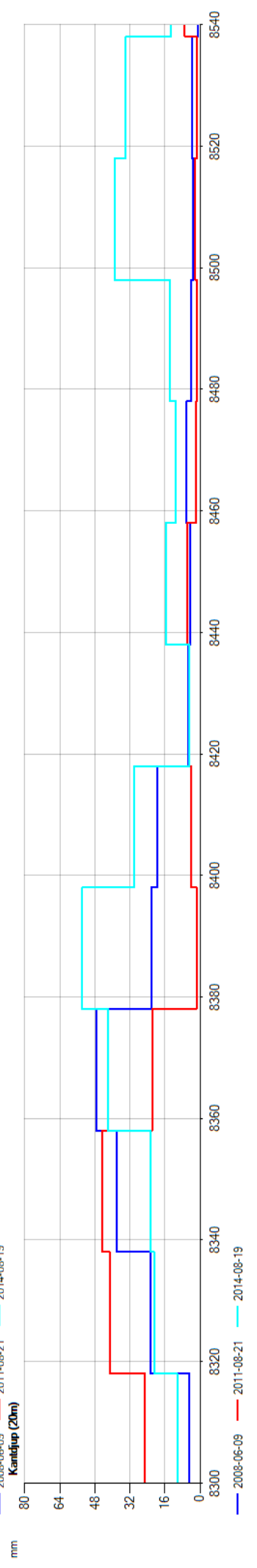
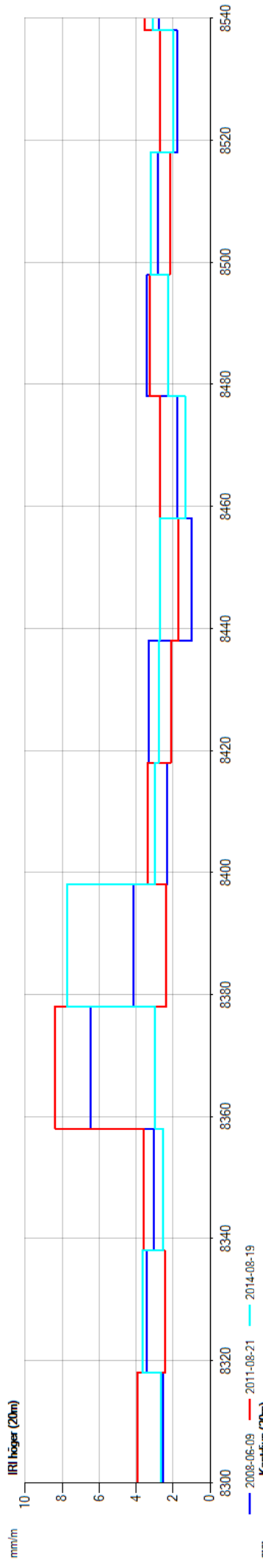
Slut koordinat: 6270648, 420050

Aktuell position löpandelängd: 8300

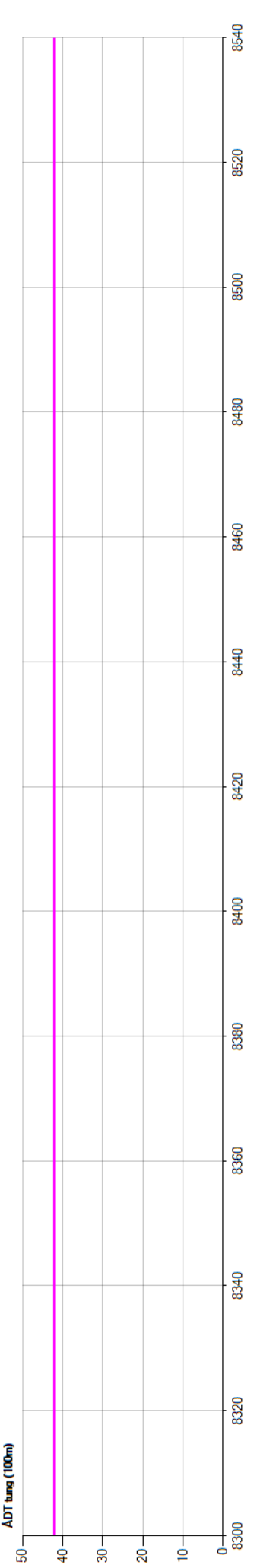
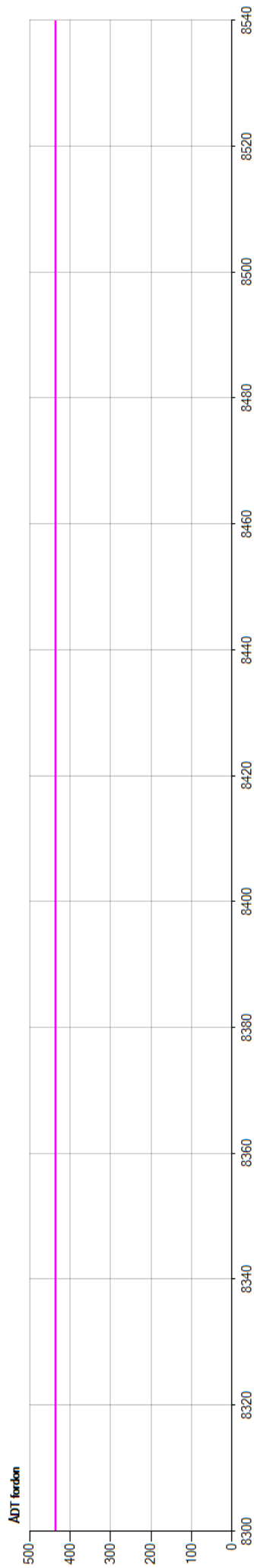
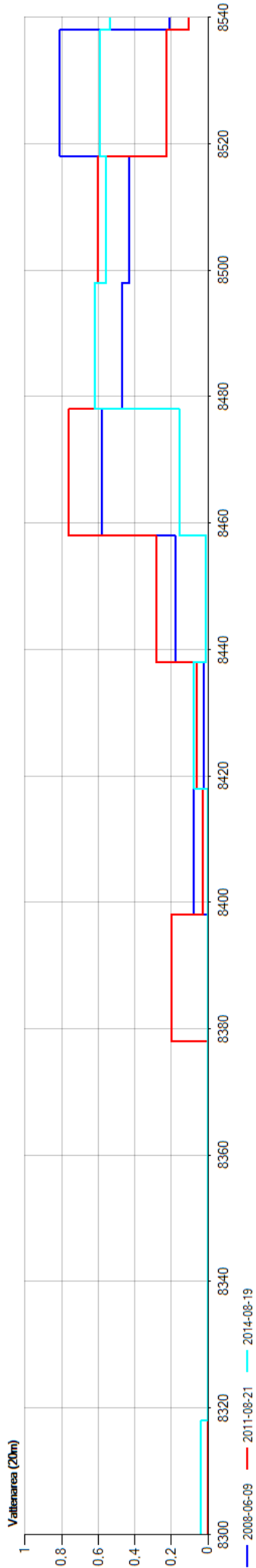
Aktuell position koordinater: 6270886, 420076

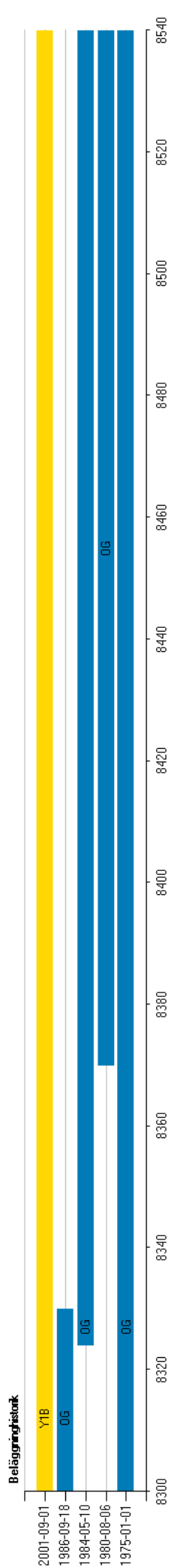
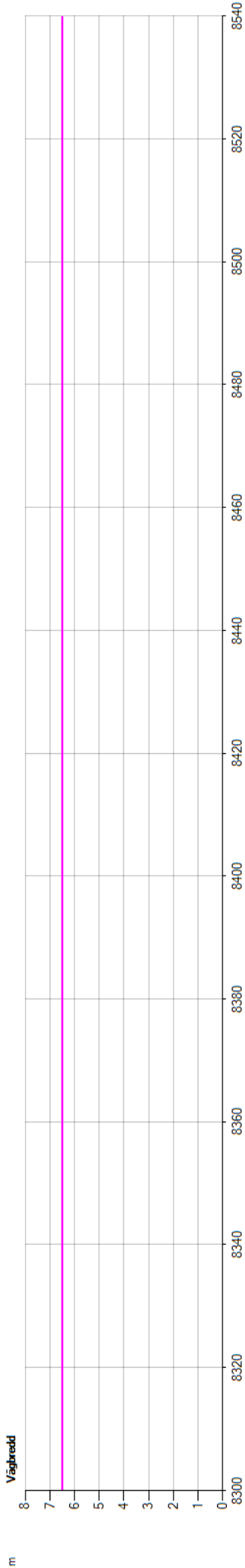






dm2





Skapad med PMS Objekt version 5.0

Utskriftsdatum: 2015-03-24 13:15

## Projektinformation - Förstärkning

Skapat: 2015-03-24 09:40

Kommentarer till projektet

---

## Avsnittsinformation - Hinneryd- Strömsnäsbruk

Avsnitt nr: 1  
Avsnittstyp: FÖRSTÄRKNING  
Skapat datum: 2015-03-24 10:09  
Vägnummer: 506  
Klimatzon: Klimatzon 2  
Referenshastighet(km/h): 80  
Antal körfält: 2  
Län: Kronoberg  
Dimensioneringsperiod(år): 20  
Avsnittslängd(m): 240  
Vägbredd(m): 6,5  
Vägrensbredd(m): 0  
Vägtyp: Normal sektion  
Körfältsbredd riktning 1: 3  
Körfält: "Riktning 1"  
StartpunktX:  
StartpunktY:  
StartpunktZ:  
SlutpunktX:  
SlutpunktY:  
SlutpunktZ:  
Släntriktning riktning 1:  
Släntriktning riktning 2:  
Stödremsa: 0  
Skapat av:  
Organisation:  
Skadegrad: 0  
Överbyggnadens  
dräneringsgrad: 2

Kommentarer till avsnittet

## Anmärkningar

1. Korrigeringsfaktor för dränering har ändrats
2. Bärighetsberäkningen uppfyller inte kraven enligt TRVK Väg
3. Korrigeringsfaktor för dränering har ändrats

## Passerad trafik

<b>Beräkningsmetod:</b>	Angivet antal passerade standardaxlar
<b>Antal passerade standardaxlar:</b>	224 840

## Trafikberäkning avsnitt

<b>Beräkningsmetod:</b>	Beräkning enligt TRVK VÄG
<b>ÅDTk:</b>	220
<b>Antagen trafikförändring per år(%):</b>	0
<b>Andel tunga fordon(%):</b>	10
<b>Standardaxlar per tungt fordon(B):</b>	2
<b>Justerat Bf = (B x fa x fb x fc):</b>	$3,12 = 2,0 \times 1,3 \times 1,2 \times 1,0$
<b>Beräknat antal standardaxlar:</b>	501 073

## Befintlig konstruktion

### Lager

#### Lageröversikt

Lager	Tjocklek(mm)	Förändrat	Namn	
1	180	NEJ	Bitumenbundet slit & bärlager	
2	300	NEJ	Äldre bärlager	
3	2000	NEJ	1 - Äldre grovfraktion	ÖVRE TERRASS

Total tjocklek ovanför övre terrassyta: 480

#### Styvhetsmoduler [MPa]

Lager	Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
1	11500	10000	9000	8500	2500	8000
2	1000	100	200	300	300	300
3	300	300	300	300	300	300

#### Övriga egenskaper

Lager	Lyft	w	r	h	sr	lofr	lfr
1	NEJ	0,01	2200	0,17	0,13	2	2
2	NEJ	0,05	2000	0,25	0,4	1,56	1,39
3	NEJ	0,13	1900	0,28	0,88	1,8	2,43

## Återstående bärighet

**Beräkningsmetod:** GBÖ

**Korrigeringsfaktor för dränering(FD):** 0,8

Korrigeringsfaktorn för dränering har ändrats.

**Antal axellaster, ackumulerad avseende:**

### Krav i underkant bitumenlager

Ntill, bb: 17 046 054  
 Nekv: 501 073  
 Kvot: 0,03

### Terrassytekrav

Ntill, te: 118 917 280  
 Nekv \* 2: 1 002 146  
 Kvot: 0,01  
 Livslängd beläggning(år): 671  
 Livslängd terrass(år): 2369

### Vertikala trycktöjningar(strain)

#### Töjning i terrassytan, enstaka last(strain)

Beräknad: 0,0005  
 Största tillåtna: 0,0024  
 Kvot: 0,19

#### Töjningar i detalj(strain)

Dragtöjning i bitumenlager, ackumulerad

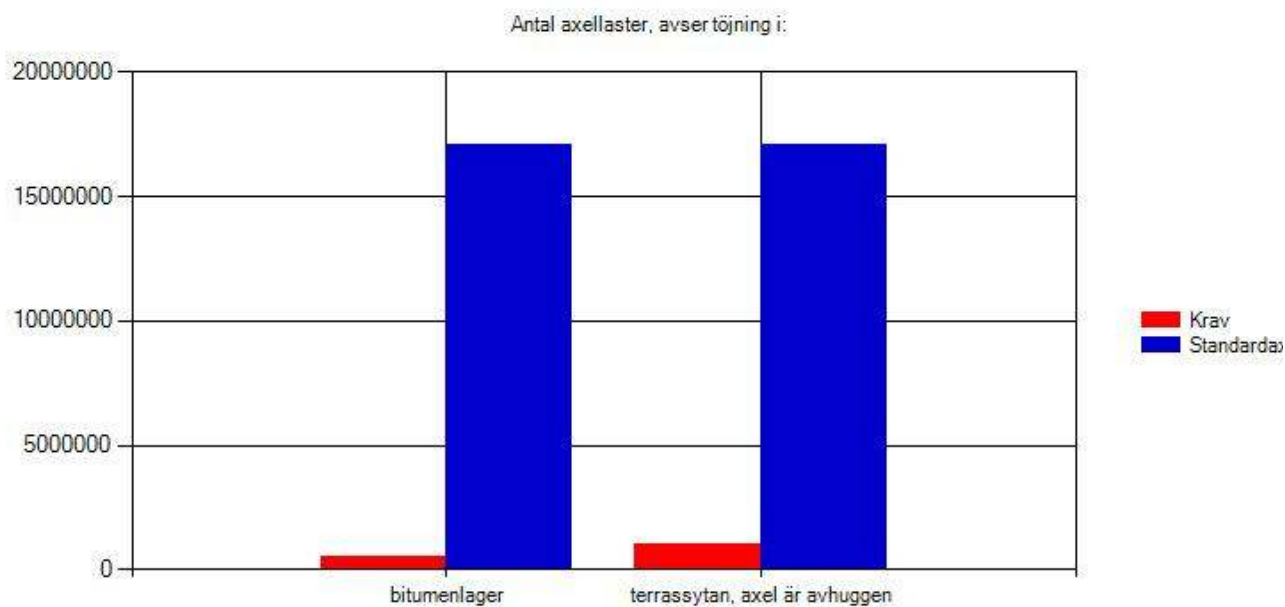
Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
0,000049	0,000093	0,000090	0,000086	0,000181	0,000089

#### Trycktöjning i terrassytan, ackumulerad

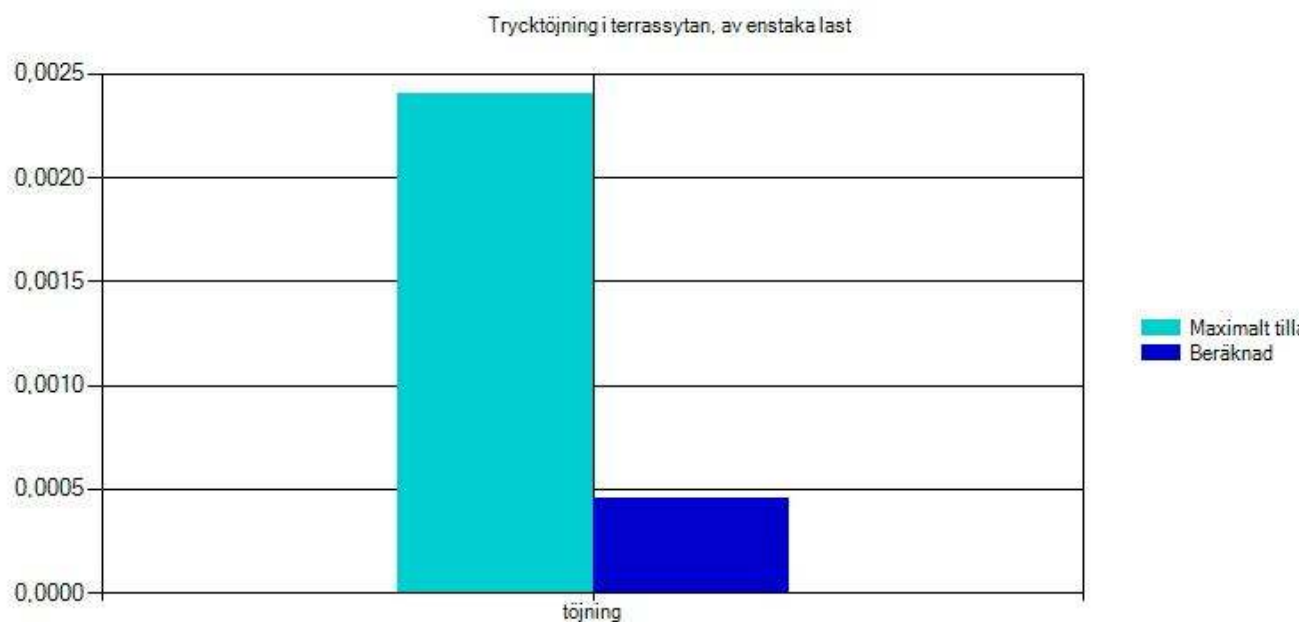
Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
0,000105	0,000090	0,000112	0,000121	0,000180	0,000124

#### Trycktöjning i terrassytan, enstaka last

Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
0,000268	0,000230	0,000286	0,000310	0,000458	0,000317



Antal axellaster, avser töjning i bitumenlager och terrassyta



Trycktöjning i terrassyta, av enstaka last



## Förstärkt konstruktion

Åtgärdens dräneringsgrad: 2  
 Sprickor kvarstår efter åtgärd, angiven FS: 1

## Lager

### Lageröversikt

Lager	Tjocklek(mm)	Förändrat	Namn	
1	40	NEJ	Bitumenbundet slitlager	
2	100	NEJ	Obundet bärlager	
3	400	NEJ	Förstärkningslager krossat material	
4	300	NEJ	Äldre bärlager	
5	2000	NEJ	1 - Äldre grovfraktion	ÖVRE TERRASS

Total tjocklek ovanför övre terrassyta: 840

### Styvhetsmoduler [MPa]

Lager	Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
1	14500	13000	12000	11500	4000	11000
2	1000	150	300	450	450	450
3	450	450	450	450	450	450
4	1000	100	200	300	300	300
5	300	300	300	300	300	300

### Övriga egenskaper

Lager	Lyft	w	r	h	sr	lofr	lfr
1	NEJ	0,01	2200	0,17	0,13	2	2
2	NEJ	0,03	2000	0,25	0,24	1,33	1,02
3	NEJ	0,03	2000	0,25	0,24	1,33	1,02
4	NEJ	0,05	2000	0,25	0,4	1,56	1,39
5	NEJ	0,13	1900	0,28	0,88	1,8	2,43

## Bärighetsberäkning för förstärkt konstruktion

**Beräkningsmetod:** GBÖ

**Korrigeringsfaktor för dränering(FD):** 0,6

Korrigeringsfaktorn för dränering har ändrats.

**Antal axellaster, ackumulerad avseende:**

### Krav i underkant bitumenlager

Ntill, bb: 456 795  
 Nekv: 501 073  
 Kvot: 1,10

### Terrassytekrav

Ntill, te: 966 380 737  
 Nekv \* 2: 1 002 146  
 Kvot: 0,00  
 Livslängd beläggning(år): 18  
 Livslängd terrass(år): 19286

### Vertikala trycktöjningar(strain)

#### Töjning i terrassytan, enstaka last(strain)

Beräknad: 0,0002  
 Största tillåtna: 0,0024  
 Kvot: 0,09

#### Töjningar i detalj(strain)

Dragtöjning i bitumenlager, ackumulerad

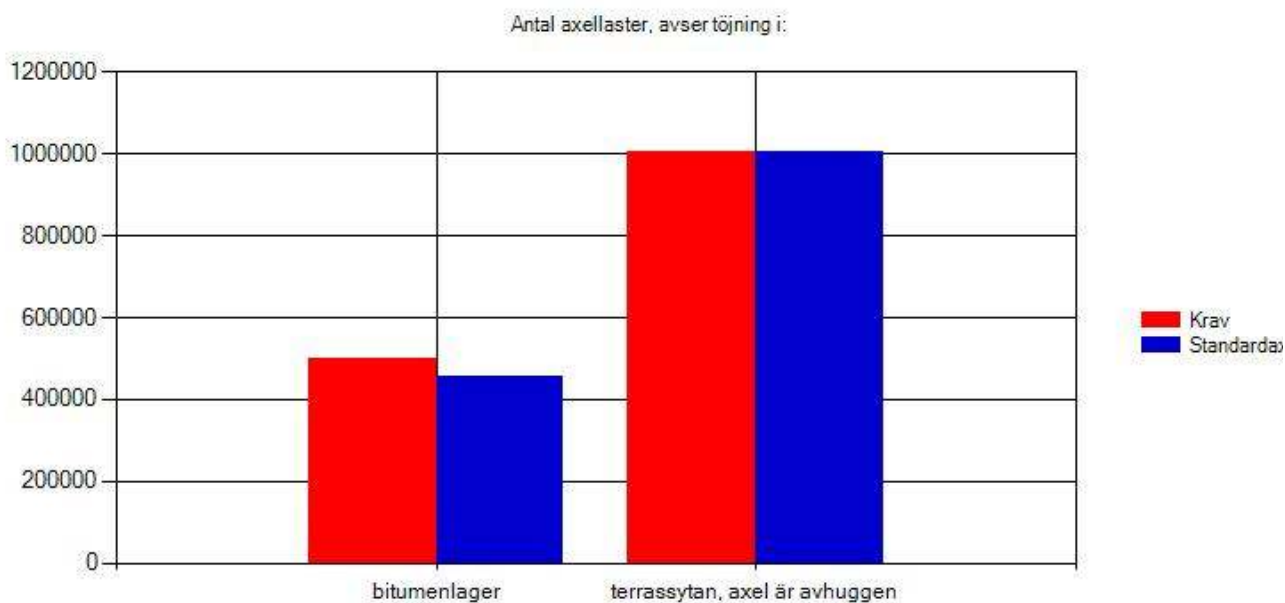
Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
0,000120	0,000308	0,000242	0,000203	0,000250	0,000205

#### Trycktöjning i terrassytan, ackumulerad

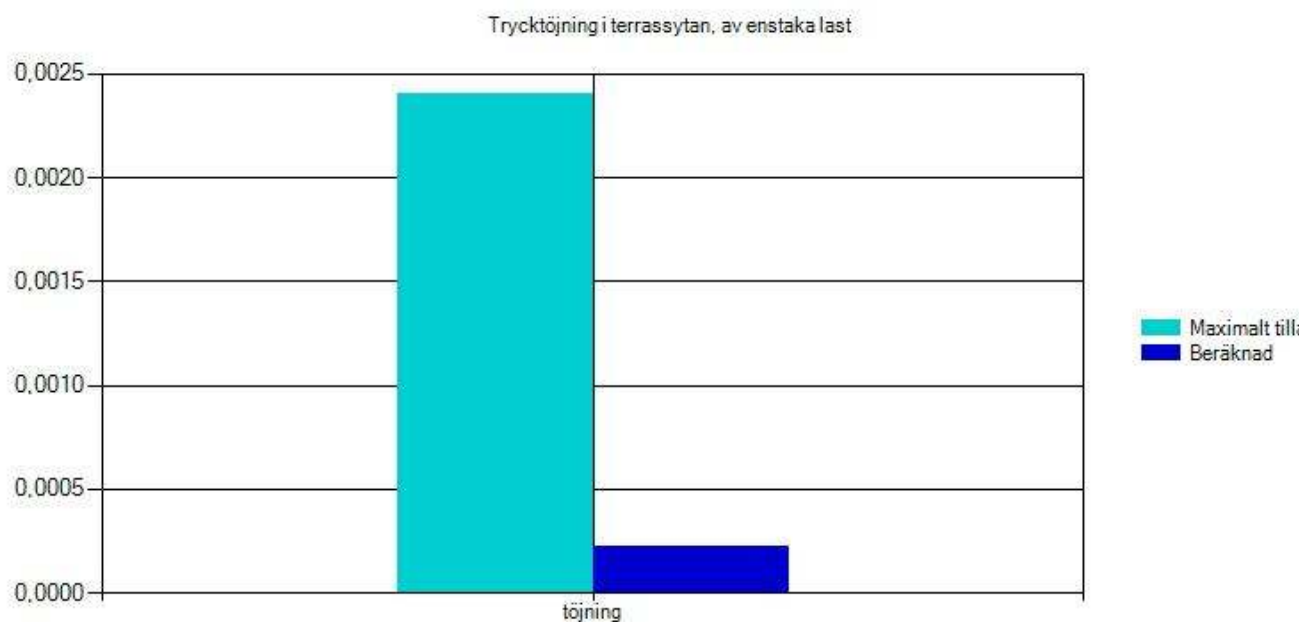
Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
0,000071	0,000082	0,000086	0,000085	0,000088	0,000085

#### Trycktöjning i terrassytan, enstaka last

Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
0,000183	0,000211	0,000220	0,000217	0,000226	0,000218



Antal axellaster, avser töjning i bitumenlager och terrassyta

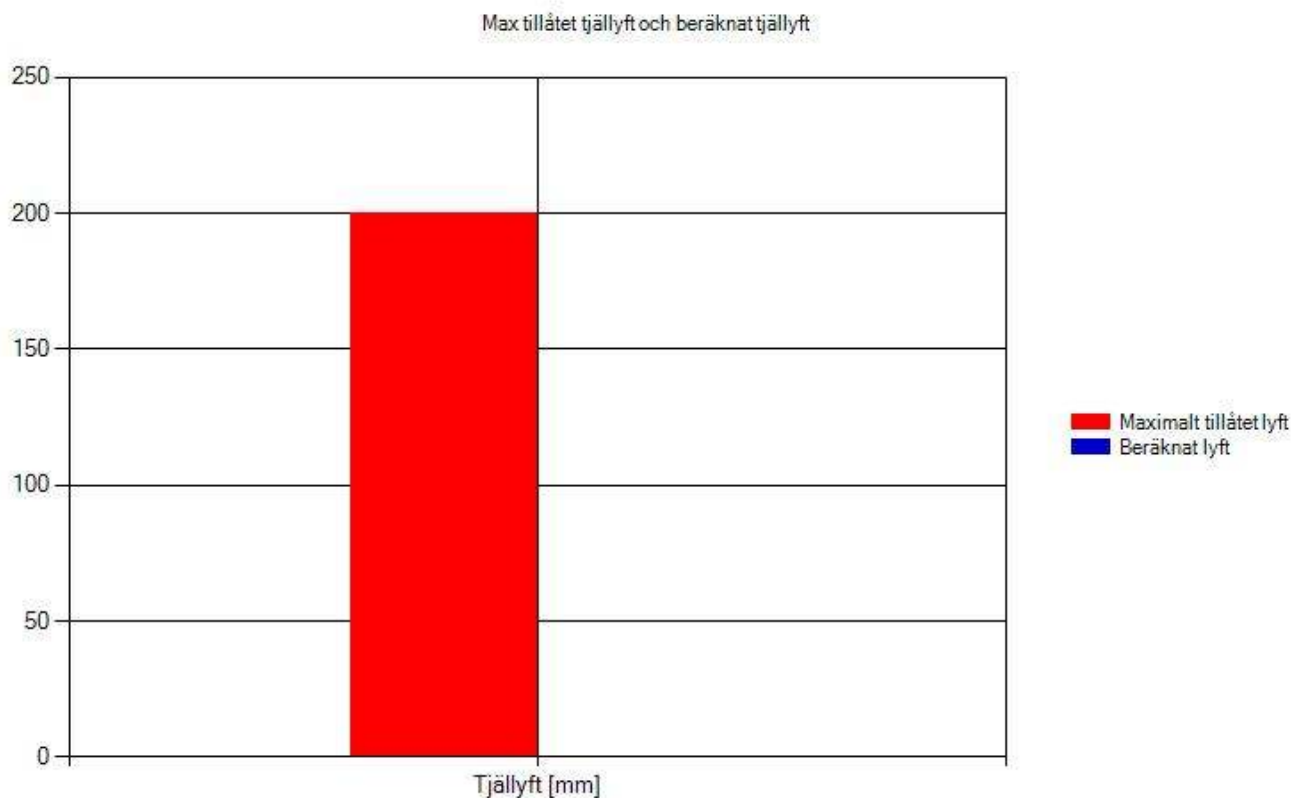


Trycktöjning i terrassyta, av enstaka last

## Tjälberäkning

VViS Id:	716
Beräknat lyft(mm):	0
Maximalt beräknat tjäldjup(mm):	747
Maximalt korrigerat tjäldjup(mm):	747
Max tillåtet lyft(mm):	200
Lyfthastighet ovan terrass(mm/dag):	0,5
Lyfthastighet under terrass(mm/dag):	0,0
Grundvattentemperatur(C):	7,0
Kvot:	0,00
VViS stationsnamn:	Sjöboda
N koordinat:	6275312
E koordinat:	424063
H koordinat:	0
Använd säsong:	96/97

### Kommentar:



### Max tillåtet tjällyft och beräknat tjällyft

Säsong	Lyft [mm]	Utskiftningsdjup [mm]	Utskiftningsdjup korr. [mm]
1996/1997	0	747	747
1997/1998	0	514	514
1999/2000	0	454	454
2000/2001	0	477	477
2001/2002	0	612	612
2002/2003	0	792	792
2003/2004	0	600	600
2004/2005	0	545	545
2005/2006	0	641	641
2006/2007	-1	-1	-1
2007/2008	0	224	224

2008/2009	-1	-1	-1
2009/2010	0	689	689
2010/2011	0	852	852
2011/2012	0	735	7335

# Bilaga 3-

Väg 522, delsträcka 1

# Protokoll för tillståndsbedömning av belagda gator och vägar

Objektets beteckning: v. 522, sträcka 1 (ca 130 m)

Datum: 20/11- 2014

Besiktning av: Anton Vilander

Fyll i svårighetsgrad 1-3 enligt beskrivning i Bära eller brista

## Utbredning

Spårbildning	Lokal	Måttlig	Generell	Anmärkningar
	< 20%	20- 50%	>50%	
Spårdjup			1	

## Sprickbildning

Sprickor i hjulspår				
Krackelering				
Tvärgående sprickor				
Tjälsprickor				
Fogsprickor				
Kantsprickor				
Sprickor på väggren				

## Ytliga skador och defekter

Ojämnheter		1		
Kantdeformation		1		
Separation				
Blödande beläggning				
Stensläpp		2		
Slaghål				
Åldrad beläggningssyta				
Skador vid lagningar				

## Avvattning och dränering

Ytvattenavledning	1			
Dräneringsförmåga			3	Översvämning januari 2015
Vägtrummor				

## Vidtagna åtgärder

Lagning/ lappning				
Försegling				

Övrigt: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Län: G, 7, Kronoberg

Vägnummer: 522.00

Riktning: Med

Körfält: 10

Start löpandelängd: 10720

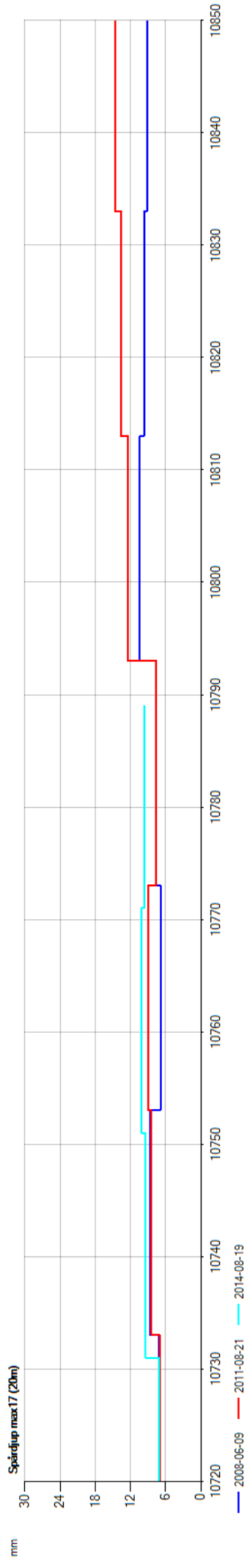
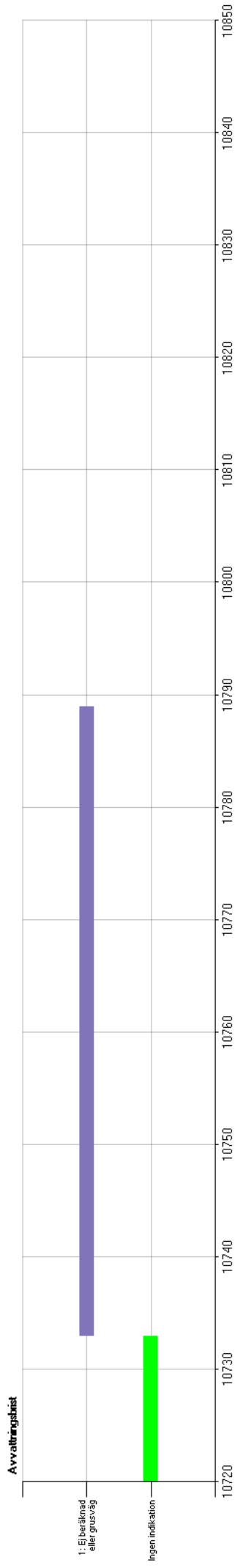
Slut löpandelängd: 10850

Start koordinat: 6274760, 412054

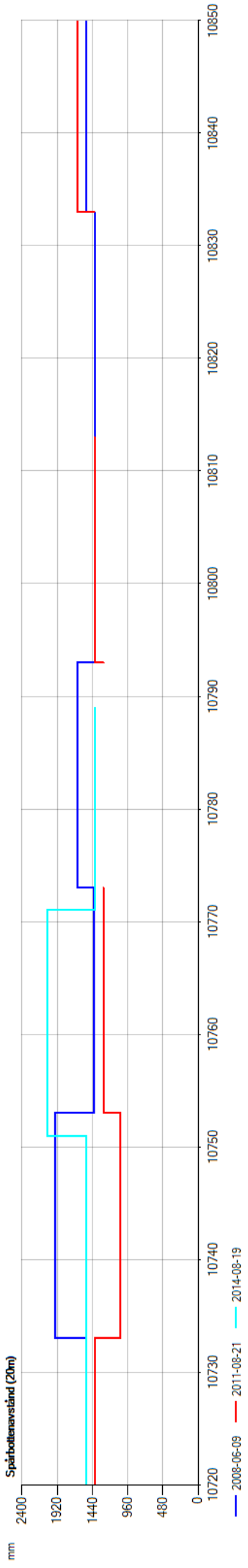
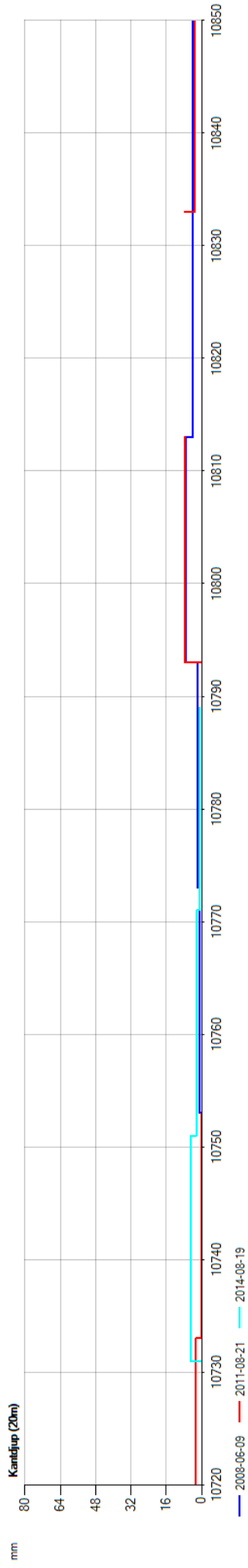
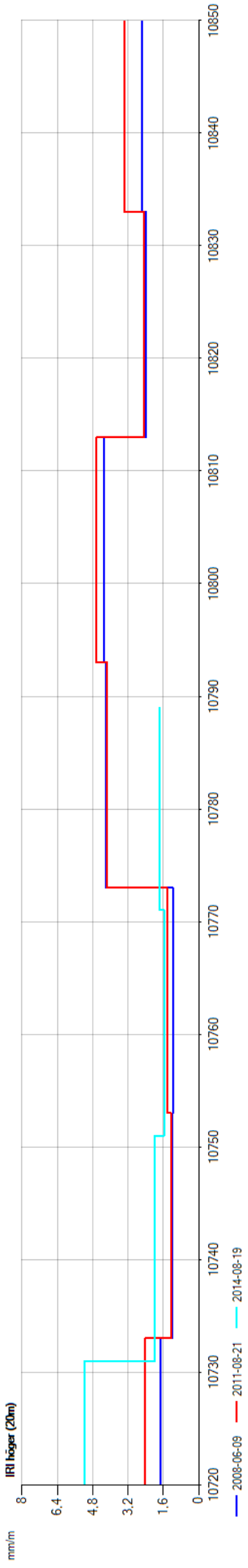
Slut koordinat: 6274812, 412173

Aktuell position löpandelängd: 10720

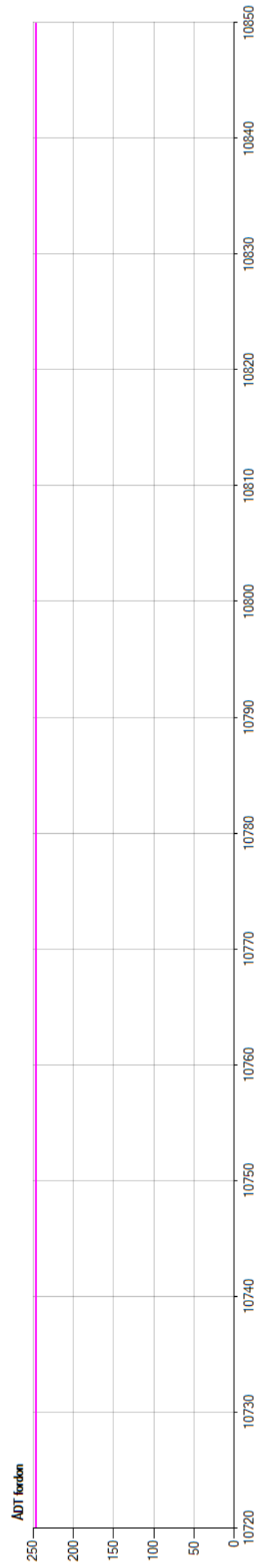
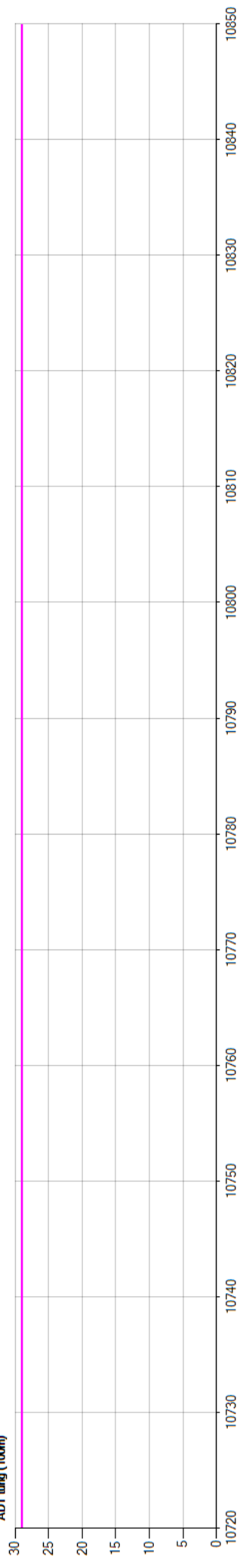
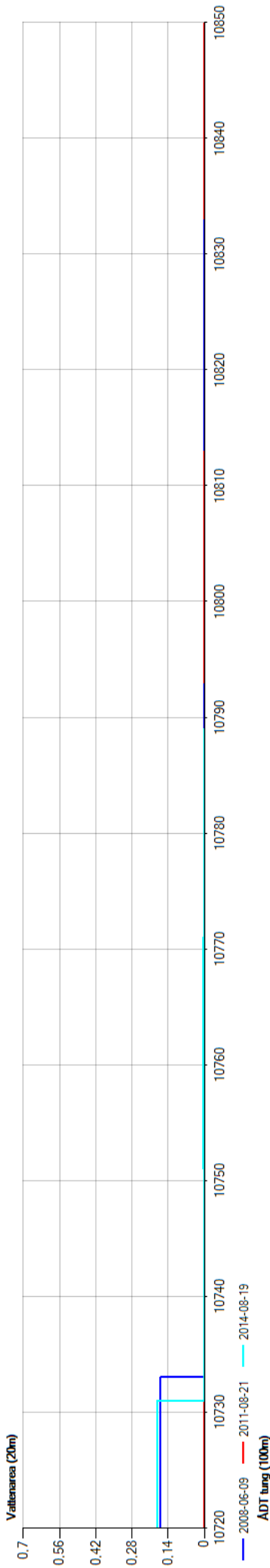
Aktuell position koordinater: 6274760, 412054





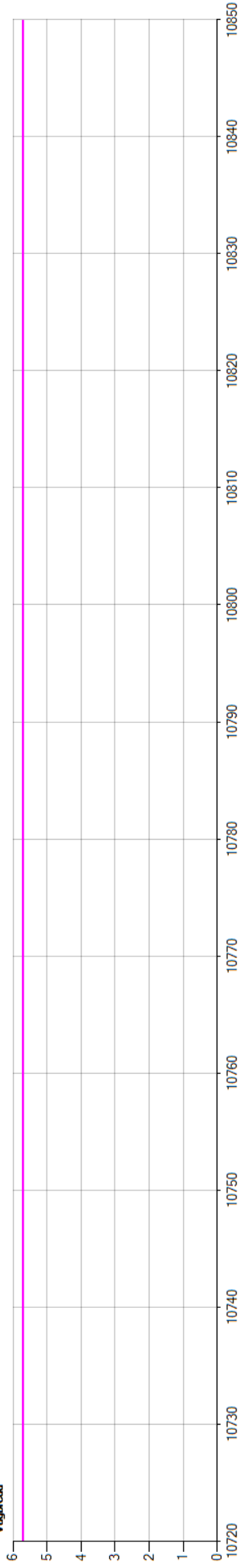


dm2



m

Vägbredd



Beläggningstjocklek

1993-10-14

Y16



Skapad med PMS Objekt version 5.0

Utskriftsdatum: 2015-04-14 20:31

## Projektinformation - Förstärkning

Skapat: 2015-03-24 09:40

Kommentarer till projektet

---

## Avsnittsinformation - Vivljunga- Hinneryd, delsträcka 1 och 2

Avsnitt nr: 2  
Avsnittstyp: FÖRSTÄRKNING  
Skapat datum: 2015-03-24 12:01  
Vägnummer: 522  
Klimatzon: Klimatzon 2  
Referenshastighet(km/h): 70  
Antal körfält: 2  
Län: Kronoberg  
Dimensioneringsperiod(år): 20  
Avsnittslängd(m): 315  
Vägbredd(m): 5,5  
Vägrensbredd(m): 0  
Vägtyp: Normal sektion  
Körfältsbredd riktning 1: 2,5  
Körfält: "Riktning 1"  
StartpunktX:  
StartpunktY:  
StartpunktZ:  
SlutpunktX:  
SlutpunktY:  
SlutpunktZ:  
Släntriktning riktning 1:  
Släntriktning riktning 2:  
Stödremsa: 0  
Skapat av:  
Organisation:  
Skadegrad: 1  
Överbyggnadens  
dräneringsgrad: 3

Kommentarer till avsnittet

## Anmärkningar

1. Bärighetsberäkningen uppfyller inte kraven enligt TRVK Väg
2. Avsnittet har ingen återstående bärighet

## Passerad trafik

**Beräkningsmetod:** Angivet antal passerade standardaxlar  
**Antal passerade standardaxlar:** 240 900

## Trafikberäkning avsnitt

**Beräkningsmetod:** Beräkning enligt TRVK VÄG  
**ÅDTk:** 125  
**Antagen trafikförändring per år(%):** 0  
**Andel tunga fordon(%):** 12  
**Standardaxlar per tungt fordon(B):** 2  
**Justerat Bf = (B x fa x fb x fc):**  $2,544 = 2,0 \times 1,3 \times 0,95 \times 1,03$   
**Beräknat antal standardaxlar:** 278 579

## Befintlig konstruktion

### Lager

#### Lageröversikt

Lager	Tjocklek(mm)	Förändrat	Namn	
1	30	NEJ	Bitumenbundet slit & bärlager	
2	2000	NEJ	Äldre förstärkningslager	
3	0	JA	5e - Silt	<b>ÖVRE TERRASS</b>

Total tjocklek ovanför övre terrassyta: 2030

#### Styvhetsmoduler [MPa]

Lager	Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
1	14500	13000	12000	11500	4000	11000
2	1000	1000	100	100	100	100
3	10	10	10	10	10	10

#### Övriga egenskaper

Lager	Lyft	w	r	h	sr	lofr	lfr
1	NEJ	0,01	2200	0,17	0,13	2	2
2	NEJ	0,05	2000	0,25	0,4	1,56	1,39
3	NEJ	0,25	1700	0,36	1	1,65	2,64

## Återstående bärighet

**Beräkningsmetod:** GBÖ

**Korrigeringsfaktor för dränering(FD):** 0,6

**Antal axellaster, ackumulerad avseende:**

### Krav i underkant bitumenlager

Ntill, bb: 16 771  
 Nekv: 278 579  
 Kvot: 16,61

### Terrassytekrav

Ntill, te: 25 184 553  
 Nekv \* 2: 557 158  
 Kvot: 0,02  
 Livslängd beläggning(år): -16  
 Livslängd terrass(år): 895

### Vertikala trycktöjningar(strain)

#### Töjning i terrassytan, enstaka last(strain)

Beräknad: 0,0006  
 Största tillåtna: 0,0024  
 Kvot: 0,25

#### Töjningar i detalj(strain)

Dragtöjning i bitumenlager, ackumulerad

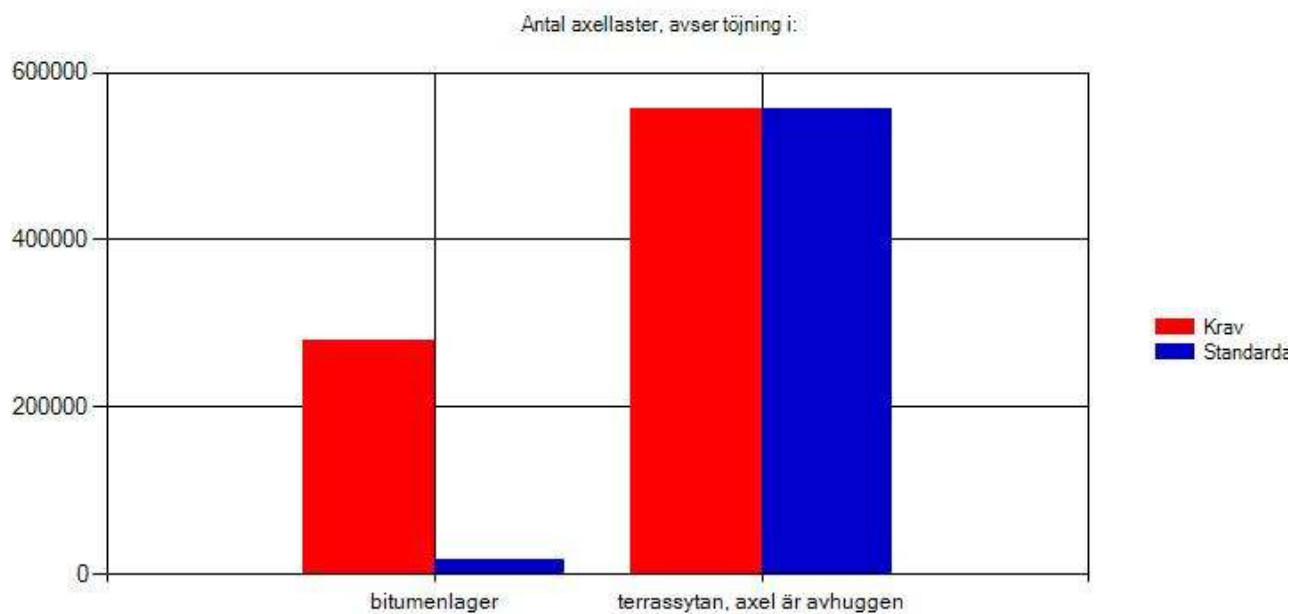
Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
0,000095	0,000095	0,000549	0,000559	0,000821	0,000570

Trycktöjning i terrassytan, ackumulerad

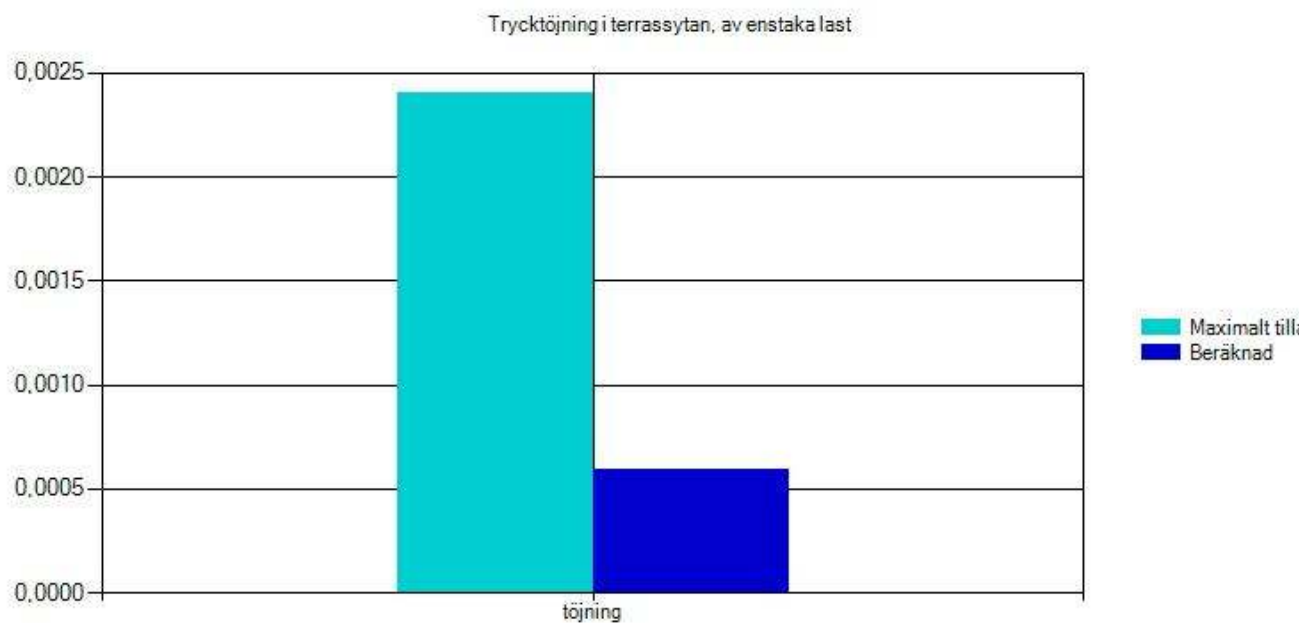
Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
0,000063	0,000064	0,000219	0,000220	0,000228	0,000220

Trycktöjning i terrassytan, enstaka last

Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
0,000165	0,000167	0,000570	0,000570	0,000592	0,000571



Antal axellaster, avser töjning i bitumenlager och terrassyta



Trycktöjning i terrassyta, av enstaka last



## Förstärkt konstruktion

Åtgärdens dräneringsgrad: 1  
 Sprickor kvarstår efter åtgärd, angiven FS: 1

## Lager

### Lageröversikt

Lager	Tjocklek(mm)	Förändrat	Namn	
1	40	NEJ	Bitumenbundet slitlager	
2	100	NEJ	Obundet bärlager	
3	300	NEJ	Förstärkningslager krossat material	
4	0	JA	5e - Silt	ÖVRE TERRASS

Total tjocklek ovanför övre terrassyta: 440

### Styvhetsmoduler [MPa]

Lager	Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
1	14500	13000	12000	11500	4000	11000
2	1000	150	300	450	450	450
3	450	450	450	450	450	450
4	10	10	10	10	10	10

### Övriga egenskaper

Lager	Lyft	w	r	h	sr	lofr	lfr
1	NEJ	0,01	2200	0,17	0,13	2	2
2	NEJ	0,03	2000	0,25	0,24	1,33	1,02
3	NEJ	0,03	2000	0,25	0,24	1,33	1,02
4	NEJ	0,25	1700	0,36	1	1,65	2,64

## Bärighetsberäkning för förstärkt konstruktion

**Beräkningsmetod:** GBÖ

**Korrigeringsfaktor för dränering(FD):** 0,6

**Antal axellaster, ackumulerad avseende:**

### Krav i underkant bitumenlager

Ntill, bb: 518 785  
 Nekv: 278 579  
 Kvot: 0,54

### Terrassytekrav

Ntill, te: 48 704  
 Nekv \* 2: 557 158  
 Kvot: 11,44  
 Livslängd beläggning(år): 37  
 Livslängd terrass(år): 2

### Vertikala trycktöjningar(strain)

#### Töjning i terrassytan, enstaka last(strain)

Beräknad: 0,0029  
 Största tillåtna: 0,0024  
 Kvot: 1,21

#### Töjningar i detalj(strain)

Dragtöjning i bitumenlager, ackumulerad

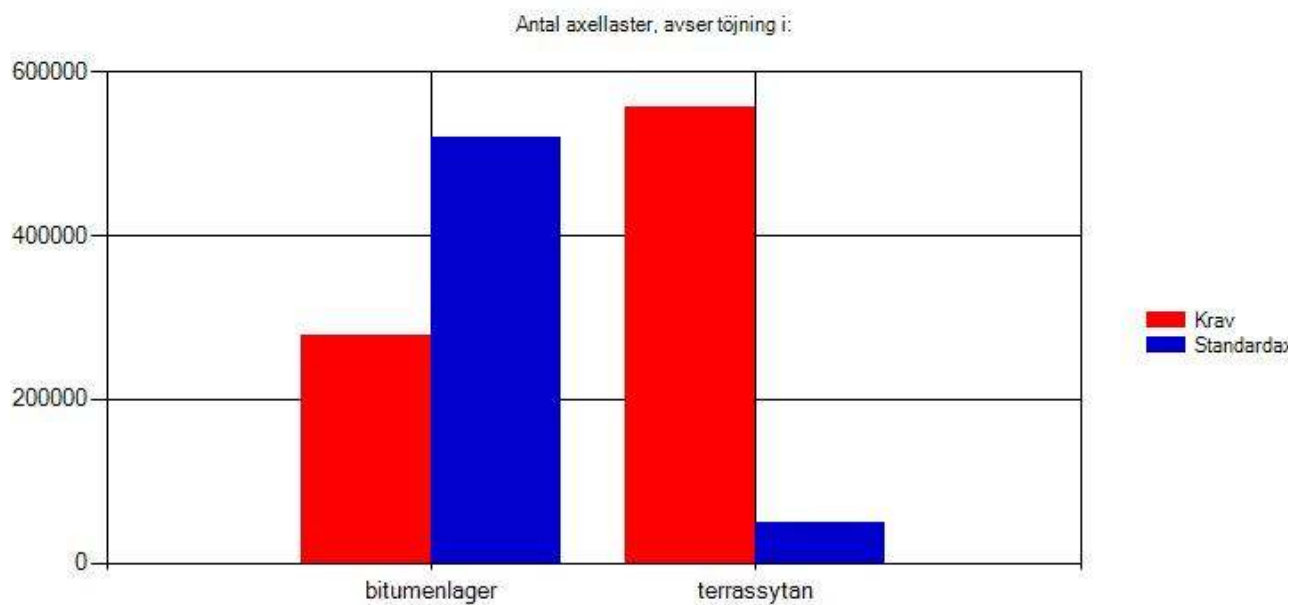
Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
0,000110	0,000309	0,000236	0,000193	0,000201	0,000194

#### Trycktöjning i terrassytan, ackumulerad

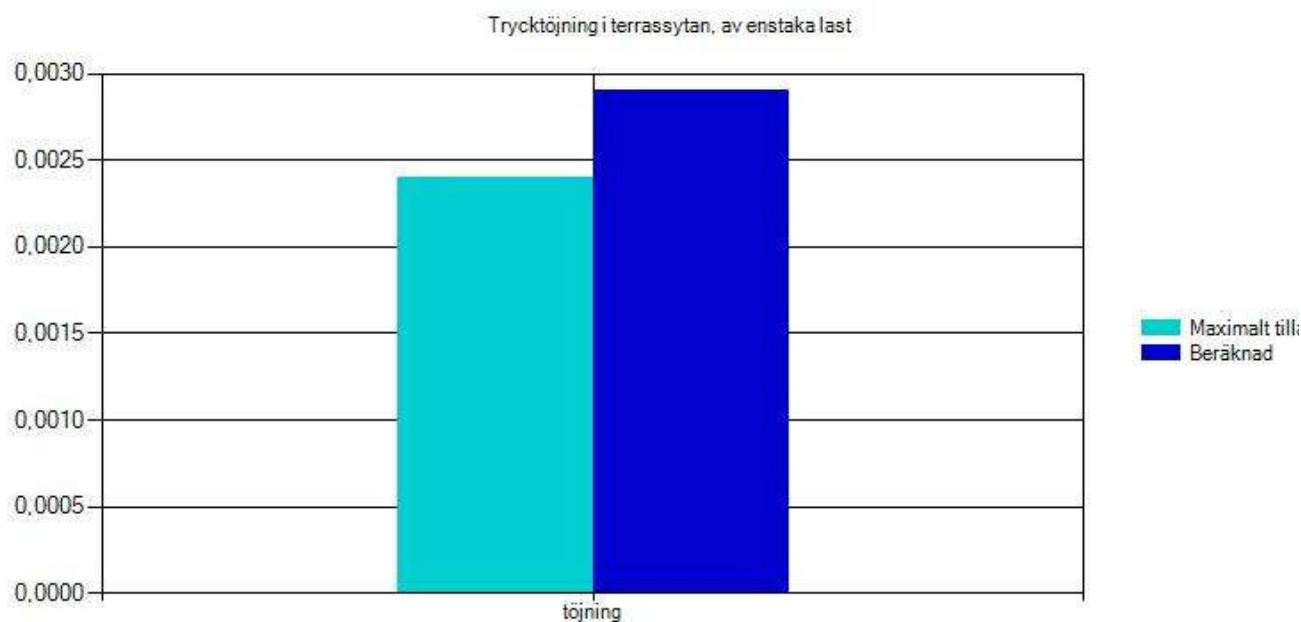
Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
0,000851	0,001139	0,001020	0,000962	0,001057	0,000966

#### Trycktöjning i terrassytan, enstaka last

Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
0,002180	0,002908	0,002606	0,002462	0,002707	0,002470



Antal axellaster, avser töjning i bitumenlager och terrassyta



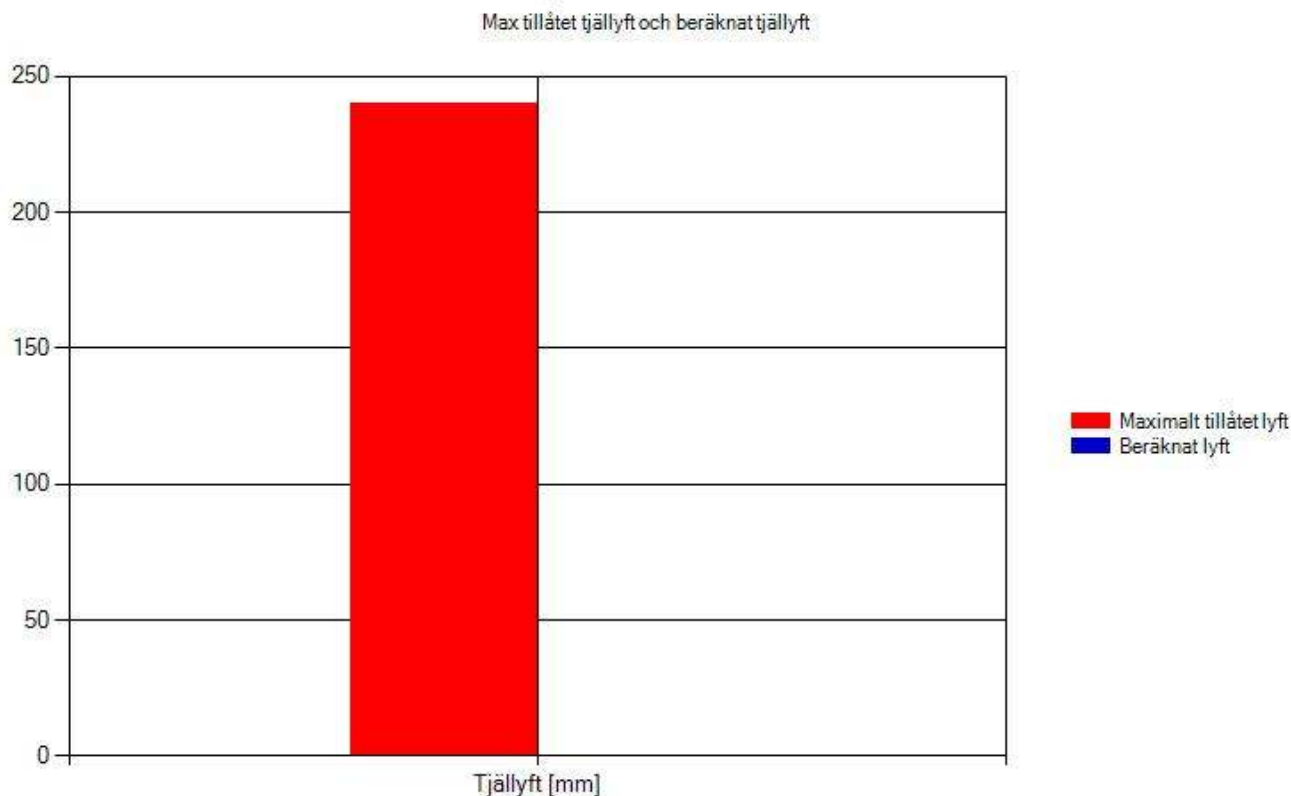
Trycktöjning i terrassyta, av enstaka last

## Tjälberäkning

VViS Id:	702
Beräknat lyft(mm):	0
Maximalt beräknat tjäldjup(mm):	465
Maximalt korrigerat tjäldjup(mm):	465
Max tillåtet lyft(mm):	240
Lyfthastighet ovan terrass(mm/dag):	0,5
Lyfthastighet under terrass(mm/dag):	0,0
Grundvattentemperatur(C):	7,0
Kvot:	0,00
VViS stationsnamn:	Annerstad
N koordinat:	6288875
E koordinat:	419305
H koordinat:	0
Använd säsong:	92/93

Lyfthastighet under terrassyta(mm/dag) är förändrat från: 2 till 0

Kommentar:



Max tillåtet tjällyft och beräknat tjällyft

Säsong	Lyft [mm]	Utskiftningsdjup [mm]	Utskiftningsdjup korr. [mm]
1992/1993	0	465	465
1993/1994	0	562	562
1994/1995	0	402	402
1995/1996	0	574	574
1996/1997	0	580	580
1997/1998	0	446	446
1999/2000	0	440	440
2000/2001	0	440	440
2001/2002	0	478	478

2002/2003	0	562	562
2003/2004	0	562	562
2005/2006	0	562	562
2006/2007	0	329	329
2007/2008	0	164	164
2008/2009	0	452	452
2009/2010	0	696	696
2010/2011	0	636	6336

# Bilaga 4-

Väg 522, delsträcka 2

# Protokoll för tillståndsbedömning av belagda gator och vägar

Objektets beteckning: v. 522, sträcka 2 (ca 180 m)

Datum: 20/11- 2014

Besiktning av: Anton Vilander

Fyll i svårighetsgrad 1-3 enligt beskrivning i Bära eller brista

## Utbredning

Spårbildning	Lokal	Måttlig	Generell	Anmärkningar
	< 20%	20- 50%	>50%	
Spårdjup	2			Generellt svårighetsgrad 1

## Sprickbildning

Sprickor i hjulspår				
Krackelering				
Tvärgående sprickor				
Tjälsprickor				
Fogsprickor				
Kantsprickor	1			
Sprickor på väggren				

## Ytliga skador och defekter

Ojämnheter			2	
Kantdeformation	2			
Separation				
Blödande beläggning				
Stensläpp			2	
Slaghål				
Åldrad beläggningssyta				
Skador vid lagningar				

## Avvattning och dränering

Ytvattenavledning	1			
Dräneringsförmåga			3	
Vägtrummor				

## Vidtagna åtgärder

Lagning/ lappning				
Försegling				

Övrigt: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Län: G, 7, Kronoberg

Vägnummer: 522.00

Riktning: Med

Körfält: 10

Start löpandelängd: 10470

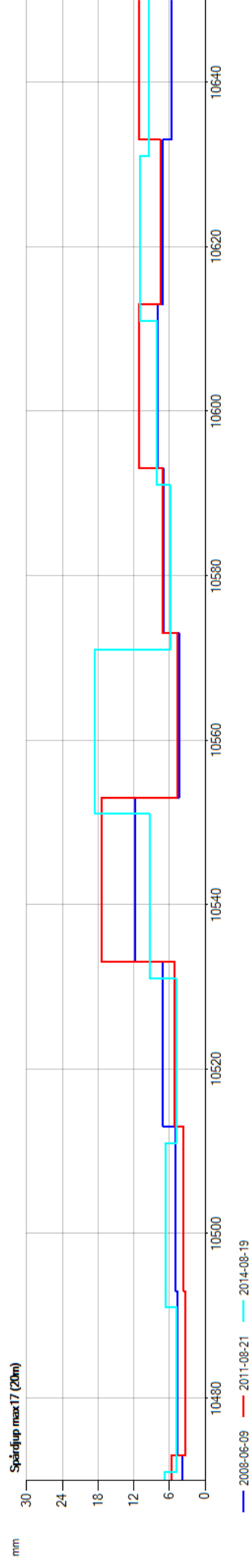
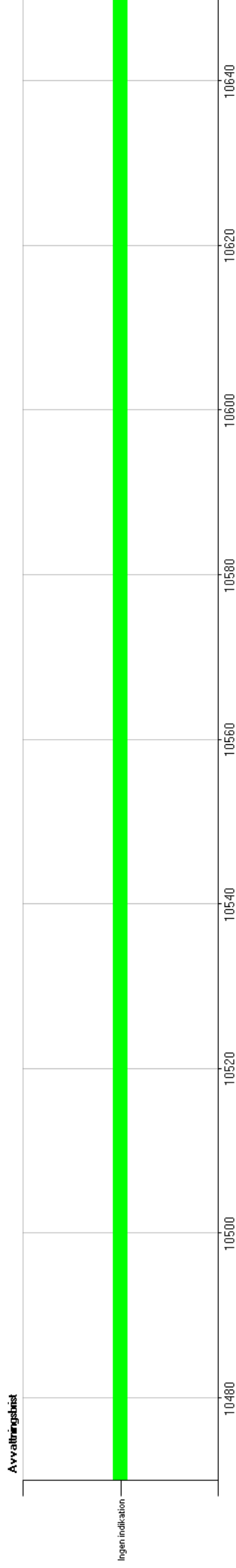
Slut löpandelängd: 10650

Start koordinat: 6274662, 411824

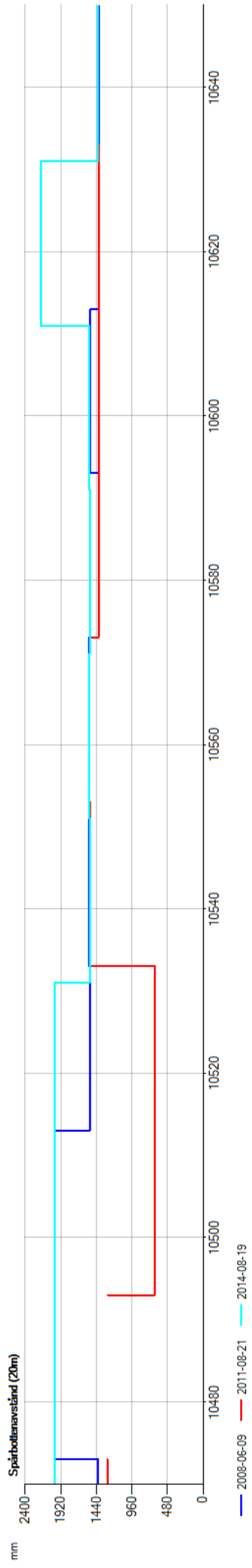
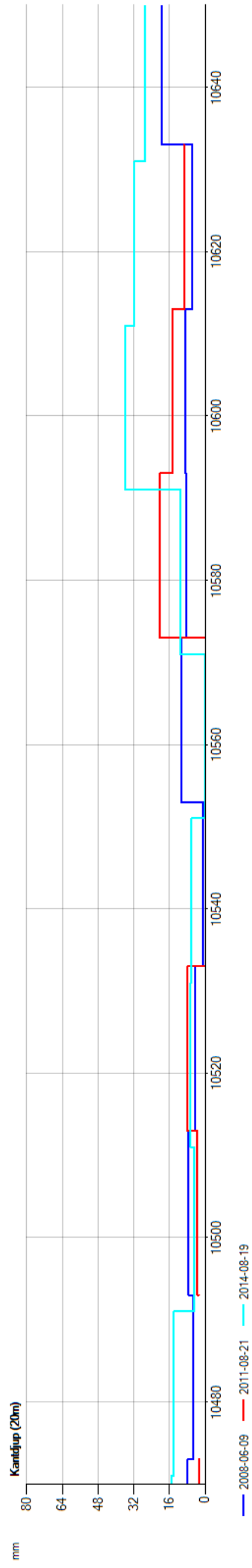
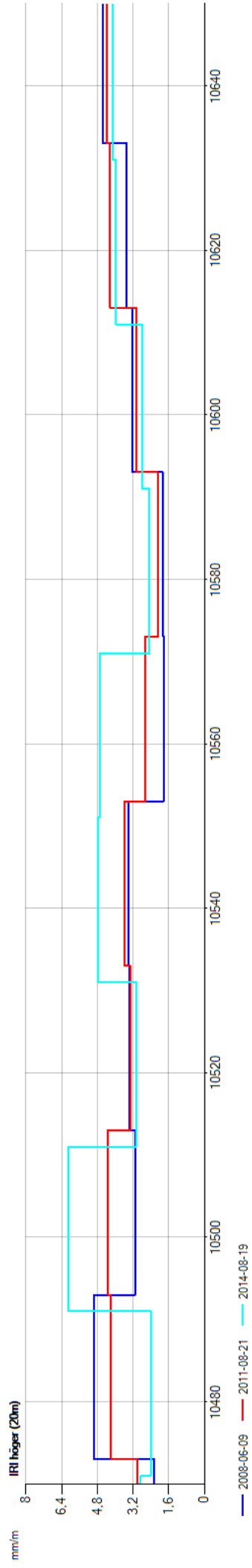
Slut koordinat: 6274733, 411989

Aktuell position löpandelängd: 10470

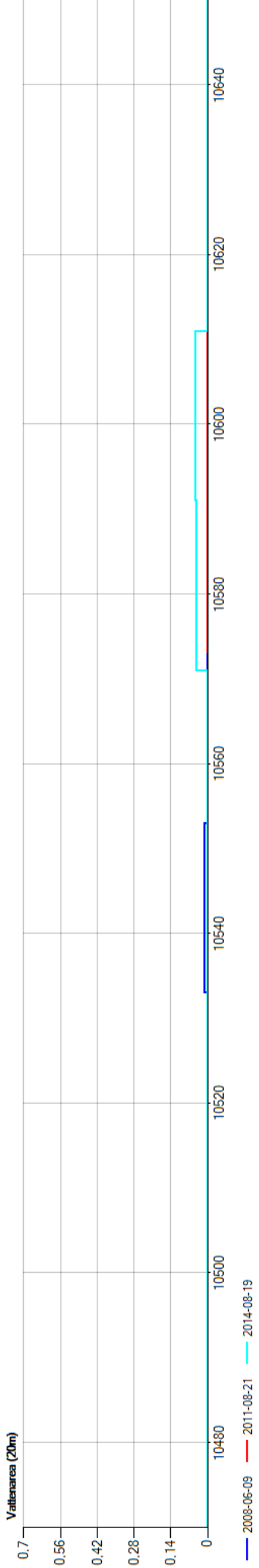
Aktuell position koordinater: 6274662, 411824



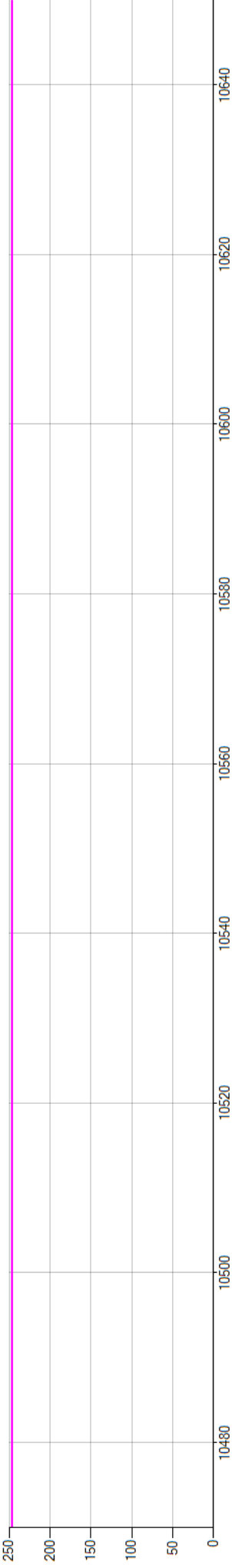




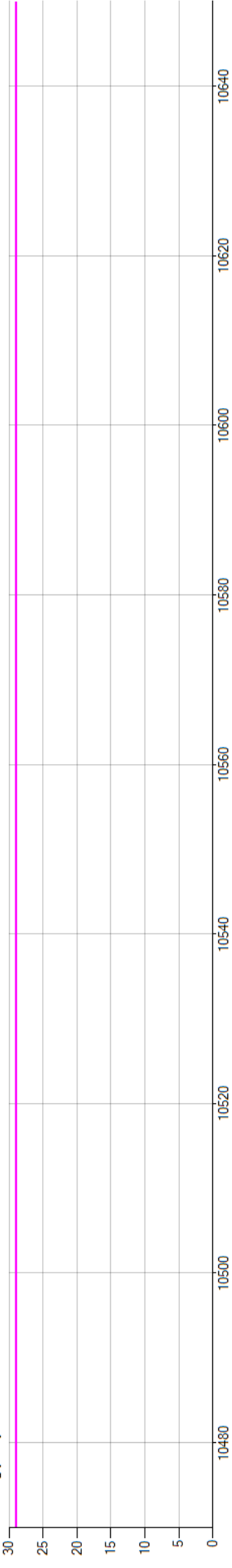
dm2

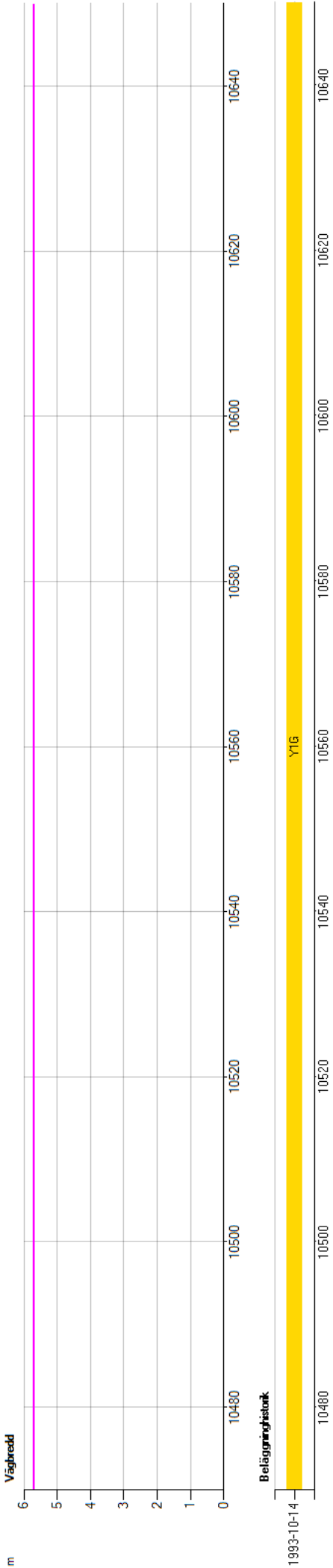


**ADT fordon**



**ADT tung (100m)**





För PMS Objekt, se bilaga 3

# Bilaga 5-

Väg 522, delsträcka 3

# Protokoll för tillståndsbedömning av belagda gator och vägar

Objektets beteckning: v. 522, sträcka 3 (ca 220 m)

Datum: 20/11- 2014

Besiktning av: Anton Vilander

Fyll i svårighetsgrad 1-3 enligt beskrivning i Bära eller brista

## Utbredning

Spårbildning	Lokal	Måttlig	Generell	Anmärkningar
	< 20%	20- 50%	>50%	
Spårdjup			1	

## Sprickbildning

Sprickor i hjulspår		1		
Krackelering	3			
Tvärgående sprickor				
Tjälsprickor				
Fogsprickor				
Kantsprickor	1			
Sprickor på väggren				

## Ytliga skador och defekter

Ojämnheter			1	
Kantdeformation				
Separation				
Blödande beläggning				
Stensläpp			2	
Slaghål				
Åldrad beläggningssyta				
Skador vid lagningar				

## Avvattning och dränering

Ytvattenavledning		2		
Dräneringsförmåga			3	
Vägtrummor				

## Vidtagna åtgärder

Lagning/ lappning	1			
Försegling				

Övrigt: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Län: G, 7, Kronoberg

Vägnummer: 522.00

Riktning: Med

Körfält: 10

Start löpandelängd: 8360

Slut löpandelängd: 8580

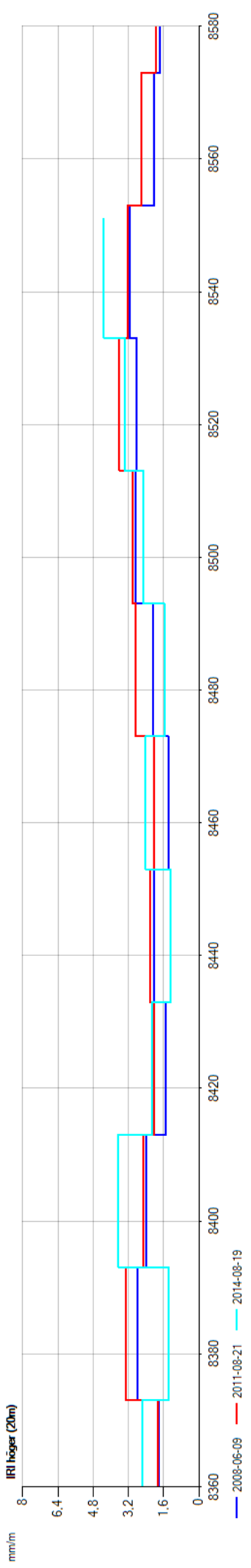
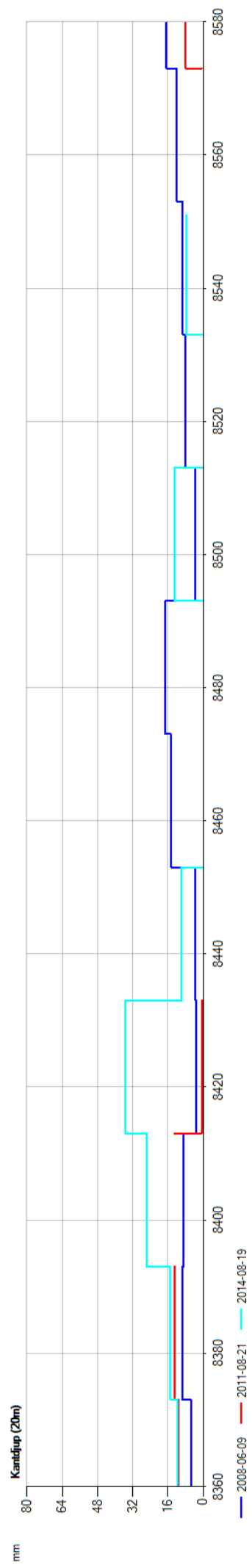
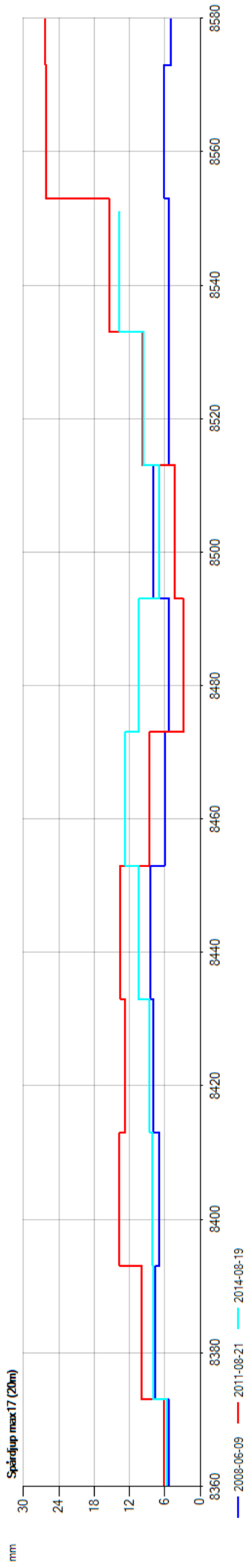
Start koordinat: 6273885, 409879

Slut koordinat: 6273919, 410095

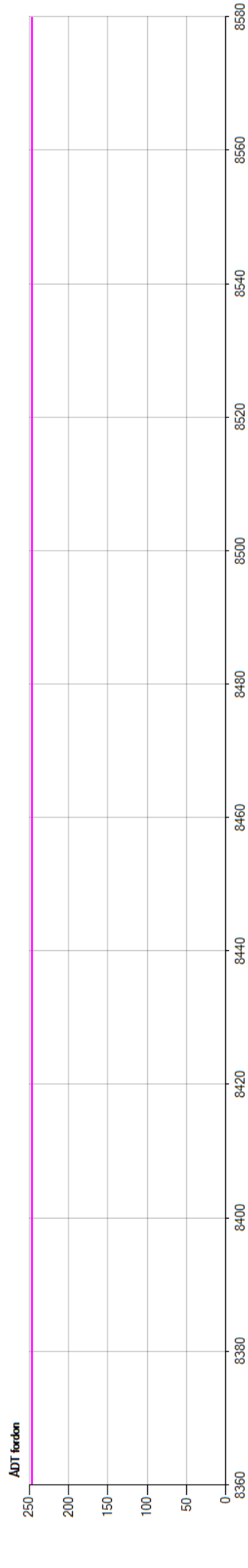
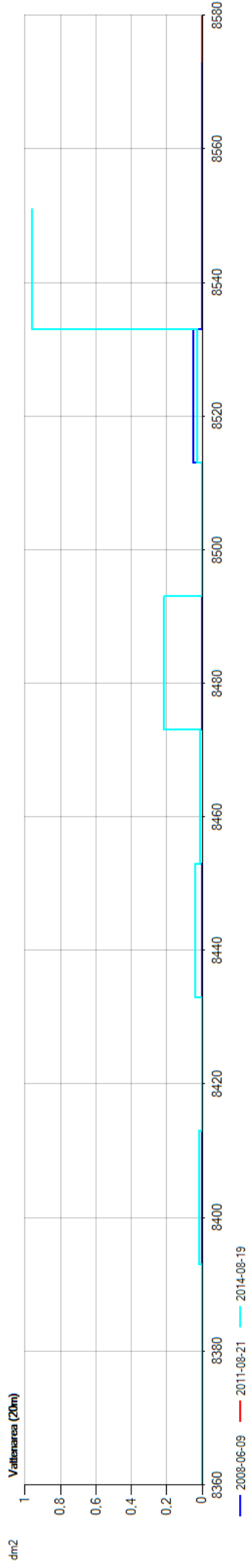
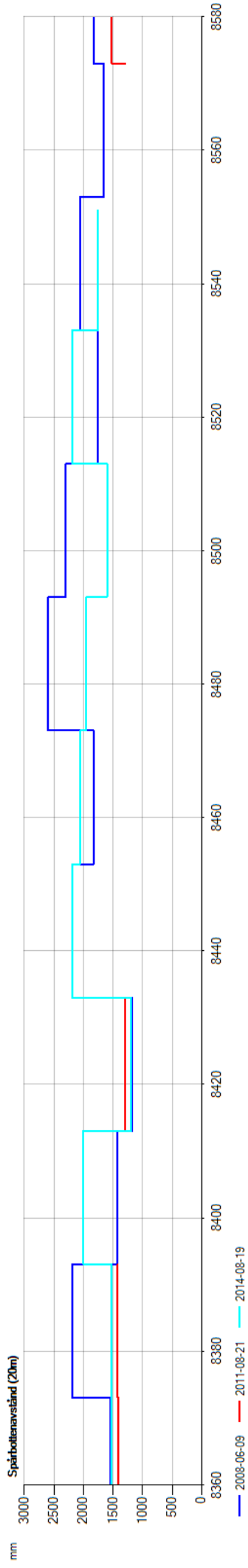
Aktuell position löpandelängd: 8360

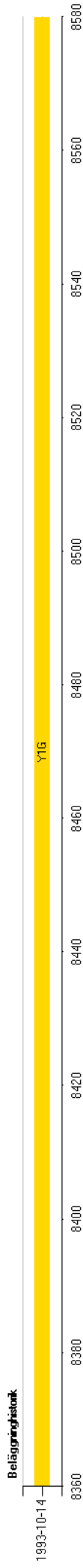
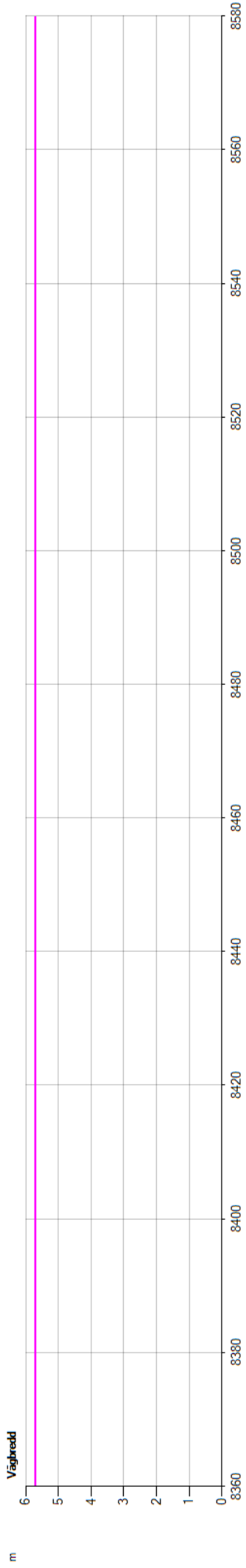
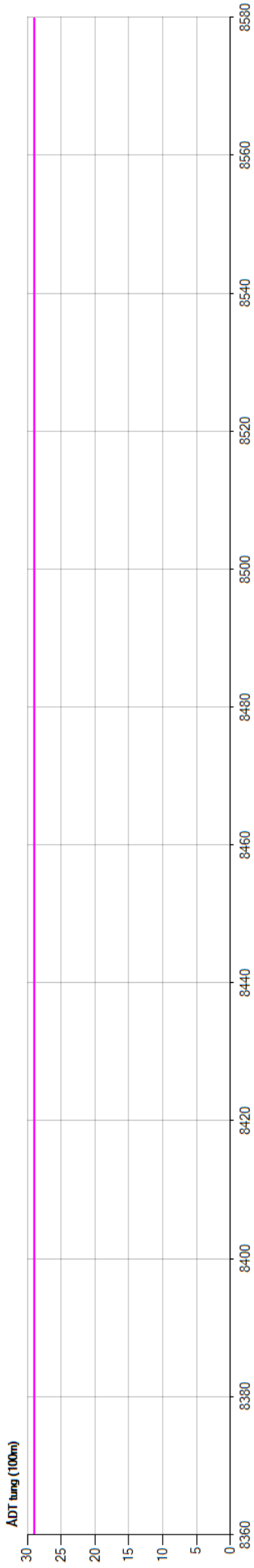
Aktuell position koordinater: 6273885, 409879











Skapad med PMS Objekt version 5.0

Utskriftsdatum: 2015-04-14 20:37

## Projektinformation - Förstärkning

Skapat: 2015-03-24 09:40

Kommentarer till projektet

---

## Avsnittsinformation - Vivljunga- Hinneryd, delsträcka 3

Avsnitt nr: 3  
Avsnittstyp: FÖRSTÄRKNING  
Skapat datum: 2015-03-24 13:20  
Vägnummer: 522  
Klimatzon: Klimatzon 2  
Referenshastighet(km/h): 70  
Antal körfält: 2  
Län: Kronoberg  
Dimensioneringsperiod(år): 20  
Avsnittslängd(m): 225  
Vägbredd(m): 5,5  
Vägrensbredd(m): 0  
Vägtyp: Normal sektion  
Körfältsbredd riktning 1: 2,5  
Körfält: "Riktning 1"  
StartpunktX:  
StartpunktY:  
StartpunktZ:  
SlutpunktX:  
SlutpunktY:  
SlutpunktZ:  
Släntriktning riktning 1:  
Släntriktning riktning 2:  
Stödremsa: 0  
Skapat av:  
Organisation:  
Skadegrad: 1  
Överbyggnadens  
dräneringsgrad: 3

Kommentarer till avsnittet

## Anmärkningar

1. Bärighetsberäkningen uppfyller inte kraven enligt TRVK Väg
2. Avsnittet har ingen återstående bärighet

## Passerad trafik

**Beräkningsmetod:** Angivet antal passerade standardaxlar  
**Antal passerade standardaxlar:** 240 900

## Trafikberäkning avsnitt

**Beräkningsmetod:** Beräkning enligt TRVK VÄG  
**ÅDTk:** 125  
**Antagen trafikförändring per år(%):** 0  
**Andel tunga fordon(%):** 12  
**Standardaxlar per tungt fordon(B):** 2  
**Justerat Bf = (B x fa x fb x fc):**  $2,544 = 2,0 \times 1,3 \times 0,95 \times 1,03$   
**Beräknat antal standardaxlar:** 278 579

## Befintlig konstruktion

### Lager

#### Lageröversikt

Lager	Tjocklek(mm)	Förändrat	Namn	
1	30	NEJ	Bitumenbundet slit & bärlager	
2	300	NEJ	Äldre bärlager	
3	0	JA	5e - Silt	ÖVRE TERRASS

Total tjocklek ovanför övre terrassyta: 330

#### Styvhetsmoduler [MPa]

Lager	Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
1	14500	13000	12000	11500	4000	11000
2	1000	100	200	300	300	300
3	10	10	10	10	10	10

#### Övriga egenskaper

Lager	Lyft	w	r	h	sr	lofr	lfr
1	NEJ	0,01	2200	0,17	0,13	2	2
2	NEJ	0,05	2000	0,25	0,4	1,56	1,39
3	NEJ	0,25	1700	0,36	1	1,65	2,64

## Återstående bärighet

**Beräkningsmetod:** GBÖ

**Korrigeringsfaktor för dränering(FD):** 0,6

**Antal axellaster, ackumulerad avseende:**

### Krav i underkant bitumenlager

Ntill, bb: 65 996  
 Nekv: 278 579  
 Kvot: 4,22

### Terrassytekrav

Ntill, te: 2 136  
 Nekv \* 2: 557 158  
 Kvot: 260,84  
 Livslängd beläggning(år): -13  
 Livslängd terrass(år): -9

## Vertikala trycktöjningar(strain)

### Töjning i terrassytan, enstaka last(strain)

Beräknad: 0,0097  
 Största tillåtna: 0,0024  
 Kvot: 4,02

### Töjningar i detalj(strain)

**Dragtöjning i bitumenlager, ackumulerad**

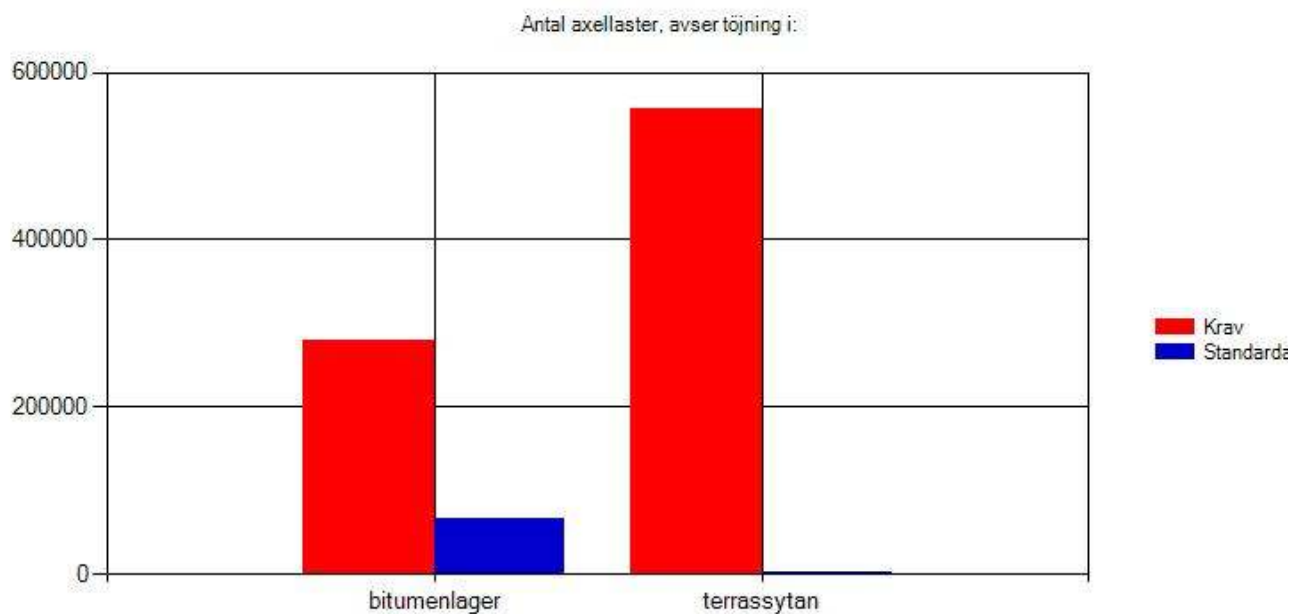
Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
0,000068	0,000583	0,000380	0,000274	0,000249	0,000276

**Trycktöjning i terrassytan, ackumulerad**

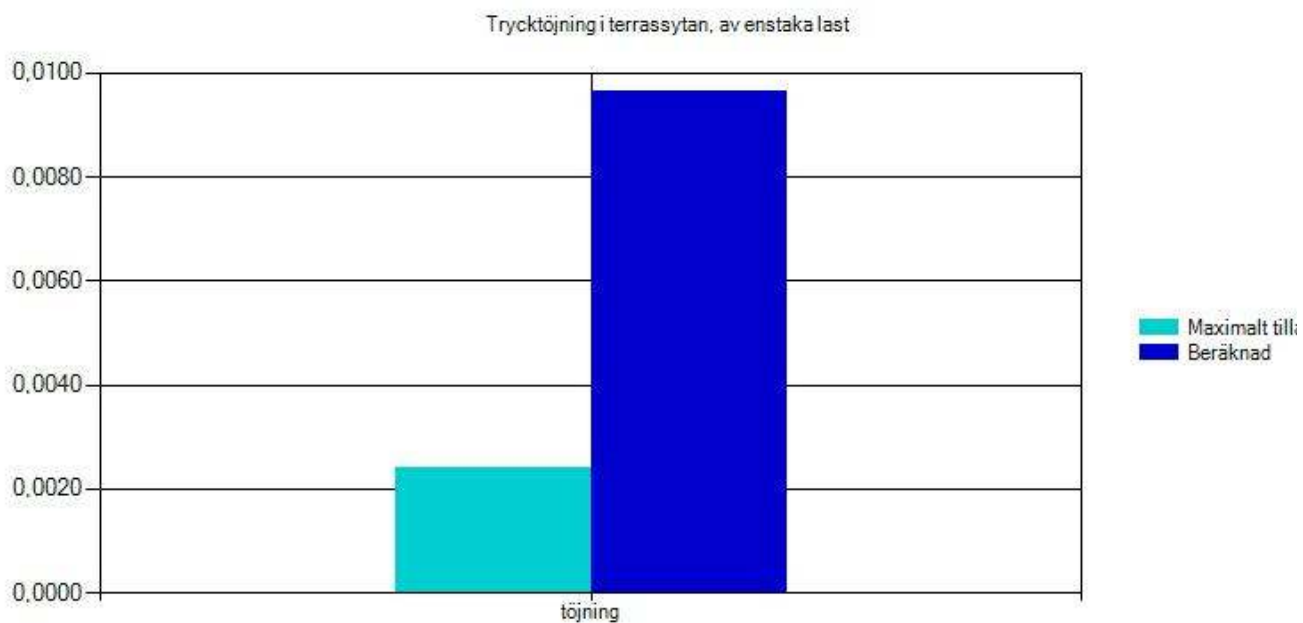
Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
0,000907	0,003795	0,002572	0,002000	0,002157	0,002005

**Trycktöjning i terrassytan, enstaka last**

Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
0,002332	0,009657	0,006568	0,005118	0,005532	0,005133



Antal axellaster, avser töjning i bitumenlager och terrassyta



Trycktöjning i terrassyta, av enstaka last

## Förstärkt konstruktion

Åtgärdens dräneringsgrad: 1  
 Sprickor kvarstår efter åtgärd, angiven FS: 1

## Lager

### Lageröversikt

Lager	Tjocklek(mm)	Förändrat	Namn	
1	40	NEJ	Bitumenbundet slitlager	
2	100	NEJ	Obundet bärlager	
3	300	NEJ	Förstärkningslager krossat material	
4	0	JA	5e - Silt	ÖVRE TERRASS

Total tjocklek ovanför övre terrassyta: 440

### Styvhetsmoduler [MPa]

Lager	Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
1	14500	13000	12000	11500	4000	11000
2	1000	150	300	450	450	450
3	450	450	450	450	450	450
4	10	10	10	10	10	10

### Övriga egenskaper

Lager	Lyft	w	r	h	sr	lofr	lfr
1	NEJ	0,01	2200	0,17	0,13	2	2
2	NEJ	0,03	2000	0,25	0,24	1,33	1,02
3	NEJ	0,03	2000	0,25	0,24	1,33	1,02
4	NEJ	0,25	1700	0,36	1	1,65	2,64



## Bärighetsberäkning för förstärkt konstruktion

**Beräkningsmetod:** GBÖ

**Korrigeringsfaktor för dränering(FD):** 0,6

**Antal axellaster, ackumulerad avseende:**

### Krav i underkant bitumenlager

Ntill, bb: 518 785  
 Nekv: 278 579  
 Kvot: 0,54

### Terrassytekrav

Ntill, te: 48 704  
 Nekv \* 2: 557 158  
 Kvot: 11,44  
 Livslängd beläggning(år): 37  
 Livslängd terrass(år): 2

### Vertikala trycktöjningar(strain)

#### Töjning i terrassytan, enstaka last(strain)

Beräknad: 0,0029  
 Största tillåtna: 0,0024  
 Kvot: 1,21

#### Töjningar i detalj(strain)

Dragtöjning i bitumenlager, ackumulerad

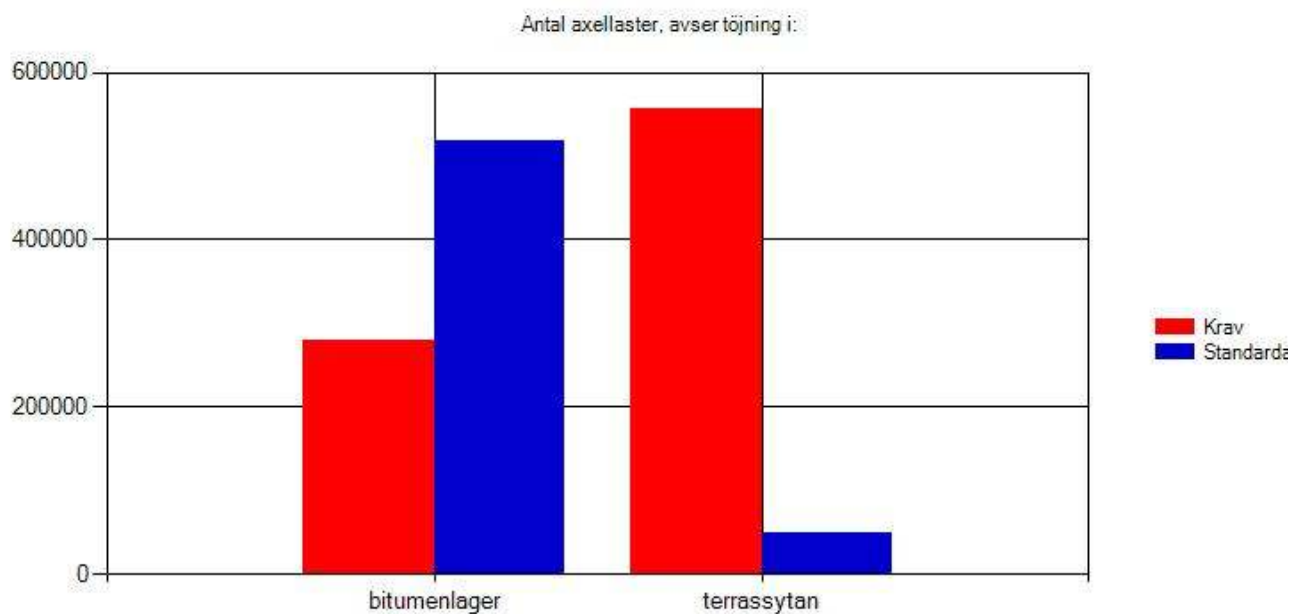
Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
0,000110	0,000309	0,000236	0,000193	0,000201	0,000194

#### Trycktöjning i terrassytan, ackumulerad

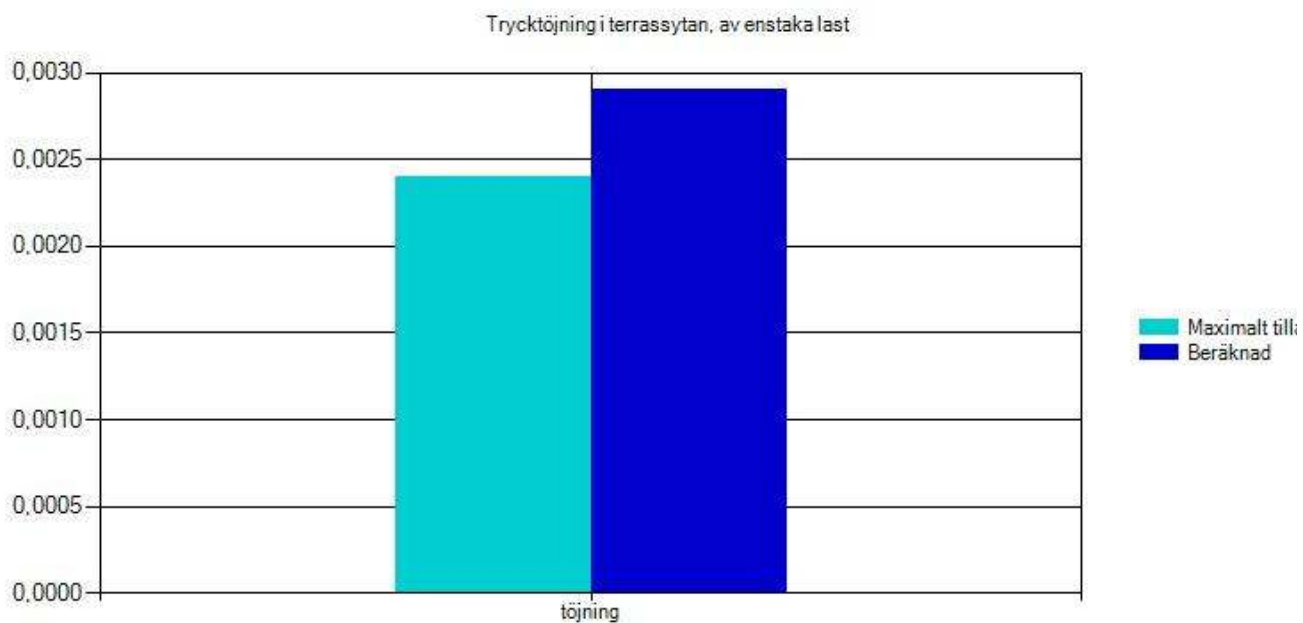
Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
0,000851	0,001139	0,001020	0,000962	0,001057	0,000966

#### Trycktöjning i terrassytan, enstaka last

Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
0,002180	0,002908	0,002606	0,002462	0,002707	0,002470



Antal axellaster, avser töjning i bitumenlager och terrassyta



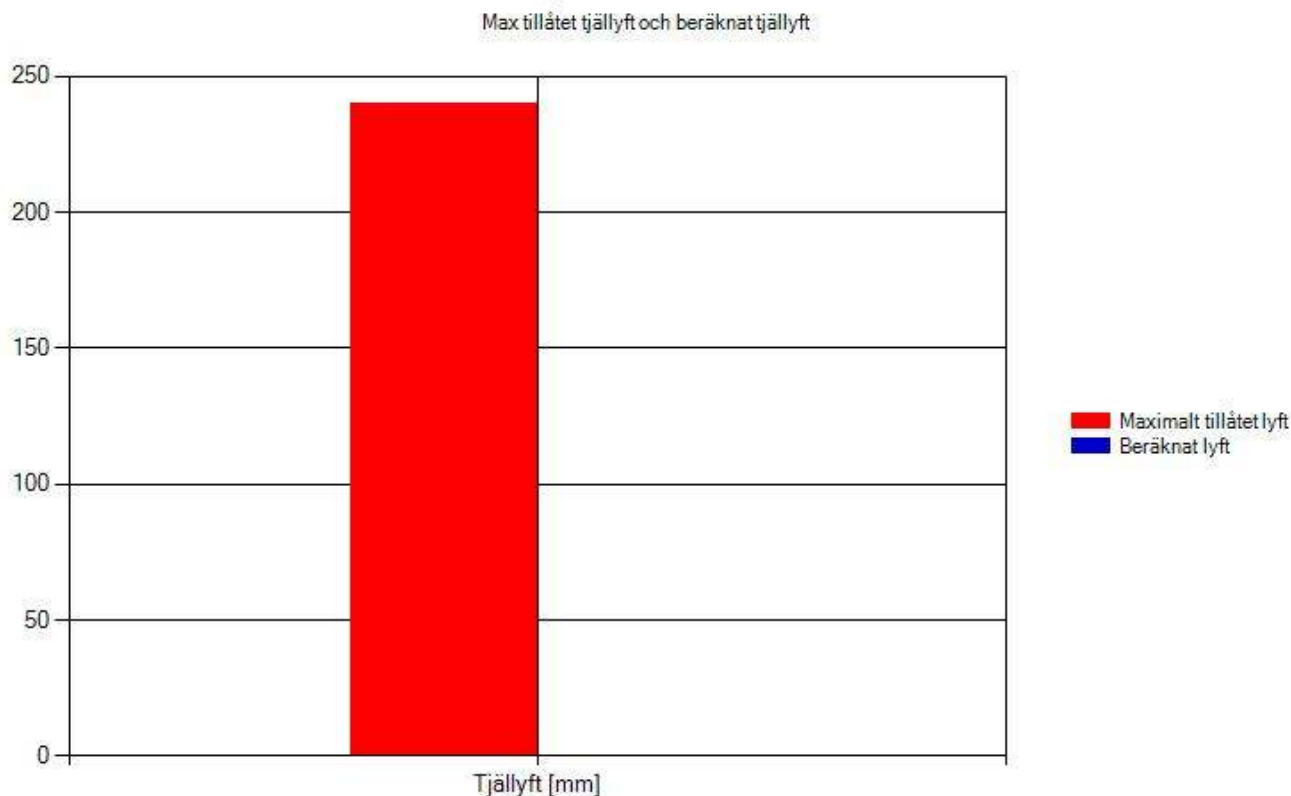
Trycktöjning i terrassyta, av enstaka last

## Tjälberäkning

VViS Id:	702
Beräknat lyft(mm):	0
Maximalt beräknat tjäldjup(mm):	465
Maximalt korrigerat tjäldjup(mm):	465
Max tillåtet lyft(mm):	240
Lyfthastighet ovan terrass(mm/dag):	0,5
Lyfthastighet under terrass(mm/dag):	0,0
Grundvattentemperatur(C):	7,0
Kvot:	0,00
VViS stationsnamn:	Annerstad
N koordinat:	6288875
E koordinat:	419305
H koordinat:	0
Använd säsong:	92/93

Lyfthastighet under terrassyta(mm/dag) är förändrat från: 2 till 0

Kommentar:



Max tillåtet tjällyft och beräknat tjällyft

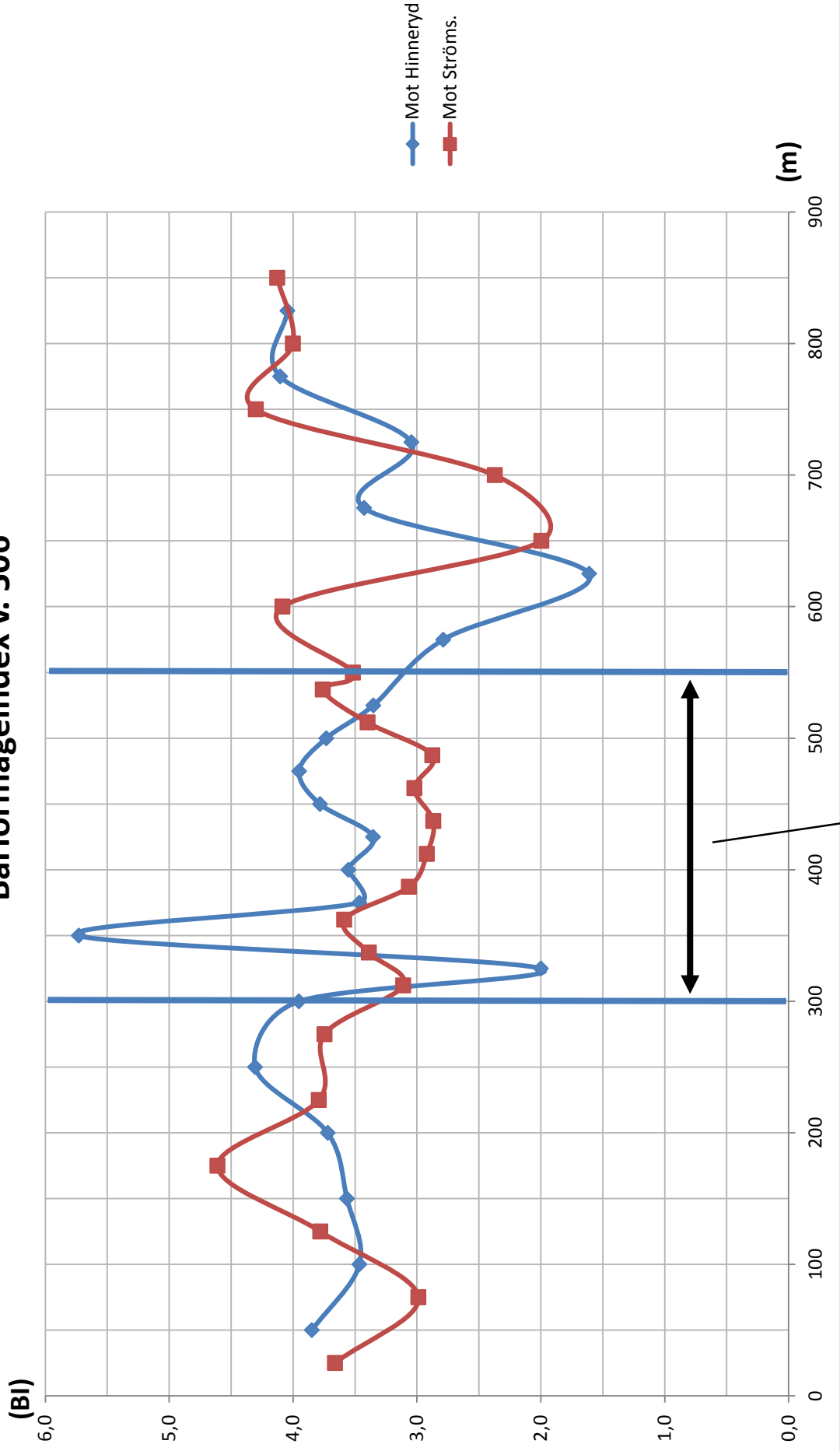
Säsong	Lyft [mm]	Utskiftningsdjup [mm]	Utskiftningsdjup korr. [mm]
1992/1993	0	465	465
1993/1994	0	562	562
1994/1995	0	402	402
1995/1996	0	574	574
1996/1997	0	580	580
1997/1998	0	446	446
1999/2000	0	440	440
2000/2001	0	440	440
2001/2002	0	478	478

2002/2003	0	562	562
2003/2004	0	562	562
2005/2006	0	562	562
2006/2007	0	329	329
2007/2008	0	164	164
2008/2009	0	452	452
2009/2010	0	696	696
2010/2011	0	636	6336

# Bilaga 6-

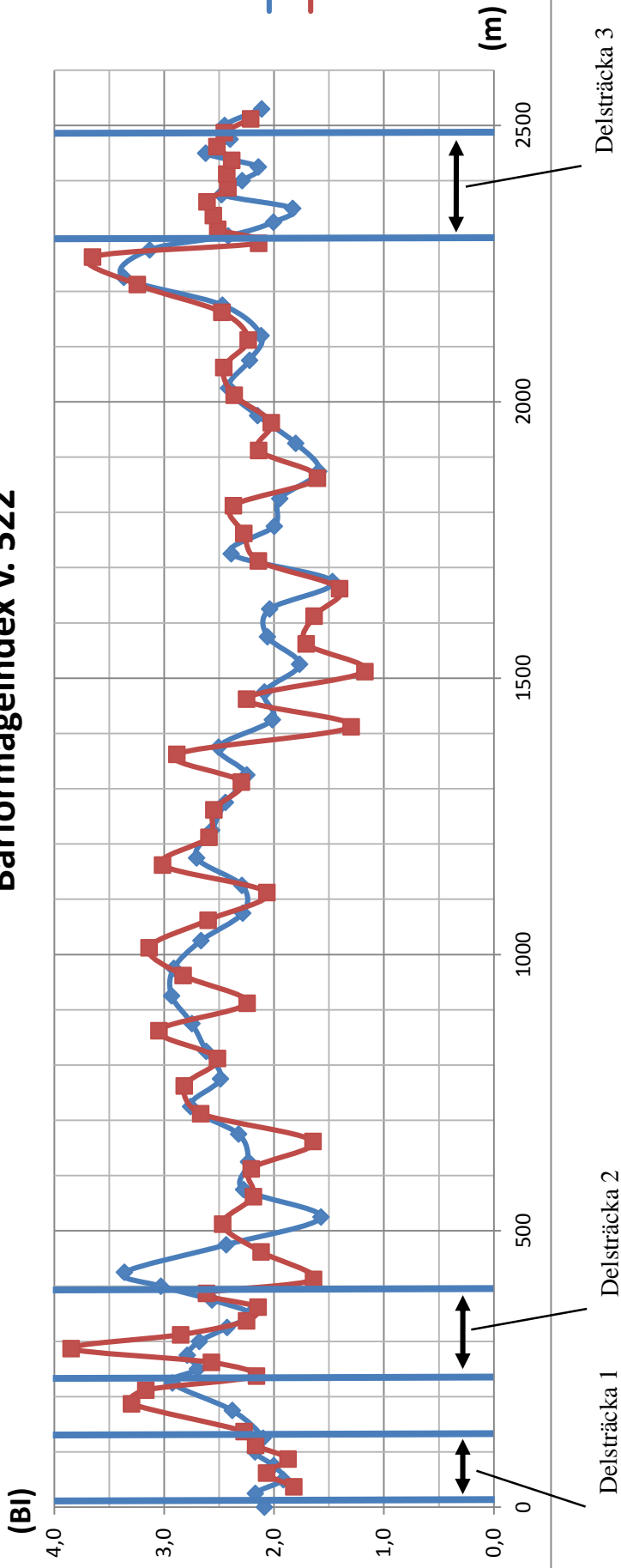
Bärförmågeindex och rådata  
från fallviktsmätningen

# Bärförmågeindex v. 506



Ombyggnadsdel

# Bärförmågeindex v. 522



# Rådata fallvikt v. 506

Nr	Riktning	Sektion (m)	Last (kN)	D0 (µm)	D200 (µm)	D300 (µm)	D450 (µm)	D600 (µm)	D900 (µm)	D1200 (µm)	Temp, luft (°C)	Temp, yta (°C)	E0 (MPa)	ea	Bl	Tid
1	Före, mot Strömsnäsbbruk	25	50,5	516	402	316	240	198	149	119	4,0	6,0	365	273,1	3,7	12:22:43
3	Före, mot Strömsnäsbbruk	75	50,2	634	484	380	285	237	172	127	4,4	7,0	295	334,7	3,0	12:24:04
5	Före, mot Strömsnäsbbruk	125	50,6	517	398	315	249	218	166	127	4,5	6,8	364	264,6	3,8	12:24:51
7	Före, mot Strömsnäsbbruk	175	51,0	378	279	220	168	144	111	92	4,3	7,6	503	216,9	4,6	12:25:38
9	Före, mot Strömsnäsbbruk	225	50,9	430	306	231	169	141	105	83	4,5	7,2	440	263,7	3,8	12:26:27
11	Före, mot Strömsnäsbbruk	275	51,0	395	275	200	134	100	57	35	4,5	7,0	481	266,9	3,7	12:27:21
13	Under, mot Strömsnäsbbruk	312	50,3	485	338	245	162	119	67	43	4,4	6,7	386	321,4	3,1	12:29:34
15	Under, mot Strömsnäsbbruk	337	50,1	602	468	378	296	255	194	152	4,5	6,9	310	295,1	3,4	12:30:18
17	Under, mot Strömsnäsbbruk	362	50,5	533	411	327	251	208	155	127	4,3	6,7	353	278,8	3,6	12:31:03
19	Under, mot Strömsnäsbbruk	387	50,7	634	484	387	296	246	186	158	4,7	7,6	298	326,3	3,1	12:31:49
21	Under, mot Strömsnäsbbruk	412	50,6	675	517	412	317	267	209	174	4,6	7,9	279	342,4	2,9	12:32:30
23	Under, mot Strömsnäsbbruk	437	50,6	626	461	364	267	211	150	121	4,6	7,7	301	348,7	2,9	12:33:14
25	Under, mot Strömsnäsbbruk	462	50,7	621	472	369	278	231	177	150	4,7	7,2	304	330,9	3,0	12:33:56
27	Under, mot Strömsnäsbbruk	487	50,4	639	484	380	281	221	154	122	4,7	7,6	294	347,7	2,9	12:34:38
29	Under, mot Strömsnäsbbruk	512	50,6	568	436	348	266	223	171	144	4,7	7,1	331	294,2	3,4	12:35:22
31	Under, mot Strömsnäsbbruk	537	51,0	513	401	319	244	203	154	129	4,9	7,8	370	265,9	3,8	12:36:08
33	Efter, mot Strömsnäsbbruk	550	51,0	537	411	325	247	207	162	137	5,1	8,1	353	284,3	3,5	12:37:34
35	Efter, mot Strömsnäsbbruk	600	50,2	621	513	436	366	329	272	229	5,1	7,3	301	244,7	4,1	12:38:25
37	Efter, mot Strömsnäsbbruk	650	50,6	712	481	332	188	112	40	21	4,9	7,8	265	501,0	2,0	12:39:13
39	Efter, mot Strömsnäsbbruk	700	50,8	557	356	235	127	72	30	18	4,8	7,7	340	421,6	2,4	12:40:01
41	Efter, mot Strömsnäsbbruk	750	50,9	382	283	219	158	122	77	53	5,2	7,1	496	232,5	4,3	12:41:06
43	Efter, mot Strömsnäsbbruk	800	50,9	379	271	202	137	100	60	39	5,2	6,8	500	249,9	4,0	12:42:08
45	Efter, mot Strömsnäsbbruk	850	50,3	577	479	409	331	277	183	122	5,1	6,7	325	242,2	4,1	12:42:57



Nr	Riktning	Sektion (m)	Last (kN)	D0 (µm)	D200 (µm)	D300 (µm)	D450 (µm)	D600 (µm)	D900 (µm)	D1200 (µm)	Temp, luft (°C)	Temp, yta (°C)	E0 (MPa)	ea	Bl	Tid
2	Före, mot Hinneryd	50	50,6	548	437	359	285	240	182	144	4,2	6,3	344	259,8	3,8	12:17:03
4	Före, mot Hinneryd	100	51,0	423	293	207	140	104	61	38	4,4	6,4	448	288,6	3,5	12:16:07
6	Före, mot Hinneryd	150	50,6	474	348	263	195	159	118	93	4,5	6,7	398	280,5	3,6	12:15:13
8	Före, mot Hinneryd	200	50,9	472	355	276	208	164	116	91	4,1	7,2	402	268,8	3,7	12:13:55
10	Före, mot Hinneryd	250	50,8	565	478	403	329	280	214	169	4,2	8,1	335	232,2	4,3	12:13:06
12	Under, mot Hinneryd	300	51,1	359	251	178	113	81	47	31	4,4	6,2	530	253,0	4,0	12:11:56
14	Under, mot Hinneryd	325	49,3	1290	1080	903	739	623	449	321	4,8	6,4	142	499,8	2,0	12:11:10
16	Under, mot Hinneryd	350	50,4	469	395	344	298	271	226	192	4,8	6,6	400	174,5	5,7	12:10:14
18	Under, mot Hinneryd	375	50,3	624	486	400	326	287	235	200	4,7	7,0	301	288,6	3,5	12:09:22
20	Under, mot Hinneryd	400	50,4	607	478	389	316	280	228	199	4,8	8,0	309	281,4	3,6	12:08:41
22	Under, mot Hinneryd	425	50,6	649	513	422	338	293	232	196	4,4	8,7	290	298,2	3,4	12:07:58
24	Under, mot Hinneryd	450	50,4	568	454	373	297	255	201	172	4,5	7,9	331	264,3	3,8	12:07:04
26	Under, mot Hinneryd	475	50,6	510	403	326	256	215	166	141	4,6	7,9	369	253,1	4,0	12:06:18
28	Under, mot Hinneryd	500	50,8	577	457	378	303	260	204	174	4,7	7,2	327	267,9	3,7	12:05:36
30	Under, mot Hinneryd	525	49,8	862	735	638	539	474	363	278	4,6	7,4	215	298,3	3,4	12:04:17
32	Efter, mot Hinneryd	575	50,0	715	563	436	354	287	202	151	4,4	8,8	260	358,6	2,8	12:02:34
34	Efter, mot Hinneryd	625	49,4	1105	836	639	447	309	142	63	4,7	9,4	166	620,7	1,6	12:01:45
36	Efter, mot Hinneryd	675	50,6	437	312	229	149	101	52	20	4,5	9,9	431	291,8	3,4	12:00:26
38	Efter, mot Hinneryd	725	50,3	477	326	226	147	110	67	46	4,7	9,4	393	328,5	3,0	11:59:38
40	Efter, mot Hinneryd	775	50,0	396	292	222	159	124	82	58	4,8	8,0	470	243,6	4,1	11:58:49
42	Efter, mot Hinneryd	825	50,4	416	314	246	175	130	73	46	4,6	7,9	452	247,1	4,0	11:58:01

# Rådata fallvikt v. 522

Nr	Riktning	Sektion (m)	Last (kN)	D0 (µm)	D200 (µm)	D300 (µm)	D450 (µm)	D600 (µm)	D900 (µm)	D1200 (µm)	Temp, luft (°C)	Temp, yta (°C)	Emod (MPa)	ea	BI	Tid
1	Före delsträcka 1, mot Hinneryd	0	50,3	814	595	434	306	244	170	125	3,7	5,9	230	479,1	2,1	10:19:46
3	Under delsträcka 1, mot Hinneryd	25	49,8	912	701	541	420	356	273	227	3,5	6,2	204	460,6	2,2	10:18:14
5	Under delsträcka 1, mot Hinneryd	50	49,6	1001	758	583	437	363	273	230	3,3	5,9	185	521,8	1,9	10:17:29
7	Under delsträcka 1, mot Hinneryd	75	50,4	895	652	489	366	303	238	190	3,7	6,0	209	499,1	2,0	10:16:39
9	Under delsträcka 1, mot Hinneryd	100	50,1	880	658	512	394	326	245	200	3,9	6,0	212	460,1	2,2	10:15:40
11	Under delsträcka 1, mot Hinneryd	125	50,0	960	734	580	449	377	289	240	4,0	5,4	194	475,9	2,1	10:14:44
13	Mellan delsträcka 1 och 2, mot Hinneryd	175	50,4	684	501	359	247	188	105	57	4,0	6,8	274	420,3	2,4	10:13:14
15	Mellan delsträcka 1 och 2, mot Hinneryd	225	51,2	454	293	189	113	79	37	18	3,9	6,6	420	341,8	2,9	10:12:10
17	Under delsträcka 2, mot Hinneryd	250	50,4	685	513	396	299	248	193	164	3,7	6,2	274	370,7	2,7	10:10:56
19	Under delsträcka 2, mot Hinneryd	275	50,2	708	551	442	335	267	180	130	3,9	6,8	264	358,4	2,8	10:10:09
21	Under delsträcka 2, mot Hinneryd	300	50,5	723	549	442	337	267	180	133	4,0	7,8	260	373,3	2,7	10:09:19
23	Under delsträcka 2, mot Hinneryd	325	50,2	836	653	528	405	318	210	155	3,8	7,2	224	411,7	2,4	10:08:33
25	Under delsträcka 2, mot Hinneryd	350	50,6	821	608	469	344	274	200	162	3,8	7,0	229	451,6	2,2	10:07:38
27	Under delsträcka 2, mot Hinneryd	375	50,2	810	635	513	403	327	226	170	3,8	7,0	231	389,8	2,6	10:06:51
29	Under delsträcka 2, mot Hinneryd	400	50,3	732	589	487	385	321	253	223	4,3	6,7	256	330,2	3,0	10:06:05
31	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	425	51,4	391	250	162	100	73	40	23	3,9	6,4	490	297,5	3,4	10:04:36
33	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	475	50,3	974	784	641	527	467	377	317	3,9	5,3	192	410,8	2,4	10:03:47
35	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	525	48,8	1636	1358	1136	927	777	542	376	3,3	5,5	111	636,5	1,6	10:02:53
37	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	575	49,5	1117	927	765	633	556	433	347	3,4	6,3	165	438,8	2,3	10:01:54
39	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	625	49,3	1158	951	794	664	587	471	394	3,8	6,0	159	447,7	2,2	10:01:08
41	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	675	49,5	1132	947	791	655	573	426	320	3,7	5,2	163	430,7	2,3	10:00:17
43	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	725	50,7	508	344	231	142	98	50	27	3,5	4,9	372	362,4	2,8	09:59:29
45	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	775	50,7	645	464	337	232	172	97	56	3,2	5,1	292	402,0	2,5	09:58:33
47	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	825	50,6	654	482	362	261	202	127	80	2,9	5,1	288	382,0	2,6	09:57:44
49	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	875	50,6	531	371	259	162	109	51	21	2,7	6,2	355	364,1	2,7	09:56:59
51	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	925	50,7	465	311	208	124	81	29	7	3,4	4,2	406	341,1	2,9	09:56:09
53	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	975	49,9	611	461	347	260	211	138	90	3,7	4,4	304	343,3	2,9	09:55:21
55	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	1025	50,4	714	550	427	322	262	175	114	3,9	4,8	263	375,2	2,7	09:54:31
57	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	1075	50,0	941	758	602	474	392	254	152	3,7	5,3	198	437,4	2,3	09:53:39
59	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	1125	50,4	635	429	296	185	129	60	28	3,8	4,6	295	436,3	2,3	09:52:43
61	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	1175	50,7	654	479	367	274	221	138	84	3,2	5,1	289	369,7	2,7	09:51:15
63	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	1225	50,7	527	350	225	128	88	41	17	3,1	4,6	358	389,5	2,6	09:50:24
65	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	1275	50,4	624	425	297	206	160	98	61	3,4	5,7	301	409,4	2,4	09:49:36
67	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	1325	50,3	657	451	320	188	129	51	17	3,0	6,3	285	444,8	2,2	09:48:41
69	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	1375	50,5	806	627	497	383	318	226	156	3,4	6,0	233	399,3	2,5	09:47:53
71	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	1425	48,7	1746	1535	1351	1168	1034	780	597	3,3	4,5	104	496,3	2,0	09:47:04

73	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	1475	49,6	1417	1205	1027	881	778	602	476	3,0	4,0	130	478,9	2,1	09:46:12
75	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	1525	48,9	1849	1616	1394	1197	1051	780	583	3,3	4,5	99	565,7	1,8	09:45:25
77	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	1575	49,2	1585	1388	1200	1025	905	687	534	3,4	5,2	116	485,5	2,1	09:44:36
79	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	1625	49,4	1520	1311	1127	968	848	651	505	3,6	5,1	121	490,2	2,0	09:43:46
81	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	1675	48,4	2226	1962	1692	1429	1235	902	661	3,3	5,0	81	681,0	1,5	09:42:48
83	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	1725	49,5	1258	1077	919	783	705	559	457	3,1	4,8	146	418,2	2,4	09:41:58
85	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	1775	48,8	1731	1522	1325	1156	1025	780	611	2,9	4,8	105	500,4	2,0	09:41:04
87	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	1825	48,8	1844	1651	1437	1242	1098	821	618	2,7	4,4	99	513,4	1,9	09:40:14
89	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	1874	48,8	1863	1605	1378	1149	973	680	469	2,8	4,5	97	627,6	1,6	09:39:19
91	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	1925	49,1	1626	1379	1177	996	873	654	516	2,9	5,0	113	554,8	1,8	09:38:22
93	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	1975	49,3	1528	1323	1142	996	897	711	578	3,2	5,4	120	465,2	2,1	09:37:30
95	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	2025	49,6	1405	1233	1072	926	834	659	534	3,0	4,9	132	414,1	2,4	09:36:42
97	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	2075	50,0	1083	896	726	588	510	387	306	3,3	4,7	172	449,9	2,2	09:35:50
99	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	2120	49,5	1368	1168	994	837	731	558	438	3,3	5,2	135	472,3	2,1	09:34:59
101	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	2175	50,2	787	613	472	362	297	199	135	3,4	4,7	237	404,8	2,5	09:33:52
103	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	2225	51,1	398	255	171	108	78	40	24	3,3	4,8	479	296,9	3,4	09:32:52
105	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Hinneryd	2275	50,4	673	529	423	345	297	220	163	3,3	4,6	279	319,3	3,1	09:31:57
107	Under delsträcka 3, mot Hinneryd	2300	49,7	1171	984	840	713	630	486	388	2,8	5,0	158	413,6	2,4	09:30:39
109	Under delsträcka 3, mot Hinneryd	2325	49,2	1541	1320	1122	987	878	689	570	2,8	5,5	119	498,7	2,0	09:29:51
111	Under delsträcka 3, mot Hinneryd	2350	49,3	1641	1410	1201	1013	893	703	573	2,7	5,4	112	546,3	1,8	09:28:57
113	Under delsträcka 3, mot Hinneryd	2375	50,4	936	749	605	498	446	374	338	2,7	5,3	201	403,7	2,5	09:28:04
115	Under delsträcka 3, mot Hinneryd	2400	50,2	1098	894	737	616	554	459	407	2,4	5,5	170	436,6	2,3	09:27:12
117	Under delsträcka 3, mot Hinneryd	2425	50,6	940	706	546	431	393	327	302	2,4	5,2	200	466,9	2,1	09:26:24
119	Under delsträcka 3, mot Hinneryd	2450	49,9	1118	949	809	687	624	507	440	2,5	5,1	166	381,4	2,6	09:25:37
121	Under delsträcka 3, mot Hinneryd	2475	49,6	1327	1150	993	854	762	604	510	2,3	4,9	139	416,8	2,4	09:24:49
123	Efter delsträcka 3, mot Hinneryd	2500	49,5	1404	1242	1078	939	837	653	529	2,1	4,8	131	408,2	2,4	09:23:24
125	Efter delsträcka 3, mot Hinneryd	2530	49,5	1390	1191	1008	859	757	588	471	2,6	3,1	133	473,3	2,1	09:22:19

Nr	Riktning	Sektion (m)	Last (kN)	D0 (µm)	D200 (µm)	D300 (µm)	D450 (µm)	D600 (µm)	D900 (µm)	D1200 (µm)	Temp, luft (°C)	Temp, yta (°C)	Emod (MPa)	ea	BI	Tid
2	Under delsträcka 1, mot Vivijunga	37	49,5	1039	789	598	446	367	280	237	6,1	6,0	177	549,0	1,8	10:26:59
4	Under delsträcka 1, mot Vivijunga	62	50,2	852	617	462	342	279	210	181	6,1	8,1	220	483,6	2,1	10:27:55
6	Under delsträcka 1, mot Vivijunga	87	50,3	915	661	493	349	268	187	144	6,2	7,0	205	534,3	1,9	10:29:03
8	Under delsträcka 1, mot Vivijunga	112	50,0	912	711	561	421	333	226	168	6,3	5,7	204	461,1	2,2	10:29:51
10	Under delsträcka 1, mot Vivijunga	137	50,2	860	662	518	388	320	238	198	6,5	5,1	217	440,0	2,3	10:30:40
12	Mellan delsträcka 1 och 2, mot Vivijunga	187	50,7	409	266	181	110	76	37	19	4,8	6,1	461	303,2	3,3	10:32:32
14	Mellan delsträcka 1 och 2, mot Vivijunga	212	50,8	406	258	163	95	65	32	16	4,8	5,5	466	315,8	3,2	10:33:29
16	Under delsträcka 2, mot Vivijunga	237	49,5	1071	881	725	573	462	291	179	5,1	6,2	172	462,7	2,2	10:34:49
18	Under delsträcka 2, mot Vivijunga	262	50,0	727	545	428	317	259	183	146	5,8	6,2	256	389,0	2,6	10:35:40
20	Under delsträcka 2, mot Vivijunga	287	50,5	571	458	377	310	265	192	144	5,3	7,0	329	260,0	3,8	10:36:25
22	Under delsträcka 2, mot Vivijunga	312	50,1	698	538	433	338	272	182	128	5,9	9,8	268	351,0	2,8	10:37:19
24	Under delsträcka 2, mot Vivijunga	337	50,3	844	641	502	373	297	194	140	6,3	9,7	222	444,6	2,2	10:38:05
26	Under delsträcka 2, mot Vivijunga	362	51,2	830	614	461	336	272	193	155	6,8	9,8	230	466,0	2,1	10:38:51
28	Under delsträcka 2, mot Vivijunga	387	50,9	770	599	485	370	294	197	145	7,0	8,9	246	382,4	2,6	10:39:36
30	Under delsträcka 2, mot Vivijunga	412	49,3	1480	1223	1017	807	653	427	274	7,5	6,3	124	609,4	1,6	10:40:43
32	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	462	50,2	940	717	557	427	370	310	269	6,9	5,9	199	472,4	2,1	10:41:37
34	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	512	51,5	486	285	165	76	42	20	12	6,5	5,2	395	405,2	2,5	10:42:27
36	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	562	49,8	1099	885	727	599	526	419	341	6,6	8,9	169	457,1	2,2	10:43:19
38	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	612	50,0	1160	957	794	650	581	466	386	6,7	6,2	160	452,7	2,2	10:44:09
40	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	662	48,4	2007	1745	1525	1314	1135	814	572	5,5	6,2	90	607,2	1,6	10:45:03
42	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	712	51,0	514	328	217	137	100	54	32	5,2	6,3	369	375,0	2,7	10:45:54
44	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	762	50,9	487	327	218	129	86	35	12	5,5	5,3	389	354,8	2,8	10:46:48
46	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	812	50,4	743	566	434	330	267	175	111	5,5	5,6	252	397,4	2,5	10:47:36
48	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	862	51,0	437	286	188	112	74	28	10	5,9	7,1	435	328,0	3,0	10:48:23
50	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	912	51,0	619	416	274	165	104	43	17	6,1	5,2	307	445,2	2,2	10:49:24
52	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	962	51,1	491	326	218	135	96	48	25	6,2	4,9	387	353,8	2,8	10:50:16
54	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	1012	50,7	607	465	358	281	240	177	133	4,8	5,9	311	318,7	3,1	10:51:05
56	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	1062	50,6	755	587	458	349	290	204	144	4,8	9,9	250	384,5	2,6	10:51:59
58	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	1112	49,8	978	774	609	460	364	220	126	5,1	6,0	189	484,2	2,1	10:52:51
60	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	1162	50,8	603	455	341	261	225	162	121	5,7	5,7	313	331,6	3,0	10:53:38
62	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	1212	50,7	629	454	333	233	177	101	55	5,5	6,3	300	385,8	2,6	10:54:27
64	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	1262	50,4	677	498	374	272	213	127	70	5,6	7,5	277	392,5	2,5	10:55:13
66	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	1312	50,7	638	428	295	194	138	67	30	6,5	11,9	296	435,3	2,3	10:56:07
68	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	1362	50,5	604	449	343	251	195	115	67	7,0	11,9	311	346,6	2,9	10:56:52
70	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	1412	47,8	2358	2056	1770	1475	1230	845	575	7,1	5,0	75	770,8	1,3	10:57:40
72	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	1462	49,7	1364	1177	1010	863	761	589	462	6,8	5,2	136	444,5	2,2	10:58:26

74	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	1512	47,8	2473	2116	1805	1491	1257	893	646	6,6	8,1	72	851,5	1,2	10:59:12
76	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	1562	48,5	1963	1716	1492	1288	1128	829	602	6,3	7,1	92	585,5	1,7	10:59:58
78	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	1612	48,5	2046	1820	1572	1329	1151	848	617	6,2	7,7	88	611,7	1,6	11:00:44
80	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	1662	48,2	2222	1937	1664	1402	1195	848	598	6,0	9,5	81	712,7	1,4	11:01:37
82	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	1712	49,2	1410	1201	1031	884	784	610	482	5,9	5,8	130	466,8	2,1	11:02:27
84	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	1762	48,7	1956	1791	1617	1430	1267	945	703	5,9	6,2	93	439,7	2,3	11:03:16
86	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	1812	49,5	1230	1044	886	763	679	543	448	5,6	7,2	150	421,8	2,4	11:04:05
88	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	1862	48,5	1748	1502	1263	1042	882	622	445	5,5	6,1	103	623,2	1,6	11:04:52
90	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	1912	49,3	1481	1274	1100	950	847	666	537	5,7	7,9	124	467,1	2,1	11:05:39
92	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	1962	49,4	1651	1427	1247	1082	967	770	621	6,1	8,6	111	493,6	2,0	11:06:35
94	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	2012	49,3	1472	1283	1127	979	887	706	573	6,3	6,7	125	423,2	2,4	11:07:21
96	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	2062	49,8	1293	1111	961	830	750	602	497	5,9	8,4	143	407,0	2,5	11:08:09
98	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	2112	49,5	1427	1232	1068	920	815	633	501	5,9	6,2	129	447,5	2,2	11:08:53
100	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	2162	50,0	935	746	608	500	440	339	253	5,2	6,3	199	404,1	2,5	11:09:38
102	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	2212	51,2	401	256	165	101	68	35	20	5,3	7,6	476	308,2	3,2	11:10:27
104	Mellan delsträcka 2 och 3, mot Vivijunga	2262	51,0	345	216	138	83	56	30	19	5,5	7,2	550	273,8	3,7	11:11:18
106	Under delsträcka 3, mot Vivijunga	2287	49,9	979	803	649	482	356	195	112	5,7	7,6	190	467,0	2,1	11:12:23
108	Under delsträcka 3, mot Vivijunga	2312	49,8	1187	1005	858	739	673	550	454	5,7	7,6	156	397,8	2,5	11:13:11
110	Under delsträcka 3, mot Vivijunga	2337	49,7	1237	1055	913	795	723	589	494	6,3	9,9	150	391,7	2,6	11:14:05
112	Under delsträcka 3, mot Vivijunga	2362	50,2	988	793	666	568	522	444	394	5,9	9,5	189	383,2	2,6	11:14:53
114	Under delsträcka 3, mot Vivijunga	2387	50,3	1051	852	706	599	542	458	402	6,1	9,7	178	413,3	2,4	11:15:39
116	Under delsträcka 3, mot Vivijunga	2412	50,1	1030	824	681	585	532	443	397	6,3	10,2	181	411,4	2,4	11:16:30
118	Under delsträcka 3, mot Vivijunga	2437	49,8	1047	842	701	582	528	441	386	6,2	9,1	177	419,1	2,4	11:17:15
120	Under delsträcka 3, mot Vivijunga	2462	49,5	1393	1222	1069	935	848	675	561	6,2	8,5	132	396,8	2,5	11:18:00
122	Under delsträcka 3, mot Vivijunga	2487	50,0	1237	1052	904	775	701	577	483	6,1	9,3	150	407,7	2,5	11:18:45
124	Efter delsträcka 3, mot Vivijunga	2512	49,8	1435	1237	1071	924	819	632	490	6,1	8,1	129	451,8	2,2	11:19:53