

Kontrollmetoder för aktiv design på obundna granulära material



LUNDS
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Institutionen för Teknik och Samhälle

Examensarbete:
Alex Forsberg
Jacob Pinotti

© Copyright Alex Forsberg, Jacob Pinotti
LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2012

Sammanfattning

En nybyggd väg idag har höga krav på bärighet, den ska tåla stora påfrestningar från den tunga trafiken. För att se om vägen kommer att hålla för de dimensionerade påfrestningarna används tung, lätt fallvikt, statisk plattbelastning eller YPK (Yttäckande packningskontroll) som en bärighetskontroll. Metoderna används för att mäta vägkroppens E-modul som är ett mått på bärighet.

För att förstå begreppet bärighet måste kunskap inom andra områden inhämtas däribland geoteknik, vägkonstruktion, packning, kontrollmetoder och deformation.

I dagsläget är inte vägarna optimerade för sitt syfte längs hela sträckan. Det beror på att bärigheten kan variera, vilket betyder att vissa delar av vägen kommer att gå sönder tidigare än andra. Med aktiv design konstrueras vägen bitvis utefter bärigheten. Detta resulterar till en jämnare livslängd för hela vägen.

Ett fältförsök gjordes under april månad 2012 i Gislaved på ombyggnation av en befintlig väg och en ny sträcka utanför Gislaved. Där utfördes tung fallvikts- och plattbelastningsförsök på förstärkningslagret. Störst vikt lades på att kontrollera bärigheten och packningsgraden i vägkonstruktionen, för att se om det finns något samband mellan PLT (statisk plattbelastning) och FWD (tung fallvikt).

Mätresultaten användes också för att genomföra aktiv design av vägen, då ett påbyggnadsdimensioneringsprogram användes för att räkna ut tjocklekar som krävs för det bundna materialet. Jämförelse med normalsektionerna har visat på att vägen håller för den antagna trafikbelastningen och den aktiva designen bidrar till att få en jämnare livslängd längs hela vägen.

Utvärdering av gamla och nya resultat har visat fördelar med tung fallvikt gentemot plattbelastning. Tung fallvikt är en snabb och informativ metod för att kontrollera bärighet och packning.

Nyckelord: Bärighet, FWD, PLT, packning, utförande kontroll och aktiv design.

Abstract

Today a newly built road has high standards on the bearing capacity; it should withstand the rigors of heavy traffic. To test the roads ability to cope with the oversized strain we use heavy and light weight case, static plate load or YPK (Wide area compaction control) as a control for bearing capacity. The method is used to measure the roads E-module, which is a measurement of the bearing capacity.

To understand the term "bearing capacity", knowledge from other fields must be gathered. Fields such as geotechnology, road construction, packing, checking and deformation.

In the current situation the roads are not optimized for its purpose along the entire route. This because the bearing capacity may be varied, which means that certain parts of the road can break before others. With an active design the road is constructed in places according to the bearing capacity. This results in a more even life expectancy of the entire route.

A field trial was made during April of 2012 in Gislaved on the reconstruction of one existing road and a new development outside of Gislaved. Heavy weight case and plate loading tests was made on the sub base. The most emphasis was made on checking the bearing capacity and the degree of compaction in the roads construction to see if there is any connection between static plate load and heavy weight case.

The test results was also used to conduct an active design of the road using a specialized computer program to calculate the thicknesses required for the bound material. Comparisons with the normal sections have shown that the road will cope with the set traffic load and that the active design contributes to a more even life expectancy along the entire route.

An evaluation of old and new results have shown benefits with heavy weight case compared to using a plate load. Heavy fall weight is a fast and informative method of controlling bearing capacity and packing.

Keywords: Bearing capacity, FWD, PLT, packing, checking and active design.

Förord

Detta examensarbete är skrivet efter en idé som en av oss fick efter ett sommarjobb på Tvärleden i Osby 2010. Där byggdes en ny väg med ett körfält i båda riktningarna med en referenshastighet på 90 km/h. Under denna period utfördes statisk plattbelastning som en byggkontroll. Det visade sig vara tidsödande att använda sig av statisk plattbelastning och det var där idén föddes. Finns det andra sätt för att utföra kontrollen och även andra mer effektiva lösningar för att effektivisera byggandet av nya vägar?

Efter diskussioner med LTH kom vi i kontakt med Anders Lenngren som jobbar på Svevia. De hade i sin tur ett examensarbete som liknade vår tänkta idé som finslipades gemensamt med Svevia.

Vi vill rikta ett stort tack till vår handledare Anders Lenngren som har hjälpt oss ofantligt mycket med alla möjliga problem med examensarbete. Även ett stort tack till Sveglias produktionsavdelning uppe i Gislaved, för hjälp med vår fältmätning på den nya Riksvägen 27, förbifart Gislaved.

Vi vill även visa en stor tacksamhet till följande personer: Sofia Runesson (Svevia), Nils Rydén (Peab), Johan Lindsten (Svevia), Göran Forsberg (NCC), Johan Herbertsson (Vectura) och Ebrahim Parhamifar (LTH), Annamaria Szekelyi (Linnéuniversitet) och Elin Wembe (LTH).

Under hela arbetet har vi jobbat i ett nära samarbete och varit delaktiga i alla moment genom hela examensarbetet. Första delen av examensarbetet skrev vi tillsammans för att lättare komma igång med litteraturstudien. Sista delarna i litteraturstudien delades upp mellan oss då för att snabba på processen. Fältförsöket, utvärdering, analys, diskussion, slutsats och rekommendationer skrev vi tillsammans.

Helsingborg, 2012-05-15

Alex Forsberg & Jacob Pinotti

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Avgränsningar	2
1.4 Metod	2
1.4.1 Litteraturstudie.....	2
1.4.2 Fältstudie	2
1.4.3 Resultat	3
1.4.4 Analys	3
2.1 Geoteknik	4
2.1.1 Beskrivning av obundna granulära material	4
2.1.1.1 <i>Jords Fasta beståndsdelar</i>	5
2.1.1.2 <i>Porvatten</i>	5
2.1.1.3 <i>Porgas</i>	5
2.1.2 Jords strukturella uppbyggnad.....	5
2.1.2.1 <i>Friktionsjord och kohesionsjord</i>	5
2.1.3 Faktorer och egenskaper som påverkar deformationerna i jord.....	6
2.1.3.1 <i>Vatten</i>	6
2.1.3.2 <i>Spänningshistoria</i>	6
2.1.3.3 <i>Kornens form</i>	7
2.1.4 Faktorer som påverkar i väggkroppen	7
2.1.4.1 <i>Ytligt slitage</i>	7
2.1.4.2 <i>Plastisk deformation</i>	8
2.1.4.3 <i>Bärighetsberoende deformation</i>	9
2.2 Brottkriterium	10
2.3 Vägkonstruktion	16
2.3.1 Slitlager	16
2.3.2 Bundet bärlager	16
2.3.3 Obundet bärlager	16
2.3.4 Förstärkningslager	17
2.3.5 Skyddslager.....	17
2.3.6 Terrass	17
2.4 Packningsmetoder	18
2.4.1 Statiskt tryck	18
2.4.2 Stöt	20
2.4.3 Vibrering	20
2.4.4 Packning under vintertid.....	23
2.5 Bärighetskontroll	25

2.5.1 Yttäckande packningskontroll.....	25
2.5.2 Statisk plattbelastning.....	26
2.5.3 Lätt fallvikt.....	28
2.5.4 Tung fallvikt.....	30
2.5.5 Krav på bärighet enligt Trafikverket.....	32
2.5.5.1 Terrass	32
2.5.5.2 Skyddslager	34
2.5.5.3 Förstärkningslager	34
2.5.5.4 Bärlager.....	35
2.6 Dimensioneringsmetoder	36
2.6.1 Empiriska metoder.....	36
2.6.2 Analytiska metoder	36
2.6.3 Analytisk-Empirisk metod	36
2.6.4 Mekanisk-Empirisk metod	36
2.7 Aktiv design	37
3 Fältförsök.....	38
3.1 Bakgrund till byggande av förbifart Gislaved	38
3.1.1 Tidigare fallviktsmätning gamla R27	40
3.2 Förutsättning för den nya Riksvägen 27	40
3.2.1 Geoteknik.....	40
3.2.2 Vägkonstruktion väg 27	41
3.2.3 Uppställda krav för byggkontroll från beställare	42
3.2.4 Mätningar utförda på nybyggd terrass.....	42
3.3 Utförande.....	44
3.3.1 Tung fallvikt (FWD).....	44
3.3.2 Statisk plattbelastning (PLT).....	46
4 Utvärderingar av resultat	47
4.1 PLT	47
4.1.1 Mätresultat	47
4.1.1.1 Utvärdering av PLT-resultat.....	48
4.2 FWD.....	49
4.2.1 Mätresultat	49
4.2.2 Utvärdering av mätresultat från FWD.....	53
4.2.2.1 Skillnader mellan mätresultat för vägmitt, vägkant och hjulspår med FWD	53
4.2.2.2 < Mätning i hjulspår utförda i delsträcka 2 och 3.....	55
4.2.2.3 Kontrollpunkter	55
4.2.2.4 Sättningslaget.....	56
4.2.3 Passningsräkning	57
4.3 Jämförelse mellan PLT och FWD	60
4.3.1 Jämförelse mätdata	60

4.4 Påbyggnadsdimensionering av bundna lager vid aktiv design.....	62
5 Validering av tidigare mätningar utförda på Hyllie trafikplats....	64
5.1 Slutsats av resultaten från Hyllie Trafikplats.....	64
5.2 Analys och validering av resultat från Hyllie Trafikplats	65
6 Diskussion.....	66
7 Slutsats.....	67
8 Rekommendationer	68
9 Källor.....	70
9.1 Litteratur	70
10 Bilaga 1 Mätvärden - Statiska plattbelastning.....	72
11 Bilaga 2 Mätvärden – FWD	78

Figurer

Figur 2-1 kunskapspyramid (Egen).....	4
Figur 2-2 Obundna materials uppbyggnad (Axelsson, 2006)	4
Figur 2-3 Illustration av kohesionskraft och friktionskraft i jordmaterial (Adrielsson, 1975).	6
Figur 2-4 Innverkan av spänningshistoria av lera och sand (Sällfors, 2009)7	
Figur 2-5 En princip skiss över en dränerings läge på en terrassyta (Wågberg, 2003)	9
Figur 2-6 Mohr-Coulombs brott kriterium (Sällfors, 2009)	10
Figur 2-7 Spänningstillstånd i en punkt (Sällfors, 2009).....	11
Figur 2-8 Effektivspänning (σ' och skjuvspänningen (τ) (Sällfors, 2009)11	
Figur (2-9) Triaxialförsök med resultat av två Mohrs cirklar (Sällfors, 2009).....	13
Figur 2-10 En principskiss över relationen mellan E-moduler och spårdjup (Egen).....	15
Figur 2-11 En principskiss på en regressionslinje för att få en uppfattning av korrelationen mellan punkterna (Egen)	15
Figur 2-12 Vägkonstruktionen (Egen).....	16
Figur 2-13 Olika varianter på packning av jord- och stenmaterial (Forssblad, 2000)	18
Figur 2-14 Princip skiss för en välts linjelast på en yta (Forssblad, 2000)19	
Figur 2-15 Fårfots- och padfotsvält (Forssblad, 2000).....	19
Figur 2-16 Jämförelse mellan statistiskt tryck och vibrationstryck vid låg och hög amplitud (Forssblad 2000).	20
Figur 2-17 Två översiktliga bilder på en vibrationsvält och en oscillatorsvält som visar excentern rotation (Forssblad, 2000)	21
Figur 2-18 Frekvensen (T) och Amplitud (S) (Forssblad, 2000)	22
Figur 2-19 Grafen visar packningskurvor för frusen sand vid olika temperaturer (Forssblad, 2000)	23
Figur 2-20 Ytkartering av packningsmätvärden från yttäckande packningskontroll (Forssblad, 2000)	25
Figur 2-21 Statisk plattbelastning utförd på Riksväg 27 Gislaved med förklarande text om olika delar som ingår vid mätning med plattbelastning (Egen bild).....	26
Figur 2-22 Grafen visar trycksättningslinjen vid statisk plattbelastning (Vägverket, 1993)	27
Figur 2-23 Lätt fallvikt (Kopf Adams, 2000)	28
Figur 2-24 Bärighetsmätningar från Boxhom, lager 1. Figuren visar antal släpp som gjordes och vilket värde som uppmättes (SGF, 2004)	29
Figur 2-25 En principskiss över registrering av sättning med en tung fallvikt (Vägverket, 1998).....	30
Figur 2-26 Tung fallvikt (Egen)	31

Figur 2-27 Terrassens krav enligt Trafikverket (TRVKB, 2011)	33
Figur 2-28 Skyddslagret krav enligt Trafikverket (TRVKB, 2011)	34
Figur 2-29 Bärlagrets krav enligt Trafikverket (TRVKB, 2011)	35
Figur 2-30 Exempel på livslängd för färdig väg (Mattson & Sipari, 2007)	37
Figur 2-31 Exempel på livslängd för väg med aktiv design (Mattson & Sipari, 2007)	37
Figur 2-32 Kostnader och besparingar genom aktiv design (Mattson & Sipari, 2007)	38
Figur 3-1 Översigtskarta för gammal och sträckning för Riksväg 27 (den nya är svart)(VV, 2010)	39
Figur 3-2 Mätresultat från tung fallvikt på terras i Gislaved under december 2011 (Anders Lenngren, 2011)	43
Figur 3-3 Illustration för hur belastning sprider sig genom överbyggnaden (Egen).....	45
Figur 4-1 Illustration för bärighetsfördelningen över förstärkningslagret (Egen).....	54
Figur 4-2 Sättningslagets inverkan (slag 1) med en jämförelse med slag 2, 5 och 8 (Egen).....	56
Figur 4-3 Jämförelse med tung fallvikt (första slaget) och PLT (Ev1)(Egen)	60
Figur 4-4 Jämförelse med tung fallvikt (sista slaget) och PLT () (Egen).....	61

Tabell

Tabell 3-1 Sektion 0/800-0/950 tjocklek överbyggnad 585 mm.....	41
Tabell 3-2 Sektion 1/250-3/150 total överbyggnad tjocklek 585 mm respektive 785 mm.....	41
Tabell 3-3 Sektion 4/050-4/710 tjocklek överbyggnad 785 mm respektive 585 mm	42
Tabell 3-4 Slagserie med tung fallvikt	44
Tabell 3-5 Avståndet mellan deflektionsmätare	45
Tabell 3-6 Förhållande och förutsättningar vid PLT.....	46
Tabell 4-1 Resultat från PLT mätningen i Gislaved.....	47
Tabell 4-2 Jämförelse mellan PLT-resultat och högst tillåtna kvot för skydds- respektive bärlager.....	48
Tabell 4-3 Resultat från FWD-mätningen i Gislaved (slag 10).....	49
Tabell 4-4 Resultat från FWD-mätningen i Gislaved (slag 1).....	50
Tabell 4-5 Resultat FWD mätt i Hjulspår sista slaget.....	50
Tabell 4-6 Resultat FWD mätt i vägmitt sista slaget.....	51
Tabell 4-7 Resultat FWD mätt i vägkant sista slaget	51
Tabell 4-8 Resultat FWD mätt i höger hjulspår (slag 10).....	52
Tabell 4-9 Resultat FWD mätt i höger hjulspår (slag 10).....	53

Tabell 4-10 <i>Resultat från passningsräkningen med tre lager</i>	58
Tabell 4-11 <i>Resultat från passningsräkning med 2 lager</i>	59
Tabell 4-12 <i>Jämförelse mellan kvot PLT och E-modul FWD</i>	62
Tabell 4-13 <i>Beräknade medelvärde för bundet material i överbyggnaden..</i>	63

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Under en 11 års period (2011-2021) lägger Sveriges skattebetalare närmare 417 miljarder kr till Trafikverket. Summan fördelas till största delen mellan väg och järnväg för underhållning och nybyggnation. En del av vägbudgeten från Trafikverket läggs på bärighetsåtgärder som en viktig åtgärd för att öka livslängden på befintliga vägar (Trafikverket 2010).

Många av Sveriges vägar är konstruerade efter en mekanisk empirisk metod. Metoden är inte optimerad för sitt syfte och resultatet blir ofta en överdimensionerad väg. Med aktiv design konstrueras vägen utefter bärigheten och på så sätt erhålls en jämn livslängd för vägen. Med denna metod kan resurser omfördelas och läggas på andra vägobjekt (Mattson & Sipari, 2007). Tillämpningen av aktiv design grundar sig i mätresultat från bärighetskontroller, utförda på de nedre lagren i vägkonstruktionen.

Plattbelastning är en väl etablerad metod i branschen som används ofta som bärighets- och packningskontroll. PLT är en enkel men tidskrävande metod jämfört med tung fallvikt vid tillämpning av aktiv design. Emellertid finns det inga regelverk eller metodbeskrivningar för användning av FWD på detta sätt.

Enligt tidigare examensarbete har det visat att det finns ett samband från mätningsresultat mellan PLT och FWD med varierande korrelation. För att fastställa ett bättre statistiskt samband behövs flera kvantitativa mätningar.

1.2 Syfte

Syftet med examensarbete är att undersöka om det finns fördelar med att använda tung fallvikt istället för plattbelastning. Ett tidigare examensarbete av Philip Hon (2010) har visat fördelar med tung fallvikt gentemot plattbelastning. Tyvärr finns det inte tillräckligt med data för att beskriva kraven kvantitativt. Utvärdering av gamla och nya resultat behövs för att kunna gå vidare med tydligare metodbeskrivningar och regelverk. Vårt examensarbete syftar på att välja andra objekt och pröva PLT och FWD i fält. Examensarbete syftar även på att kontrollera FWD som en mätmetod vid aktiv design.

1.3 Avgränsningar

Examensarbetet avser att jämföra sambandet mellan PLT och FWD på obundna granulära material. Validering av resultat kommer att ske från ett tidigare examensarbete som har jämfört statisk plattbelastning och tung fallvikt.

För att begränsa den omfattande fältstudien har vi valt att använda mätningresultat från fyra delsträckor av de totalt sju stycken, som utfördes under två dagar i april 2012.

Under utvärdering av resultaten kommer tyngdpunkten att ligga på de mätningpunkter som mättes både med tung fallvikt och statiskt plattbelastning.

Påbyggnadsdimensionering kommer att ske med resultatet från tung fallvikt, på en av de tre första sträckorna för att se vilken asfaltstjocklek som kan användas.

Examensarbetet riktar sig till personer som har erfarenhet inom ämnesområdet.

1.4 Metod

1.4.1 Litteraturstudie

Rapporten börjar med en litteraturstudie för att titta på bakgrunden. Första delen av litteraturstudien handlar om geoteknik, olika deformationsegenskaper i jordmaterial och vägens överbyggnad. Andra delen handlar om olika packningsmetoder, bärighetsmetoder och en ingående beskrivning av aktiv design.

För att få en bra kunskapsnivå på innehållet i litteraturstudien har vi använt oss av böcker som handlar om packning, geologi och geoteknik. En annan viktig källa har varit många av Trafikverkets publikationer.

1.4.2 Fältstudie

En fältstudie utfördes i Gislaved, där Riksväg 27 byggs om. Anledningen till bygget är för att förbättra framkomligheten och trafiksäkerheten på plats. Under fältförsöket utfördes mätningar med tung fallvikt (FWD) och plattbelastningen (PLT) på förstärkningslagret.

1.4.3 Resultat

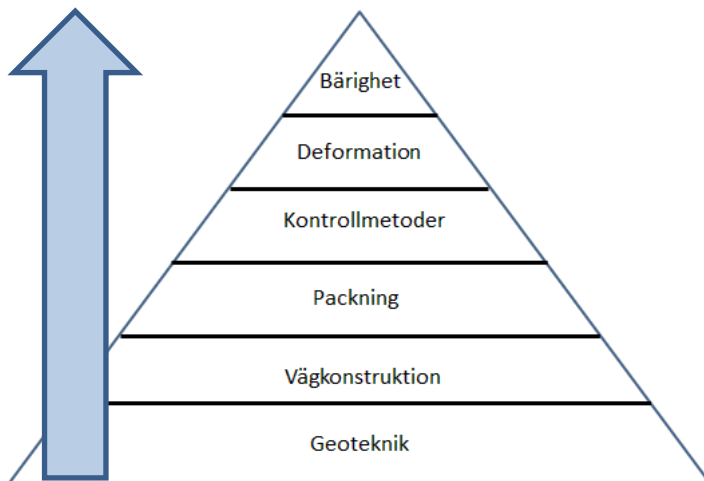
Efter fältförsöket skickades all data från mätningarna till oss. Sedan bearbetade vi gemensamt mätresultaten genom passningsräkning och påbyggnadsdimensionering.

1.4.4 Analys

Vid analysen undersöktes mätresultaten från PLT och FWD för att se om bärighetskraven uppnåts för förstärkningslagret. Korrelationen mellan FWD och PLT analyseras för att kunna se om det finns några samband mellan dessa mätmetoder. En validering av examensarbetet som Philip Hon (2010) gjorde har även utförts för att se om våra bärighetsmätningar skiljer sig åt. Analys av minimikraven för de bundna lagrens tjocklek gjordes för att se hur dessa varierar jämfört med hur de är planerat att vara i Gislaved.

2.1 Geoteknik

För att kunna förstå och analysera vad bärighet innebär behövs kunskap inom flera områden som redovisas i figur 2-1 som en kunskapspyramid. Kunskapen för de olika grupperna inhämtas med start underifrån, för att till slut kunna fördjupa sig i begreppet ”bärighet”.

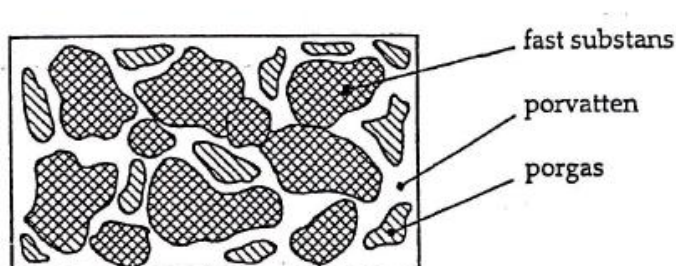


Figur 2-1 Kunskapspyramid

Inom all byggnationsverksamhet handlar det om att räkna ut laster som påverkar markytan för att förhindra sättningar. I kapitel 2.1 beskrivs jords strukturella egenskaper och hur detta hänger samman med deformationer vid belastning.

2.1.1 Beskrivning av obundna granulära material

Obundna material är uppbyggda av tre olika beståndsdelar vilka är fast substans, porvatten och porgas. Jord består av ett skelett av olika korn och partiklar. Hålrutorna (porer) mellan kornen fylls ut av antingen porgas eller porvatten enligt figur 2-2.



Figur 2-2 Obundna materials uppbyggnad (Axelsson, 2006)

2.1.1.1 Jords fasta beståndsdelar

De fasta beståndsdelarna i jord delas in i mineraler och organisk substans. Mineraljordarna är sand, silt, ler, sten, grus och block.

- Sand-, silt- och lerfraktioner består av enkristaller från ett visst mineralämne.
- Grus, sten och block utgörs av bergarter som innehåller flera olika mineralslag. Beroende på blandningen av mineralerna får jorden olika hållfasthets- och ytegenskaper.

Organisk substans utgörs främst av förmultnade djur och växter.

Egenskaperna hos den organiska substansen är att den har låg densitet och är porös vilket medför att den lätt deformeras (Axelsson, 2006 & Sällfors, 2009).

2.1.1.2 Porvatten

Porvattnet finns i de små porerna mellan dem fasta beståndsdelarna. Vattnet innehåller joner av olika slag, koncentrationen av jonerna påverkar de geotekniska egenskaperna hos jorden (Axelsson, 2006).

2.1.1.3 Porgas

Gas i porerna finns antingen som gasbubblor eller löst vatten. De vanligaste förekommande gaserna är kväve, syre och koldioxid. Under grundvattenytan kan andra gaser förekomma såsom stora mängder svavelväten och metan.

2.1.2 Jords strukturella uppbyggnad

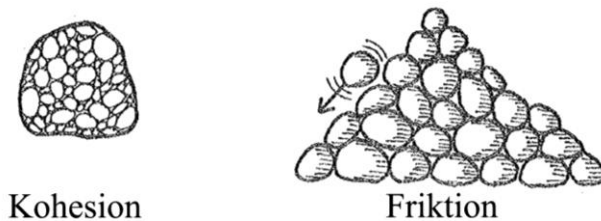
Den strukturella uppbyggnaden av jordpartiklarna har en stor betydelse för egenskaperna i jorden. Den Strukturella uppbyggnaden beror på partiklarnas form, storleksfördelning, geologisk bindningssätt och belastningshistoria för jorden (Sällfors, 2009).

2.1.2.1 Friktionsjord och kohesionsjord

Kohesionsjord är ler- och siltjordar, där partiklarna sitter ihop med elektriska bindningar (kohesionskraft). Kraften mellan partiklarna är svaga, men utsätts partiklarna för en allsidig yttre belastning kommer kraften i kontaktpunkterna stärkas.

Friktionsjord är grovkorniga jordar som kan ses med ögat, som sand, grus, sten och block. Friktionsjorden har inga elektriska bindningar på grund av sin storlek utan sitter ihop med friktionen mellan partiklarna (friktionskraft). Om rasvinkeln mellan partiklarna är liten hålls de ihop genom friktionskraften.

Partiklarna börjar rullar ner från varandra om rasvinkeln ökas och det medför att den sammanbindande kraften minskar (Axelsson, 2006 & Svensson, 2010).



Figur 2-3 Illustration av kohesionskraft och friktionskraft i jordmaterial (Adriellsson, 1975).

2.1.3 Faktorer och egenskaper som påverkar deformationerna i jord

Deformationerna i jorden vid belastning beror helt på hur jorden är uppbyggd och hur det aktuella förhållandet är just vid belastningstillfället. I kapitel 2.1.3 beskrivs några viktiga faktorer.

2.1.3.1 Vatten

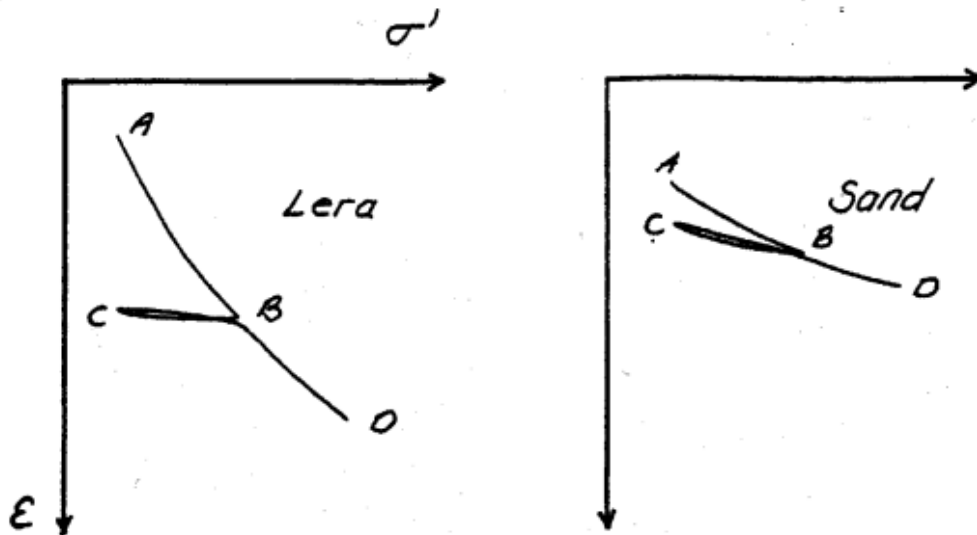
Det kommer nästan alltid finnas vatten i väggkroppen. Fukt har en positiv inverkan på bindningen bland annat beskrivet av Werkmeister (2003).

Högt portryck i materialet kan leda till en minskad effektivspänning i materialet, beskrivs i formeln (2.1).

$$(2.1)$$

2.1.3.2 Spänningshistoria

Jord som inte blivit utsatt för belastning innan visar en större deformation än en jord som tidigare blivit belastad. Enligt figur 2-4 visas deformationen för ett jordprov som inte blivit belastat tidigare genom kurvan A-B. Under belastning packas material vilket leder till en ökad hållfasthet. Däremot blir deformationen stor om jorden utsätts för en större belastning än någonsin tidigare, B-D.



Figur 2-4 Innverkan av spänningshistoria av lera och sand (Sällfors, 2009)

Förkonsolideringstryck A-D är det största trycket som materialet blivit utsatt för. Det är en viktig parameter för kohesionsjord medan för friktionsjord är trycket av mindre betydelse. Det konstateras i figur (2-4) på lutningen för lera A-B-C och för sand C-B (Sällfors, 2009).

2.1.3.3 Kornens form

Deformationsegenskaperna skiljer sig beroende på om jorden innehåller naturliga korn såsom sand, sten och grus eller krossade bergmaterial. De naturliga kornen har utsatts för erosion vilket innebär att kornen får en mer rundad form. Det krossade material som inte utsatts för erosion är kantigt med vassa kanter. Skillnaden mellan materialen är att bergkrossmaterialet kommer att utsättas för större mekanisk nötning som medför en större deformation, speciellt om spänningen är hög (Werkmeister, 2003).

2.1.4 Faktorer som påverkar i väggroppen

Från dag ett kommer den nybyggda vägen att successivt brytas ner. Processen är naturlig och går inte att förhindra. Vägen bryts huvudsakligen ner beroende på andel trafik, klimat och placeringen av vägen.

2.1.4.1 Ytligt slitage

Ytligt slitage på beläggningen (översta lagret på vägen) beror till största delen av användning av dubbdäck från vintertrafiken. Odubbade däck har nästan ingen påverkan överhuvudtaget. En annan faktor som påverkar ytligt slitage är trafikens spårbundenhet över vägens tvärsnitt. Spårdjupet som uppstår av spårbundenheten kan variera mellan olika vägar, även om trafikmängden och beläggning är densamma.

På vägar med låg andel ÅDT (årsdygnstrafik), är det tiden som bryter ner beläggningen och inte trafiken. Nedbrytningen sker genom att bitumens (bindemedel) beståndsdelar oxideras och lätta partiklar försvinner från materialet. Detta sker redan när asfaltsmassan blandas, transporteras och läggs ut. Åldringsprocessen för bitumens livslängd bestäms av asfaltens hålrum, bitumens tjocklek och påverkan av temperaturen (Wågberg, 2003).

2.1.4.2 Plastisk deformation

Spårbildning uppstår inte enbart av ytslitage från dubbdäck, en annan orsak är oftast plastiska (kvarstående) deformationer och instabilitet i de olika lagren i överbyggnaden. Ett tydligt tecken på deformation i vägen är när det uppstår dubbelspår i beläggningen från den tunga trafikens parmonterade hjul. Där spårbildningen är som störst är deformationen i överbyggnaden högst. Vid trafikljus och busshållsplatser utsätts vägen av stor belastning från tung trafik som startar och står stilla. Det som uppstår är en deformation (tvärgående korrugering) i beläggningen. Nedan följer några exempel på faktorer som påverkar plastisk deformation (Wågberg, 2003).

➤ Trafikbelastning

Det är endast den tunga trafiken som påverkar den plastiska deformationen. Tyngden från axellasten och en kombination av kontaktytan mellan hjul och beläggning påverkar mest. För att få en så bra bild över den plastiska deformationen pratas det om belastningstid, belastningshastighet och vilopaus mellan varje fordonspassage som resulterar till spårbildningen. Den tunga trafiken påverkar beläggningen olika beroende på hastigheten. Förändras hastigheten kommer de övre lagren utsättas för skjuvkrafter vilket medför tvärgående korrugering.

➤ Klimat

Sverige har ett varierande klimat med både kalla och varma perioder. En asfaltsbeläggning på sommaren kan bli + 60 grader och under vinterhalvåret krypa ner till -40 grader (alltså en skillnad på 100 grader). Temperaturändringen gör att bindemedlet i asfalten ändras avsevärt, detta medför att styvheten minskar och en plastisk deformation uppstår.

➤ Asfaltmassa och bindemedelstyp

Asfaltmassan består till största delen av stenmaterial samt bitumen och luft. Dessa tre faktorer har en avgörande betydelse för hur asfaltmassan deformeras i framtiden. Oftast uppstår en deformation i beläggningen om stenens inre friktion är av dålig kvalitet och om bindemedlet inte är av rätt sort. Tät asfaltbetongs sammansättning gör att den är mer känslig för plastiska deformationer än vad andra typer av asfalt är.

Val av bindemedel är en viktig åtgärd vid tät asfaltsbetong för att inte asfalten ska släppa igenom något vatten. Ofta används modifierat bindemedel, gummi och polymerer för att minska deformationen (Wågberg, 2003).

2.1.4.3 Bärighetsberoende deformation

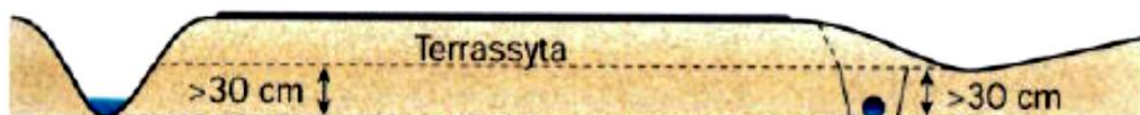
Spårbildningen uppstår när tunga fordonen belastar och deformerar överbyggnaden och underbyggnaden. Deformationerna som uppstår i vägkroppen beror på att man har valt för tunt asfaltslager, som i sin tur leder till större påkänningar på vägen. Viktigt att poängtera är att effekten av personbilar inte spelar någon roll i detta sammanhang.

För varje överfart en lastbil kör över sker det en nerpressning i beläggningen. Denna nedböjning av asfalten gör att det uppstår en töjning i underkant av beläggningen som senare leder till sprickor i asfalten (Wågberg, 2003).

Sprickorna som uppstår brukar oftast ske längsgående i vägytan och i kanten av körbanan. Efter en längre tidsperiod med hög trafikbelastning uppstår det även tvärgående sprickor som förbinds av längsgående sprickor, det medför att beläggningen släpper helt i de bundna lagren från överbyggnationen.

Varierande klimat påverkar även bärigheten i vägkonstruktionen. Under de tider på året som temperaturen går under 0 grader uppstår det tjällyft som orsakar sprickor i beläggningen. När våren är på väg och det är plusgrader ute, sker en tjällossning vilket gör att överbyggnaden minskar i bärighetsförmåga. Under kapitel 2.4.4 *Packning under vintertid* finns mer ingående om tjälprocessen.

Avvattning och dränering är en viktig åtgärd att genomföra vid bygge av en ny väg. Om vägkroppen mot all förmodan skulle innehålla för mycket vatten kan det leda till sämre bärighetsförmåga. För att säkerställa att det inte kommer något vatten i överbyggnaden dräneras överbyggnaden med öppna diken eller dräneringsrör under vägen enligt figur 2-5.



Figur 2-5 En princip skiss över en dränerings läge på en terrassyta (Wågberg, 2003)

Redan i tidigt skede dimensioneras vägen för att avleda vatten från vägbanan med ett tvärfall, mycket på grund av att förhindra att inget vatten ska ställa till med problem för trafikanterna.

Ur bärighetssynpunkt är det viktigt att avleda vattnet så det inte står kvar och sjunker igenom beläggningen till de andra lagren i överbyggnaden. I vissa fall

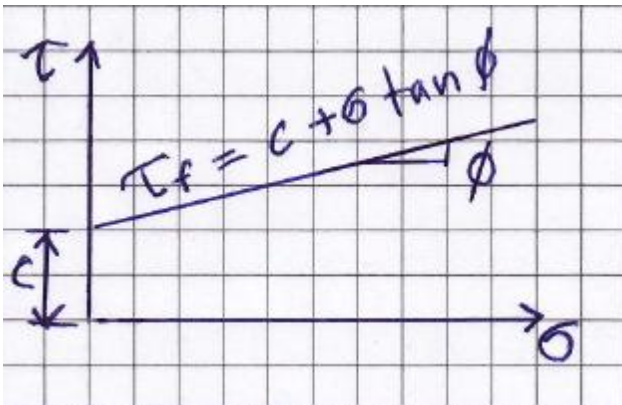
behövs det redan i undergrunden dräneras när vägen går igenom en djup skärning eller om grundvattenytan ligger under 0,5 meter från terrass (Wågberg, 2003).

Vid nybyggnation av väg är en av de viktigaste faktorerna att undvika framtida spårbildning i beläggningen. Det svåra är att förutse hur mycket spårbildning det kommer att bli i framtiden. Förutom att välja rätt tjocklek och material på överbyggnaden måste bland annat miljöaspekter och beräknad tryckfördelning för hela livslängden tas med i projekteringsskedet (Werkmeister, 2003).

2.2 Brottkriterium

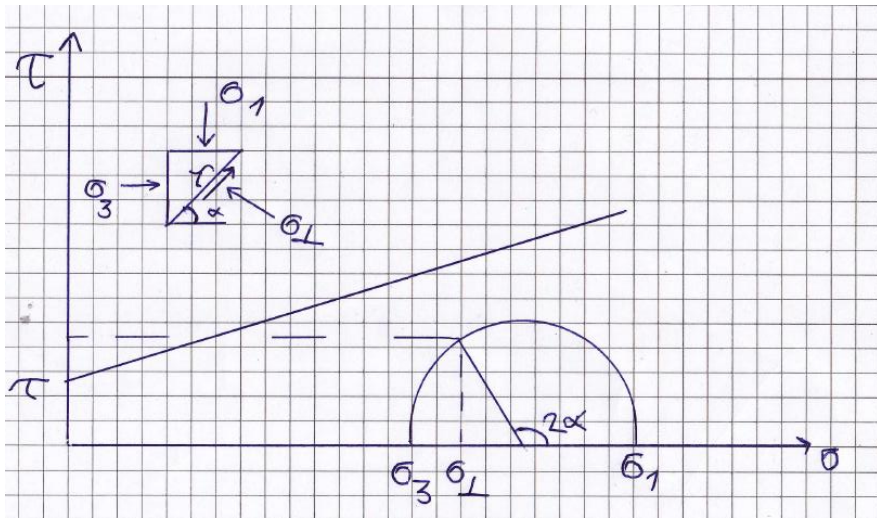
För att beräkna när ett brott sker i jord används Mohr-Coulombs brottkriterium. Det säger att:

- Brottenvelopp
- Parameter för kohesionsjord
- Spänning
- Jordens inre friktionsvinkel



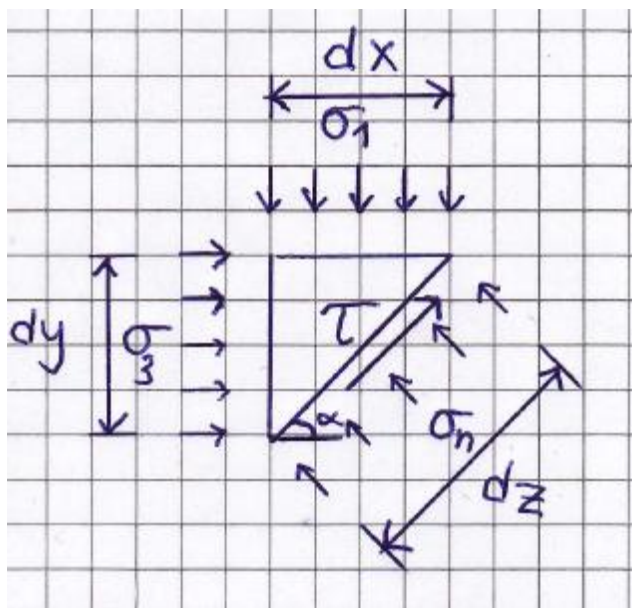
Figur 2-6 Mohr-Coulombs brottkriterium (Sällfors, 2009)

Ekvationen bildar en rät linje som anger att; för alla spänningstillstånd som representeras av punkter under linjen, är det jämvikt i jorden. Om punkten som representerar spänningstillståndet för jorden når upp till linjen sker ett brott i jorden. För att grafiskt visa spänningstillståndet i en punkt i planet läggs Mohrs cirkel in under linjen.



Figur 2-7 Spänningstillstånd i en punkt (Sällfors, 2009)

Spänningarna σ_1 och σ_3 som lutar med vinkeln α och de två huvudspänningarna, i detta fall σ_1 och σ_3 används för att beräkna koordinaterna för Mohrs cirkel.



Figur 2-8 Effektivspänning (σ_n) och skjuvspänningen (τ) (Sällfors, 2009)

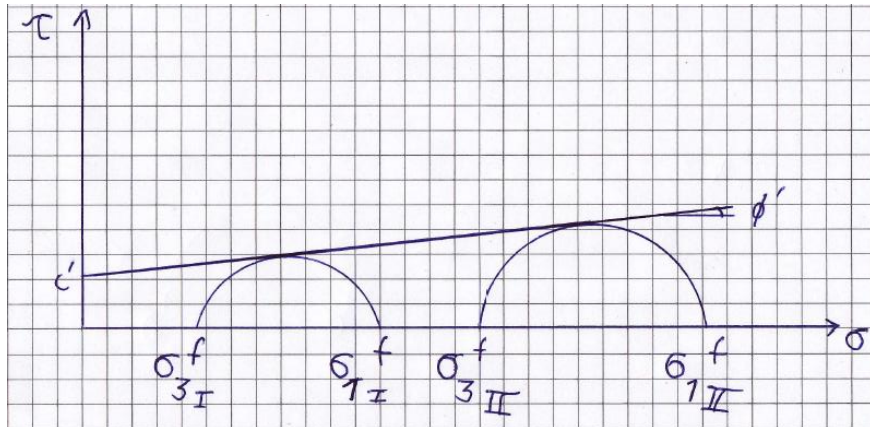
Skjuvspänningen respektive normalspänningen anges enligt nedan:

För att beräkna när ett brott sker ökas det ena spänningstillståndet medan det andra hålls konstant. Detta gör att Mohrs cirkel kommer att bli större, när den tangerar Mohr-Coulombs brottkriterium sker det ett brott i jorden.

Väljer vi att öka till exempel ett brott. Tvärtom om vi ökar

mäter vi det aktiva jordtrycket innan det sker mäts det passiva jordtrycket vid brott, se figur 2-7.

Figur 2-9 Triaxialförsök med resultat av två Mohrs cirklar (Sällfors, 2009)

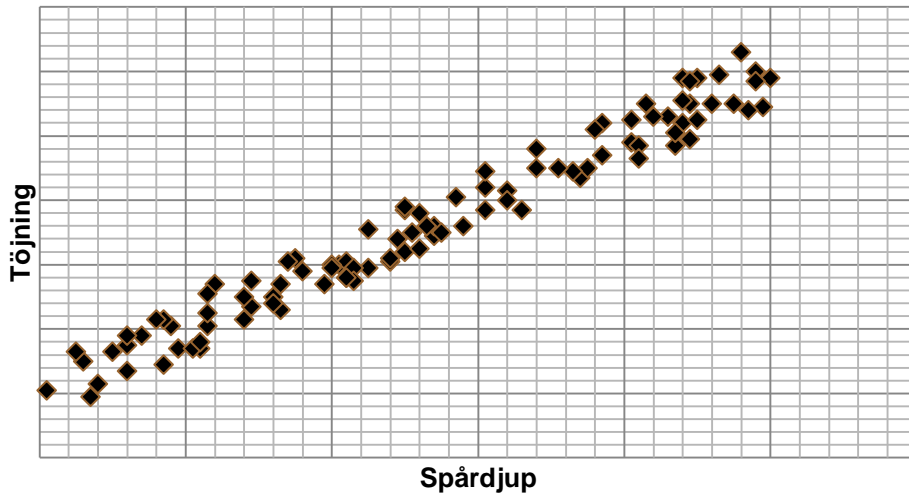


Oftast är jordens hållfasthetsparametrar och vinknen okända. Med två triaxialförsök med olika celltryck erhålls två Mohrs cirklar, genom att rita ut en tangent till båda cirklarna kan de två okända parametrarna räknas ut.

Parametern μ sätts till noll om jorden som studeras är en friktionsjord, däremot har den betydelse om jorden är en kohesionsjord. Parametern c finns på grund av de olika egenskaperna hos kohesions- och friktionsjord.

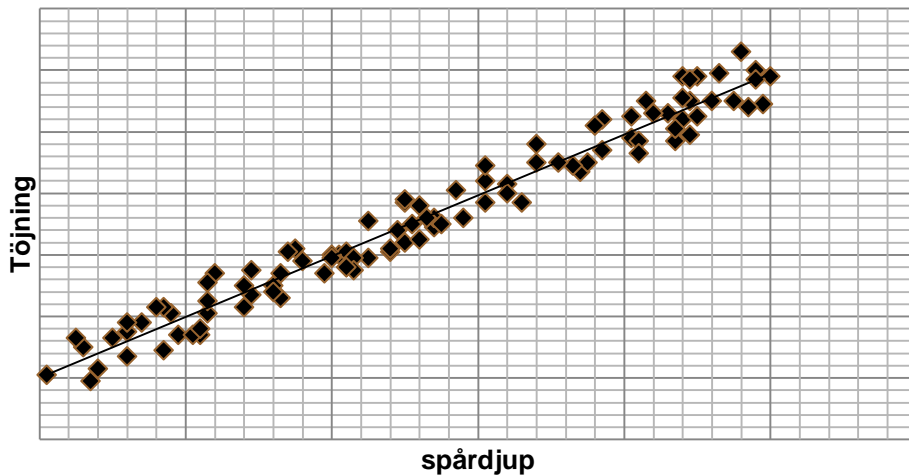
Vägöverbyggnadens nedbrytning (töjning) kan beräknas enligt två principer. Det första nedbrytningskriteriet är utmattning, där antalet belastningar (lägre än brottslasten) leder till brott. Den sammanlagda utmattningen beräknas med hjälp av Miner-Palmgrens formel (2.5), gäller för de bundna lagren. Den ackumulerande skadorna som uppstår i överbyggnaden summeras för de fyra säsongerna av året (vinter, tjällossning, sommar och höst). Året måste delas upp i säsonger på grund av de olika trafikförhållande och temperaturer som förekommer under året.

Den andra modellen för att beräkna nedbrytningen i överbyggnaden är en logaritmisk regressionsmodell. Modellen går ut på att vid en nybyggd väg mäta töjningen för att sedan vänta en tidsperiod och gå tillbaka till punkterna där töjningen mättes, för att mäta spår djupet. Med den informationen kan punkter plottas ut i ett diagram, enligt figur 2-10.



Figur 2-10 En principskiss över relationen mellan Töjning och spår djup.

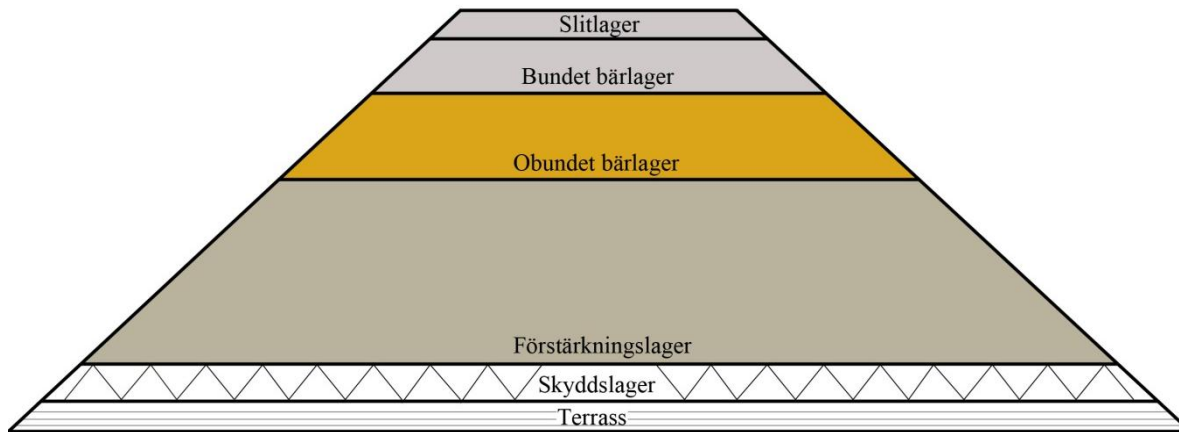
För att få ett deformationssamband mellan spår djupet och töjningen ritas en rät linje ut i diagrammet, se figur 2-11.



Figur 2-11 En principskiss på en regressionslinje för att få en uppfattning av korrelationen mellan punkterna.

2.3 Vägkonstruktion

Väggroppen delas in i två delar, en överbyggnad och en underbyggnad. Överbyggnadens huvudsakliga uppgift är att transportera bort vatten, stå emot belastningar och inte sprida lasten till undergrunden. En vägöverbyggnad består av 3-5 olika lager material med olika egenskaper och funktioner som ska fungera som en enhetlig konstruktion (VVK VÄG, 2008).



Figur 2-12 Vägkonstruktionen

2.3.1 Slitlager

Slitlagret är den del av överbyggnaden som syns på vägen. Den vanligaste sorten av slitlager är en tät asfalt. För att framställa asfalt behövs bitumen, stenmaterial av olika fraktioner och eventuella tillsatser (VVTBT, 2008).

2.3.2 Bundet bärlager

Bundet bärlager (bitumenbundet bärlager) tar upp och fördelar trafikens belastning så att det inte ska deformera undergrunden och de nedre lagren (VVTBT, 2008).

2.3.3 Obundet bärlager

Materialet i det obundna bärlagret består av grus/sten och ska kunna fördela och ta upp laster från trafiken. Bärlagret ska vara av sådan god kvalitet att hållfasthetsegenskaperna ska finnas kvar under vägens tekniska livslängd.

Vid utläggning av materialet är det viktigt att materialet blir så homogent som möjligt. Även packning bör ske då bärlagret är spänningsberoende utifrån (VVK VÄG, 2008). För bästa resultat vid packning bör bärlagret inte vara torrt utan innehålla vatten (VVTBT, 2007 & Forssblad, 2000).

2.3.4 Förstärkningslager

Förstärkningslagret består oftast av material som kommer inom väglinjen eller i närliggande bergtäkt för att minimera transporterna. Materialet brukar vara bergkross, okrossat grus och stenkross. Om okrossat material ska användas i förstärkningslagret krävs det ett tjockare bärlager. Största stenstorleken får inte överstiga halva lagertjockleken i förstärkningslagret. Den främsta uppgiften i förstärkningslagret är att fördela lasterna ner till undergrunden från trafiken (Forssblad, 2000).

Risken för att vatten rinner in i förstärkningslagret är stor och därför ska lagret fungera som ett dräneringslager, för att undvika att vatten ska stanna kvar i överbyggnaden (VVK VÄG, 2008).

2.3.5 Skyddslager

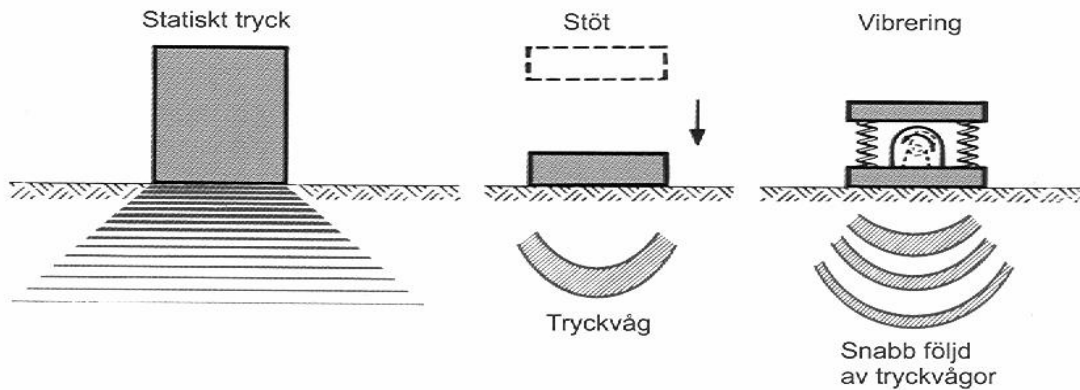
Att lägga skyddslager har två syften, den första är att förhindra att tjälfarligt material från undergrunden skulle börja klättra upp i överbyggnaden. Det andra är att avskilja finkornigt material från undergrunden att stiga upp i förstärkningslagret.

2.3.6 Terrass

Terrassen är den del i väggkroppen som överbyggnaden ska ligga på. Redan här är det viktigt att få till en bra yta med ett tvärfall på 2,5 % för det ligger till grund till de andra lagren i överbyggnaden. Terrassen kan bestå av befintligt material men ofta sker en bortschaktning eller uppfyllnad av jord- och bergsmassor från bygget. Terrassen packas för att uppnå bättre bärighetsegenskaper (VVK VÄG, 2008).

2.4 Packningsmetoder

I Sverige används tre olika packningsmetoder för att packa jord- och stenmaterial. De olika metoderna som används är statiskt tryck, stöt och vibrering som kommer att beskrivas i detta kapitel.



Figur 2-13 Olika varianter på packning av jord- och stenmaterial (Forsblad, 2000)

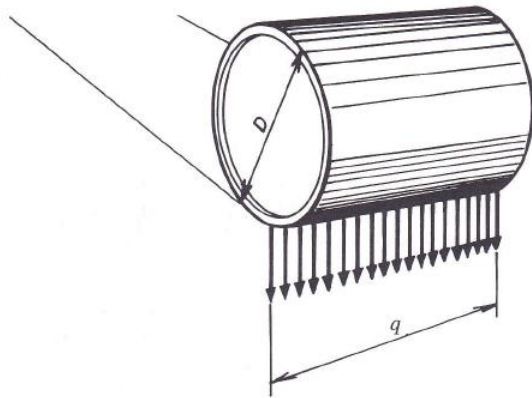
2.4.1 Statiskt tryck

Packning av jordmaterial kan göras genom statiska tryck. Det görs med hjälp av maskiner som till exempel slätvältar och gummihjulsvältar. Vältarna har en enorm tyngd som gör att materialet packas under dem när de kör på materialet. En gummihjulsvält väger mellan 10 och 30 ton beroende på vad för material som ska packas.

Vid packning befinner sig jorden i två skeden. När materialet är löst, packas materialet under välten väldigt bra. Materialet deformeras plastiskt till en början och har ingen återfjädring. När materialet blir mer och mer packat kommer det övergå i en mer fast form och även vilja fjädra tillbaka.

Packningsinverkan från en statisk slätvält är den statiska linjelasten q som "cylindern" trycker med mot marken enligt figur 2-14.

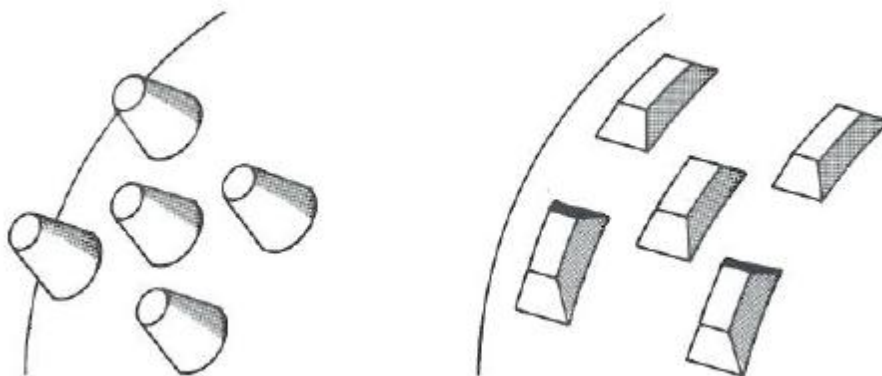
Där:



Figur 2-14 Principskiss för en välts linjelast på en yta (Forsblad, 2000)

För gummihjulsvältar beräknas packningsinverkan mot marken genom lasten varje gummihjul trycker mot marken och lufttrycket i hjulen.

Vid packning av lerjordar används med fördel fårfots- och paddfotsvältar. Dessa maskiner kombinerar ett statiskt tryck med en knådning av jorden. Fötterna på fårfotsvältsens cylinder trycker mer centrerat på marken, medan paddfotsvälten får ett mer utbrett tryck i och med att ”dubbarna” har större kontaktyta (Forsblad, 2000).



Figur 2-15 Fårfots- och paddfotsvält (Forsblad, 2000)

De statiska vältarna har en begränsad djupverkan på 0,2-0,3 m och det gör att kapaciteten sjunker vid packning av större områden (Hansbo, 1990).

2.4.2 Stöt

Stötmetoden är en gammal metod som användes redan på 1930-talet i Tyskland, när de byggde sina motorvägar. Genom stöt kan man få större krafter mot marken än vad statiskt tryck kan åstadkomma (Forsblad, 2009).

Därför används denna metod vid större beläggningar som till exempel flygplatser (Hansbo, 1990).

Stötmetoden går ut på att hissa upp en stor fallvikt i en kran som sedan får falla fritt. När fallvikten når marken bildas en tryckvåg som packar marken. Formeln nedanför beskriver den effektiva djupverkan i marken (Forsblad, 2009).

—

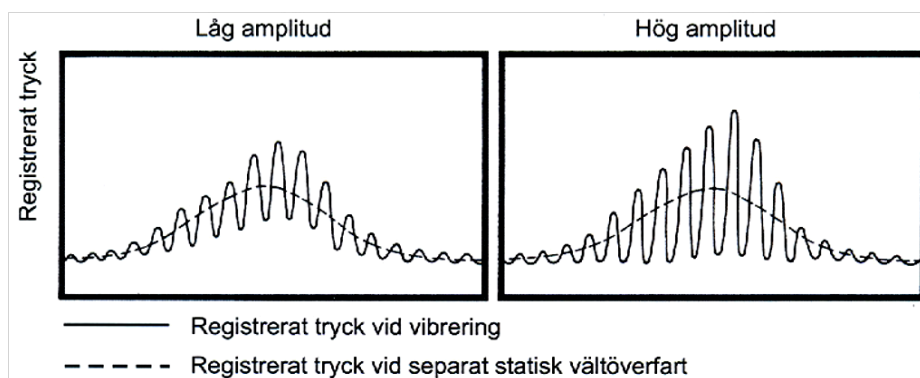
Där:

(ton)

I början av packningen släpps vikterna i ett givet mönster, hålen som bildas av fallvikterna fylls igen och nya fallvikter släpps på samma yta. I början släpps vikterna relativt glest mellan varandra men ju mer packad jorden är desto tätare släpps vikterna. Detta upprepas till fallvikterna inte får någon inverkan på markytan (Hansbo, 1990). Vibratorstamper packar även genom stöt, de arbetar med låg frekvens och stor amplitud (Forsblad, 2000).

2.4.3 Vibrering

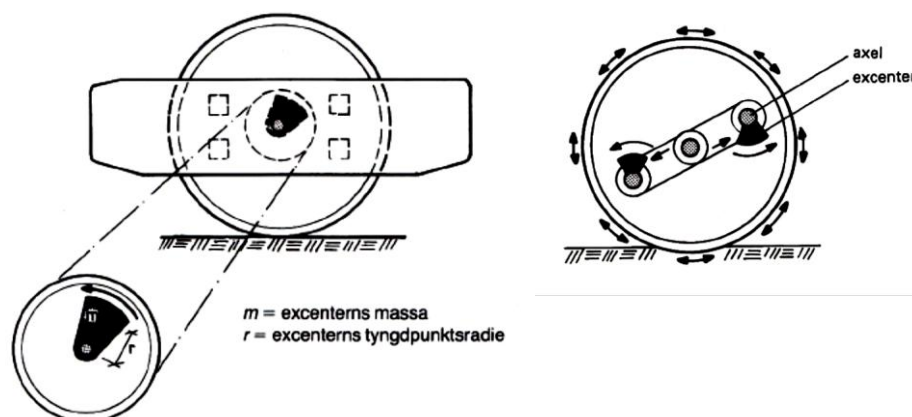
Genom att utsätta materialet för en återkommande statisk belastning (vibrering) bildas större tryck mot materialet än vid statisk belastning, illustreras i figur (2-16).



Figur 2-16 Jämförelse mellan statiskt tryck och vibrationstryck vid låg och hög amplitud (Forsblad 2000).

Tryckvågorna som vibreringen skapar tar bort vilofriktionen mellan kornen, materialet lösgörs och får en högre densitet. En lätt vibrationsplatta som väger 135 kg används till att packa sten och grus på en ytlig nivå (0,2m), medan till exempel en traktordragen vibrationsvält på 13 ton packar bergkross, sten och grus ner till en nivå på 1-2 meter. Vid gynnsamma förhållanden kan de tyngsta vibrationsvältarna packa material ner till 3 meters djup. Detta sker på grund av den tyngre vikten har avsevärt mycket större dynamiskt tryck och därför packas materialet mer effektivt. Vid packning av lera behövs ett högt tryck för att packningen ska bli bra. Vid jämförelse av statiska och vibreringsvältar har vibrationsvältan en större packningskapacitet (Hansbo, 1990 & Forssblad, 2000).

Vibrationsvält ser ut som en vanlig vält men vid cylindern finns det excenter som roterar runt sin egen axel inne i cylindern vilket ger upphov till vibrering genom centrifugalkraften. Storleken och tyngden på excentern avgör amplituden och varvtalet på excentern bestämmer frekvensen. Vältens amplitud skiljer sig beroende på materialets egenskaper. Är underlaget väldigt hårt kan cylindern börja studsa. Börjar vältan studsa kommer materialet deformeras istället för att packas.



Figur 2-17 Två översiktliga bilder på en vibrationsvält och en oscillatorsvält som visar excentern rotation (Forssblad, 2000)

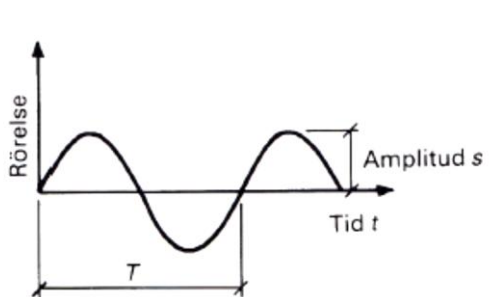
Oscillatorsvältar jobbar utifrån att två roterande excentrar som skapar en roterande rörelse hos valsen enligt figur 2-17. De horisontella vibrationerna i marken skapas genom samma frekvens och amplitud som vibrationsvält. Fördelen med oscillatorsvält är att hela vältan vibrerar mindre. Det innebär att omgivande mark och byggnader utsätts för mindre vibrationer än av en vibrationsvält.

Oscillatorvälten packar bäst grovkorniga material på mindre lagertjocklekar, den verkar inte lika djupt som traditionella vibrationsvälter. Det finns välter där det går att välja mellan vibrations- och oscillationssystem beroende på vad som ska packas.

Bomag (välttillverkare) har utvecklat en vält där den horisontella kraften anpassar sig efter materialets styvhet vilket förhindrar att välten börjar studsas om underlaget är för hårt.

Packningsverkan i materialet beror på dessa olika parametrar:

- Statisk vikt
- Frekvens och amplitud
- Antal vibrerande axlar
- Vålthastighet



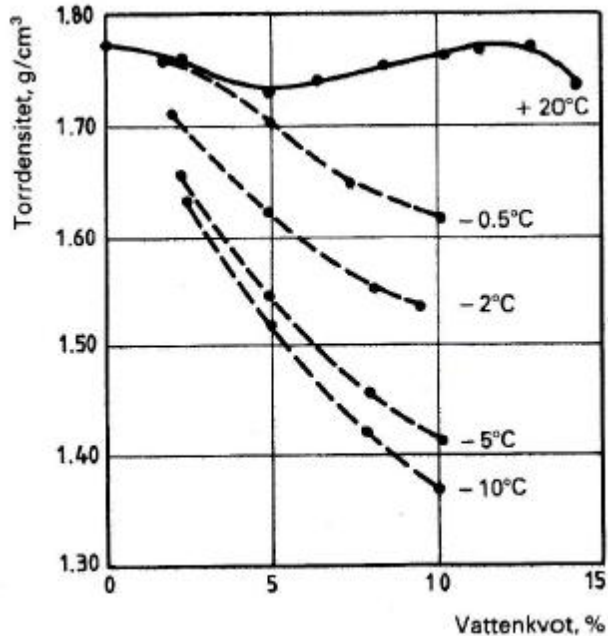
Figur 2-18 Frekvensen (T) och Amplitud (S) (Forsblad, 2000)

Den mest osäkra parametern är frekvens och amplitud. Den har diskuterats i princip så länge vibrationsvälter har existerat. De vanligaste frekvenser som används är 25 Hz och 50 Hz (1500 och 3000 vibrationer/ minut).

Packningsverkan ökar med ökad amplitud med faktor $\bar{\quad}$ där $\bar{\quad}$ är cylinderns amplitud. Stor amplitud och en frekvens på 25-30 Hz fungerar bra när vibrationsvälten ska packa stora återfyllnadsmassor med tjocka lagerföljder. Vid packning av asfalt med en vibrationsvält bör en högre frekvens väljas för att det inte ska bildas ”vågor” i beläggningen (Forsblad, 2000).

2.4.4 Packning under vintertid

Packning av jordmaterial under vintern ställer andra krav på utförande jämfört med vanlig jordpackning under sommarhalvåret. Jord innehåller nästan alltid vatten och under vintern vid minusgrader fryser jorden. Figur (2-19) visar hur packning påverkas av temperatur (Forsblad, 2000).



Figur 2-19 Grafen visar packningskurvor för frusen sand vid olika temperaturer (Forsblad, 2000)

Enligt Sven Hansbo (1990) kan även små mängder vatten ställa till bekymmer i jorden. Vattnet lägger sig emellan kornens kontaktyta och medför att kornen låser sig i sitt läge vid minusgrader. En annan viktig påverkan av jordens packning vid temperaturer är graderingstalet. Finkorning jord fryser hårdare medan sten, makadam och grus inte påverkas i samma utsträckning, då materialet inte innehåller lika mycket vatten (Hansbo, 1990).

Jordmaterialet som är tjälfarligt fryser till is i undergrunden och där små horisontella islinser bildas mellan olika skiftningar i materialet. När vatten blir till is minskar densiteten och volymen ökar. Samma sak händer med islinserna och detta gör att det blir ett tjällyft i väggkroppen som leder till skador i överbyggnaden. Sker detta i underbyggnaden ska det inte läggas nya lager på väggkroppen, då framtida sättningar kan ske (Wågberg, 2003).

Generella metoder för bra resultat vid vinterpackning:

➤ Undvika finkorniga material

Tidigare stycke nämns enligt Hansbo (1990) att finkorniga material fryser hårdare och därför bör undvikas.

➤ Använd torrt sten- och jordmaterial

Det bästa fyllnadsmaterialet för vinteråterfyllning är torra massor av sprängsten och grovkrossat grusmaterial. Innan nya lager av material ska läggas på plats måste de snöröjas eller saltas för att tina upp ytan. Tidigare erfarenheter att utföra vinterpackning har visat av torrt sten- och jordmaterial medför avsevärt större risk för eftersättningar i framtiden.

➤ Snabb packning av ofrusna massor

Tillvägagångssättet är att ofrusna massor schaktas upp och transporteras till utläggningssytan. På plats måste massorna placeras ut och packas innan de fryser. Tiden som disponeras för att hinna lägga ut materialet innan det fryser varierar kraftigt beroende på temperatur.

➤ Komplettera med ytterligare packning under sommaren

Eftersättning vid vinterpackning kan inte undvikas vid överbyggnad då det alltid finns en del fruset vatten. Därför läggs det ut extra material för att kompensera denna sättning som sker när tjälen släpper. Även en kompletterande packning med tung vält med minst 8-10 överfarter bör ske under sommaren (Forssblad, 2000).

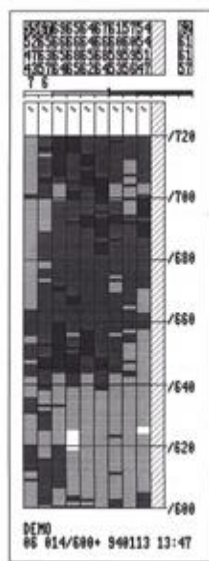
2.5 Bärighetskontroll

Efter ett packningsarbete behövs någon form av resultatkontroll som mäter det packade materialets bärighet och densitet. Densiteten är särskilt viktig vid dammbyggen, flygfältsbyggen och när det görs fyllning i byggnadsgrunder. För vägar är bärigheten (E-modulen) viktigast att mäta. Olika metoder för det beskrivs närmre i kapitel 2.5.

YPK är en kontroll som görs i samband med packningen med vält. Metoden avser att utföra packningsarbete samtidigt som bärigheten kartläggs för den packade ytan. Utförandekontroll är en fortlöpande övervakning av det packade materialet som ofta tillämpas vid väg- och järnvägsbankar.

Egenkontroll är en kontroll som utförs för egen vinning, vilket är viktigt för funktionsentreprenader eller totalentreprenader som står för underhåll av den färdiga vägen en viss tid.

2.5.1 Yttäckande packningskontroll



För en yttäckande packningskontroll används en vibrationsvält med en elektronisk packningsmätare som kartlägger packningsgraden för hela den packade ytan. Varje gång velsen belastar marken registreras packningsmätaren underlagets motstånd, och får fram ett ”Compaction Meter Value” (CMV-värde) på markens bärighet. Fördelen med denna metod är att den kartlägger de ställen där bärigheten för beläggningen till exempel är svagast. En annan värdefull egenskap hos packningsmätaren är att den lokaliserar mjuka och svaga partier av bland- och finkorning jord med hög vattenkvot.

Figur 2-20 Ytkartering av packningsmätvärden från yttäckande packningskontroll (Forsblad, 2000)

Att bara använda den yttäckande packningskontrollen är inte godkänd som bärighetskontroll. Därför kompletteras den med till exempel plattbelastning, kombinationen kallas YPK och är en godkänd bärighetskontroll. Det behöver bara göras två plattbelastningsprov efter en yttäckande packningskontroll, istället för åtta slumpade om bara plattbelastning används.

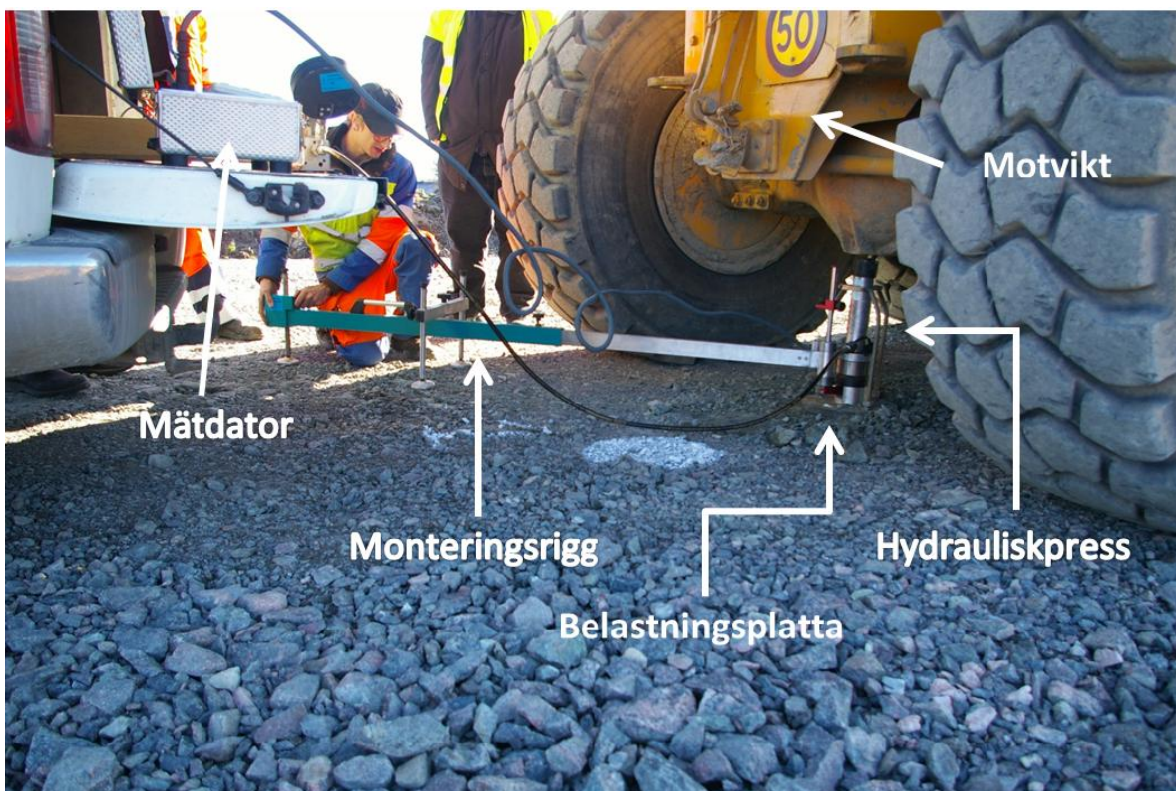
YPK packar samtidigt som den mäter bärigheten plus att färre bärighetskontroller behöver göras och det innebär att kostnaderna för bärighetskontroll kan halveras.

Metoden har även visat sig viktig att använda sig av när det handlar om funktionsentreprenad då entreprenören står för större eget ansvar. Den kan även vara bra för alla parter att ha dokumenterade bärighetsmätningar för framtiden (Forsblad, 2000).

2.5.2 Statisk plattbelastning

Plattbelastning används för att bestämma packning och styvhet, alltså modulen i jordlagren. Metoden kan utföras på grovkorniga, blandkorniga, styva och fasta finkorniga jordar.

Jorden belastas med en cirkulär platta som oftast är 300mm i diameter. Provytan ska göras så jämn som möjlig och i största mån ta bort löst material för att undvika missvisande resultat.



Figur 2-21 Statisk plattbelastning utförd på Riksväg 27 Gislaved med förklarande text om olika delar som ingår vid mätning med plattbelastning (Egen bild).

Till belastningsmothåll vid plattbelastningen används till exempel en vält eller lastbil med en vikt på minst 4.5 ton. Mellan välten och plattan sätts en

hydraulisk pump som stegvis på- och avlastar jorden. Sättningen i marken och belastningstrycket registreras i en dator.

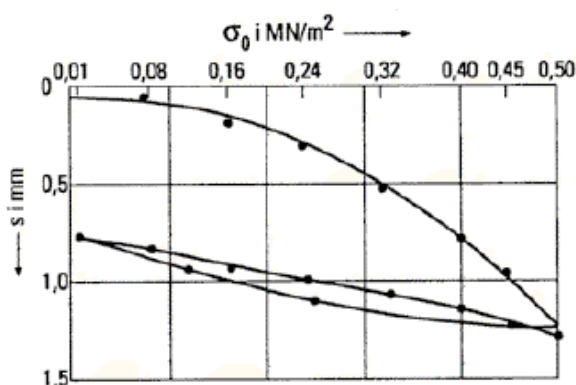
Sättningen består av både elastisk- (återgående) och plastiska deformationer. Vid varje test belastas jorden två gånger med en mellanliggande avlastningsperiod. Varje belastning sker stegvis med 7 stycken intervaller 0,08, 0,16, 0,24, 0,32, 0,40, 0,45 och 0,50 MPa. Alla stegen ska vara över 1 minut eller tills ingen sättning sker alls, förutom 0,08 som ska belastas minst 2 minuter. Avlastningen sker i tre steg där mottytningen avlastas med 50 %, 75 % och sedan ner till 100 %. Efter fullständig avlastning ska belastning nummer två utföras, den belastningscykeln ska bara gå upp till 0,45 MPa.

Om en för hög last används vid plattbelastningen får den inte minskas utan mätningen fortsätter och en anmärkning görs i försöksprotokollet.

Resultaten redovisas efter följande sätt:

- Tryck och sättningsdiagram
- Deformationsmodulerna från första och andra belastningsserien (och)
- Bärighetskvot, kvoten mellan och (/)

Beräkning av deformationsmodulen och bärighetskvoten / från de båda belastningarna kommer från den utjämnade trycksättningslinjen som beskrivs nedan i formel (2.7). Konstanterna erhålls genom att räkna minsta kvadratmetoden. Andragradsekvationen ger ett jämnare och säkrare sättningsresultat.



Figur 2-22 Grafen visar trycksättningslinjen vid statisk plattbelastning (Vägverket, 1993)

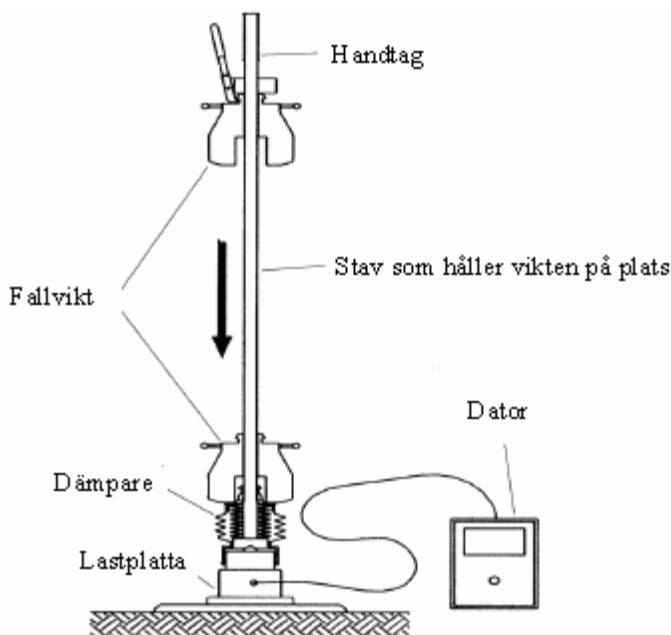
E-modulerna kan räknas ut efter att ha räknat fram trycksättningslinjen (S) enligt formel (2.8).

(mm)

)

2.5.3 Lätt fallvikt

Fördelen med den lätta fallvikten är att den på ett enkelt och snabbt sätt kan testa bärigheten i olika lager i överbyggnaden, till en låg kostnad. Enligt figur (2-23) faller en vikt på 10 kg ner på en lastplatta med en diameter av 300 mm. Stöten är dämpad och detta medför att belastningstiden ökar under plattan med 18 ms. Den dynamiska lasten för den lätta fallvikten är ca 7 kN (SGF, 2004).



Figur 2-23 Lätt fallvikt (Adam K, 2000)

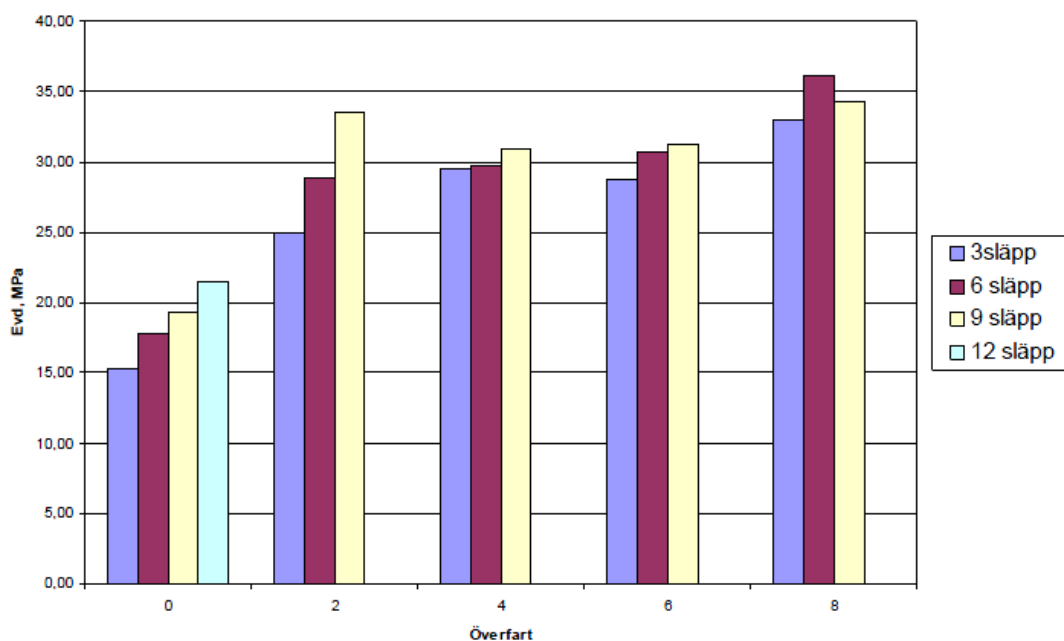
Undersökningar har visat sig att det finns vissa samband i deformationsmodulerna mellan lätt fallvikt och statisk plattbelastning vid försök på terrass. Dessa vägterrassytor består av finkorniga och blandkorniga jordmaterial. Sambandet kan erhållas genom formel (2.9) (Forssblad, 2000).

Sambandet funkar inte på grovkorniga material och medför ett krav på ett annat riktvärde som anges . Den lätta fallvikten

fungerar inte lika bra på ytor med höga bärighetsvärden.

Mätnoggrannheten minskar och därför behövs det tyngre fallvikt för att få ett bättre resultat. Vattenkvoten är en viktig parameter vid mätning med lätt fallvikt då den påverkar resultatet avsevärt.

Den lätta fallvikten utvecklades i Tyskland och används som ett viktigt redskap i byggkontroll vid vägbyggnation. Enligt tyska normer görs tre slag mot markytan med den lätta fallvikten innan mätningen börjar. Sedan görs ytterligare tre nedslag med vikten mot marken och medelvärdet av dessa slag räknas ut. I Sverige har det även gjorts tester med mätvärden från slag 3,6,9 och 12, resultatet visas i figur 2-24.

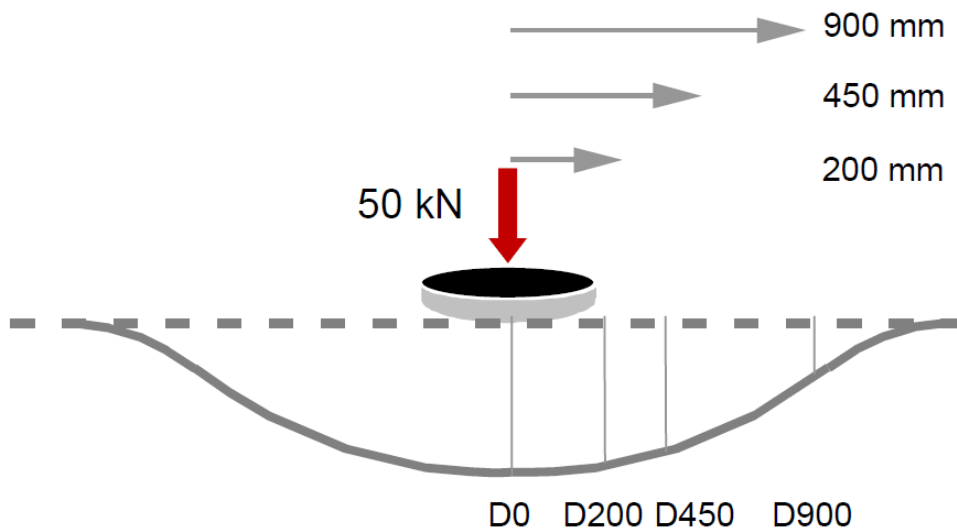


Figur 2-24 Bärighetsmätningar från Boxholm, lager 1. Figuren visar antal släpp som gjordes och vilket värde som uppmättes (SGF, 2004)

Diagrammet visar en liten ökning av med antal slag, dock är ökningen inte markant i förhållande till antal slag. Diskussioner har även förts om att införa en egen standard på kontrollutförande av lätt fallvikt i Sverige. Det har inte lett till någon förändring och vi följer idag tysk standard (SGF, 2004).

2.5.4 Tung fallvikt

Enligt metodbeskrivning 112:1998 fungerar tung fallvikt genom att en vikt släpps ner och slår ner på en fjäder ovanför plattan, kraften som skapas när vikten släpps ner på plattan överförs till marken. Kraftpulsens beror på viktens tyngd, fallhöjden på vikten, fjädern på plattan och styvheten på vägöverbyggnaden. Den största sättningen registreras dels i plattans centrum (D0) och även vid fler förbestämda avstånd enligt figur 2-25.



Figur 2-25 En principskiss över registrering av sättning med en tung fallvikt (Vägverket, 1998)

Tung fallvikt ska efterskapa den verkliga lasten från den tunga trafiken som belastar överbyggnaden. Att utvärdera ingående data från mätningarna är svårt och det gör att det behövs utbildad personal som måste utföra mätningarna. Fördelen med tung fallvikt är att det går att mäta både bundna och obundna lager. Styrkan ligger i att det även går att få information om bärigheten över tiden, årstider och klimat. Noggrannheten är hög vid beräkningar av bärigheter med tung fallvikt. Den tunga fallvikten är kopplad till en bil figur 2-26 vilket underlättar tagningen av punkter och stor tidsbesparing kan ske. Metoden ger många punkter (Vägverket, 1998).



Figur 2-26 Tung fallvikt (Egen)

Som tidigare nämns i rapporten har vatten en avgörande roll vid mätning av vägytan. Samma sak gäller vid mätning med tung fallvikt, det ska inte finnas någon kontakt med vatten mellan plattan och marken.

Om det skulle vara så att marken är vattenmättad ska detta diskuteras med beställare. En annan aspekt som måste beaktas är temperaturen vid mätningen. Vid mätning på asfalt får inte temperaturen överstiga 30 grader då asfalten blir mer plastisk än elastisk. Obundna material och underbyggnad får inte vara tjälfarligt då de kan bli missvisande resultat (Vägverket, 1998).

2.5.5 Krav på bärighet enligt Trafikverket

2.5.5.1 Terrass

Kraven för terrassen utförs med antingen statisk acceptanskontroll, YPK eller med statisk plattbelastning. De beskrivna kraven gäller för en väg som har mer än 2000 ÅDT totalt och om objektet är mer än 5000 inklusive ramper. Överbyggnaden kan antingen vara styv eller flexibel.

Gislaveds överbyggnad är av typen flexibel och då gäller följande krav för terrassen, se nedan i figur 2-27.

Krav för terrass

Krav på bärighet, flexibel konstruktion vid nybyggnation med statisk acceptanskontroll

Acceptansintervall	Ett av nedanstående krav skall väljas		
Jordterrass			
500-550 mm under obundna bärlagerytan = underkant f-lagermaterial	n=8	x	$\geq 40+0.96 s$
	n=5	x	$\geq 40+0.86 s$
	Gf om Xi		$< 32\text{MPa}$
551-650mm under obundna bärlagerytan = underkant f-lagermaterial	n=8	x	$\geq 30+0.96 s$
	n=5	x	$\geq 30+0.86 s$
	Gf om Xi		$< 20\text{MPa}$
651-750mm under obundna bärlagerytan = underkant f-lagermaterial	n=8	x	$\geq 20+0.96 s$
	n=5	x	$\geq 20+0.86 s$
	Gf om Xi		$< 15\text{MPa}$

Krav på bärrighet, flexibel konstruktion vid nybyggnad med YPK

Acceptansintervall	Ett av nedanstående krav skall väljas
Jordterrass	
500-550 mm under obundna bärlagerytan = underkant f-lagermaterial	I varje enskild kontrollpunkt: ≥ 32 samtliga kontrollpunkter skall vara godkända
551-650mm under obundna bärlagerytan = underkant f-lagermaterial	I varje enskild kontrollpunkt: ≥ 20 samtliga kontrollpunkter skall vara godkända
651-750mm under obundna bärlagerytan = underkant f-lagermaterial	i varje enskild kontrollpunkt: ≥ 15 samtliga kontrollpunkter skall vara godkända

Figur 2-27 Terrassens krav enligt Trafikverket (TRVKB, 2011)

Där:

2.5.5.2 Skyddslager

Om ett skyddslager används i väggkroppen gäller bärlagetskraven enligt nedan som är större eller lika med 250 mm. Bärlagetskraven utförs på samma sätt som för terrassen och gäller för en väg som är större eller lika med 5000 med en ÅDT större eller lika med 2000.

Krav för skyddslager

Krav på Bärlighet, statisk acceptanskontroll vid flexibel nybyggnation

Acceptansintervall för flexibel konstruktion

Skyddslager > 250mm

$$n=8 \quad x \geq 40+0.96 s$$

$$n=5 \quad x \geq 40+0.86 s$$

I varje enskild kontrollpunkt:

$$\text{Om } \leq 40\text{MPa:} \quad / \quad \leq 3.5$$

$$\text{Om } \leq 40\text{MPa:} \quad / \quad \leq 3.5$$

Antal godkända kontrollpunkter skall vara minst 7 av 8 respektive minst 4 av 5

$$G_f \text{ om } X_i < 32\text{MPa}$$

Krav på Bärlighet, YPK vid flexibel nybyggnation

Acceptansintervall för flexibel konstruktion

Skyddslager > 250mm

I varje enskild kontrollpunkt:

$$\geq 32$$

samtliga kontrollpunkter skall vara godkända

I varje enskild kontrollpunkt:

$$/ \leq 1.5 + 0.078 *$$

samtliga kontrollpunkter skall vara godkända

Figur 2-28 Skyddslagret krav enligt Trafikverket (TRVKB, 2011)

2.5.5.3 Förstärkningslager

Kraven för förstärkningslagret är detsamma som för terrassen om bärlagret och förstärkningslagret är större än 750 mm tillsammans.

Enligt TRVKB 2011 ska materialet läggas ut och packas i två lager där det översta lagret ska vara 500 mm minus tjockleken på bärlagret.

Kravet för bärighet inuti förstärkningslagret har samma krav som för skyddslagret, se figur 2-28.

Är förstärkningslagret det översta obundna lagret har det samma krav som bärlaget, se figur 2-29.

2.5.5.4 Bärlager

Bärighetskraven för Bärlaget har samma förutsättningar som för skyddslagret och terrassen, kraven är följande (TRVKB, 2011):

Krav för Bärlager

Krav på Bärighet, statisk acceptanskontroll vid flexibel nybyggnation

	Acceptansintervall för flexibel konstruktion	
Bärlager eller översta	n=8	$x \geq 140 + 0.96 s$
obundna lager	n=5	$x \geq 140 + 0.86 s$
	<i>I varje enskild kontrollpunkt:</i>	
	Om $\leq 140\text{MPa}$:	/ ≤ 2.8
	Om $\leq 140\text{MPa}$:	/ $\leq 1 + 0.013 *$
	Antal godkända kontrollpunkter skall vara minst 7 av 8 respektive minst 4 av 5	
	Gf om Xi	$< 32\text{MPa}$

Krav på Bärighet, YPK vid flexibel nybyggnation

	Acceptansintervall för flexibel konstruktion	
	<i>I varje enskild kontrollpunkt:</i>	
Bärlager eller översta	≥ 125	
obundna lager	samtliga kontrollpunkter skall vara Godkända	
	<i>I varje enskild kontrollpunkt:</i>	
	/	$\leq 1.5 + 0.0136 *$
	samtliga kontrollpunkter skall vara godkända	

Figur 2-29 Bärlagrets krav enligt Trafikverket (TRVKB, 2011)

2.6 Dimensioneringsmetoder

Det finns fyra olika huvudgrupper av dimensioneringsmetoder.

- Empiriska metoder
- Analytiska metoder
- Analytisk-empiriska metoder
- Mekanisk-empirisk metod

2.6.1 Empiriska metoder

Fördelen med den empiriska modellen är att det krävs få eller inga beräkningar. Istället används diagram och tabeller för att ta fram lagertjocklekar för vägen. Största nackdelen är att metoden grundar sig i information från AASHO. Det innebär att metoden inte tar hänsyn till förhållanden som trafikbelastning, klimat och vägmateriäl i andra länder.

2.6.2 Analytiska metoder

Analytiska metoder handlar om att dimensionera överbyggnaden utifrån beräkning av töjning, deformationer och påkänningar som uppkommer under trafikbelastningar. Vägen ska dimensioneras så den tillåtna hållfastheten för materialen i vägen inte överskrids under belastning.

2.6.3 Analytisk-Empirisk metod

Denna metod är en blandning av de båda övre 2.6.1 och 2.6.2. För att göra en analytisk-empirisk dimensionering behövs det göras en analytisk och en empirisk del. Den analytiska delen består av alla beräkningar av spänningar och töjningar i vägkonstruktionen, medan den empiriska står för kriterierna.

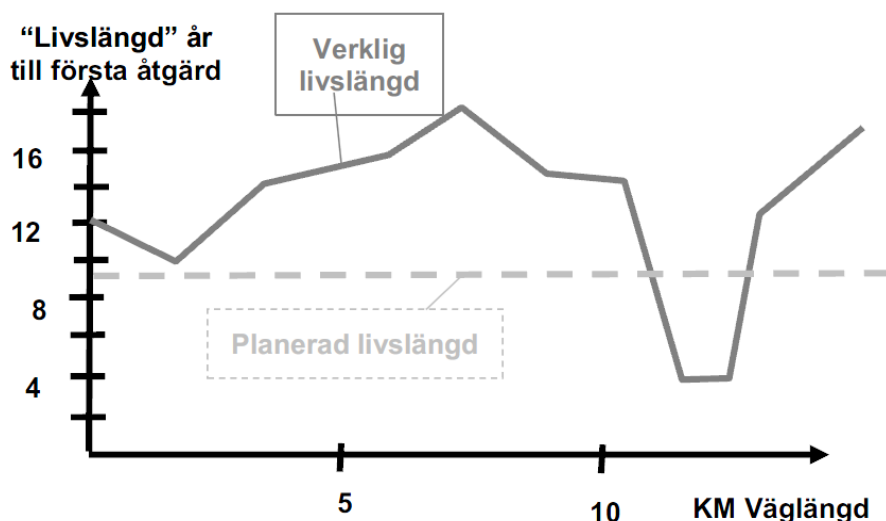
2.6.4 Mekanisk-Empirisk metod

Denna metod bygger på att göra en tillståndsbedömning av vägen med hjälp av fysiska variabler och parametrar. Den mekaniska metoden bygger på materialens nedbrytning. Den empiriska dimensioneringsmetoden grundar sig från ett försök som genomfördes av AASHO (American Association of state Highway Officials) Amerikanska staten 1959-1960. Försöket heter AASHO Road Test och byggde på att köra på olika överbyggnader med tung trafik för att sedan studera nedbrytningen på vägen. Försöken ligger till grund för flera genom åren utkomna dimensioneringsmetoder signerade AASTHO, sedermera ASHTO (Agardh & Parhamifar, 2012).

Aktiv design som förklaras i nästa kapitel bygger på den mekanisk-empiriska metoden (Ullidz, 1998).

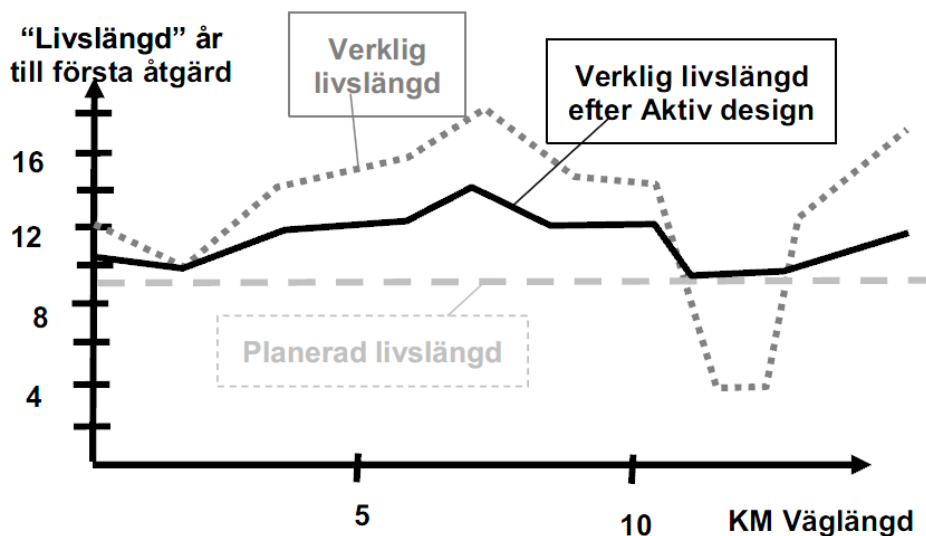
2.7 Aktiv design

Med aktiv design menas att vägen konstrueras utefter bärigheten. I dagsläget är inte vägarna optimerade för sitt syfte längs hela sträckan. På vissa ställen har mer pengar investerats än nödvändigt, och tvärtom där vägen har svag bärighet blir konstruktionen för dålig. Detta resulterar i bristande kvalitet och livslängd för vägen i vissa sektioner men ”för bra” kvalitet för sitt syfte i andra sektioner.



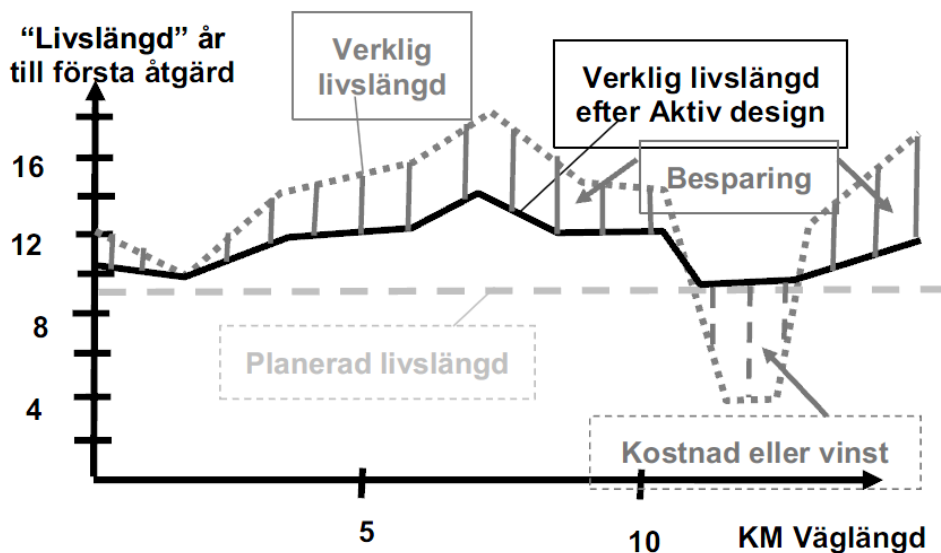
Figur 2-30 Exempel på livslängd för färdig väg (Mattson & Sipari, 2007)

Med byggkontroller och beräkningar kan bärigheten i vägen förutses. Då kan byggarbetet inrikta sig på de delar av vägen som har en sämre bärighet. Det behöver inte läggas ner lika mycket resurser och tid på delar där bärigheten är hög. Genom användning av aktiv design skulle vägen få en jämn och hög kvalitet och därmed totalt längre livslängd, utan att någon åtgärd behövs för att nå den planerade livslängden, se figur 2-31.



Figur 2-31 Exempel på livslängd för väg med aktiv design (Mattson & Sipari, 2007)

Genom användning av aktiv design finns det mycket pengar att spara. På sträckor som inte behöver lika mycket arbete kan kostnader i form av arbetsutförande sparas. Områden med låg bärighet (som kommer att behöva en åtgärd inom snar framtid) läggs det extra resurser in. Det blir en extra kostnad under byggskedet men en vinst i framtiden, då minskat underhåll kommer att behövas, se figur 2-32 (Mattson och Sipari, 2007).



Figur 2-32 Kostnader och besparingar genom aktiv design (Mattson & Sipari, 2007)

3 Fältförsök

3.1 Bakgrund till byggande av förbifart Gislaved

Anledningen till bygget av Riksväg 27 är att förbättra framkomlighet och trafiksäkerhet på plats. Vägen går idag mellan Gislaved och Anderstorp där den går genom tätbebyggt område och har många utfarter. De boende i Gislaved utsätts för mycket tung trafik och höga trafikmängder, vilket resulterar i höga bullervärden och luftföroreningar. Söder om Anderstorp finns det flera enskilda vägar samt skogs- och åkeranslutningar som ansluter till befintlig väg. Många av dessa vägar har väldigt dålig sikt som medför en högre olycksrisk.

Nuvarande trafiksituation ser ut enligt följande:

Referenshastighet: 50-90 km/h

Trafikmängd: 3560 - 13410 fordon/dygn

Andel tung trafik: 7-13 %

Vägbredd: 7,0 - 9,1 m

Olycksstatistiken för den nuvarande vägen är hög. Ett utdrag mellan 1996-2005 visar att det har inträffat 100 trafikolyckor, varav tre stycken med dödsfall och 18 svårt skadade. 79 stycken av olyckorna var lindriga personskador, utöver dessa sker många viltolyckor, men dessa har inte inneburit några personskador.



Figur 3-1 Översiktsskarta för gammal och nya sträckning för Riksväg 27 (den nya markerad med svart)(VV, 2010)

Kringliggande området för Riksväg 27 består av småkuperat landskap eller flacka skogsområden. Inom sträckan finns det även mycket våtmark som ställer höga krav på utförandet vid nybyggnationen. Vid Hult och Henja samt Törås och Ryd, öppnar sig landskapet och övergår till småskaligt jordbrukslandskap. Norr om Gislaved flyter Nissan förbi meandrande i ett 500 meter brett område. Förutom Nissan finns även en stor mosse som är riksintresse för Naturvården. Fornminnen har även hittats från Nissans dalgång och norr om Töråskorsningen finns det en torplämning.

Sammanfattningsvis påverkas människan negativt av trafiken genom större risker för föroreningar i vatten, risk för skadade i trafiken, buller, vibrationer och barriäreffekt (VV, 2010).

3.1.1 Tidigare fallviktsmätning gamla R27

Tidigare mätningar under 2008 på den gamla Riksvägen 27 visade att undergrunden fortfarande var i bra skick och att de obundna lagren var väl packade. Anledningen till det positiva resultatet kan vara att de styva lagren ger mothåll.

Under juli 2011 gjordes ytterligare fallviktsmätningar på hela befintliga vägen (byggsektion 2/000-5/500). Mätningar utförda med FWD visade normala värden för asfaltbetongen på 11500 MPa. Även de obundna lagren uppvisar värden som kan betraktas som normala till åldern på den befintliga vägen. Samtidigt som det gjordes fallviktsmätning på plats, utfördes även georadarmätningar. Denna mätning används framförallt för att se hur tjocka de olika lagren är, samtidigt såg man att på vissa delar av vägen att det fanns berg i undergrunden.

3.2 Förutsättning för den nya Riksvägen 27

Den nya sträckningen som ska byggas om är 11,5 km lång och av dessa är 6,5 km ny väg. Hela sträckan kommer att byggas med mitträcke för att öka trafiksäkerheten. Nästan hela sträckan kommer att få två körfält åt ena riktingen och andra riktingen kommer att vara enkelfält. På ett fåtal ställen där vägen går över med bro kommer vägen att övergå till 1 + 1 väg.

3.2.1 Geoteknik

För den nya sträckningen varierar jordmaterialet. Det mesta av jordmaterialet består av sand men i vissa sektioner förekommer även morän. På tre ställen dominerar jordmaterialet av berg, det förekommer i ett avsnitt på 500 meter öster om Nissan, trafikplatsen i Anderstorp och även i sektioner söder om Anderstorp.

Många sektioner innehåller torv som går ner till 2,5 meters djup på vissa ställen. Torven ska schaktas bort och ersättas med friktionsmaterial.

Urgrävningsmassorna kommer att läggas i anslutning till vägen.

Grundvattennivån ligger i genomsnitt på 0-1 meter under markytan vilket är en väldigt hög grundvattennivå. I vissa sektioner ligger grundvattennivån över terrassen.

Alla broar som kommer att byggas kan plattgrundläggas med undantag av bron som kommer att gå över Nissan, den måste pålas (VV, 2010).

3.2.2 Vägkonstruktion väg 27

Mätningar med tung fallvikt och statisk plattbelastning gjordes på tre olika sektioner som redovisas nedan. Som tidigare nämnts består överbyggnaden av en flexibel konstruktion med en tjocklek som varierar mellan 585-785 mm. Största skillnaden mellan de olika sektionerna är tjockleken på lagren upp till terrassnivån och materialet vägen ligger på. I flertalet av sektionerna har det krävts en utgrävning på grund av att markmaterialet har bestått av organiskt material med låg bärighet, se mer under kapitel 3.2.1 Geoteknik.

Tabell 3-1 Sektion 0/800-0/950 tjocklek överbyggnad 585 mm.

Lagermaterial	Materialtyp	Tjocklek (mm)
Slitlager	ABS 16 70/100	35
Bindelager	ABB 22 70/100	50
Bärlager	Krossmaterial 0-40	80
Förstärkningslager	Krossmaterial	420
Terrass	Fyll (Sand)	-

Tabell 3-2 Sektion 1/250-3/150 total överbyggnad tjocklek 585 mm respektive 785 mm.

<i>Sektion 1/250-1/450</i>		
Lagermaterial	Materialtyp	Tjocklek (mm)
Slitlager	ABS 16 70/100	35
Bindelager	ABB 22 70/100	50
Bärlager	Krossmaterial 0-40	80
Förstärkningslager	Krossmaterial	420
Materialskiljande lager	Fiberduk	-
Terrass	Fyll (Sand/Silt/mo)	-
<i>Sektion 1/450-3/150</i>		
Lagermaterial	Materialtyp	Tjocklek (mm)
Slitlager	ABS 16 70/100	35
Bindelager	ABB 22 70/100	50
Bärlager	Krossmaterial 0-40	80
Förstärkningslager	Krossmaterial	620
Materialskiljande lager	Fiberduk (Höger körbana)	-
Terrass	Fyll (Sand)	-

Tabell 3-3 *Sektion 4/050-4/710 tjocklek överbyggnad 785 mm respektive 585 mm.*

4/050-4/090		
Lagermaterial	Materialtyp	Tjocklek (mm)
Slitlager	ABS 16 70/100	35
Bindelager	ABB 22 70/100	50
Bärlager	Krossmaterial 0-40	80
Förstärkningslager	Krossmaterial	620
Materialskiljande lager	Fiberduk	-
Terrass	Fyll (organiskt material)	-

4/090-4/710		
Lagermaterial	Materialtyp	Tjocklek (mm)
Slitlager	ABS 16 70/100	35
Bindelager	ABB 22 70/100	50
Bärlager	Krossmaterial 0-40	80
Förstärkningslager	Krossmaterial	420
Materialskiljande lager	Fiberduk	-
Terrass	Fyll (organiskt material)	-

3.2.3 Uppställda krav för byggkontroll från beställare

Kontroll på de obundna lagren i överbyggnaden på Riksväg 27 ska ske med hjälp av fallvikt. Omfattningen beskrivs i anläggning *AMA 98* och *VV AMA 05 Väg*. Andra metoder än statisk plattbelastning kan användas som byggkontroll om det kan påvisa samma resultat som PLT. Entreprenören som utför arbetet ska göra fem stycken bärighetsmätningar per homogen yta. Med tysk fallvikt får inte den homogena ytan bli större än 2500 .

Framtida sättningar kan ske och hjulspår kan uppstå i de bundna lagren och därför ska det utföras en mätning var 50:e meter. Om de jämna sträckorna inte är homogena ska en tätare kontroll utföras, var 40:e meter.

3.2.4 Mätningar utförda på nybyggd terrass

Under vintern 2011 gjordes en mätning med tung fallvikt på en nylagd terrassyta. Omständigheterna vid mätningen på plats var inte optimala, då vädret bestod av regn och snö.

För att efterlikna krafterna som uppstår vid terrassen från trafiken och överbyggnaden användes en större belastningsplatta på 450 mm för att minska kontaktytan med markytan. Mätningen gjordes med olika lastnivåer mellan 20-50 kN (en mätserie) och upprepades två gånger. Den antagna dynamiska spänningsnivån för färdig väg är 20 kPa och den statiska blev 180 kPa på terrassen, vid slag 8 med fallvikten 20 kN.

Passningen är inte lika noggrann på terrass som på en hård vägyta, detta beror på att terrassen består av mer grovkornigt material. Vid passningsräkningen blev RMS (Root Mean Square) -medianen 16,7 % på terrassen och ett lämpligt krav är ett maximalt värde på 20 %.

Sektion	E(2)	RMS	Kraft
0	98	12.5	24
30	130	30.7	24.1
39	102	29.7	23.8
50	160	25.5	23.8
60	122	16.4	23.8
70	133	16.7	24.3
99	126	11	24.2
110	152	17.2	23.7
119	153	15.5	23.9
145	144	4.14	24.4
160	133	14.2	24.3
171	134	37.4	23.4
164	120	3.05	24
150	125	36.4	23.2
140	135	35.8	23.4
120	156	25	23.2
100	140	10.7	24.5
80	129	9.22	24
60	158	16.2	24.2
39	276	42.8	23.5
20	185	27	24.2
0	147	5.85	24.2
0	105	11.5	24.2
20	141	9.86	23.5
40	138	16.8	23.5
60	139	8.73	23.7
80	142	7.4	24
99	178	33.9	23.5
120	168	16.8	24
139	163	19.7	23.6
160	123	26.6	23.9

Figur 3-2 Mätresultat från tung fallvikt på terrass i Gislaved under december 2011 (Lenngren (b), 2011)

Resultatet från terrassmätningen visar att medel under hela mätningen var 143 MPa, medianen på 135 MPa och 5 percentilen till 103 MPa. Uppmätta värden från terrassmätningen med tung fallvikt liknar de värden som uppmätts med statisk plattbelastning (tredje belastningen från PLT), då dessa värden är något högre än . Inga bedömningar av packning har kunnat göras då ytan från mätningen har varit för våt (Lenngren (b), 2011).

3.3 Utförande

Under två dagar i april utfördes tung fallviktsmätning på förstärkningslager på sju delytor mellan sektionerna 0/800 och 9/370. Mängden inmätningar har gjort att analysen begränsas till tre sektioner som beskrivs nedan:

- Enligt beställarens krav för byggkontroll ska det utföras 5 bärighetsmätningar på en homogen yta längs höger hjulspår. På första sträckan (0/800-0/950) utfördes 4 mätningar i höger hjulspår i vardera riktning, med ett intervall mellan mätningarna på 50 m. Det genomfördes även mätningar på vägmitt och vägkant var 20:e meter. För att få en bra statistisk bedömning och en bättre uppfattning av vägens bärighet, mäts minst 20 punkter på varje sträcka som sedan kommer att användas för vidare analys vid passningsräkning och aktiv design.
- På delsträcka två (1/250-3/150) utfördes mätningar i höger hjulspår var 50:e meter. I slutet av sektionen markerades tre punkter i höger och två i vänster hjulspår för att sedan kunna utföra ett plattbelastningsförsök på samma punkt. Veckan därpå utfördes plattbelastningsförsök på tre av dessa punkter och fyra vid andra sektioner.
- På tredje sträckan (4/050-4/710) utfördes fallviktsmätningen med 30 meters intervall i höger hjulspår. Intervallet mellan punkterna bestämdes för att kunna göra en 95 percentil även på denna sträcka.

För att kontrollera mätningar med tung fallvikt genomfördes kontroller med statisk plattbelastning. Detta för att jämföra de uppmätta värdena mot varandra.

3.3.1 Tung fallvikt (FWD)

Försök med tung fallvikt utfördes på samtliga tidigare redovisade sektioner. FWD som användes på plats hade maxbelastning på 50 kN. Denna typ av fallvikt ska efterlikna belastningar från tung trafik då en standardaxel för en lastbil är 50 kN. På varje mätpunkt utfördes tre slagserier med olika belastningar. Innan de tre slagserierna görs ett sättningslag för att få korrekta värden. Slagseriens belastningar finns nedan.

Tabell 3-4 Slagserie med tung fallvikt.

Sättningslag (kN)	Slagserie 1 (kN)			Slagserie 2 (kN)			Slagserie 3 (kN)		
20	20	40	50	20	40	50	20	40	50

I och med att marken sätter sig för varje slag är resultaten från den sista slagserien den mest relevanta ur en bärighetsynpunkt vid en elastisk analys.

På den tunga fallvikten sitter 7 stycken deflektionsgivare som registrerar vibrationen (deflektionen) i marken som fallvikten orsakar. Data som givare samlar in används för att beräkna ytmodulen (E-modulen från FWD). Förutom ytmoduler, registreras belastningshistoriken från fallviktslagen vilket är kraftpulsens och deflektionens utveckling under slaget. Denna information fås direkt i datorn vilket innebär att mätningsoperatören direkt kan se resultatet och validera det. Operatören kan också se om mätningen har varit instabil eller om något är fel på deflektionsgivare och kan då göra om försöket direkt på plats.

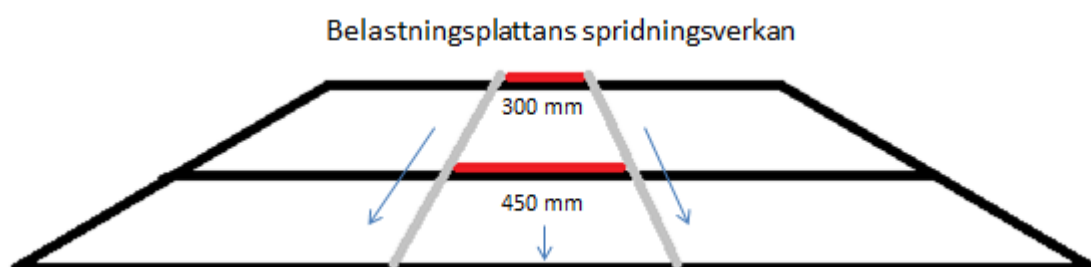
En av deflektionsgivarna sitter genom ett hål mitt i belastningsplattan (Do) medan resterande sex sitter i ett intervall som varierar med vilken storlek på belastningsplatta som används. På försöket användes en platta med 450 mm i diameter.

Avståndet från belastningsplattan till respektive deflektionsgivare är enligt tabell nedan.

Tabell 3-5 Avståndet mellan deflektionsmätare.

Deflektionsgivare avstånd (cm)						
0	30	45	60	90	120	150

Om mätningen utförs på bundna lager används en mindre belastningsplatta. Varför olika storlek på belastningsplattan används är för att efterlikna den tänkta trafikens belastningsspridning, se figur 3-3.



Figur 3-3 Illustration för hur belastning sprider sig genom överbyggnaden (Egen)

3.3.2 Statisk plattbelastning (PLT)

Statisk plattbelastning utfördes på sju punkter, tre av dem gjordes på punkter som markerats efter den tunga fallvikten medan de resterande slumpvis utfördes på de olika delsträckorna. Försöken gjordes vid två tillfällen då det var bra väder både samma dag och dagen innan med temperaturer mellan 7–15 plusgrader.

Tanken var att plattbelastningsförsöken skulle börja den 4 april. Vid första försöket var strömförsörjning inte tillräcklig och fick avbrytas efter sista pålastningen (), se nedan när försöken utfördes och för vilka sektioner enligt tabell 3.6.

Tabell 3-6 Förhållande och förutsättningar vid PLT.

Punkt	1	2	3	4	5	6	7
Sektion	0/800	0/850	0/900	3/050	3/100	3/150	9/504
Datum	10/4	10/4	10/4	10/4	5/4	5/4	5/4
Temp	15	14	9	7,5	10	10	10
Väder	Klart	Klart	Klart	Klart	Sol/blåsigt	Sol/blåsigt	Sol/blåsigt

De sex första är utförda på den nybyggda vägen medan den sjunde punkten är utförd vid en breddning av befintlig väg, Riksväg 27.

Viktig åtgärd innan mätningarna med PLT var att ställa upp plattan på en jämn yta för att få en så bra kontaktyta med marken. Dessutom måste monteringsriggen vara lodrät och givaren vara kalibrerad för att få ut rätt värden. Motvikten som användes vid mätningen var en dumper med en totalvikt på ca 40 ton fullastad med undergrundsmaterial.

Vid mätning på plats så registreras deformationsmodulerna och . Alla resultat bokförs i en fältdator som operatören översiktligt kan se vad som händer med mätningen. För att se hur statisk plattbelastning ska gå till läs mer på kapitel 2.5.2.

4 Utvärderingar av resultat

Mätningarna är gjorda på ett förstärkningslager och för att jämföra resultaten används krav från kapitel 2.6.5. Utförandekraven från Trafikverket finns inte för förstärkningslager, utan beroende på konstruktionens tjocklek hänvisas krav för förstärkningslager till antingen bärlager eller skyddslager. Enligt denna konstruktion ska krav från skyddslager användas till förstärkningslagret, det innebär att kravet ligger på 40 MPa.

För tung fallvikt används samma krav som för plattbelastning. Filerna från det tunga fallviktsförsöket måste bearbetas i ett passningsräkningsprogram för att kunna analyseras vilket vi går djupare in på i detta kapitel.

4.1 PLT

4.1.1 Mätresultat

Vid utvärdering av plattbelastningsresultat används kraven från Vägverket som redovisades i kapitel 2.6.5. Det intressanta att titta på i resultatet är de framräknade E-modulerna för E_1 , E_2 och kvoten mellan dem.

Tabell 4-1 Resultat från PLT mätningen i Gislaved.

Mätpunkt	E_1	E_2	E_1/E_2
1	100,2	114	1,14
2	115,8	138,5	1,20
3	140,4	130,9	0,93
4	78,2	107,4	1,37
5	75,1	110	1,46
6	73,2	120	1,64
7	160,8	183,6	1,14
Medelvärde	106,2	129,2	1,27
Standardavvikelse	34,4	26,5	0,24

4.1.1.1 Utvärdering av PLT-resultat

Generellt är värdena bra för försökspunkterna 1-7. Det är bara ett värde som avviker från de andra mätvärdena och det är punkt 3, där kvoten är under 1. Det betyder att den uppmätta E-modulen är högre vid första belastningen än vid det andra. En orsak till detta kan vara att natten innan försöket utfördes var det minusgrader i luften. Det innebär att tjäle i marken kan ha uppstått. Går det tjäle i marken stärker det bärigheten och resultatet från blir högt (140 MPa). När marken sedan belastas genom PLT trycks islinserna sönder vilket innebär att bärigheten sänks och får ett lägre värde än . Se mer om vinterpackning kapitel 2.5.4.

Den sista mätpunkten indikerar att det kan vara berg i undergrunden genom att första pålastningen visar en hög E-modul . Andra E-modulen har ett högre värde än och det innebär att det inte har gått tjäle i marken som i punkt 3.

Som tidigare nämnts finns det inte några utförandekrav på förstärkningslagret, utan kraven hänvisas till skyddslagret eller bärlagret beroende på konstruktionens tjocklek. Används krav från skyddslagret är kvoten från PLT-försöket låga jämfört med krav för högsta tillåtna kvot. E-modulen får inte understiga 40 MPa då resultaten överstiger med 70- 143.6 MPa.

Används kravet för bärlager kommer endast ett provresultat uppfylla kraven vilket är 140 MPa. Däremot uppfylls kraven för högst tillåtna kvot i varje enskild punkt, se mer detaljerat i tabell nedan.

Tabell 4-2 Jämförelse mellan PLT-resultat och högst tillåtna kvot för skydds- respektive bärlager.

Punkt	Kvot			Högsta tillåtna kvot för skyddslagret	Högsta tillåtna kvot för bärlager
1	100,2	114	1,14	8,18	2,8
2	115,8	138,5	1,20	9,73	2,8
3	140,4	130,9	0,93	9,25	2,8
4	78,2	107,4	1,37	7,77	2,8
5	75,1	110	1,46	7,93	2,8
6	73,2	120	1,64	8,56	2,8
7	160,8	183,6	1,14	12,57	3,39

Om sättningarna i är liten kommer E-modulerna att bli höga. Vid nästa belastning kommer sättningen i att bli något mindre eftersom materialet blivit packat under första belastningen, det resulterar i en något högre E-modul. Ligger resultaten nära varandra kommer kvoten att hamna nära 1 som i punkt 1 och 7 från tabellen ovan. Är sättningen hög vid första belastningen,

kommer sättningen vid belastning två vara betydligt mindre, på grund av packningen från belastning ett. Skiljer sig resultaten mycket kommer kvoten att bli hög. Materialet uppvisar en bra packningsgrad om kvoten mellan $\frac{D_0}{D_6} \geq 1$.

4.2 FWD

4.2.1 Mätresultat

Den tunga fallvikten mäter inte bara deflektionen och elasticitetsmodul utan även temperaturen på ytan i materialet samt, lufttemperaturen och även beräkna sin position med hjälp av GPS. För en mer ingående beskrivning av tung fallvikt läs 2.6.4. Enligt metodbeskrivningen 1998:80 för fallviktsapparater liknar kraftpulsens 50 kN ett standardvärde för belastning (färdig väg) och därför kommer detta att redovisas enligt tabell nedan. En standardaxel från en tung lastbil kan liknas vid en kraft på 50 kN.

Mätningarna med tung fallvikt gjordes i tre sektioner på den nybyggda delen av vägen, se mer ingående vilka sträckor i kapitel 3.2.2. I delsektioner gjordes även plattbelastning som redovisas ovanför i tabell (3-6) mätpunkterna 1-7. På samma punkter gjordes även fallviktmätningar med tung fallvikt enligt tabell (4-3) och (4-4), där sista slaget och första slaget redovisas.

Tabell 4-3 Resultat från FWD-mätningen i Gislaved (slag 10).

Sektion	Slag	Last (kN)	D0 µm	D1 µm	D2 µm	D3 µm	D4 µm	D5 µm	D6 µm	Lufttemp (°C)	Yttemp. (°C)	Ytmodul (MPa)
800	10	52.8	759	481	342	224	134	103	76	5.7	9.3	148
850	10	52.5	798	450	357	253	142	106	84	5.8	11.2	139
900	10	53.9	703	478	371	263	162	114	90	5.9	11.2	163
3050	10	51.5	1064	583	343	182	86	63	54	6.6	12.6	103
3100	10	52.4	867	471	262	159	90	64	52	5.7	13.0	128
3150	10	52.0	839	432	229	158	88	58	47	5.7	12.4	132
9500	10	53.0	622	264	140	95	71	44	30	10.2	18.7	181
											Medelvärde	142
											Standardavvikelse	23

Tabell 4-4 Resultat från FWD-mätningen i Gislaved (slag 1).

Sektion	Slag	Last (kN)	D0 μm	D1 μm	D2 μm	D3 μm	D4 μm	D5 μm	D6 μm	Lufttemp (°C)	Yttemp. (°C)	Ytmodul (MPa)
800	1	23.1	407	243	166	111	66	46	34	5.7	9.3	120
850	1	22.0	619	303	213	140	62	46	37	5.8	11.2	75
900	1	22.3	569	334	232	160	84	53	40	5.9	11.2	83
3050	1	21.5	1092	436	239	89	28	27	25	6.6	12.6	42
3100	1	21.2	1456	351	157	76	35	26	22	5.7	13.0	31
3150	1	22.1	736	267	103	69	36	25	19	5.7	12.4	64
9500	1	21.8	1435	405	82	46	45	18	12	10.2	18.7	32
											Medelvärde	64
											Standardavvikelse	30

Under delsträcka ett gjordes mätningar i hjulspår, vägmitt och vägkant för att undersöka om de finns skillnader i bärigheten. Mätningarna gjordes också för att kunna användas som beräkning till aktiv design.

En annan aspekt som kontrollerades var mätningar utförda vid vägkanten för att Nissan en gång i tiden gått igenom denna sektion. För att kunna jämföra dessa värden har vi valt ut den sista slaget i sista slagserien enligt tabell 4-5, 4-6 samt 4-7.

Tabell 4-5 Resultat FWD mätt i Hjulspår sista slaget.

Sektion	Slag	Last (kN)	D0 μm	D1 μm	D2 μm	D3 μm	D4 μm	D5 μm	D6 μm	Lufttemp (°C)	Yttemp. (°C)	Ytmodul (MPa)
800	10	52.8	759	481	342	224	134	103	76	5.7	9.3	148
850	10	52.5	798	450	357	253	142	106	84	5.8	11.2	139
900	10	53.9	703	478	371	263	162	114	90	5.9	11.2	163
950	10	54.7	545	376	286	199	134	100	82	5.8	11.3	213
950	10	52.5	661	460	309	205	120	88	71	7.7	11.6	168
900	10	52.1	580	449	419	218	124	82	65	8.9	11.3	191
850	10	52.2	578	370	284	196	127	95	76	10.9	11.7	192
800	10	52.3	661	448	307	215	121	87	72	10.4	10.3	168
											Medelvärde	173
											standardavvikelse	23

Tabell 4-6 Resultat FWD mätt i vägmitt sista slaget.

Sektion	Slag	Last (kN)	D0 μm	D1 μm	D2 μm	D3 μm	D4 μm	D5 μm	D6 μm	Lufttemp (°C)	Yttemp. (°C)	Ytmodul (MPa)
800	10	53.4	601	386	282	209	125	88	66	8.4	9.6	188
820	10	52.2	597	364	264	171	116	84	63	6.7	9.7	185
840	10	51.6	541	348	251	164	106	73	57	6.0	9.6	202
860	10	51.7	548	386	299	226	139	115	67	4.9	9.3	200
880	10	52.5	573	400	294	223	124	83	62	4.6	9.3	195
900	10	52.7	546	390	279	212	128	89	69	4.8	8.7	205
920	10	52.6	539	354	266	185	114	78	60	5.3	8.8	207
940	10	52.2	540	373	265	197	117	87	67	4.9	8.8	205
960	10	53.4	487	340	261	190	120	85	69	5.3	8.7	233
Medelvärde											202	
standardavvikelse											13	

Tabell 4-7 Resultat FWD mätt i vägkant sista slaget.

Sektion	Slag	Last (kN)	D0 μm	D1 μm	D2 μm	D3 μm	D4 μm	D5 μm	D6 μm	Lufttemp (°C)	Yttemp. (°C)	Ytmodul (MPa)
800	10	52.5	1002	578	323	235	135	103	87	4.6	8.7	111
820	10	52.4	1060	613	376	238	148	110	91	5.2	8.7	105
840	10	53.0	935	535	363	255	143	108	89	4.6	9.0	120
860	10	52.1	949	506	294	219	143	112	95	4.7	9.5	117
880	10	52.1	1162	684	396	233	139	109	90	5.4	9.5	95
900	10	52.5	847	489	350	269	170	122	102	5.7	9.5	132
920	10	51.5	804	504	365	252	155	108	90	5.8	9.2	136
940	10	52.5	720	468	329	229	139	113	93	5.8	9.1	155
960	10	53.6	527	375	270	196	132	105	95	6.1	8.6	216
Medelvärde											132	
standardavvikelse											34	

Trafikverket har ställt krav på att mätning ska göras i hjulspår var 50:e meter för en kontroll. Mellan sektionen gjordes mätning var 50 meter som redovisas enligt tabell (4-8) och var 30:e meter i tabell (4-9).

Tabell 4-8 Resultat FWD mätt i höger hjulspår (slag 10).

Sektion	Slag	Last (kN)	D0 µm	D1 µm	D2 µm	D3 µm	D4 µm	D5 µm	D6 µm	Lufttemp (°C)	Yttemp. (°C)	Ytmodul (MPa)
1250	10	53.0	439	291	209	150	93	68	53	5.7	9.4	256
1300	10	53.2	463	306	216	160	107	83	66	5.9	10.2	244
1350	10	53.6	466	325	234	171	115	87	69	5.7	9.4	244
1400	10	52.7	594	395	279	193	115	82	65	6.3	9.6	188
1450	10	53.8	407	278	220	164	106	76	58	6.4	9.3	281
1500	10	53.4	516	339	260	178	108	70	52	6.3	9.7	220
1550	10	52.6	476	316	226	171	110	81	62	6.4	10.5	235
1600	10	53.6	549	377	282	208	124	82	61	6.2	10.1	208
1650	10	53.0	599	418	290	193	102	70	54	6.5	10.6	188
1700	10	51.4	610	403	259	186	107	76	59	6.3	11.2	179
1750	10	53.0	583	391	293	210	136	99	78	6.4	11.0	193
1800	10	51.9	583	375	253	176	108	77	62	7.0	10.9	189
1850	10	52.5	600	394	272	198	115	79	62	7.1	10.5	185
1900	10	52.2	627	382	255	179	105	79	61	7.5	10.8	177
1950	10	52.4	669	371	240	152	97	67	54	6.7	10.7	166
2000	10	53.8	730	445	264	175	98	70	57	6.9	11.0	156
2050	10	53.1	861	502	318	202	108	78	66	6.8	11.8	131
2100	10	53.2	669	403	256	177	104	74	59	7.3	11.6	169
2150	10	51.7	670	398	233	162	92	67	52	7.5	11.5	164
2200	10	51.5	631	379	247	166	97	67	54	7.8	11.2	173
2250	10	52.2	588	324	225	152	88	66	55	6.9	11.2	189
2300	10	53.1	602	362	225	162	97	73	58	7.1	11.8	187
2350	10	52.2	643	406	279	197	125	88	64	7.4	11.6	172
2400	10	52.4	648	431	300	219	139	100	74	7.5	11.0	172
2450	10	51.3	833	502	334	224	133	100	73	7.3	10.8	131
2500	10	51.0	952	502	301	212	119	90	72	7.3	11.0	114
2550	10	52.0	766	370	217	150	101	84	70	7.5	10.9	144
2600	10	51.7	787	405	273	190	115	88	73	7.1	10.7	139
2650	10	52.5	756	355	210	142	95	79	69	7.5	11.0	147
2700	10	52.6	667	332	213	147	94	73	60	7.6	10.6	167
2750	10	52.1	1105	619	376	233	123	84	70	7.7	11.1	100
2800	10	52.1	1150	576	327	195	111	86	75	7.2	11.4	96
2850	10	53.1	689	367	213	145	84	75	63	7.6	11.3	164
2900	10	52.5	610	326	197	135	88	71	62	6.9	12.0	183
2950	10	51.1	907	458	297	184	98	75	65	6.3	12.0	120
3000	10	51.0	1067	670	345	222	93	66	62	6.2	12.2	102
3050	10	51.5	1064	583	343	182	86	63	54	6.6	12.6	103
3100	10	52.4	867	471	262	159	90	64	52	5.7	13.0	128
3150	10	52.0	839	432	229	158	88	58	47	5.7	12.4	132
Medelvärde											170	
Standardavvikelse											44	

Tabell 4-9 Resultat FWD mätt i höger hjulspår (slag 10).

Sektion	Slag	Last (kN)	D0 µm	D1 µm	D2 µm	D3 µm	D4 µm	D5 µm	D6 µm	Lufttemp (°C)	Yttemp. (°C)	Ytmodul (MPa)
4050	10	52.0	626	288	154	99	69	53	45	6.6	13.3	176
4080	10	52.6	600	214	115	80	55	42	34	6.6	13.4	186
4110	10	53.0	506	228	134	89	57	49	42	5.6	13.8	223
4140	10	53.3	590	281	166	109	66	50	41	5.3	13.8	191
4170	10	51.9	449	280	160	99	63	51	41	5.1	13.6	245
4200	10	53.2	510	255	130	90	57	45	37	4.7	11.5	221
4230	10	52.8	557	279	157	106	63	45	35	4.7	11.7	201
4260	10	52.6	590	288	153	103	66	47	38	4.9	11.6	189
4290	10	52.3	551	311	165	101	58	44	34	4.7	11.4	201
4320	10	52.7	543	293	144	94	60	45	35	4.8	10.7	206
4350	10	52.4	603	269	167	111	69	51	38	4.9	10.5	185
4380	10	52.7	561	276	159	105	60	44	35	4.9	10.6	199
4410	10	52.0	539	265	146	93	60	39	31	4.7	10.7	205
4440	10	52.0	568	279	145	90	56	44	36	4.8	10.4	194
4470	10	52.6	629	306	156	102	58	42	34	5.0	9.8	178
4500	10	52.7	629	254	140	96	64	48	38	4.8	10.0	178
4530	10	52.9	612	358	145	89	58	41	34	4.9	10.6	183
4560	10	53.1	642	288	148	84	44	31	26	5.3	9.7	176
4590	10	53.6	604	214	98	65	44	36	30	5.9	12.3	188
4620	10	52.2	566	274	122	75	53	44	37	4.9	13.1	196
4650	10	52.1	746	310	161	76	63	48	45	4.9	14.2	148
4680	10	51.5	682	281	161	108	72	58	35	4.7	13.4	160
4710	10	51.5	608	312	202	113	93	70	49	4.0	12.9	180
Medelvärde											192	
Standardavvikelse											20	

4.2.2 Utvärdering av mätresultat från FWD

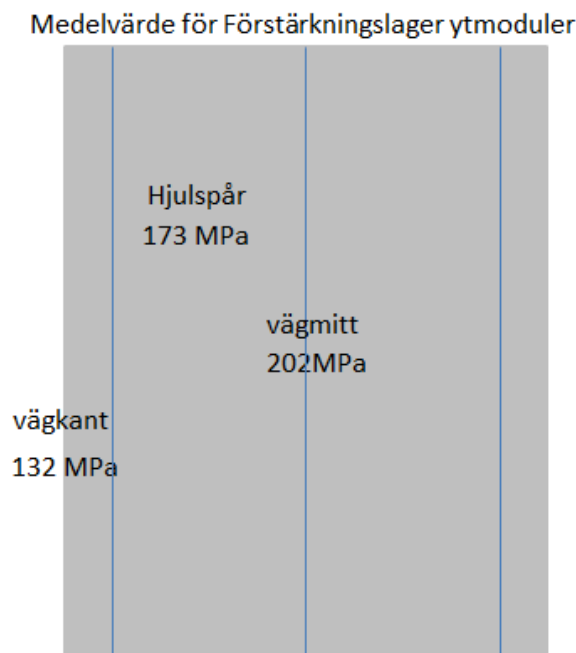
4.2.2.1 Skillnader mellan mätresultat för vägmitt, vägkant och hjulspår med FWD

Redan på plats kunde det observeras att det var bra packat och en jämn yta på hela delsträcka 1. Resultatet från vägkant visar på lägre ytmoduler än från vägmitt och hjulspår. En faktor som kan spela roll är att vägen ligger på bank. Det gör att vältföraren inte vågar köra så nära kanten med valsens.

En annan orsak till dålig bärighet är att Nissan en gång i tiden har gått i detta område. Detta gör att materialet under terrassen består av finkornigt material och sediment som inte har någon bra bärighet.

Sista slaget med tung fallvikt vid vägkant visar på ett medelvärde på 132 MPa som inte riktigt uppfyller vad som anses rimligt för att det ska vara bra bärighet. Emellertid blir det inga stora påfrestningar då inte trafiken kör ute i vägkanten.

Tidigare erfarenheter från tidigare bärighetsmätningar visar att bärigheten inte påverkas av bankens form om mätningen är utförd minst en meter från bankens kant. Detta gäller om bankens utformning är ”normal”(Aksnes 2002).



Figur 4-1 Illustration för bärighetsfördelningen över förstärkningslagret

Bärigheten i hjulspåren både öster- och västerut längs vägen har en bra bärighet, se tabell 4-5. I sektionen 0/850 finns ett värde som avviker jämfört med de andra ytmodulerna med en modul på 139 MPa. Även om värdet frångår de andra är resultatet godkänt.

Resultatet från mätningarna från vägmitt visar på en fullgod bärighet, dels av att denna del oftast packas med vält. En annan orsak till resultatet är att mätningen är utförd i mitten på förstärkningslagret, det gör att omkringliggande material håller emot från sidorna i vägkonstruktionen.

När tung fallviktsmätning utförs på vägkant kommer värdena att bli lägre i och med att materialet inte står emot på samma sätt som i vägmitt. En annan orsak till lägre bärighet i vägkant är att alla dumpers som har kört material till överbyggnaden kör ofta i samma spår, vilket inte är ute vid kanten. Den bästa packningsmetoden är den trafik som kör på vägen både under och efter byggskedet.

4.2.2.2 Mätning i hjulspår utförda i delsträcka 2 och 3

I början av delsträcka två är ytmodulerna höga, de går upp mot 300 MPa men minskar längre bort på delsträckan. Vid slutet av delsträcka två, sektion 2/800 till 3/050 finns en del svaga partier.

Delsträcka tre har en bra bärighet med höga ytmoduler från mätning med FWD. Utgrävningar av torvmaterial (organisk jord) har gjorts och fyllt i med ny friktionsjord (bergkross). Detta i kombination med bra packning resulterar i de höga värdena.

Allmänt ser ytmodulerna bra ut för båda sträckorna och de uppfyller kraven från Trafikverket.

4.2.2.3 Kontrollpunkter

Merparten av de kontrollpunkterna som den tunga fallvikten använde var bra. Vissa mätpunkter blir ibland missvisande och måste tas bort i beräkningarna. Det kan hända att belastningsplattan eller en deflektionsgivare ställer sig på en sten. Första slaget brukar rätta till givarna och plattan men ibland blir hela slagserien förgäves. Detta visas under passningsräkningen i deflektionsbassängerna då kurvorna inte blir kontinuerliga eller sammanhängande.

I vissa fall registreras ett högre värde på en deflektionsgivare längre ifrån plattan än de närmare. En sådan mätning blir tvivelaktig i praktiken och det är ett omöjligt scenario för den elastiska modell som används vid töjningsberäkningar. Om punkten är viktig kan man göra analysen utan den felaktiga givaren, det kräver en hel del handpåläggning och efterarbete.

Om mätresultaten visar på en hög sättning i första slagserien, men visar på bra resultat i de resterande, kan vi dra slutsatsen att första slagserien har packat till materialet och ”rättat till” mätningen. Händer detta sorteras de felaktiga värdena bort och endast de rätta slagserierna analyseras.

Om en givare ger dåliga resultat i första slagserien är det inte omöjligt att samma givare ger dåliga resultat under hela mätningen, detta kan bero på att en givare står på en sten och inte har rättat till sig under mätningen.

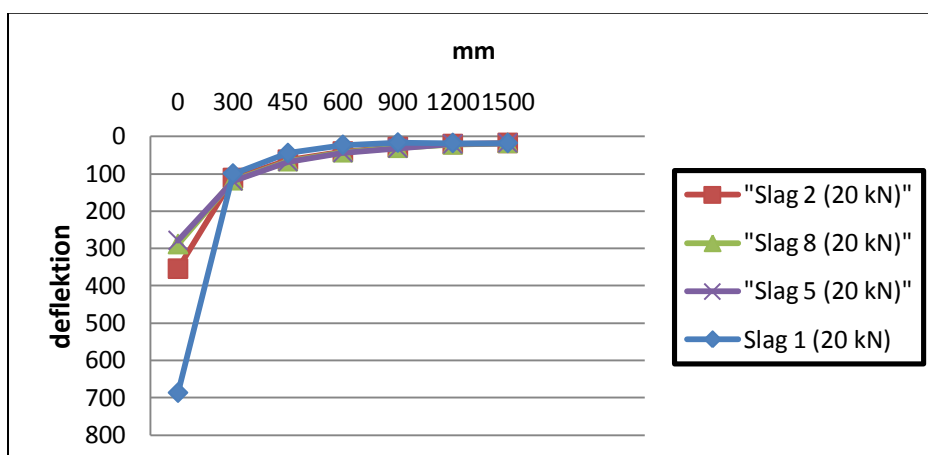
Dåliga och låga mätvärden behöver analyseras innan de kan sorteras bort. Att ytmodulen blir låg eller att en givare har ett avvikande värde behöver inte bero på fel i mjukvaran utan att marken verkligen har låg bärighet, därför ska varje enskilt fall av en avvikande data analyseras för att se vad den egentliga orsaken är. Det är en viktig process om en väg ska byggas genom aktiv design.

4.2.2.4 Sättningslaget

Sättningslaget är egentligen precis vad det låter som. Det är ett slag på 20kN som ska få mätmaterial och mätutrustningen att sätta sig, konditionera materialet och lösgöra deflektionsmätare om de har fastnat. Om någon deflektionsmätare har satt sig snett på en sten åtgärdats detta oftast av sättningslaget.

Egentligen spelar det ingen roll vilket resultat sättningslaget ger, då det är oviktigt i analysen. I vissa fall sorterar datorn bort resultatet från sättningslaget men i vårt fall registrerades det för att vi vill undersöka om det finns något samband mellan sättningslaget och första belastningen i PLT. Vid packningskontroll får inte sättningslaget tas bort då detta kan ha betydelse för passningsräkningen.

Visar det sig att resultatet efter sättningslaget är avvikande (samtidigt som alla tre slagserier får rimliga värden) visar det att sättningslaget har fungerat som tänkt. Nedan visas en figur då deflektionsmätaren under belastningsplattan visar en väldigt hög sättning under sättningslaget. I figur 4-2 jämförs det med resterande 20kN belastningar för samma mätpunkt. Här ser vi att sättningslaget verkligen gjort nytta då alla kommande slagserier blivit lyckade.



Figur 4-2 Sättningslagets inverkan (slag 1) med en jämförelse med slag 2, 5 och 8 (Egen)

Ibland visar det sig att både sättningsslaget och första slagserien har osammanhängande värden, detta betyder att även första slagserien har fungerat som sättningsslag då de resterande slagserierna fått bra värden.

4.2.3 Passningsräkning

För att bestämma töjningar som uppstår i vägen under belastning används passningsräkning. Det innebär att mäta med tungfallvikt på en vägkonstruktion med givna nivåer och jämföra detta med en linjärelastisk modell. Dimensioneringskriterier som används i den linjära modellen är krav eller egna uppsatta tekniska krav.

Förutom att använda inmätt fallviktsdata måste uppgifter om lagertjocklekarna i överbyggnaden vara kända.

Efter att ha mätt med tung fallvikt i Gislaved använde vi oss av programmet CLEVERCALC för passningsberäkningen. För beräkningen behöver programmet utdatafilen från fallviktsmätningen där moduler, temperaturer och belastningar ingår. Förutom den informationen behövs lagertjocklekar, tagna från normalsektioner som matas in i programmet.

Programmet klarar av att beräkna töjningar och spänningar i 2-5 olika lager i överbyggnaden. Det finns utrymme för att ställa in programmet för flera lager. Om konstruktionen delas upp i flera lager är det lättare att lokalisera var bärigheten är låg eller hög.

Nackdelen med att använda sig av många tunna lagerföljder innebär att ett tunt lager kan vara styva men inte ha någon bra bärighet. Ett bra exempel är en metallfolie, det är tunt med en hög E-modul men ändå lätt kan deformeras. För att inte luras av programmets resultat bör en uppdelning av 2-3 lager göras (Lenngren (a), 2011).

I vårt fall mätte vi på förstärkningslagret, på delyta 1 sektion 0/800-0/960, alltså har vi bara två lager att räkna på. För att få en bättre passning delades förstärkningslagret upp i övre och undre lager, det innebär att vi kan räkna med tre lager i passningsräkningen, se tabell (4-10). Att dela upp konstruktionen i tre lager istället för två innebär en bättre passning med ett lägre RMS-värde. I och med att mätningen är utförda på förstärkningslagret innebär det att RMS-värdena kommer att vara höga, (upp mot ca 9 %). Vanligtvis används passningsberäkning på en färdig konstruktion och då ligger RMS-värdena på ca 1 %. Uppdelningen gjordes också för att kunna göra beräkningsunderlag för en aktiv design av vägen. RMS-värdet beskriver skillnaden mellan den uppmätta deflektionen och med den E-modul som modellen har passat.

Tabell 4-10 Resultat från passningsräkningen med tre lager.

Sektion	E(1) (MPa)	E(2) (MPa)	E(3) (MPa)	Töj-1 (10 ⁻⁶ Mm/mm)	Töj-2 (10 ⁻⁶ mm/mm)	Töj-3 (10 ⁻⁶ Mm/mm)	RMS
800	853	56	122	910	-2666	-692	4.83
850	838	60	114	895	-2574	-743	3.24
900	1266	54	110	734	-2215	-650	2.85
950	1409	128	128	520	-1389	-635	4.78
950	1010	56	136	757	-2291	-566	6.03
900	1566	30	148	601	-2250	-348	11.4
850	1175	107	129	499	-1373	-573	3.76
800	1050	54	135	670	-2078	-518	4.84
800	1364	62	142	597	-1834	-495	1.38
820	1007	94	146	651	-1817	-594	4.70
840	1253	75	161	624	-1840	-491	4.22
860	2123	44	131	527	-1788	-417	6.90
880	1694	39	150	647	-2232	-403	2.14
900	1664	60	139	593	-1830	-493	2.81
920	1523	63	156	605	-1863	-464	2.42
940	1450	76	142	599	-1750	-533	3.51
960	1825	90	145	497	-1436	-498	3.12
800	449	57	114	1313	-3658	-925	6.28
820	439	50	107	1395	-3931	-956	6.02
840	595	54	111	1184	-3365	-870	3.41
860	389	106	109	965	-2563	-1010	6.83
880	372	41	109	1649	-4728	-956	8.26
900	663	95	97	842	-2235	-944	2.02
920	817	56	106	917	-2646	-766	3.25
940	824	91	111	768	-2078	-800	6.35
960	1259	201	121	433	-1101	-663	7.87

Den övre delen av förstärkningslagret håller en bra bärighet på nivåer upp till 1600 MPa, ett riktvärde för en bra förstärkningslager är 150 MPa. E-modulerna i underkant förstärkningslager är låga för att de är dragmoduler jämfört med den övre delen som är tryckmoduler. Observera att det ännu inte finns några metoder som tar hänsyn till spänningsfördelningen inom ett lager. Sista lagret i passningsräkningen ser ut som det klarar sig och motsvarar de krav som Trafikverket har ställt för terrass.

För redovisning till Trafikverket (beställare för ombyggnationen av Riksväg 27) delades inte förstärkningslagret upp utan passningsberäkningen utfördes med två lagersystem för första sektionen 0/800-0/960. Resultatet blir ett

medelvärde för E-modulerna i terrass och förstärkningslager se tabell (4-11). Passningen kommer att blir sämre och RMS- värdet blir högre.

Tabell 4-11 Resultat från passningsräkning med 2 lager.

Sektion	E(1) (MPa)	E(2) (MPa)	Töj-1 (10 ⁻⁶ mm/mm)	Töj-2 (10 ⁻⁶ mm/mm)	RMS
800	613	116	776	-2053	8.60
850	616	109	799	-2113	6.27
900	929	104	699	-1858	5.80
950	1409	128	520	-1389	4.78
950	718	128	655	-1734	10.2
900	930	128	561	-1490	18.2
850	1078	127	492	-1315	3.99
800	730	126	608	-1613	9.67
800	932	134	568	-1507	6.53
820	818	142	592	-1568	6.04
840	895	153	549	-1454	7.88
860	1330	119	537	-1434	9.19
880	981	134	599	-1587	11.1
900	1175	130	559	-1484	6.51
920	1022	146	553	-1464	7.54
940	1104	136	556	-1475	5.83
960	1483	141	479	-1278	4.39
800	342	109	984	-2618	9.68
820	326	102	1039	-2761	10.1
840	435	105	952	-2521	7.87
860	384	109	947	-2515	6.84
880	262	102	1086	-2901	14.1
900	653	97	836	-2214	2.03
920	614	102	817	-2162	6.39
940	756	109	732	-1940	6.57
960	1611	124	477	-1282	8.53

Vid jämförelse med tabell (4-10) och (4-11) kan vi konstatera som nämns tidigare i stycket att RMS-värdet blir högre för tabell (4-11). Enligt uppställda förslag på krav från Trafikverket ska RMS-värdet vara högst 15 % på förstärkningslagret, det uppfylls på alla värden utom ett i tabell (4-11).

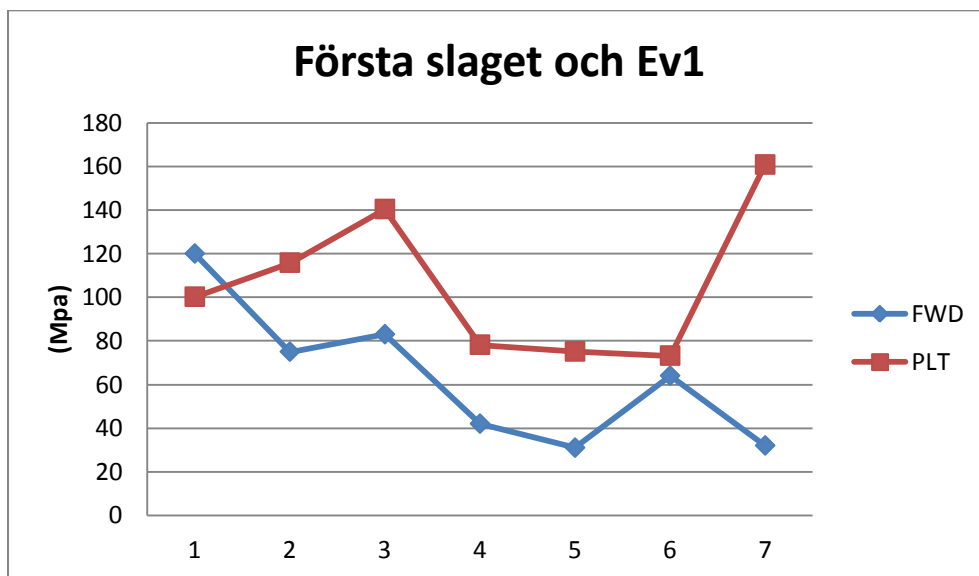
4.3 Jämförelse mellan PLT och FWD

4.3.1 Jämförelse mätdata

Sättningslaget och är då materialet blir belastat från respektive mätning för första gången, därför är det intressant att se om det finns någon likhet mellan dem. De båda har i uppgift att konditionera materialet och jämna ut ojämnheter under belastningsplattan. Deflektionsgivarna kan fastna eller lägga sig på en sten, därför används sättningslaget för att ”rätta till” mätutrustningen.

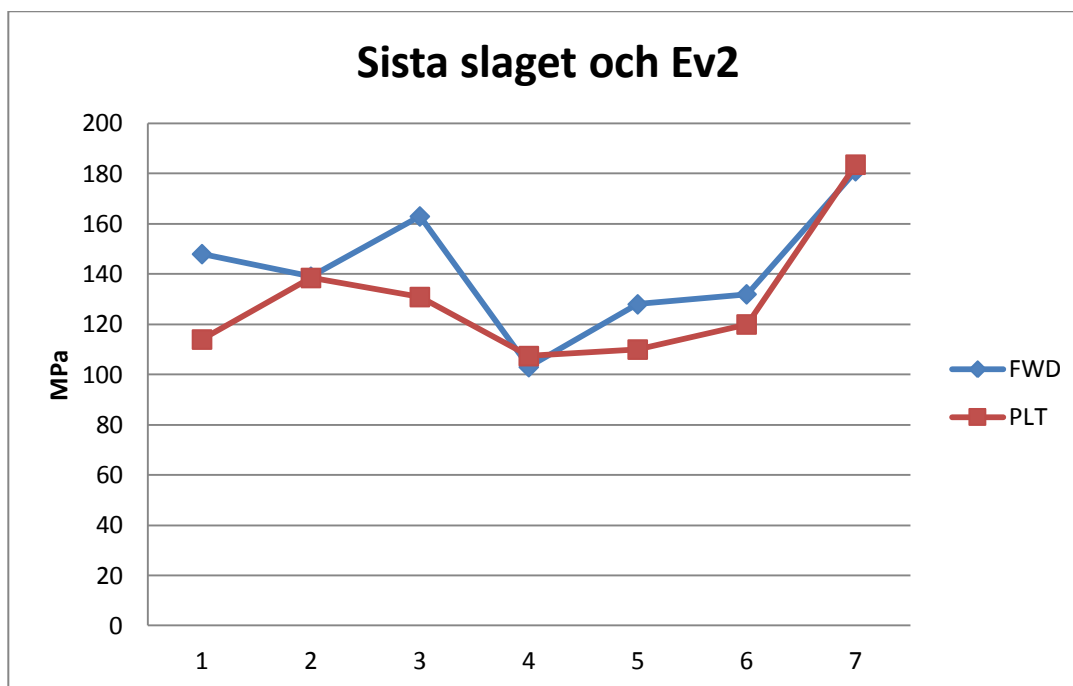
En mätningjämförelse mellan sista slagseriens högsta belastning från FWD och från PLT har gjorts då den informationen är mest relevant vid bedömning av bärighet.

Eftersom endast sju PLT mätningar gjordes på hela vägen är det svårt att få en bra statistisk jämförelse mellan PLT och FWD. För första slaget och gäller generellt att PLT får högre E-modul än FWD förutom på första mätpunkten vid Nissan. Kurvorna mellan sättningslaget och följer varandra grafiskt men korrelationen mellan dem är låg. Något att tänka på är att liknar mer än vad sättningslaget liknar sista slagserien i FWD, det kan förklara de olika värdena på resultaten i figur 4-3.



Figur 4-3 Jämförelse med tung fallvikt (första slaget) och PLT () (Egen)

Resultaten från sista slaget från FWD och från PLT stämmer bra överens, speciellt på mätpunkterna 2, 4 och 7 se figur 4-4. Korrelationen mellan mätpunkterna är hög vilket tyder på att det finns ett visst samband mellan kontrollmetoderna. Enligt figur 4-4 följer kurvorna varandra grafiskt väl. En anledning till detta är att materialet i överbyggnaden är väl packat.



Figur 4-4 Jämförelse med tung fallvikt (sista slaget) och PLT () (Egen)

Under fältförsöket misslyckades första försöket med PLT och fick avbrytas. Dagen innan hade det utförts en tung fallviktsmätning på samma punkt. När sedan PLT-försöket utfördes veckan därpå innebär det att mät punkt 1 varit mer belastat tidigare än resterande punkter. Det ska medföra att mät punkt 1 med PLT får en högre E-modul än FWD. Utifrån båda figurerna ovanför så är mätresultatet från mät punkt 1 tvärtom utifrån vad den ska vara i teorin.

Förändringar av modulen kan bero på att byggtrafik packar materialen. Vattenhalten i materialen påverkar också, men bra dränerande material är tämligen stabila, även om undergrunden indirekt kan bidra genom olika grader av mothåll. I vissa material syns en modulminskning en viss tid efter packning (Johansson, 1998).

Mät punkt tre vid PLT-försöket har en kvot / som är under ett. Att kvoten är under ett kan inte förklaras, det som kan konstateras är att punkten inte är tillförlitlig. Om E-modulen är högre på och lägre på kommer korrelationen att vara bättre i båda figurerna i mät punkt 3.

En jämförelse mellan kvoten från PLT och de uppmätta E-modulerna från FWD görs för att se om det finns ett samband. Om kvoten är ≥ 1 visar det att materialet är bra packat och den uppmätta E-modulen ska vara förhållandevis hög. För jämförelse se tabell (4-12) nedan. Sektion 0/900 kasseras på grund av att PLT-värdet har en kvot som är under ett. Nedan visas att om kvoten är låg kommer E-modulen vara hög.

Tabell 4-12 Jämförelse mellan kvot från PLT och E-modul från FWD.

Sektion	kvot PLT	E-modul FWD
9/504	1.14	181
0/800	1.14	148
0/850	1.12	139
3/150	1.64	132
3/100	1.46	128
3/050	1.37	103

4.4 Påbyggnadsdimensionering av bundna lager vid aktiv design

När påbyggnadsdimensionering gjordes för resultaten i Gislaved räknades den bundna tjockleken ut från hela konstruktionen. I den redovisas hur tjockt den bundna beläggningen behöver vara för att hålla för den tänkta trafiken. I uträkningen redovisas bara sista slaget med belastningen 50 kN i och med att det är då beläggningen är som mest elastisk, alltså mest lik modellen som Clevercalc använder sig av.

För att se om det skiljer sig mellan den uträknade tjocklekarna och normalsektioner jämförs dessa mellan sektion 0/800 till 4/710. Utöver dessa utfördes även FWD i fler sektioner på en breddning av befintlig väg. Där är det svårt att tillämpa aktiv design i och med att breddningen måste följa tjocklekarna från den befintliga vägen.

Det optimala hade varit att designa vägen så noga som möjligt med en centimeters noggrannhet efter de beräknade tjocklekarna. Asfaltläggarna har synpunkter på den sortens arbete då de vill eftersträva att arbeta med långa homogena ytor. För att alla parter ska bli nöjda är det bättre att designa vägen med ett 100 metersintervall, då medelvärdet för beläggningstjockleken tas fram för varje 100 meter. I olika fall kan det vara bättre att ta längre sträckor om materialet är av samma sort och följer samma tjocklekar. Det optimala för asfaltläggarna hade varit om de hade en GPS-styrd utläggningsmaskin som anpassades utefter de beräknade tjocklekarna. Detta är något som det forskas på runt om i världen. Man kan tänka sig att det obundna bärlagret varieras för att passas på ytans höjdläge. Nedan redovisas några av de beräknade tjocklekarna i ca 100 meters intervall.

Tabell 4-13 Beräknade medelvärde för bundet material i överbyggnaden

Sektion	Medelvärde (mm)
0/800-0/940	62
1/550-1/650	40
1/650-1/750	46
1/800-1/900	46
1/900-2/000	47
2/000-2/100	52
2/100-2/200	41
2/350-2/450	61
2/450-2/550	71
2/550-2/650	67
2/650-2/750	61
2/750-2/850	63
2/850-2/950	55
2/950-3/050	50
2/050-2/150	46
4/050-4/140	26
4/140-4/230	20
4/230-4/320	18
4/320-4/410	18
4/410-4/500	18
4/500-4/590	23
4/590-4/710	34

De tänkta normalsektionerna redovisas i tabell 3-1, 3-2 och 3-3. Vid första delsträckan på 0/800-0/940 gjordes mätningar även i vägkant och mitten av vägen. Medelvärdet på första 140 meterna visar på att tjockleken bara behöver vara 62 mm. För att undersöka om vägkanten hade någon avgörande vikt i medelvärdet togs det bort. Enligt det nya medelvärdet så hade det inneburit en minskning av asfalttjockleken med 1 cm för hela delsträckan. Mätningarna från vägkant har en sämre bärighet enligt tabell (3-7) jämfört med vägmitt tabell (3-6) och hjulspår (3-5).

Generellt ser det bra ut för alla delsträckor som vi har gjort uträkningen för tjockleken för asfalten. Det finns en stäcka mellan 2/450-2/550 där bärigheten är sämre i mätning 2/500. Det innebär att det behövs mer asfalt än de övriga sträckorna för att vägkonstruktionen ska hålla den dimensionerade livslängden. Enligt tabell (4-13) är alla medelvärden för hur tjock asfalten ska vara under 85 mm, vilket är värdet enligt normalsektionerna. Mellan 4/140-4/500 beräknas det fram väldigt låga tjocklekar vilket beror på att modulerna från FWD beräkningarna är väldigt höga. Den goda bärigheten kan förklaras

av att det är bra packat och att det tjälfarliga materialet har byts ut på de ställen som det funnits torv. Självfallet gäller att vart lager har en minimitjocklek på ca 40 mm beroende på stenstorleken med mera.

För ingenjören som analyserar resultaten kan det vara av stor vikt att kunna se om de beräknade bundna lagerna stämmer. För att räkna bakåt används Odemarks ekvivalentmetod. Den handlar om att titta på töjningar och vertikalspänningar mellan de olika lagren i vägkonstruktionen.

Att anpassa vägens bundna material till vad som krävs för just en sträcka gör att hela vägen får en sammanhängande livslängd. Detta är aktiv design och tillämpas det kommer entreprenören att tjäna pengar och undvika underhåll av vägen.

5 Validering av tidigare mätningar utförda på Hyllie trafikplats

I detta kapitel redovisas slutsatserna från resultaten efter mätningarna på Hyllie Trafikplats. Rapporten är ett examensarbete utfört av Hon, 2010. Där mättes under två dagar i december 2010 på 10 mätpunkter med lätt-, tungfallvikt och plattbelastning.

5.1 Slutsats av resultaten från Hyllie Trafikplats

Det Hon, 2010 kom fram till var att FWD fungerar som en bra bärighetsanalys då metoden får fram information om vilka moduler konstruktionen har på djupet. PLT fungerar bra som en analys för att studera packningen på ytan av ett material, det görs genom att studera kvoten $\frac{PLT}{FWD}$. Det är också viktigt att skilja på bärighet och packning då bärighet är ett mått på hela konstruktionens hållbarhet.

PLT används för utförandekontroll på grund av att den är enkel att använda och den har funnits i branschen länge. En annan anledning till användning av PLT är en metod som finns föreskriven som krav i svenskt regelverk.

Hon, 2010 kommer i sitt examensarbete fram till att det finns ett samband för deformationsmodulerna från FWD och PLT. Korrelationsdeterminant som beräknades till 0,5, vilket är lite för mycket för att se ett starkt samband mellan metoderna. Däremot ska det inte uteslutas att ett samband existerar. Det svaga sambandet kan förklaras av mätförfarandet. En god korrelation grundar sig i att underlaget är statiskt vilket det inte alltid är.

FWD är en snabb och informativ metod för att kontrollera bärighet och packning. Metoden är mycket effektivare än PLT då en djupare analys av FWD kan bestämma icke-elastiska parametrar som dynamisk dämpning, viskoelasticitet och energiförlust på grund av ofullständig packning.

5.2 Analys och validering av resultat från Hyllie Trafikplats

Enligt mättningsresultaten från FWD i Gislaved är metoden en bra bärighetsanalys. En annan tydlig trend som har visat sig i mätresultaten är att det går relativt fort och ger mycket information.

Tidigare har nämnts av Hon, 2010 att statisk plattbelastning är väl etablerat i branschen och det märktes vid fältförsöket. Vem som helst kan utföra dessa tester efter en kort introduktion om hur det fungerar. Som en packningskontroll fungera PLT bra genom att kontrollera kvoten mellan belastningarna. Det som skiljer sig mellan Riksväg 27 och trafikplats Hyllie är att den förra gav mycket lägre kvoter som indikerar på bättre packning i Gislaved. Skillnaderna kan också bero på att i Hyllie mättes det på terrass och i Gislaved mättes på förstärkningslagret. Väderförhållande kan även spelat roll i mätningarna i Hyllie då dessa utfördes under vintern på moränlera.

Hon, 2010 visade på ett svagt samband mellan PLT och FWD. Korrelationen mellan Hyllies kontrollmetoder skiljer sig jämfört med Gislaveds. Sambandet från Gislaved är starkare, detta styrker Hons teori om att det finns ett samband mellan PLT och FWD.

6 Diskussion

Vid nybyggnation av vägar ställs det höga krav på kvalité och produktionseffektivitet till en rimlig kostnad. Att utföra packningsarbete och kontroll av packningen är en relativt liten kostnad jämfört med den totala vägproduktionskostnaden. Det får förödande konsekvenser om det inte är rätt utfört. PLT är en kontrollmetod som är väletablerad i branschen och är godkänd som kontrollmetod hos Trafikverket. Den fungerar bra, speciellt som en packningskontroll. FWD fungerar bra som bärighetskontroll då den tar många mätpunkter under kort tid. Stora besparingar kan ske då FWD hinner 20 mätpunkter på samma tid som en PLT mätning.

Vid analys av fallviktdata krävs mycket erfarenhet hur mätningsresultaten analyseras. Ett vanligt fel som kan uppstå är att personen som analyserar vill plocka bort punkter som ser konstiga ut. Det kan vara farligt då vissa punkter kan vara rätt mätta fast med dålig bärighet. Det gäller att skilja på felaktiga mätningar och dåliga resultat. Aktiv design bygger på att hitta punkter med låg och hög bärighet och bygga utifrån dessa värden för att få en jämn livslängd för hela vägen.

Idag finns det inga uppställda bärighetskrav för förstärkningslagret, istället hänvisas de till kraven för skydds- och bärlager. Dessa två i sin tur stämmer inte överens med kraven för förstärkningslagret enligt våra mätningar. Enligt vägkonstruktionen i Gislaved ska kraven för skyddslager tillämpas på förstärkningslagret. Detta medför att testpunkterna är godkända för både PLT och FWD. I vissa fall är det svårt att uppfylla kraven på bärighet då förstärkningslagret jämförs med kraven på bärlagret. Tydligare regler för förstärkningslagret hade underlättat för att kunna dimensionera de överliggande lagren i konstruktionen då aktiv design ska tillämpas.

Vid aktiv design vill ingenjören anpassa vägen efter den mest optimala bärigheten för att spara på naturens resurser och tid under byggskedet. Det finns fortfarande delar som ska testas vidare och utvecklas. Ett av problemen vid utläggning av de bundna lagren är att vägen blir ojämn om lagerna läggs ut vid olika tillfällen. Problemet går dock att lösas med dagens teknik genom lösningar med "Computer Guided Equipment" (CGE). Det optimala hade varit att asfaltläggarna hade en maskin som styrdes med differentiell GPS där data från påläggningsdimensioneringen lades in och att maskinen la ut de bundna och obundna lagerna samtidigt.

Vid våra jämförelseresultat från PLT och FWD med Hon, 2010 har vi bättre korrelation mellan resultaten. En orsak till detta kan vara att packningen var bättre utförd i Gislaved än vid Hyllie trafikplats. Det är bättre förutsättningar i Gislaved än vid Hyllie Trafikplats, på grund av materialtyper. Skillnaden är att det finns mer granulära material i Gislaved.

7 Slutsats

FWD är en lämplig kontrollmetod för att kontrollera bärigheten i vägkonstruktionen ner på djupet. Fördelen med mätresultatet av FWD är att den ger mycket information om yttre förhållande som temperatur i både materialet och i luften. Analysen av mätresultaten ger information om E-modulerna i lager under belastningsplattan. Nackdel med tung fallvikt är att det tar lång tid att göra analys av mätdatorn. Dessutom finns ingen kvot som i PLT där packningsgraden kan utläsas på lika lätt sätt.

Enligt resultaten från mätningarna har det konstaterat att det inte går att jämföra första slaget i slagserien med från PLT, då det inte alls får bra korrelation enligt figur 4-3. Däremot finns det ett samband mellan sista slaget (FWD) och (PLT). Vissa punkter har i princip fått samma resultat och kurvorna följer varandra någorlunda, se figur 4-4. För att hitta ett bättre statistiskt samband behövs det flera mätpunkter att jämföra med, då fältförsöket endast bestod av sju stycken. Det krävs fler nya mätningar för att kunna gå vidare med tydligare regelverk för FWD.

Jämförelse mellan kvoten från PLT och E-moduler från FWD visar att om kvoten är låg är E-modulen hög. Om kvoten ökar minskar E-modulen i värde enligt våra beräkningar. Detta styrker att det finns ett visst samband mellan mätmetoderna.

Enligt dimensioneringen med aktiv design blir vägen i Gislaved överdimensionerad om Trafikverkets dimensioneringsklass 2 tillämpas. Beräkningarna visar att de bundna lagerna endast behöver dimensioneras till högst 71 mm och lägst 18 mm. Enligt normalsektionerna ska de bundna lagerna ha en tjocklek på 85 mm över hela vägsträckan. Det betyder att stora besparingar kan göras genom aktiv design för detta objekt.

8 Rekommendationer

För framtida forskning behövs det mer kvantitativa mätningar med PLT på punkter mätta med FWD för att kunna säkerställa ett statistiskt samband. Ett annat sätt att kolla på kvalitén från mätresultat utförda med FWD är att hitta andra metoder, då de fungera olika.

För vidare studier rekommenderas:

FWD

- Jämn testyta för att få flera lyckade mätningar.
- Konsekventa mätningar vid byggkontroll för en enklare jämförelse till exempel var 50:e meter i hjulspår.
- Mätning ska ske utan risk för tjäle i marken.

PLT

- För att få en exaktare mätningar behövs en datorstyrd tryckpump till hydraulikpressen för att hålla jämnt tryck.
- Vid jämförelse av PLT och FWD då de mäts på samma punkt ska det inte gå för lång tid mellan mätningarna. Emellertid ska marken få vila minst ett par dygn mellan mätningarna för att de inte ska påverka varandra.

Aktiv design

- Om aktiv design ska tillämpas behövs fler mätpunkter per 100 metersintervall (ca 20st) för att få ett bättre statistiskt underlag.
- Resultaten från påbyggnadsdimensioneringen beräknar teoretiska tjocklekar som är för tunna för praktiskt byggande. Lagrens minimitjocklekar måste dock uppfyllas. Det måste även kontrolleras att tjäldimensioneringsvillkorens krav uppfylls. Vid dessa tillfällen hade det varit bra att använda PMS-objekt som ett komplement för att säkerställa att konstruktionen håller.

- En annan möjlighet är att mäta E-moduler på nybyggd väg och sedan mäta spårdjup på samma ställe för att se hur snabbt vägens bundna lager slits. Det skulle vara intressant att på samma sätt göra uppföljningar för en väg som har byggts med hjälp av aktiv design.

9 Källor

9.1 Litteratur

Adam, D., Adam, C., Kopf, F. (2000): *The Dynamic Plate Test with the Light Falling Weight Device: Experimental and Numerical Investigations*. Department of Civil Engineering, Vienna University of Technology, Österrike 2000.

Agardh, S och Parhamifar, E. (2012) *Kompendium Vägbyggnadsteknik*. Lund.

Aksnes, J. (2002) *A Study of Load Responses towards the Pavement Edge*. Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi, Trondheim.
ISBN: 82-471-5510-9

Axelsson, K. (2006) *Introduktion till geoteknik – jämte byggnadsgeologin, jordmaterialläran och jordmekaniken*. Geotryckeriet Uppsala

Forssblad, L. (2000) *Packning - Handbok om packning av jordmaterial och bergmaterial*. AB Elanders Svenskt tryck, Stockholm
ISBN: 91-7332-932-0

Hansbo, S. (1990) *Jordförstärkning*. Chalmers Tekniska Högskola. Svenskt tryck, Stockholm.

Hon, P.2010 *Utvärdering av kontrollmetoder för obundna granulära material*. LTH, Lund.

Johansson, B. (1998) *Krossad betong som överbyggnadsmaterial*. Chalmers Tekniska Högskola. Tryckt Göteborg.

Lenngren, A(a). (2011) *Passningsräkning*. Svevia CVtek, Solna.

Lenngren, A(b). (2011) *Tillämpande av dimensioneringsklass 3 vid RV27 förbifart Gislaved*. Solna.

Mattson, S och Sipari, P. (2007) *Utredning av Aktiv designprojektet vid RV40*. Chalmers Tekniska Högskola. Göteborg.

SGF. (2004) *Packning och packningskontroll av blandkornig och finkornig jord*. Lindköping. Publikation: SGF notat 1:2004.

Sällfors, G. (2009) *Geoteknik – jordmateriallära, jordmekanik*. Göteborg 4:e upplagan.

Trafikverket. (2011) Nationell plan för Transportsystemet 2010-2021. Publikation: 2011:067.
ISBN: 978-91-7467-132-2

Ullidz, P (1998). *Modelling flexible pavement response and performance*. Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark.
IBSN: 87-502-0805-5.

Vägverket. (1993) *Bestämning av bärighetsegenskaper med statisk plattbelastning*. VV Publikation 1993:19

Vägverket. (1998) *Deflektionsmätning vid provbelastning med fallviktsapparat*. Metodbeskrivning 112:1998. Publikation 1998:80

VV. 2010 *Arbetsplan – Väg 27 Borås – Värnamo, delen förbi Gislaved*. Objektnummer: 87625008.

VVK VÄG. (2008) *Vägverkets tekniska krav vid dimensionering och utformning av vägkonstruktion och av vattning*. VV Publikation 2008:78


VVTBT. (2008) *Bitumenbundna lager*. VV Publikation 2008:113

VVTBT. (2007) *Obundna lager*. VV Publikation 2007:117

Werkmeister, S. (2003) *Permanent Deformation Behaviour of Unbound Granular Materials in Pavement Constructions*. Doktorsavhandling. Avdelningen för Pavement Engineering. Dresdens Tekniska Högskola. Dresden, Tyskland 2003.

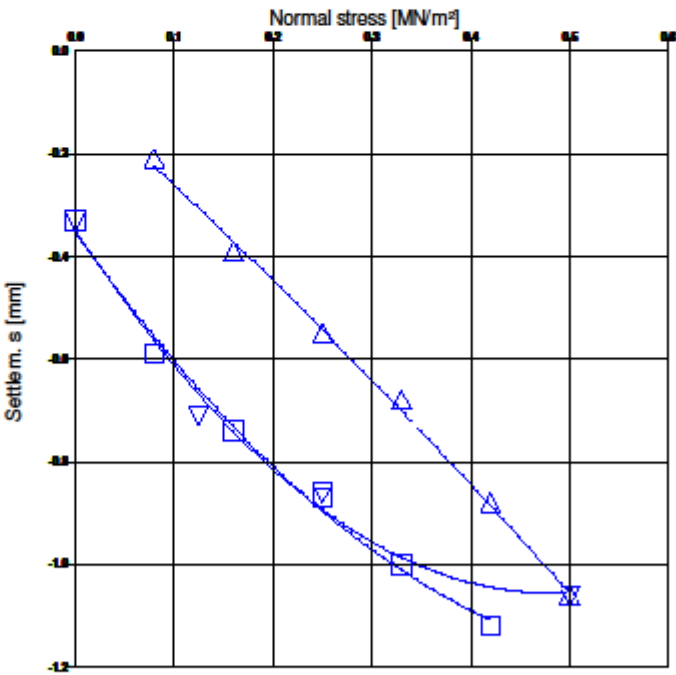
Wågberg L-G. (2003) *Handbok i tillståndsbedömning av belagda gator och vägar – Bära eller brista*. Alfa print, Sundbyberg.
ISBN: 91-7289-172-6

10 Bilaga 1 Mätvärden - Statiska plattbelastning

Entreprenör: Svevia AB Objekt: V27 Gislaved			
Punktnummer: 3 Sektion: 0/850 Sidomått: 6 Lager: Förstärkning			
Underlag: 9 Temperatur (°C): Klart Väder: Klart Gårdagens väder: Klart CMV: Klart Krav: VTBT		Plate bearing test DIN 18 134 - 300 Version September 2001	
Utförd av: Johan Lindsten Anmärkningar:		Job No.: F_JL_3 Date: 10.04.2012 Time: 10:03 - 10:37	

Normal stress [MN/m²]	Settlement [mm]
0,080	0,21
0,160	0,39
0,250	0,55
0,330	0,68
0,420	0,88
0,500	1,06
0,250	0,86
0,125	0,71
0,000	0,33
0,080	0,59
0,160	0,74
0,250	0,87
0,330	1,00
0,420	1,12

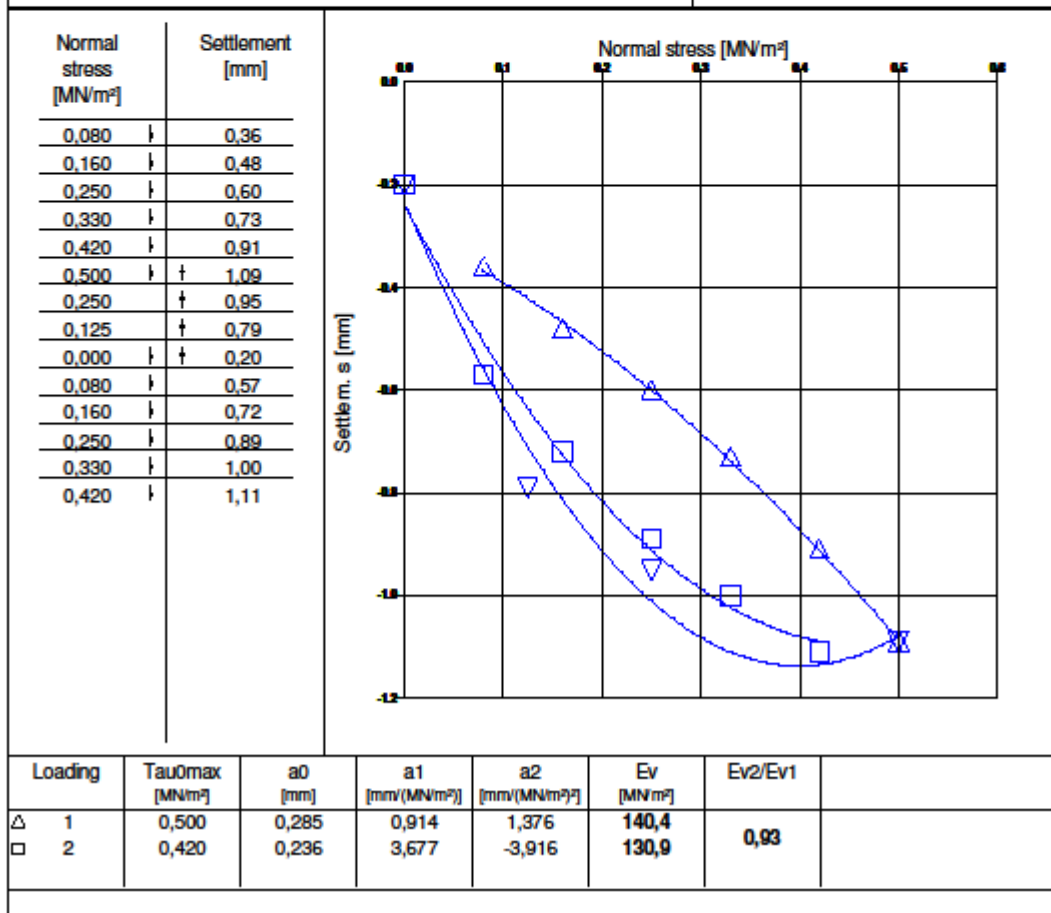
Settlem. s [mm]



Loading	Tau0max [MN/m²]	a0 [mm]	a1 [mm/(MN/m²)]	a2 [mm/(MN/m²)²]	Ev [MN/m²]	Ev2/Ev1
△ 1	0,500	0,082	1,735	0,416	115,8	1,20
□ 2	0,420	0,352	2,714	-2,178	138,5	

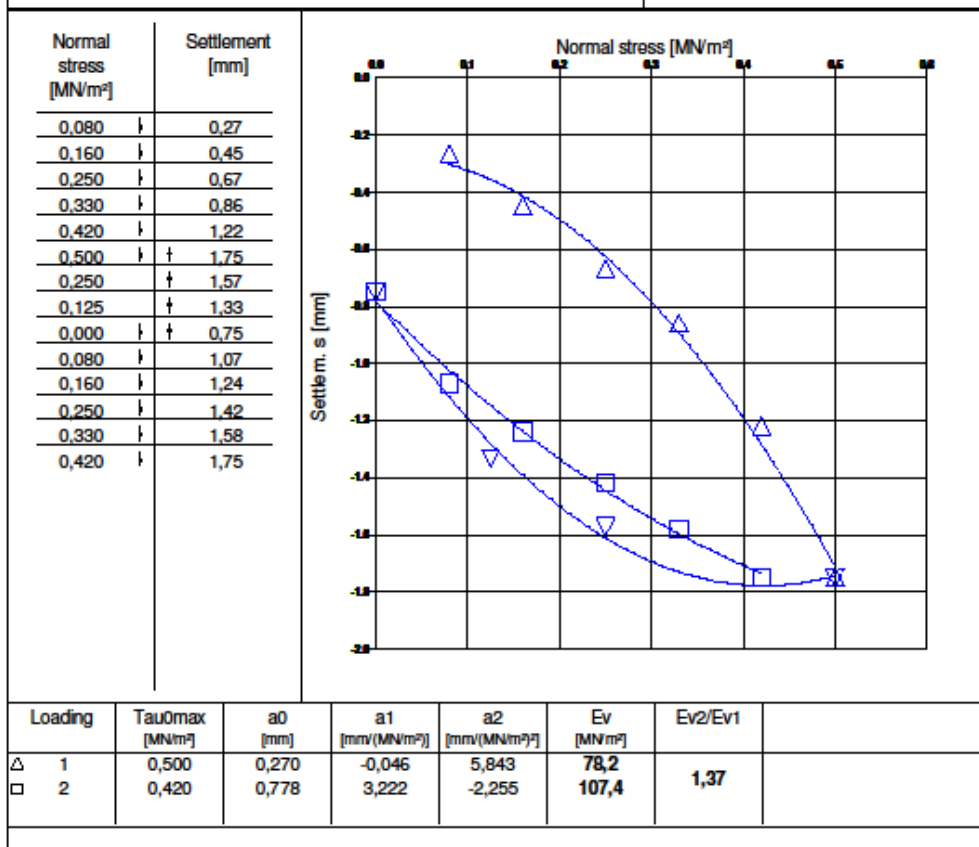
© InfraRoad / PLTV257 / 100295-1

Entreprenör: Objekt:	Svevia AB V27 Gislaved	SVEVIA
Punktnummer: Sektion: Sidomått: Lager: Underlag: Temperatur (°C): Väder: Gårdagens väder: CMV: Krav:	2 0/900 6 Förstärkning 14 Klart Klart VVTBT	
Utförd av: Anmärkningar:	Johan Lindsten	Job No.: F_JL_2 Date: 10.04.2012 Time: 10:47 - 11:18



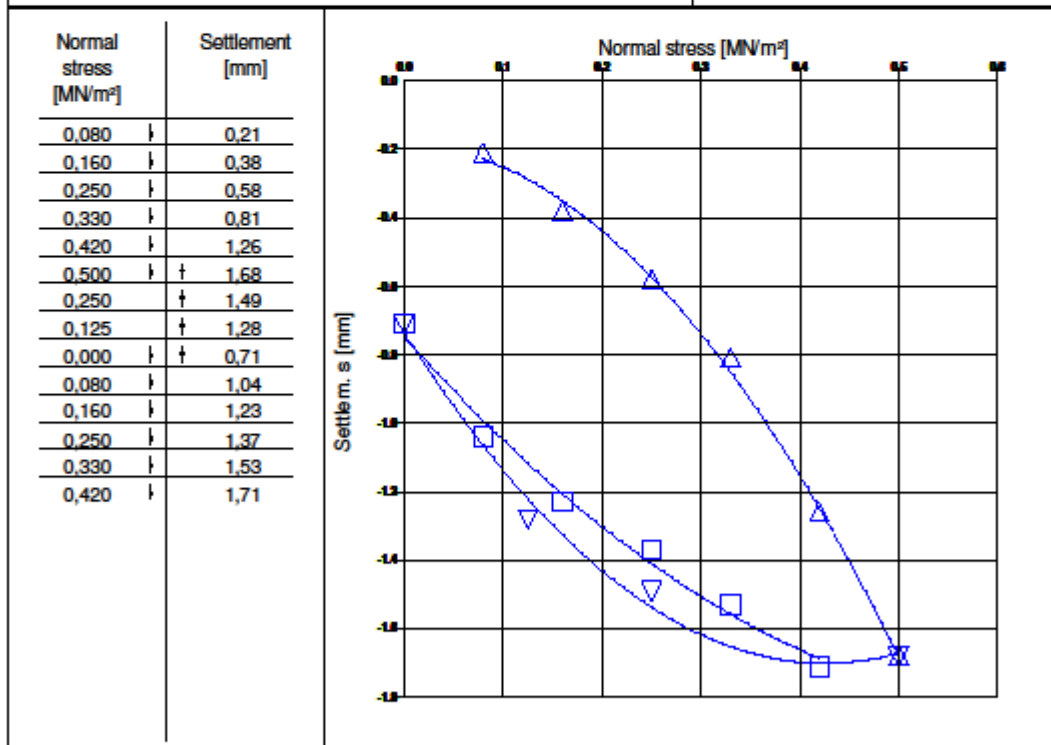
©InfraTest/PLTV257/10025-1

Entreprenör: Objekt:	Svevia AB V27 Gisaved	SVEVIA
Punktnummer: Sektion: Sidomått: Lager: Underlag: Temperatur (°C): Väder: Gårdagens väder: CMV: Krav:	5 3/050 8,3 Förstärkning 10 Sol, blåsig VTBT	
Utförd av: Anmärkningar:	Johan Lindsten	Job No.: F_JL_5 Date: 05.04.2012 Time: 11:10 - 11:42



©InfraTest/PLTV257/100295-1

Entreprenör: Objekt:	Svevia AB V27 Gislaved	SVEVIA
Punktnummer: Sektion: Sidomått: Lager: Underlag: Temperatur (°C): Väder: Gårdagens väder: CMV: Krav:	6 3/100 8,3 Förstärkning 10 Sol, blåsig VVTBT	
Utförd av: Anmärkningar:	Johan Lindsten	Job No.: F_JL_6 Date: 05.04.2012 Time: 10:21 - 11:00



Loading	Tau0max [MN/m ²]	a0 [mm]	a1 [mm/(MN/m ²)]	a2 [mm/(MN/m ²)]	Ev [MN/m ²]	Ev2/Ev1
△ 1	0,500	0,181	0,128	5,733	75,1	1,46
□ 2	0,420	0,745	3,263	-2,435	110,0	

©InfraGat / PCTV2.57 / 100295.1

Entreprenör: Svevia AB
 Objekt: V27 Gisslaved

Punktnummer: 7
 Sektion: 3/150
 Sidomått: 8,3
 Lager: Förstärkning
 Underlag:
 Temperatur (°C): 10
 Väder: Sol, blåsigt
 Gårdagens väder:
 CMV:
 Krav: VVTBT

Utförd av: Johan Lindsten
 Anmärkningar:



Plate bearing test

DIN 18 134 - 300

Version September 2001

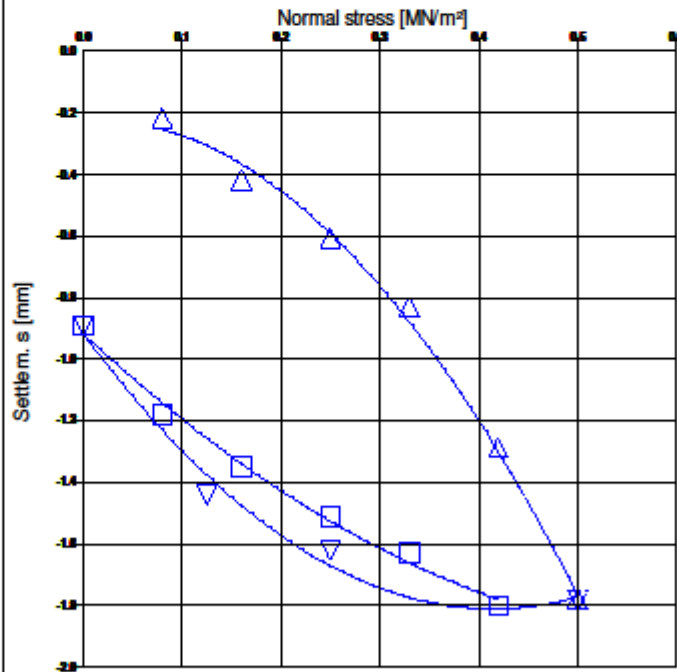
Job No.:

F_JL_7

Date: 05.04.2012

Time: 09:36 - 10:11

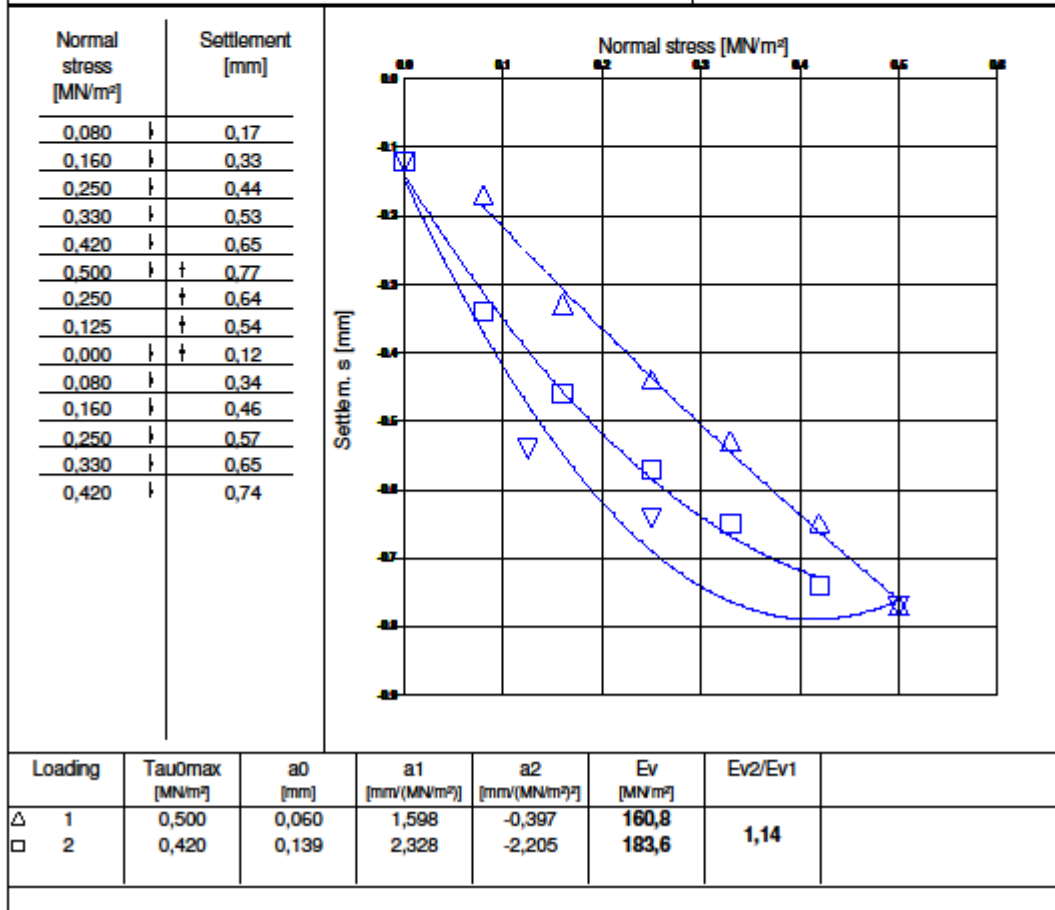
Normal stress [MN/m ²]	Settlement [mm]
0,080	0,22
0,160	0,42
0,250	0,61
0,330	0,83
0,420	1,29
0,500	1,78
0,250	1,62
0,125	1,44
0,000	0,89
0,080	1,18
0,160	1,35
0,250	1,51
0,330	1,63
0,420	1,80



Loading	Tau0max [MN/m ²]	a0 [mm]	a1 [mm/(MN/m ²)]	a2 [mm/(MN/m ²)]	Ev [MN/m ²]	Ev2/Ev1
△ 1	0,500	0,224	-0,146	6,442	73,2	1,64
□ 2	0,420	0,916	2,997	-2,243	120,0	

© 2001 SVEVIA AB

Entreprenör: Objekt:	Svevia AB V27 Gislaved	SVEVIA
Punktnummer: Sektion: Sidomått: Lager: Underlag: Temperatur (°C): Väder: Gårdagens väder: CMV: Krav:	1 9/504 6 Förstärkning 15 Klart Klart VTBT	
Utförd av: Anmärkningar:	Johan Lindsten	Job No.: F_JL_1 Date: 10.04.2012 Time: 11:27 - 11:52



© 1999/08/PL1V25/7/100255.1

11 Bilaga 2 Mätvärden – FWD

Stance	Imp	Load (kN)	D0 µm	D1 µm	D2 µm	D3 µm	D4 µm	D5 µm	D6 µm	Air (°C)	Pave (°C)	Ytmodul MPa	Time
800	1	23.1	407	243	166	111	66	46	34	5.7	9.3	120	12:14:57
800	2	23.2	368	226	158	107	62	47	33	5.7	9.3	134	12:15:04
800	3	41.7	631	396	283	185	107	89	60	5.7	9.3	140	12:15:16
800	4	52.8	767	487	345	227	133	93	76	5.7	9.3	146	12:15:28
800	5	23.1	368	225	157	106	63	53	33	5.7	9.3	133	12:15:37
800	6	41.9	623	393	281	183	111	90	60	5.7	9.3	143	12:15:45
800	7	52.7	760	483	344	225	134	96	76	5.7	9.3	147	12:15:56
800	8	23.1	370	223	157	106	64	50	33	5.7	9.3	132	12:16:06
800	9	41.8	625	393	281	183	110	97	60	5.7	9.3	142	12:16:15
800	10	52.8	759	481	342	224	134	103	76	5.7	9.3	148	12:16:27
850	1	22.0	619	303	213	140	62	46	37	5.8	11.2	75	12:17:40
850	2	22.5	417	242	174	124	68	48	37	5.8	11.2	115	12:17:46
850	3	40.8	748	403	314	211	111	84	65	5.8	11.2	116	12:17:54
850	4	51.9	862	464	377	256	138	105	82	5.8	11.2	128	12:18:04
850	5	22.8	385	237	168	118	67	47	36	5.8	11.2	126	12:18:12
850	6	41.1	666	369	295	206	115	86	66	5.8	11.2	131	12:18:23
850	7	52.3	813	453	365	255	142	107	84	5.8	11.2	136	12:18:33
850	8	22.7	380	234	167	118	67	47	37	5.8	11.2	127	12:18:42
850	9	41.3	656	378	292	205	116	87	67	5.8	11.2	133	12:18:49
850	10	52.5	798	450	357	253	142	106	84	5.8	11.2	139	12:18:59
900	1	22.3	569	334	232	160	84	53	40	5.9	11.2	83	12:20:20
900	2	23.4	388	249	184	136	79	51	39	5.9	11.2	128	12:20:26
900	3	41.5	672	430	328	228	133	91	70	5.9	11.2	131	12:20:34
900	4	52.7	758	498	384	270	165	113	89	5.9	11.2	148	12:20:44
900	5	23.6	353	234	173	130	76	51	39	5.9	11.2	142	12:20:52
900	6	42.8	596	399	310	220	134	93	71	5.9	11.2	153	12:21:00
900	7	53.7	713	480	372	264	161	113	89	5.9	11.2	160	12:21:10
900	8	23.4	347	232	172	129	76	51	39	5.9	11.2	143	12:21:19
900	9	42.7	583	395	306	217	131	92	71	5.9	11.2	156	12:21:27
900	10	53.9	703	478	371	263	162	114	90	5.9	11.2	163	12:21:37
950	1	23.7	397	235	159	105	61	42	35	5.8	11.3	126	12:23:10
950	2	24.1	276	180	130	91	60	42	34	5.8	11.3	185	12:23:16
950	3	43.3	515	337	252	167	108	80	65	5.8	11.3	178	12:23:24
950	4	54.6	588	396	296	204	135	101	83	5.8	11.3	197	12:23:34
950	5	24.1	251	170	124	90	59	43	35	5.8	11.3	204	12:23:42
950	6	43.4	450	309	236	161	108	80	65	5.8	11.3	204	12:23:50
950	7	54.8	554	379	291	200	135	101	83	5.8	11.3	210	12:24:00
950	8	23.9	248	168	123	89	59	42	35	5.8	11.3	204	12:24:08

Stance	Imp	Load (kN)	D0 μm	D1 μm	D2 μm	D3 μm	D4 μm	D5 μm	D6 μm	Air (°C)	Pave (°C)	Ytmodul MPa	Time
950	9	43.6	443	305	235	160	107	81	65	5.8	11.3	209	12:24:15
950	10	54.7	545	376	286	199	134	100	82	5.8	11.3	213	12:24:25
950	1	21.0	521	302	171	110	57	39	31	7.7	11.6	85	12:27:46
950	2	22.6	357	240	149	103	55	38	30	7.7	11.6	134	12:27:52
950	3	41.0	639	422	267	174	97	72	57	7.7	11.6	136	12:28:00
950	4	52.1	715	485	315	214	120	89	71	7.7	11.6	155	12:28:10
950	5	22.5	325	216	142	98	54	38	30	7.7	11.6	147	12:28:20
950	6	41.4	558	380	256	169	96	70	56	7.7	11.6	157	12:28:27
950	7	52.4	674	465	310	206	119	88	70	7.7	11.6	165	12:28:37
950	8	22.5	321	214	141	97	54	38	30	7.7	11.6	149	12:28:45
950	9	41.5	548	376	254	168	96	70	56	7.7	11.6	161	12:28:53
950	10	52.5	661	460	309	205	120	88	71	7.7	11.6	168	12:29:03
900	1	21.0	344	296	179	117	55	38	28	8.9	11.3	130	12:31:24
900	2	22.3	263	229	158	107	57	38	29	8.9	11.3	179	12:31:30
900	3	40.8	450	399	282	185	98	65	52	8.9	11.3	192	12:31:38
900	4	51.8	493	456	332	222	121	81	64	8.9	11.3	223	12:31:48
900	5	22.4	284	215	163	103	56	39	29	8.9	11.3	167	12:31:56
900	6	41.5	477	371	279	180	100	67	52	8.9	11.3	184	12:32:04
900	7	52.0	501	451	357	220	123	82	65	8.9	11.3	220	12:32:14
900	8	22.2	311	213	181	101	56	37	30	8.9	11.3	152	12:32:22
900	9	41.2	478	372	316	178	100	66	52	8.9	11.3	183	12:32:29
900	10	52.1	580	449	419	218	124	82	65	8.9	11.3	191	12:32:40
850	1	20.3	434	211	137	100	54	38	33	10.9	11.7	99	12:34:29
850	2	22.3	304	171	121	98	58	40	51	10.9	11.7	156	12:34:41
850	3	40.9	566	323	261	167	99	75	52	10.9	11.7	153	12:34:50
850	4	52.2	640	383	319	202	126	95	63	10.9	11.7	173	12:35:00
850	5	22.2	286	173	118	97	58	40	32	10.9	11.7	165	12:35:09
850	6	41.4	508	311	248	166	102	76	54	10.9	11.7	173	12:35:19
850	7	52.3	616	376	295	199	127	95	73	10.9	11.7	180	12:35:34
850	8	22.2	274	167	115	96	56	40	68	10.9	11.7	172	12:36:54
850	9	41.2	480	299	237	162	102	76	47	10.9	11.7	182	12:37:15
850	10	52.2	578	370	284	196	127	95	76	10.9	11.7	192	12:37:38
800	1	21.1	432	297	165	110	63	39	32	10.4	10.3	104	12:44:42
800	2	22.5	336	223	144	101	61	40	32	10.4	10.3	142	12:44:48
800	3	40.9	629	436	266	179	108	67	55	10.4	10.3	138	12:44:56
800	4	51.9	708	520	322	219	124	87	72	10.4	10.3	155	12:45:07
800	5	22.2	315	207	139	99	61	37	31	10.4	10.3	149	12:45:15
800	6	41.4	550	397	252	174	99	66	56	10.4	10.3	160	12:45:23
800	7	52.3	671	506	311	215	121	86	72	10.4	10.3	165	12:45:33
800	8	22.0	314	213	138	98	61	38	30	10.4	10.3	149	12:45:42
800	9	41.1	542	376	250	174	101	66	56	10.4	10.3	161	12:45:50

Stance	Imp	Load (kN)	D0 μm	D1 μm	D2 μm	D3 μm	D4 μm	D5 μm	D6 μm	Air (°C)	Pave (°C)	Ytmodul MPa	Time
800	10	52.3	661	448	307	215	121	87	72	10.4	10.3	168	12:46:01
800	1	21.9	422	229	143	96	53	40	29	8.4	9.6	110	12:50:55
800	2	22.8	306	181	124	93	56	39	28	8.4	9.6	158	12:51:01
800	3	41.6	574	348	241	167	96	67	51	8.4	9.6	154	12:51:09
800	4	52.8	648	406	289	208	122	84	65	8.4	9.6	173	12:51:19
800	5	23.1	286	172	123	93	57	41	28	8.4	9.6	171	12:51:27
800	6	42.3	503	314	229	167	100	68	52	8.4	9.6	178	12:51:34
800	7	53.2	613	390	282	209	124	86	66	8.4	9.6	184	12:51:45
800	8	22.8	279	171	121	92	56	42	28	8.4	9.6	174	12:51:53
800	9	42.3	493	311	228	168	101	70	52	8.4	9.6	182	12:52:01
800	10	53.4	601	386	282	209	125	88	66	8.4	9.6	188	12:52:11
820	1	21.4	598	204	136	84	51	34	26	6.7	9.7	76	12:53:25
820	2	22.4	407	169	116	76	52	36	26	6.7	9.7	117	12:53:31
820	3	40.4	643	319	223	139	91	66	49	6.7	9.7	133	12:53:39
820	4	51.2	652	379	265	172	116	83	60	6.7	9.7	167	12:53:49
820	5	22.6	279	163	114	76	52	36	27	6.7	9.7	172	12:53:57
820	6	41.1	497	294	213	136	94	68	51	6.7	9.7	176	12:54:04
820	7	51.9	605	368	265	171	116	84	63	6.7	9.7	182	12:54:14
820	8	22.4	275	163	114	75	51	36	27	6.7	9.7	173	12:54:22
820	9	41.4	493	295	212	137	95	69	51	6.7	9.7	178	12:54:30
820	10	52.2	597	364	264	171	116	84	63	6.7	9.7	185	12:54:40
840	1	21.7	409	196	122	75	67	29	23	6.0	9.6	112	12:58:33
840	2	21.5	272	152	107	70	42	29	23	6.0	9.6	168	12:59:21
840	3	40.2	520	300	205	135	98	57	43	6.0	9.6	164	12:59:59
840	4	50.9	580	355	251	166	80	71	56	6.0	9.6	186	13:00:21
840	5	21.9	249	153	107	72	66	30	24	6.0	9.6	187	13:00:31
840	6	40.7	452	280	198	133	83	58	44	6.0	9.6	191	13:00:41
840	7	51.4	553	348	251	166	106	72	58	6.0	9.6	197	13:00:52
840	8	21.6	255	154	108	72	53	30	24	6.0	9.6	180	13:01:02
840	9	40.8	446	280	203	132	97	59	45	6.0	9.6	194	13:01:11
840	10	51.6	541	348	251	164	106	73	57	6.0	9.6	202	13:01:22
860	1	21.0	164	236	156	113	60	70	32	4.9	9.3	272	13:03:18
860	2	22.1	178	174	126	99	59	70	34	4.9	9.3	264	13:03:44
860	3	40.6	352	350	275	186	105	98	62	4.9	9.3	245	13:04:04
860	4	51.2	441	407	316	228	140	146	90	4.9	9.3	246	13:04:26
860	5	21.9	247	166	122	98	59	65	35	4.9	9.3	189	13:04:57
860	6	40.8	445	307	245	180	114	133	66	4.9	9.3	195	13:05:25
860	7	51.9	578	389	311	226	142	133	78	4.9	9.3	190	13:05:47
860	8	21.7	228	168	123	97	62	52	32	4.9	9.3	202	13:06:07
860	9	40.8	441	305	235	180	115	131	67	4.9	9.3	196	13:06:36
860	10	51.7	548	386	299	226	139	115	67	4.9	9.3	200	13:06:58

Stance	Imp	Load (kN)	D0 μm	D1 μm	D2 μm	D3 μm	D4 μm	D5 μm	D6 μm	Air (°C)	Pave (°C)	Ytmodul MPa	Time
880	1	21.5	447	278	179	130	58	36	28	4.6	9.3	102	13:08:29
880	2	22.6	294	196	137	106	55	35	26	4.6	9.3	163	13:08:36
880	3	40.3	553	366	259	187	98	65	49	4.6	9.3	154	13:08:44
880	4	51.8	625	426	307	228	123	82	61	4.6	9.3	176	13:08:54
880	5	22.8	275	182	127	101	55	35	25	4.6	9.3	176	13:09:03
880	6	41.6	480	329	241	177	100	66	49	4.6	9.3	184	13:09:11
880	7	52.2	583	404	296	223	124	82	60	4.6	9.3	190	13:09:22
880	8	22.9	269	180	125	96	54	34	25	4.6	9.3	181	13:09:30
880	9	41.8	470	326	238	178	101	67	49	4.6	9.3	188	13:09:39
880	10	52.5	573	400	294	223	124	83	62	4.6	9.3	195	13:09:50
900	1	21.2	1193	237	150	113	58	38	29	4.8	8.7	38	13:11:10
900	2	22.9	337	183	125	94	56	37	28	4.8	8.7	144	13:11:19
900	3	41.0	556	348	238	170	98	69	54	4.8	8.7	157	13:11:30
900	4	52.6	610	412	287	211	126	88	69	4.8	8.7	183	13:11:40
900	5	22.8	255	175	119	92	55	37	29	4.8	8.7	190	13:11:52
900	6	41.8	464	320	229	172	103	71	54	4.8	8.7	191	13:11:59
900	7	52.8	561	394	282	211	128	89	69	4.8	8.7	200	13:12:09
900	8	22.9	251	174	119	93	56	38	29	4.8	8.7	193	13:12:19
900	9	41.6	450	316	226	172	103	71	55	4.8	8.7	196	13:12:27
900	10	52.7	546	390	279	212	128	89	69	4.8	8.7	205	13:12:36
920	1	21.8	453	242	153	96	54	32	24	5.3	8.8	102	13:13:47
920	2	22.7	284	172	130	84	49	32	25	5.3	8.8	170	13:13:58
920	3	41.0	539	328	236	155	91	62	47	5.3	8.8	162	13:14:07
920	4	52.3	595	381	271	189	113	79	59	5.3	8.8	186	13:14:18
920	5	22.2	244	159	114	83	49	33	25	5.3	8.8	193	13:14:27
920	6	41.3	447	289	206	149	91	63	48	5.3	8.8	196	13:14:36
920	7	52.4	550	356	258	185	115	78	60	5.3	8.8	202	13:14:47
920	8	22.1	238	157	114	82	49	33	25	5.3	8.8	197	13:14:56
920	9	41.5	439	288	199	148	93	63	48	5.3	8.8	201	13:15:04
920	10	52.6	539	354	266	185	114	78	60	5.3	8.8	207	13:15:17
940	1	21.5	343	205	129	95	50	36	27	4.9	8.8	133	13:16:12
940	2	22.5	263	172	115	88	50	36	27	4.9	8.8	181	13:16:18
940	3	40.7	486	319	221	158	91	67	51	4.9	8.8	178	13:16:26
940	4	53.9	569	380	268	192	112	88	67	4.9	8.8	201	13:16:36
940	5	22.8	253	171	116	90	52	37	27	4.9	8.8	191	13:16:44
940	6	41.4	447	305	216	159	93	70	52	4.9	8.8	196	13:16:52
940	7	52.2	546	375	265	198	116	87	66	4.9	8.8	203	13:17:01
940	8	22.6	251	170	117	90	52	37	27	4.9	8.8	191	13:17:09
940	9	41.5	442	304	216	159	93	70	53	4.9	8.8	199	13:17:17
940	10	52.2	540	373	265	197	117	87	67	4.9	8.8	205	13:17:27
960	1	22.8	300	181	128	90	51	34	28	5.3	8.7	161	13:18:32

Stance	Imp	Load (kN)	D0 μm	D1 μm	D2 μm	D3 μm	D4 μm	D5 μm	D6 μm	Air (°C)	Pave (°C)	Ytmodul MPa	Time
960	2	23.4	235	155	113	86	53	35	29	5.3	8.7	211	13:18:38
960	3	42.5	447	294	220	155	93	66	53	5.3	8.7	202	13:18:46
960	4	53.5	518	351	265	192	118	83	68	5.3	8.7	219	13:18:56
960	5	23.4	222	151	112	85	53	36	29	5.3	8.7	224	13:19:04
960	6	42.8	402	278	215	154	96	68	55	5.3	8.7	226	13:19:11
960	7	53.5	494	344	263	191	120	84	69	5.3	8.7	230	13:19:21
960	8	23.3	219	150	112	85	53	36	30	5.3	8.7	226	13:19:29
960	9	42.8	395	276	213	153	97	68	55	5.3	8.7	230	13:19:37
960	10	53.4	487	340	261	190	120	85	69	5.3	8.7	233	13:19:46
800	1	22.4	802	348	168	120	68	48	39	4.6	8.7	59	13:28:23
800	2	23.2	488	269	162	116	69	48	39	4.6	8.7	101	13:28:29
800	3	41.2	974	517	287	195	109	81	67	4.6	8.7	90	13:28:37
800	4	52.0	1131	614	336	233	129	98	83	4.6	8.7	98	13:28:48
800	5	23.1	468	263	150	114	70	48	40	4.6	8.7	104	13:28:59
800	6	41.6	831	470	264	193	116	84	70	4.6	8.7	106	13:29:07
800	7	52.6	1036	585	322	235	136	103	87	4.6	8.7	108	13:29:16
800	8	23.0	470	265	152	114	70	48	40	4.6	8.7	104	13:29:26
800	9	41.7	814	468	265	193	114	84	70	4.6	8.7	109	13:29:33
800	10	52.5	1002	578	323	235	135	103	87	4.6	8.7	111	13:29:43
820	1	22.3	1006	425	216	120	66	48	40	5.2	8.7	47	13:30:42
820	2	23.2	567	300	185	124	75	50	41	5.2	8.7	87	13:30:48
820	3	41.3	1069	570	335	202	117	85	68	5.2	8.7	82	13:30:55
820	4	52.0	1194	663	390	238	139	103	85	5.2	8.7	92	13:31:05
820	5	23.1	521	292	179	119	74	50	42	5.2	8.7	94	13:31:13
820	6	41.6	896	509	312	198	122	89	73	5.2	8.7	98	13:31:21
820	7	52.1	1099	623	377	237	143	107	90	5.2	8.7	101	13:31:31
820	8	22.8	516	292	177	118	74	50	42	5.2	8.7	94	13:31:39
820	9	41.6	874	505	312	198	123	90	74	5.2	8.7	101	13:31:46
820	10	52.4	1060	613	376	238	148	110	91	5.2	8.7	105	13:31:56
840	1	21.3	858	351	195	126	64	47	38	4.6	9.0	53	13:33:09
840	2	23.5	502	257	169	121	68	49	39	4.6	9.0	99	13:33:15
840	3	41.6	962	480	320	213	118	84	68	4.6	9.0	92	13:33:23
840	4	52.4	1063	558	371	257	146	104	86	4.6	9.0	105	13:33:36
840	5	23.4	450	250	166	119	68	48	39	4.6	9.0	110	13:33:47
840	6	42.1	782	438	296	211	126	88	71	4.6	9.0	114	13:33:55
840	7	52.9	963	538	362	256	147	107	89	4.6	9.0	117	13:34:06
840	8	23.7	454	254	168	120	66	50	39	4.6	9.0	111	13:34:14
840	9	42.3	763	438	298	211	118	89	72	4.6	9.0	118	13:34:22
840	10	53.0	935	535	363	255	143	108	89	4.6	9.0	120	13:34:32
860	1	20.7	1200	296	122	89	61	48	39	4.7	9.5	37	13:35:33
860	2	23.0	535	219	117	99	68	53	43	4.7	9.5	91	13:35:39

Stance	Imp	Load (kN)	D0 μm	D1 μm	D2 μm	D3 μm	D4 μm	D5 μm	D6 μm	Air (°C)	Pave (°C)	Ytmodul MPa	Time
860	3	40.8	1165	451	208	157	111	84	71	4.7	9.5	74	13:35:47
860	4	51.1	1185	540	256	197	137	106	89	4.7	9.5	92	13:35:57
860	5	23.0	439	216	125	103	69	54	44	4.7	9.5	111	13:36:05
860	6	41.4	798	404	229	175	119	92	75	4.7	9.5	110	13:36:12
860	7	51.9	1004	518	285	213	141	112	93	4.7	9.5	110	13:36:22
860	8	23.2	431	223	130	104	70	55	43	4.7	9.5	114	13:36:30
860	9	41.5	761	402	239	180	121	94	77	4.7	9.5	116	13:36:38
860	10	52.1	949	506	294	219	143	112	95	4.7	9.5	117	13:36:48
880	1	21.9	1087	452	250	123	63	48	40	5.4	9.5	43	13:37:54
880	2	23.0	613	320	209	121	68	50	39	5.4	9.5	80	13:38:01
880	3	41.0	1169	627	373	206	113	85	68	5.4	9.5	74	13:38:08
880	4	51.6	1332	747	421	239	135	105	86	5.4	9.5	82	13:38:18
880	5	23.0	555	317	189	116	66	50	40	5.4	9.5	88	13:38:26
880	6	41.6	959	562	329	194	114	89	71	5.4	9.5	92	13:38:34
880	7	52.0	1194	699	404	235	138	108	88	5.4	9.5	92	13:38:44
880	8	23.0	549	317	188	114	66	50	40	5.4	9.5	89	13:38:51
880	9	41.6	935	554	330	193	116	89	72	5.4	9.5	94	13:38:59
880	10	52.1	1162	684	396	233	139	109	90	5.4	9.5	95	13:39:09
900	1	21.9	562	311	186	137	78	54	45	5.7	9.5	83	13:40:08
900	2	22.5	426	251	173	133	80	54	44	5.7	9.5	112	13:40:14
900	3	41.2	763	450	310	227	137	98	80	5.7	9.5	114	13:40:22
900	4	52.1	896	519	359	269	168	121	100	5.7	9.5	123	13:40:31
900	5	22.4	418	235	166	130	79	55	44	5.7	9.5	114	13:40:40
900	6	41.4	703	402	295	223	139	100	81	5.7	9.5	125	13:40:47
900	7	52.5	854	495	353	269	167	122	102	5.7	9.5	130	13:40:57
900	8	22.5	417	232	165	129	79	55	45	5.7	9.5	114	13:41:05
900	9	41.4	696	396	293	223	139	100	82	5.7	9.5	126	13:41:13
900	10	52.5	847	489	350	269	170	122	102	5.7	9.5	132	13:41:23
920	1	21.4	618	305	205	132	69	46	39	5.8	9.2	74	13:42:53
920	2	22.2	415	259	181	129	76	48	40	5.8	9.2	113	13:43:01
920	3	40.1	750	436	315	208	124	86	70	5.8	9.2	113	13:43:10
920	4	51.0	847	511	372	249	154	107	88	5.8	9.2	128	13:43:20
920	5	22.3	400	250	184	127	75	49	40	5.8	9.2	118	13:43:28
920	6	40.7	657	419	306	208	128	88	71	5.8	9.2	132	13:43:36
920	7	51.3	797	505	360	250	154	108	89	5.8	9.2	137	13:43:47
920	8	22.1	398	252	183	128	76	49	40	5.8	9.2	118	13:43:56
920	9	40.9	665	418	300	210	128	89	72	5.8	9.2	130	13:44:04
920	10	51.5	804	504	365	252	155	108	90	5.8	9.2	136	13:44:14
940	1	22.3	581	295	178	119	61	48	40	5.8	9.1	82	13:45:42
940	2	22.6	402	234	159	114	64	49	39	5.8	9.1	119	13:45:48
940	3	41.3	680	415	285	190	110	90	73	5.8	9.1	129	13:45:55

Stance	Imp	Load (kN)	D0 μm	D1 μm	D2 μm	D3 μm	D4 μm	D5 μm	D6 μm	Air (°C)	Pave (°C)	Ytmodul MPa	Time
940	4	52.3	768	489	336	229	137	112	92	5.8	9.1	144	13:46:05
940	5	22.5	368	227	155	111	64	48	38	5.8	9.1	130	13:46:13
940	6	41.4	609	388	275	188	112	90	73	5.8	9.1	144	13:46:21
940	7	52.3	731	473	330	229	139	114	93	5.8	9.1	152	13:46:31
940	8	22.5	364	226	155	110	64	48	39	5.8	9.1	131	13:46:39
940	9	41.5	603	387	273	189	112	90	73	5.8	9.1	146	13:46:46
940	10	52.5	720	468	329	229	139	113	93	5.8	9.1	155	13:46:56
960	1	23.1	373	226	141	99	59	43	37	6.1	8.6	132	13:49:20
960	2	23.7	276	184	124	92	59	44	38	6.1	8.6	182	13:49:26
960	3	42.5	491	331	230	161	106	83	70	6.1	8.6	184	13:49:34
960	4	53.5	561	390	275	198	133	105	89	6.1	8.6	202	13:49:44
960	5	23.5	260	177	120	91	59	45	38	6.1	8.6	192	13:49:52
960	6	42.7	442	307	222	158	105	83	71	6.1	8.6	205	13:49:59
960	7	53.6	533	378	270	196	132	105	89	6.1	8.6	213	13:50:09
960	8	23.5	258	176	119	91	59	45	38	6.1	8.6	194	13:50:17
960	9	42.7	436	305	221	158	106	83	71	6.1	8.6	207	13:50:25
960	10	53.6	527	375	270	196	132	105	95	6.1	8.6	216	13:50:35
1250	1	22.0	226	127	81	58	35	25	20	5.7	9.4	206	14:02:55
1250	2	23.4	192	119	79	60	38	27	22	5.7	9.4	259	14:03:01
1250	3	42.1	387	243	164	116	70	51	40	5.7	9.4	231	14:03:09
1250	4	53.2	463	299	214	149	91	66	52	5.7	9.4	244	14:03:19
1250	5	23.1	184	118	82	60	37	27	21	5.7	9.4	267	14:03:27
1250	6	41.9	352	232	159	117	73	53	41	5.7	9.4	252	14:03:34
1250	7	53.3	443	289	213	150	93	68	53	5.7	9.4	255	14:03:44
1250	8	23.3	184	119	79	60	37	27	22	5.7	9.4	269	14:03:52
1250	9	41.8	350	232	159	117	73	53	41	5.7	9.4	254	14:04:00
1250	10	53.0	439	291	209	150	93	68	53	5.7	9.4	256	14:04:10
1300	1	22.9	307	170	105	73	46	35	28	5.9	10.2	159	14:07:11
1300	2	23.2	221	133	89	69	46	35	27	5.9	10.2	222	14:07:18
1300	3	42.4	424	267	185	131	84	65	52	5.9	10.2	212	14:07:25
1300	4	53.2	489	318	221	162	107	83	66	5.9	10.2	231	14:07:35
1300	5	22.9	213	130	89	68	47	36	28	5.9	10.2	229	14:07:43
1300	6	42.4	381	246	173	128	85	66	53	5.9	10.2	236	14:07:51
1300	7	53.2	469	308	217	161	107	82	67	5.9	10.2	241	14:08:01
1300	8	23.2	213	129	89	68	46	35	28	5.9	10.2	231	14:08:09
1300	9	42.4	380	245	174	128	86	66	53	5.9	10.2	237	14:08:16
1300	10	53.2	463	306	216	160	107	83	66	5.9	10.2	244	14:08:26
1350	1	22.8	310	182	109	78	47	35	27	5.7	9.4	156	14:09:39
1350	2	23.7	228	147	98	74	49	36	29	5.7	9.4	220	14:09:45
1350	3	42.7	432	285	196	139	91	68	52	5.7	9.4	209	14:09:53
1350	4	53.2	495	338	240	172	115	86	67	5.7	9.4	228	14:10:03

Stance	Imp	Load (kN)	D0 μm	D1 μm	D2 μm	D3 μm	D4 μm	D5 μm	D6 μm	Air (°C)	Pave (°C)	Ytmodul MPa	Time
1350	5	23.8	218	143	97	74	50	37	29	5.7	9.4	232	14:10:11
1350	6	42.6	386	264	186	135	91	69	54	5.7	9.4	234	14:10:19
1350	7	53.5	471	328	235	171	115	87	68	5.7	9.4	241	14:10:29
1350	8	23.8	217	144	98	75	50	38	29	5.7	9.4	233	14:10:37
1350	9	42.7	383	263	186	136	92	69	54	5.7	9.4	237	14:10:44
1350	10	53.6	466	325	234	171	115	87	69	5.7	9.4	244	14:10:54
1400	1	22.2	387	228	136	89	51	32	26	6.3	9.6	122	14:12:19
1400	2	23.2	286	181	119	85	51	34	27	6.3	9.6	172	14:12:25
1400	3	41.4	553	353	237	160	92	65	50	6.3	9.6	159	14:12:33
1400	4	52.1	637	413	278	196	116	81	64	6.3	9.6	174	14:12:43
1400	5	23.3	270	171	122	83	51	34	27	6.3	9.6	183	14:12:52
1400	6	42.0	489	322	224	156	93	67	51	6.3	9.6	182	14:13:00
1400	7	52.5	602	397	278	193	114	82	64	6.3	9.6	185	14:13:10
1400	8	23.2	270	172	123	82	51	34	27	6.3	9.6	182	14:13:18
1400	9	41.7	484	319	222	154	92	65	50	6.3	9.6	183	14:13:26
1400	10	52.7	594	395	279	193	115	82	65	6.3	9.6	188	14:13:36
1450	1	22.6	247	136	95	73	46	31	24	6.4	9.3	194	14:14:52
1450	2	24.1	187	119	90	69	45	31	25	6.4	9.3	274	14:14:58
1450	3	42.6	378	240	185	133	84	60	45	6.4	9.3	239	14:15:06
1450	4	53.2	443	291	231	166	106	75	58	6.4	9.3	255	14:15:15
1450	5	23.7	173	115	87	69	45	31	24	6.4	9.3	290	14:15:23
1450	6	43.0	325	219	173	129	84	60	45	6.4	9.3	281	14:15:31
1450	7	53.8	414	281	224	164	106	75	57	6.4	9.3	276	14:15:41
1450	8	23.7	172	115	86	69	45	32	25	6.4	9.3	292	14:15:49
1450	9	42.9	321	218	172	129	84	60	46	6.4	9.3	284	14:15:57
1450	10	53.8	407	278	220	164	106	76	58	6.4	9.3	281	14:16:06
1500	1	22.0	470	230	169	101	53	31	22	6.3	9.7	99	14:18:12
1500	2	23.1	283	165	133	85	49	30	21	6.3	9.7	173	14:18:18
1500	3	41.5	534	305	232	148	87	55	40	6.3	9.7	165	14:18:26
1500	4	52.7	578	363	274	181	108	70	50	6.3	9.7	193	14:18:36
1500	5	23.6	247	158	118	83	50	31	22	6.3	9.7	203	14:18:44
1500	6	42.3	439	282	220	145	88	57	41	6.3	9.7	204	14:18:52
1500	7	53.1	542	346	266	179	109	70	52	6.3	9.7	208	14:19:01
1500	8	23.6	239	155	118	82	49	30	22	6.3	9.7	209	14:19:10
1500	9	42.5	424	277	216	145	88	57	41	6.3	9.7	213	14:19:18
1500	10	53.4	516	339	260	178	108	70	52	6.3	9.7	220	14:19:28
1550	1	21.8	303	177	108	82	48	34	26	6.4	10.5	153	14:20:54
1550	2	22.8	227	142	97	76	48	33	26	6.4	10.5	212	14:21:00
1550	3	41.6	423	275	189	140	88	63	48	6.4	10.5	208	14:21:08
1550	4	52.7	496	326	230	174	110	81	62	6.4	10.5	226	14:21:18
1550	5	23.0	220	138	96	75	47	34	26	6.4	10.5	222	14:21:26

Stance	Imp	Load (kN)	D0 μm	D1 μm	D2 μm	D3 μm	D4 μm	D5 μm	D6 μm	Air (°C)	Pave (°C)	Ytmodul MPa	Time
1550	6	42.0	391	257	182	138	88	65	49	6.4	10.5	228	14:21:33
1550	7	52.8	480	318	226	172	110	81	63	6.4	10.5	233	14:21:43
1550	8	23.1	220	140	96	75	47	34	26	6.4	10.5	222	14:21:51
1550	9	41.8	390	255	180	136	87	64	49	6.4	10.5	227	14:21:59
1550	10	52.6	476	316	226	171	110	81	62	6.4	10.5	235	14:22:09
1600	1	22.7	409	249	164	116	59	36	27	6.2	10.1	118	14:23:11
1600	2	23.6	283	185	132	101	57	36	26	6.2	10.1	177	14:23:17
1600	3	42.2	528	349	250	177	100	65	48	6.2	10.1	170	14:23:24
1600	4	53.3	589	401	293	213	124	81	61	6.2	10.1	192	14:23:34
1600	5	23.5	264	176	128	98	57	36	26	6.2	10.1	189	14:23:42
1600	6	42.7	460	313	232	170	101	66	49	6.2	10.1	197	14:23:50
1600	7	53.7	556	382	284	209	124	82	61	6.2	10.1	205	14:24:00
1600	8	23.6	264	176	128	98	57	36	26	6.2	10.1	190	14:24:08
1600	9	42.6	454	310	231	170	100	66	49	6.2	10.1	199	14:24:16
1600	10	53.6	549	377	282	208	124	82	61	6.2	10.1	208	14:24:25
1650	1	22.2	472	277	158	97	44	30	23	6.5	10.6	100	14:25:24
1650	2	22.9	306	200	130	88	46	30	22	6.5	10.6	159	14:25:30
1650	3	41.3	574	386	257	162	81	55	43	6.5	10.6	153	14:25:38
1650	4	52.5	643	443	301	196	100	70	53	6.5	10.6	173	14:25:48
1650	5	23.0	285	190	127	86	46	30	23	6.5	10.6	171	14:25:56
1650	6	42.0	503	345	238	156	82	56	43	6.5	10.6	177	14:26:03
1650	7	52.8	607	424	292	194	101	70	54	6.5	10.6	184	14:26:13
1650	8	23.2	280	189	126	86	46	30	23	6.5	10.6	175	14:26:21
1650	9	42.1	498	343	237	156	82	56	43	6.5	10.6	180	14:26:29
1650	10	53.0	599	418	290	193	102	70	54	6.5	10.6	188	14:26:39
1700	1	21.0	433	221	121	84	45	31	25	6.3	11.2	103	14:27:43
1700	2	22.1	309	179	109	78	45	30	24	6.3	11.2	152	14:27:50
1700	3	40.4	573	349	219	148	79	59	46	6.3	11.2	150	14:27:57
1700	4	50.7	650	417	262	183	101	73	58	6.3	11.2	166	14:28:07
1700	5	22.2	289	177	110	78	45	31	24	6.3	11.2	163	14:28:15
1700	6	40.4	510	324	207	146	84	61	47	6.3	11.2	168	14:28:23
1700	7	51.1	619	405	260	184	105	75	59	6.3	11.2	175	14:28:33
1700	8	21.9	284	177	107	78	44	31	24	6.3	11.2	163	14:28:43
1700	9	40.8	504	326	208	148	85	60	46	6.3	11.2	171	14:28:51
1700	10	51.4	610	403	259	186	107	76	59	6.3	11.2	179	14:29:00
1750	1	21.9	413	223	148	92	57	41	33	6.4	11.0	113	14:30:01
1750	2	23.1	286	178	130	93	60	42	33	6.4	11.0	171	14:30:07
1750	3	41.3	553	348	249	169	105	77	61	6.4	11.0	159	14:30:15
1750	4	52.5	628	412	309	210	134	96	77	6.4	11.0	177	14:30:25
1750	5	23.3	266	171	119	93	60	42	33	6.4	11.0	185	14:30:33
1750	6	41.9	480	316	241	168	109	80	62	6.4	11.0	185	14:30:41

Stance	Imp	Load (kN)	D0 μm	D1 μm	D2 μm	D3 μm	D4 μm	D5 μm	D6 μm	Air (°C)	Pave (°C)	Ytmodul MPa	Time
1750	7	52.8	592	396	298	210	136	98	78	6.4	11.0	189	14:30:50
1750	8	23.3	264	171	118	93	61	43	33	6.4	11.0	188	14:30:58
1750	9	42.0	473	314	232	169	110	79	62	6.4	11.0	188	14:31:06
1750	10	53.0	583	391	293	210	136	99	78	6.4	11.0	193	14:31:16
1800	1	21.0	486	224	131	84	46	33	26	7.0	10.9	92	14:32:24
1800	2	22.0	286	171	109	78	45	32	26	7.0	10.9	164	14:32:30
1800	3	40.3	553	335	218	145	84	60	49	7.0	10.9	155	14:32:38
1800	4	50.9	623	391	259	177	105	77	63	7.0	10.9	173	14:32:48
1800	5	22.1	266	164	106	77	45	32	26	7.0	10.9	176	14:32:56
1800	6	41.0	483	306	205	142	86	62	50	7.0	10.9	180	14:33:04
1800	7	51.7	596	381	255	178	108	78	63	7.0	10.9	184	14:33:13
1800	8	22.1	266	165	106	78	46	32	26	7.0	10.9	176	14:33:21
1800	9	41.1	482	305	204	142	85	62	50	7.0	10.9	181	14:33:29
1800	10	51.9	583	375	253	176	108	77	62	7.0	10.9	189	14:33:39
1850	1	22.1	471	252	146	104	51	35	27	7.1	10.5	99	14:34:36
1850	2	22.8	300	190	126	94	53	35	26	7.1	10.5	161	14:34:43
1850	3	41.1	578	361	237	164	88	59	47	7.1	10.5	151	14:34:50
1850	4	51.9	649	419	282	201	111	76	60	7.1	10.5	170	14:35:00
1850	5	22.5	277	180	121	92	53	34	26	7.1	10.5	173	14:35:08
1850	6	41.5	498	323	225	162	93	62	48	7.1	10.5	177	14:35:16
1850	7	52.3	611	398	274	199	114	78	62	7.1	10.5	182	14:35:26
1850	8	22.5	276	179	122	92	52	34	26	7.1	10.5	173	14:35:34
1850	9	41.5	490	319	223	161	93	63	49	7.1	10.5	180	14:35:42
1850	10	52.5	600	394	272	198	115	79	62	7.1	10.5	185	14:35:51
1900	1	20.6	510	242	135	88	43	32	25	7.5	10.8	86	14:37:53
1900	2	23.0	311	182	115	83	46	32	26	7.5	10.8	157	14:37:59
1900	3	40.7	610	346	217	146	81	61	46	7.5	10.8	141	14:38:06
1900	4	51.7	688	406	261	180	103	77	61	7.5	10.8	159	14:38:16
1900	5	22.6	291	174	113	83	47	33	25	7.5	10.8	165	14:38:24
1900	6	41.4	518	314	208	146	85	63	47	7.5	10.8	170	14:38:32
1900	7	52.0	635	386	255	180	104	78	62	7.5	10.8	174	14:38:42
1900	8	22.8	292	171	113	84	47	33	26	7.5	10.8	166	14:38:50
1900	9	41.5	510	310	207	146	85	63	48	7.5	10.8	173	14:38:57
1900	10	52.2	627	382	255	179	105	79	61	7.5	10.8	177	14:39:07
1950	1	21.5	608	269	130	75	38	28	23	6.7	10.7	75	14:41:29
1950	2	23.0	348	191	110	72	42	29	23	6.7	10.7	140	14:41:37
1950	3	40.9	681	366	207	119	70	51	42	6.7	10.7	127	14:41:48
1950	4	51.6	749	410	245	149	91	65	54	6.7	10.7	146	14:42:01
1950	5	23.2	323	191	109	74	38	29	23	6.7	10.7	152	14:42:10
1950	6	41.5	557	296	196	124	75	54	43	6.7	10.7	158	14:42:22
1950	7	52.3	684	375	241	151	92	67	54	6.7	10.7	162	14:42:35

Stance	Imp	Load (kN)	D0 μm	D1 μm	D2 μm	D3 μm	D4 μm	D5 μm	D6 μm	Air (°C)	Pave (°C)	Ytmodul MPa	Time
1950	8	23.1	320	191	109	74	41	30	23	6.7	10.7	154	14:42:47
1950	9	41.6	549	307	198	126	76	55	43	6.7	10.7	161	14:42:56
1950	10	52.4	669	371	240	152	97	67	54	6.7	10.7	166	14:43:08
2000	1	22.9	782	315	130	74	35	27	24	6.9	11.0	62	14:44:19
2000	2	23.7	383	195	109	73	43	30	25	6.9	11.0	131	14:44:25
2000	3	42.2	892	457	227	132	68	53	44	6.9	11.0	100	14:44:33
2000	4	53.0	901	501	273	171	92	67	56	6.9	11.0	125	14:44:42
2000	5	23.5	326	188	108	76	44	31	25	6.9	11.0	153	14:44:50
2000	6	42.5	601	353	209	138	78	57	45	6.9	11.0	150	14:44:58
2000	7	53.5	764	456	266	174	97	70	57	6.9	11.0	149	14:45:08
2000	8	23.6	323	189	110	77	44	31	24	6.9	11.0	155	14:45:16
2000	9	42.5	579	348	209	139	79	58	46	6.9	11.0	156	14:45:23
2000	10	53.8	730	445	264	175	98	70	57	6.9	11.0	156	14:45:33
2050	1	22.1	780	361	168	100	45	32	27	6.8	11.8	60	14:46:59
2050	2	23.4	442	247	144	96	50	35	27	6.8	11.8	112	14:47:06
2050	3	41.7	934	495	282	168	81	58	52	6.8	11.8	95	14:47:13
2050	4	52.5	1007	562	344	204	104	76	64	6.8	11.8	111	14:47:23
2050	5	23.3	406	237	144	95	50	36	28	6.8	11.8	122	14:47:31
2050	6	41.9	719	417	260	165	88	63	54	6.8	11.8	124	14:47:39
2050	7	53.2	894	517	327	203	107	78	66	6.8	11.8	126	14:47:49
2050	8	23.2	404	235	143	95	50	36	27	6.8	11.8	122	14:47:57
2050	9	42.1	700	409	258	166	89	64	54	6.8	11.8	128	14:48:04
2050	10	53.1	861	502	318	202	108	78	66	6.8	11.8	131	14:48:14
2100	1	23.1	587	280	135	86	44	29	24	7.3	11.6	83	14:49:24
2100	2	23.3	344	194	115	82	47	32	25	7.3	11.6	144	14:49:30
2100	3	41.9	706	379	217	142	79	56	44	7.3	11.6	126	14:49:38
2100	4	52.6	763	433	274	177	102	72	57	7.3	11.6	146	14:49:48
2100	5	23.5	320	187	115	83	48	33	25	7.3	11.6	156	14:49:56
2100	6	42.3	560	330	221	144	84	59	46	7.3	11.6	160	14:50:04
2100	7	53.0	688	409	263	177	103	73	59	7.3	11.6	163	14:50:13
2100	8	23.3	318	187	115	83	48	33	25	7.3	11.6	155	14:50:21
2100	9	42.2	549	326	214	144	85	60	47	7.3	11.6	163	14:50:29
2100	10	53.2	669	403	256	177	104	74	59	7.3	11.6	169	14:50:39
2150	1	20.4	505	214	105	73	42	27	21	7.5	11.5	86	14:52:31
2150	2	22.2	328	177	100	73	44	28	22	7.5	11.5	143	14:52:37
2150	3	40.1	702	345	192	130	76	52	41	7.5	11.5	121	14:52:46
2150	4	51.1	755	415	241	162	93	66	51	7.5	11.5	144	14:52:56
2150	5	22.4	304	179	100	72	44	28	22	7.5	11.5	157	14:53:04
2150	6	40.9	548	315	185	128	77	53	42	7.5	11.5	158	14:53:12
2150	7	51.5	684	404	238	161	96	66	52	7.5	11.5	160	14:53:22
2150	8	22.5	310	181	101	72	43	28	22	7.5	11.5	154	14:53:32

Stance	Imp	Load (kN)	D0 μm	D1 μm	D2 μm	D3 μm	D4 μm	D5 μm	D6 μm	Air (°C)	Pave (°C)	Ytmodul MPa	Time
2150	9	41.1	544	320	189	130	77	53	41	7.5	11.5	160	14:53:41
2150	10	51.7	670	398	233	162	92	67	52	7.5	11.5	164	14:53:51
2200	1	21.6	363	181	108	70	40	27	23	7.8	11.2	126	14:55:24
2200	2	22.5	282	162	100	69	41	27	22	7.8	11.2	170	14:55:30
2200	3	40.5	599	328	203	126	74	53	42	7.8	11.2	143	14:55:38
2200	4	51.4	705	394	251	160	94	64	53	7.8	11.2	155	14:55:48
2200	5	22.5	280	162	102	70	41	28	22	7.8	11.2	170	14:55:56
2200	6	41.0	514	302	196	129	77	54	42	7.8	11.2	169	14:56:04
2200	7	51.4	647	380	247	163	96	66	53	7.8	11.2	169	14:56:14
2200	8	22.1	277	163	102	71	42	28	23	7.8	11.2	169	14:56:22
2200	9	40.9	503	303	197	131	79	55	43	7.8	11.2	173	14:56:29
2200	10	51.5	631	379	247	166	97	67	54	7.8	11.2	173	14:56:39
2250	1	22.5	391	168	105	68	36	25	21	6.9	11.2	122	14:58:43
2250	2	23.3	272	141	94	65	37	27	22	6.9	11.2	182	14:58:49
2250	3	41.5	576	284	188	121	67	51	42	6.9	11.2	153	14:58:57
2250	4	52.4	652	339	231	153	86	65	54	6.9	11.2	170	14:59:07
2250	5	23.1	263	137	94	66	38	27	22	6.9	11.2	186	14:59:15
2250	6	41.7	478	255	179	121	70	52	43	6.9	11.2	185	14:59:23
2250	7	52.2	599	324	224	151	87	65	54	6.9	11.2	185	14:59:32
2250	8	23.0	265	140	94	66	38	26	22	6.9	11.2	184	14:59:40
2250	9	41.6	473	256	179	121	70	52	43	6.9	11.2	187	14:59:48
2250	10	52.2	588	324	225	152	88	66	55	6.9	11.2	189	14:59:58
2300	1	23.1	472	246	123	82	43	30	25	7.1	11.8	104	15:01:14
2300	2	23.7	300	174	107	78	45	31	26	7.1	11.8	167	15:01:20
2300	3	42.2	625	342	197	134	76	56	46	7.1	11.8	143	15:01:28
2300	4	52.9	688	389	233	164	96	71	57	7.1	11.8	163	15:01:38
2300	5	23.5	280	166	101	76	45	31	26	7.1	11.8	179	15:01:46
2300	6	42.3	497	296	184	132	78	57	45	7.1	11.8	181	15:01:54
2300	7	53.2	621	369	228	163	97	72	58	7.1	11.8	182	15:02:03
2300	8	23.5	277	166	101	77	45	32	25	7.1	11.8	180	15:02:11
2300	9	42.4	489	293	184	132	78	58	46	7.1	11.8	184	15:02:19
2300	10	53.1	602	362	225	162	97	73	58	7.1	11.8	187	15:02:29
2350	1	22.0	465	235	140	100	57	37	29	7.4	11.6	100	15:03:33
2350	2	23.0	314	188	124	93	57	38	29	7.4	11.6	155	15:03:39
2350	3	41.3	612	361	240	166	100	70	53	7.4	11.6	143	15:03:47
2350	4	52.2	702	431	288	204	124	88	65	7.4	11.6	158	15:03:57
2350	5	23.0	296	181	122	90	56	38	29	7.4	11.6	164	15:04:05
2350	6	41.7	527	329	228	161	101	71	53	7.4	11.6	168	15:04:13
2350	7	52.2	656	412	281	200	125	89	67	7.4	11.6	169	15:04:22
2350	8	23.0	298	182	122	90	56	38	29	7.4	11.6	164	15:04:31
2350	9	41.7	522	328	227	160	101	72	54	7.4	11.6	170	15:04:38

Stance	Imp	Load (kN)	D0 μm	D1 μm	D2 μm	D3 μm	D4 μm	D5 μm	D6 μm	Air (°C)	Pave (°C)	Ytmodul MPa	Time
2350	10	52.2	643	406	279	197	125	88	64	7.4	11.6	172	15:04:48
2400	1	22.5	435	260	154	107	63	42	31	7.5	11.0	110	15:06:07
2400	2	22.9	276	196	132	100	63	42	31	7.5	11.0	176	15:06:19
2400	3	41.1	637	402	261	182	111	78	58	7.5	11.0	137	15:06:26
2400	4	52.0	728	467	312	223	138	97	73	7.5	11.0	152	15:06:36
2400	5	23.2	272	193	131	100	64	43	31	7.5	11.0	181	15:06:44
2400	6	41.5	523	349	243	178	113	80	58	7.5	11.0	169	15:06:52
2400	7	52.4	663	436	300	218	138	98	73	7.5	11.0	168	15:07:02
2400	8	23.0	273	193	131	99	63	43	31	7.5	11.0	179	15:07:10
2400	9	41.5	516	345	241	177	112	80	59	7.5	11.0	171	15:07:18
2400	10	52.4	648	431	300	219	139	100	74	7.5	11.0	172	15:07:27
2450	1	21.7	644	322	184	120	62	43	32	7.3	10.8	72	15:09:13
2450	2	22.4	401	234	153	108	63	44	31	7.3	10.8	119	15:09:19
2450	3	40.3	826	471	293	191	108	79	57	7.3	10.8	104	15:09:26
2450	4	50.9	940	549	354	230	132	98	72	7.3	10.8	115	15:09:36
2450	5	22.2	389	229	150	106	61	44	31	7.3	10.8	121	15:09:45
2450	6	40.7	688	412	274	184	108	81	58	7.3	10.8	125	15:09:52
2450	7	51.4	856	513	337	226	132	98	72	7.3	10.8	127	15:10:02
2450	8	22.2	389	230	151	106	61	43	31	7.3	10.8	121	15:10:10
2450	9	40.6	675	407	273	183	108	81	58	7.3	10.8	128	15:10:18
2450	10	51.3	833	502	334	224	133	100	73	7.3	10.8	131	15:10:28
2500	1	20.9	612	288	144	100	53	36	32	7.3	11.0	73	15:11:52
2500	2	22.0	427	226	130	95	53	38	30	7.3	11.0	109	15:11:59
2500	3	40.2	950	440	245	162	88	67	55	7.3	11.0	90	15:12:06
2500	4	50.8	1090	521	300	201	110	85	70	7.3	11.0	99	15:12:16
2500	5	22.1	437	230	134	99	55	39	31	7.3	11.0	107	15:12:25
2500	6	40.5	785	405	242	169	96	71	56	7.3	11.0	110	15:12:32
2500	7	51.0	983	505	298	207	117	89	70	7.3	11.0	110	15:12:42
2500	8	21.9	442	232	135	97	54	38	30	7.3	11.0	105	15:12:50
2500	9	40.6	771	406	245	171	97	73	59	7.3	11.0	112	15:12:58
2500	10	51.0	952	502	301	212	119	90	72	7.3	11.0	114	15:13:08
2550	1	20.8	468	172	72	51	38	32	27	7.5	10.9	94	15:14:42
2550	2	22.9	335	160	87	64	45	36	29	7.5	10.9	145	15:14:48
2550	3	40.6	757	336	146	96	70	64	54	7.5	10.9	114	15:14:56
2550	4	51.6	877	397	198	130	90	79	68	7.5	10.9	125	15:15:06
2550	5	23.0	331	154	93	68	47	36	30	7.5	10.9	147	15:15:14
2550	6	41.2	616	295	171	119	82	68	56	7.5	10.9	142	15:15:22
2550	7	51.8	789	377	213	145	98	82	69	7.5	10.9	139	15:15:32
2550	8	22.9	330	156	94	68	47	37	30	7.5	10.9	147	15:15:40
2550	9	41.4	604	286	174	121	82	69	56	7.5	10.9	145	15:15:47
2550	10	52.0	766	370	217	150	101	84	70	7.5	10.9	144	15:15:57

Stance	Imp	Load (kN)	D0 μm	D1 μm	D2 μm	D3 μm	D4 μm	D5 μm	D6 μm	Air (°C)	Pave (°C)	Ytmodul MPa	Time
2600	1	21.0	575	195	123	86	48	36	30	7.1	10.7	78	15:17:05
2600	2	22.5	374	173	116	82	50	37	31	7.1	10.7	128	15:17:11
2600	3	40.3	808	341	222	149	87	69	56	7.1	10.7	106	15:17:19
2600	4	50.9	900	406	274	187	112	87	73	7.1	10.7	120	15:17:28
2600	5	22.8	347	173	118	83	52	38	32	7.1	10.7	140	15:17:37
2600	6	40.9	641	319	222	151	93	71	58	7.1	10.7	135	15:17:44
2600	7	51.5	813	402	278	189	115	88	73	7.1	10.7	135	15:17:54
2600	8	22.8	347	174	119	84	52	38	32	7.1	10.7	139	15:18:02
2600	9	41.2	625	320	219	152	93	70	58	7.1	10.7	140	15:18:10
2600	10	51.7	787	405	273	190	115	88	73	7.1	10.7	139	15:18:20
2650	1	22.6	554	188	98	63	41	32	29	7.5	11.0	86	15:20:01
2650	2	23.3	353	154	90	64	44	33	30	7.5	11.0	140	15:20:07
2650	3	41.6	760	312	175	111	70	62	54	7.5	11.0	116	15:20:15
2650	4	52.2	869	376	212	139	91	78	68	7.5	11.0	127	15:20:25
2650	5	23.3	338	151	89	65	45	34	31	7.5	11.0	146	15:20:33
2650	6	41.8	614	283	167	114	78	64	55	7.5	11.0	144	15:20:41
2650	7	52.7	781	360	210	141	93	79	69	7.5	11.0	143	15:20:50
2650	8	23.2	337	150	90	65	45	34	31	7.5	11.0	146	15:20:59
2650	9	42.0	600	280	168	115	78	65	54	7.5	11.0	149	15:21:06
2650	10	52.5	756	355	210	142	95	79	69	7.5	11.0	147	15:21:16
2700	1	22.9	529	176	98	66	41	31	25	7.6	10.6	92	15:24:32
2700	2	23.3	325	140	90	64	41	30	25	7.6	10.6	153	15:24:38
2700	3	41.6	718	301	179	119	73	57	48	7.6	10.6	123	15:24:46
2700	4	52.3	797	359	229	147	92	73	60	7.6	10.6	139	15:24:55
2700	5	23.0	291	134	90	64	41	31	25	7.6	10.6	168	15:25:04
2700	6	41.8	545	261	168	117	75	57	47	7.6	10.6	163	15:25:11
2700	7	52.4	696	336	215	146	93	73	60	7.6	10.6	160	15:25:21
2700	8	23.1	290	135	91	65	42	32	26	7.6	10.6	169	15:25:29
2700	9	42.0	527	259	169	117	75	58	47	7.6	10.6	169	15:25:37
2700	10	52.6	667	332	213	147	94	73	60	7.6	10.6	167	15:25:47
2750	1	22.5	989	438	232	132	58	39	33	7.7	11.1	48	15:26:45
2750	2	23.1	593	316	187	123	63	39	30	7.7	11.1	83	15:26:51
2750	3	41.0	1196	599	330	197	96	65	56	7.7	11.1	73	15:27:00
2750	4	51.2	1318	684	382	232	115	80	69	7.7	11.1	82	15:27:10
2750	5	22.9	550	304	181	118	62	39	31	7.7	11.1	88	15:27:19
2750	6	41.2	948	521	311	196	102	68	57	7.7	11.1	92	15:27:26
2750	7	52.0	1159	637	380	234	121	82	69	7.7	11.1	95	15:27:36
2750	8	23.0	543	303	181	118	62	39	30	7.7	11.1	90	15:27:44
2750	9	41.2	909	509	312	194	104	69	58	7.7	11.1	96	15:27:52
2750	10	52.1	1105	619	376	233	123	84	70	7.7	11.1	100	15:28:02
2800	1	22.1	1958	436	153	90	40	34	32	7.2	11.4	24	15:29:02

Stance	Imp	Load (kN)	D0 μm	D1 μm	D2 μm	D3 μm	D4 μm	D5 μm	D6 μm	Air (°C)	Pave (°C)	Ytmodul MPa	Time
2800	2	23.1	734	270	138	89	51	35	30	7.2	11.4	67	15:29:09
2800	3	40.4	1838	585	264	150	76	66	57	7.2	11.4	47	15:29:16
2800	4	51.6	1718	665	325	186	95	81	72	7.2	11.4	64	15:29:26
2800	5	23.2	545	262	146	92	52	35	31	7.2	11.4	90	15:29:35
2800	6	41.7	1009	475	264	157	90	69	58	7.2	11.4	88	15:29:42
2800	7	52.1	1268	591	325	192	108	84	74	7.2	11.4	87	15:29:52
2800	8	23.2	523	259	147	93	52	35	31	7.2	11.4	94	15:30:00
2800	9	41.4	921	461	264	158	90	69	58	7.2	11.4	96	15:30:08
2800	10	52.1	1150	576	327	195	111	86	75	7.2	11.4	96	15:30:18
2850	1	22.8	507	211	100	64	40	30	25	7.6	11.3	96	15:31:40
2850	2	23.6	334	158	89	63	42	31	26	7.6	11.3	150	15:31:48
2850	3	41.7	780	366	191	120	76	60	50	7.6	11.3	113	15:31:57
2850	4	52.6	831	409	224	148	81	74	63	7.6	11.3	134	15:32:10
2850	5	23.2	305	152	86	62	41	31	26	7.6	11.3	161	15:32:21
2850	6	42.1	565	291	168	113	76	60	50	7.6	11.3	158	15:32:32
2850	7	53.0	717	374	213	145	82	74	62	7.6	11.3	157	15:32:44
2850	8	23.1	304	153	86	62	40	31	26	7.6	11.3	161	15:32:55
2850	9	42.0	546	288	168	114	76	60	50	7.6	11.3	163	15:33:07
2850	10	53.1	689	367	213	145	84	75	63	7.6	11.3	164	15:33:17
2900	1	22.5	468	174	82	49	33	27	26	6.9	12.0	102	15:35:32
2900	2	23.2	295	137	81	57	40	30	27	6.9	12.0	167	15:35:38
2900	3	41.4	679	297	155	89	57	53	47	6.9	12.0	129	15:35:46
2900	4	52.2	731	348	206	122	77	66	60	6.9	12.0	151	15:35:56
2900	5	23.0	268	136	83	60	40	30	27	6.9	12.0	183	15:36:04
2900	6	41.6	497	258	161	107	71	59	50	6.9	12.0	178	15:36:11
2900	7	52.5	638	331	198	133	86	70	62	6.9	12.0	174	15:36:21
2900	8	22.9	267	138	84	59	40	30	27	6.9	12.0	182	15:36:29
2900	9	41.8	484	258	162	110	73	60	51	6.9	12.0	183	15:36:37
2900	10	52.5	610	326	197	135	88	71	62	6.9	12.0	183	15:36:47
2950	1	21.8	755	246	130	80	40	31	27	6.3	12.0	61	15:38:07
2950	2	22.6	434	204	125	83	44	33	27	6.3	12.0	111	15:38:13
2950	3	41.3	951	415	241	145	75	59	51	6.3	12.0	92	15:38:21
2950	4	51.1	1008	486	301	181	94	73	64	6.3	12.0	108	15:38:31
2950	5	22.1	413	206	126	85	45	33	27	6.3	12.0	114	15:38:39
2950	6	40.7	747	373	243	150	79	61	51	6.3	12.0	116	15:38:47
2950	7	51.1	932	464	296	183	97	75	64	6.3	12.0	116	15:38:57
2950	8	22.0	416	207	128	86	45	34	27	6.3	12.0	112	15:39:05
2950	9	40.5	740	370	239	150	80	61	51	6.3	12.0	116	15:39:13
2950	10	51.1	907	458	297	184	98	75	65	6.3	12.0	120	15:39:23
3000	1	21.2	889	441	158	92	35	24	26	6.2	12.2	51	15:40:58
3000	2	22.2	472	284	146	97	46	31	26	6.2	12.2	100	15:41:08

Stance	Imp	Load (kN)	D0 μm	D1 μm	D2 μm	D3 μm	D4 μm	D5 μm	D6 μm	Air (°C)	Pave (°C)	Ytmodul MPa	Time
3000	3	39.5	1105	650	288	165	64	46	48	6.2	12.2	76	15:41:16
3000	4	50.3	1277	757	352	208	82	57	59	6.2	12.2	84	15:41:28
3000	5	21.8	470	282	151	104	47	31	27	6.2	12.2	98	15:41:37
3000	6	40.5	888	534	272	176	77	54	48	6.2	12.2	97	15:41:47
3000	7	50.8	1117	686	344	218	91	63	61	6.2	12.2	97	15:41:58
3000	8	21.9	468	287	151	102	46	30	26	6.2	12.2	99	15:42:08
3000	9	40.7	849	528	273	177	79	56	49	6.2	12.2	102	15:42:18
3000	10	51.0	1067	670	345	222	93	66	62	6.2	12.2	102	15:42:28
3050	1	21.5	1092	436	239	89	28	27	25	6.6	12.6	42	15:44:17
3050	2	22.3	587	288	191	93	43	29	23	6.6	12.6	81	15:44:23
3050	3	39.7	1298	584	319	132	46	47	43	6.6	12.6	65	15:44:31
3050	4	50.3	1375	660	385	165	62	58	54	6.6	12.6	78	15:44:41
3050	5	22.4	513	283	170	95	45	29	24	6.6	12.6	93	15:44:49
3050	6	40.8	922	489	288	151	69	50	43	6.6	12.6	94	15:44:57
3050	7	51.5	1143	602	362	180	81	62	54	6.6	12.6	96	15:45:07
3050	8	22.2	501	283	171	96	45	29	25	6.6	12.6	94	15:45:15
3050	9	40.7	860	475	283	152	72	51	43	6.6	12.6	100	15:45:23
3050	10	51.5	1064	583	343	182	86	63	54	6.6	12.6	103	15:45:33
3100	1	21.2	1456	351	157	76	35	26	22	5.7	13.0	31	15:59:15
3100	2	22.7	522	216	111	70	38	26	21	5.7	13.0	92	15:59:21
3100	3	40.1	1248	459	229	125	65	48	40	5.7	13.0	68	15:59:28
3100	4	51.5	1181	525	273	157	83	61	50	5.7	13.0	92	15:59:38
3100	5	23.0	411	213	116	72	41	27	22	5.7	13.0	118	15:59:46
3100	6	41.5	746	384	211	126	71	50	41	5.7	13.0	118	15:59:54
3100	7	52.4	933	484	266	159	89	63	52	5.7	13.0	119	16:00:04
3100	8	22.9	400	214	116	72	41	27	21	5.7	13.0	122	16:00:12
3100	9	41.9	701	379	213	128	73	52	42	5.7	13.0	127	16:00:20
3100	10	52.4	867	471	262	159	90	64	52	5.7	13.0	128	16:00:30
3150	1	22.1	736	267	103	69	36	25	19	5.7	12.4	64	16:04:40
3150	2	23.1	420	195	100	72	41	26	20	5.7	12.4	117	16:04:46
3150	3	40.9	880	400	181	121	65	43	35	5.7	12.4	99	16:04:54
3150	4	51.7	975	473	234	152	83	54	44	5.7	12.4	113	16:05:04
3150	5	23.0	392	190	101	72	41	26	21	5.7	12.4	125	16:05:12
3150	6	41.5	697	354	182	127	71	49	37	5.7	12.4	126	16:05:20
3150	7	52.0	868	440	228	156	87	58	46	5.7	12.4	127	16:05:30
3150	8	22.8	390	191	102	72	41	26	21	5.7	12.4	124	16:05:38
3150	9	41.3	677	348	182	127	72	48	37	5.7	12.4	130	16:05:46
3150	10	52.0	839	432	229	158	88	58	47	5.7	12.4	132	16:05:56
4050	1	21.6	687	100	45	23	17	18	18	6.6	13.3	67	16:51:47
4050	2	22.1	355	112	63	41	29	21	18	6.6	13.3	132	16:51:53
4050	3	40.1	833	194	91	52	40	37	32	6.6	13.3	102	16:52:01

Stance	Imp	Load (kN)	D0 μm	D1 μm	D2 μm	D3 μm	D4 μm	D5 μm	D6 μm	Air (°C)	Pave (°C)	Ytmodul MPa	Time
4050	4	51.0	825	264	125	78	56	49	42	6.6	13.3	131	16:52:11
4050	5	22.0	289	118	67	43	31	22	18	6.6	13.3	161	16:52:19
4050	6	41.0	528	222	120	77	55	43	35	6.6	13.3	165	16:52:27
4050	7	51.8	671	289	147	94	66	52	44	6.6	13.3	164	16:52:37
4050	8	21.8	279	120	68	44	32	21	18	6.6	13.3	166	16:52:45
4050	9	41.0	497	227	125	80	55	43	36	6.6	13.3	175	16:52:53
4050	10	52.0	626	288	154	99	69	53	45	6.6	13.3	176	16:53:03
4080	1	21.6	852	89	47	29	19	15	12	6.6	13.4	54	16:56:08
4080	2	22.9	361	89	48	32	22	18	14	6.6	13.4	135	16:56:15
4080	3	41.2	916	158	74	50	36	28	25	6.6	13.4	96	16:56:23
4080	4	52.1	801	195	98	71	49	37	33	6.6	13.4	138	16:56:32
4080	5	23.0	248	89	51	33	23	19	14	6.6	13.4	197	16:56:41
4080	6	42.0	488	168	90	63	43	33	28	6.6	13.4	182	16:56:48
4080	7	52.7	615	209	110	78	53	40	34	6.6	13.4	182	16:56:58
4080	8	22.7	246	92	52	34	23	19	14	6.6	13.4	196	16:57:06
4080	9	41.7	481	173	95	65	44	33	28	6.6	13.4	184	16:57:14
4080	10	52.6	600	214	115	80	55	42	34	6.6	13.4	186	16:57:24
4110	1	22.1	434	126	53	28	16	17	16	5.6	13.8	108	16:59:48
4110	2	23.1	255	100	57	36	24	20	18	5.6	13.8	192	16:59:55
4110	3	41.5	526	193	95	53	34	35	32	5.6	13.8	167	17:00:03
4110	4	52.8	580	234	124	76	49	46	40	5.6	13.8	193	17:00:13
4110	5	23.0	234	102	61	39	25	21	18	5.6	13.8	208	17:00:22
4110	6	42.0	422	184	109	72	46	39	34	5.6	13.8	211	17:00:30
4110	7	53.1	522	232	131	86	55	48	42	5.6	13.8	216	17:00:40
4110	8	22.9	234	104	62	41	25	20	18	5.6	13.8	208	17:00:49
4110	9	41.9	414	184	112	74	47	40	35	5.6	13.8	214	17:00:57
4110	10	53.0	506	228	134	89	57	49	42	5.6	13.8	223	17:01:07
4140	1	22.2	713	206	93	45	21	15	15	5.3	13.8	66	17:04:59
4140	2	23.6	313	133	70	44	27	20	16	5.3	13.8	160	17:05:05
4140	3	41.7	705	283	144	82	46	35	30	5.3	13.8	126	17:05:13
4140	4	52.8	717	300	173	106	62	47	40	5.3	13.8	156	17:05:23
4140	5	23.5	272	120	70	47	28	22	17	5.3	13.8	183	17:05:31
4140	6	42.5	491	226	131	85	52	40	32	5.3	13.8	183	17:05:39
4140	7	53.2	614	284	165	108	65	49	40	5.3	13.8	184	17:05:48
4140	8	23.3	271	120	70	47	29	22	17	5.3	13.8	182	17:05:57
4140	9	42.3	476	223	132	86	53	40	32	5.3	13.8	189	17:06:04
4140	10	53.3	590	281	166	109	66	50	41	5.3	13.8	191	17:06:14
4170	1	21.6	468	169	79	43	26	28	16	5.1	13.6	98	17:11:16
4170	2	22.1	234	113	65	40	28	21	16	5.1	13.6	201	17:12:33
4170	3	40.3	522	256	131	77	50	40	32	5.1	13.6	164	17:15:22
4170	4	52.0	412	284	157	97	63	47	41	5.1	13.6	268	17:19:10

Stance	Imp	Load (kN)	D0 μm	D1 μm	D2 μm	D3 μm	D4 μm	D5 μm	D6 μm	Air (°C)	Pave (°C)	Ytmodul MPa	Time
4170	5	22.0	193	119	68	43	29	28	17	5.1	13.6	242	17:19:35
4170	6	41.0	358	226	127	79	53	43	32	5.1	13.6	243	17:20:02
4170	7	51.9	447	288	158	98	64	54	41	5.1	13.6	246	17:21:03
4170	8	21.9	153	122	68	43	29	23	17	5.1	13.6	304	17:21:27
4170	9	41.0	413	233	129	80	53	52	33	5.1	13.6	210	17:23:25
4170	10	51.9	449	280	160	99	63	51	41	5.1	13.6	245	17:26:12
4200	1	22.3	401	151	61	38	23	18	16	4.7	11.5	118	17:30:55
4200	2	23.0	250	111	55	37	23	18	15	4.7	11.5	195	17:31:02
4200	3	41.7	522	224	102	67	43	35	29	4.7	11.5	170	17:31:10
4200	4	52.9	591	266	128	87	55	44	36	4.7	11.5	190	17:31:21
4200	5	23.0	232	110	55	37	24	18	15	4.7	11.5	211	17:31:30
4200	6	42.0	420	205	104	70	45	35	29	4.7	11.5	212	17:31:41
4200	7	52.8	525	255	129	88	57	44	36	4.7	11.5	213	17:31:58
4200	8	23.0	234	112	55	36	24	18	16	4.7	11.5	209	17:32:06
4200	9	41.6	410	202	103	70	45	35	29	4.7	11.5	216	17:32:23
4200	10	53.2	510	255	130	90	57	45	37	4.7	11.5	221	17:32:33
4230	1	22.2	418	153	74	47	26	19	15	4.7	11.7	113	17:34:49
4230	2	23.0	274	120	65	43	25	18	14	4.7	11.7	178	17:34:56
4230	3	41.8	570	242	129	84	49	36	28	4.7	11.7	156	17:35:03
4230	4	52.9	629	291	158	105	62	45	36	4.7	11.7	178	17:35:13
4230	5	23.0	260	122	67	45	26	18	15	4.7	11.7	187	17:35:22
4230	6	41.9	463	225	127	85	50	36	29	4.7	11.7	192	17:35:29
4230	7	52.8	572	280	157	106	63	45	35	4.7	11.7	196	17:35:39
4230	8	23.1	264	124	68	46	26	19	15	4.7	11.7	186	17:35:48
4230	9	41.4	450	222	126	84	49	36	28	4.7	11.7	195	17:38:26
4230	10	52.8	557	279	157	106	63	45	35	4.7	11.7	201	17:38:36
4260	1	22.1	490	158	72	45	27	20	16	4.9	11.6	96	17:39:41
4260	2	22.7	297	124	64	42	27	20	16	4.9	11.6	163	17:39:47
4260	3	41.3	601	245	119	77	50	37	30	4.9	11.6	146	17:39:55
4260	4	52.2	666	293	149	98	63	46	37	4.9	11.6	166	17:40:05
4260	5	22.9	278	124	67	44	28	20	16	4.9	11.6	174	17:40:13
4260	6	41.5	492	230	122	82	52	37	30	4.9	11.6	179	17:40:21
4260	7	52.7	606	287	152	101	65	47	37	4.9	11.6	184	17:40:31
4260	8	22.7	279	126	67	45	28	20	16	4.9	11.6	173	17:40:39
4260	9	41.5	482	231	124	83	52	37	30	4.9	11.6	183	17:40:47
4260	10	52.6	590	288	153	103	66	47	38	4.9	11.6	189	17:40:57
4290	1	22.0	636	320	127	65	28	19	15	4.7	11.4	74	17:42:46
4290	2	22.8	289	152	74	43	24	18	14	4.7	11.4	167	17:42:52
4290	3	41.1	617	334	159	87	46	35	27	4.7	11.4	141	17:43:00
4290	4	51.9	643	357	180	105	58	44	35	4.7	11.4	171	17:43:10
4290	5	22.4	252	138	71	43	24	17	14	4.7	11.4	188	17:43:18

Stance	Imp	Load (kN)	D0 μm	D1 μm	D2 μm	D3 μm	D4 μm	D5 μm	D6 μm	Air (°C)	Pave (°C)	Ytmodul MPa	Time
4290	6	41.6	460	256	133	79	46	35	27	4.7	11.4	192	17:43:26
4290	7	52.1	568	320	168	101	58	44	34	4.7	11.4	194	17:43:36
4290	8	22.4	252	138	71	42	24	18	14	4.7	11.4	189	17:43:44
4290	9	41.5	447	251	132	80	46	35	27	4.7	11.4	197	17:43:52
4290	10	52.3	551	311	165	101	58	44	34	4.7	11.4	201	17:44:02
4320	1	21.5	437	146	64	40	23	18	14	4.8	10.7	104	17:45:07
4320	2	23.1	269	125	61	39	25	17	14	4.8	10.7	183	17:45:14
4320	3	41.8	529	204	112	71	46	35	28	4.8	10.7	168	17:45:22
4320	4	53.0	594	272	141	91	59	44	35	4.8	10.7	189	17:45:32
4320	5	22.8	254	129	61	40	25	18	14	4.8	10.7	191	17:45:41
4320	6	41.7	448	230	114	74	48	35	28	4.8	10.7	198	17:45:49
4320	7	52.9	552	287	142	93	60	44	35	4.8	10.7	203	17:46:00
4320	8	22.7	253	130	61	40	25	18	14	4.8	10.7	190	17:46:10
4320	9	41.7	443	233	114	75	48	35	28	4.8	10.7	200	17:46:18
4320	10	52.7	543	293	144	94	60	45	35	4.8	10.7	206	17:46:28
4350	1	21.3	624	143	78	46	26	17	15	4.9	10.5	73	17:47:32
4350	2	22.5	309	111	67	44	26	17	14	4.9	10.5	155	17:47:48
4350	3	41.0	643	217	131	81	50	44	28	4.9	10.5	135	17:47:57
4350	4	51.8	691	269	165	104	66	46	37	4.9	10.5	159	17:48:08
4350	5	22.9	280	111	68	46	28	17	14	4.9	10.5	174	17:48:18
4350	6	41.7	502	213	130	83	53	46	30	4.9	10.5	176	17:48:26
4350	7	52.3	622	268	166	107	67	51	37	4.9	10.5	178	17:48:38
4350	8	22.9	278	111	68	45	28	16	14	4.9	10.5	175	17:48:48
4350	9	41.8	491	215	132	85	54	44	30	4.9	10.5	181	17:48:56
4350	10	52.4	603	269	167	111	69	51	38	4.9	10.5	185	17:49:07
4380	1	21.8	454	164	83	51	27	18	15	4.9	10.6	102	17:50:10
4380	2	22.6	276	121	68	44	26	18	14	4.9	10.6	174	17:50:17
4380	3	41.4	548	244	133	85	48	35	27	4.9	10.6	160	17:50:24
4380	4	52.2	609	301	161	104	60	44	35	4.9	10.6	182	17:50:34
4380	5	23.0	263	116	67	45	26	18	14	4.9	10.6	185	17:50:43
4380	6	41.7	461	224	126	83	48	35	27	4.9	10.6	192	17:50:51
4380	7	52.2	568	279	159	104	60	44	35	4.9	10.6	195	17:51:00
4380	8	22.8	267	115	67	45	25	19	14	4.9	10.6	181	17:51:09
4380	9	41.7	459	219	127	84	48	36	27	4.9	10.6	193	17:51:17
4380	10	52.7	561	276	159	105	60	44	35	4.9	10.6	199	17:51:27
4410	1	21.7	276	161	69	43	21	16	16	4.7	10.7	167	17:52:28
4410	2	22.3	239	115	56	37	22	16	16	4.7	10.7	199	17:52:37
4410	3	41.0	531	253	126	75	53	31	25	4.7	10.7	164	17:52:47
4410	4	51.7	598	287	151	93	51	38	31	4.7	10.7	183	17:52:59
4410	5	22.4	244	110	58	38	24	16	15	4.7	10.7	195	17:53:10
4410	6	41.2	446	211	115	73	48	31	26	4.7	10.7	196	17:53:26

Stance	Imp	Load (kN)	D0 μm	D1 μm	D2 μm	D3 μm	D4 μm	D5 μm	D6 μm	Air (°C)	Pave (°C)	Ytmodul MPa	Time
4410	7	52.0	558	269	147	93	58	39	32	4.7	10.7	198	17:53:37
4410	8	22.2	246	112	59	38	30	16	14	4.7	10.7	191	17:53:47
4410	9	41.4	441	211	115	74	54	32	25	4.7	10.7	199	17:53:55
4410	10	52.0	539	265	146	93	60	39	31	4.7	10.7	205	17:54:24
4440	1	21.2	684	277	92	41	22	17	14	4.8	10.4	66	17:55:54
4440	2	22.7	281	132	63	36	23	18	15	4.8	10.4	171	17:56:01
4440	3	40.7	547	310	134	69	42	34	28	4.8	10.4	158	17:56:09
4440	4	51.5	641	322	154	88	54	43	35	4.8	10.4	171	17:56:19
4440	5	22.4	261	120	60	38	23	18	15	4.8	10.4	182	17:56:30
4440	6	41.2	468	226	114	69	44	34	28	4.8	10.4	187	17:56:38
4440	7	51.6	578	286	145	88	56	43	36	4.8	10.4	190	17:56:48
4440	8	22.7	266	122	61	39	24	18	15	4.8	10.4	181	17:56:56
4440	9	41.3	463	224	115	71	45	34	28	4.8	10.4	189	17:57:04
4440	10	52.0	568	279	145	90	56	44	36	4.8	10.4	194	17:57:14
4470	1	22.0	667	231	91	49	24	17	13	5.0	9.8	70	17:59:43
4470	2	23.1	288	131	64	42	24	17	14	5.0	9.8	170	17:59:49
4470	3	41.0	723	339	144	80	43	33	26	5.0	9.8	120	17:59:57
4470	4	52.2	768	359	165	99	56	42	34	5.0	9.8	144	18:00:07
4470	5	23.1	290	129	65	44	25	18	15	5.0	9.8	169	18:00:15
4470	6	41.7	526	247	123	80	46	34	27	5.0	9.8	168	18:00:23
4470	7	52.7	654	316	156	101	58	42	35	5.0	9.8	171	18:00:33
4470	8	22.9	289	128	65	44	25	18	14	5.0	9.8	168	18:00:41
4470	9	41.8	508	242	124	81	47	35	28	5.0	9.8	175	18:00:49
4470	10	52.6	629	306	156	102	58	42	34	5.0	9.8	178	18:00:59
4500	1	22.0	687	153	65	39	27	19	15	4.8	10.0	68	18:02:08
4500	2	23.0	321	99	54	39	26	19	15	4.8	10.0	153	18:02:14
4500	3	41.0	763	218	111	69	46	37	29	4.8	10.0	114	18:02:22
4500	4	52.0	780	267	137	90	61	47	37	4.8	10.0	141	18:02:32
4500	5	23.0	293	103	57	41	27	20	15	4.8	10.0	167	18:02:41
4500	6	41.8	527	197	109	75	50	39	30	4.8	10.0	168	18:02:48
4500	7	52.6	661	254	138	94	63	48	38	4.8	10.0	169	18:02:59
4500	8	23.1	295	106	58	41	26	20	15	4.8	10.0	166	18:03:07
4500	9	41.7	508	199	111	76	50	38	30	4.8	10.0	174	18:03:15
4500	10	52.7	629	254	140	96	64	48	38	4.8	10.0	178	18:03:25
4530	1	21.7	646	428	69	34	25	16	13	4.9	10.6	71	18:04:58
4530	2	23.0	318	178	57	36	26	16	13	4.9	10.6	153	18:05:04
4530	3	41.0	768	469	120	59	41	31	25	4.9	10.6	113	18:05:12
4530	4	52.1	779	468	144	79	53	39	33	4.9	10.6	142	18:05:22
4530	5	23.1	276	153	62	39	27	17	14	4.9	10.6	178	18:05:30
4530	6	42.2	515	294	114	70	47	34	27	4.9	10.6	174	18:05:38
4530	7	52.9	654	378	144	87	57	40	34	4.9	10.6	172	18:05:48

Stance	Imp	Load (kN)	D0 μm	D1 μm	D2 μm	D3 μm	D4 μm	D5 μm	D6 μm	Air (°C)	Pave (°C)	Ytmodul MPa	Time
4530	8	23.2	272	152	60	40	28	17	14	4.9	10.6	181	18:05:57
4530	9	42.1	487	280	116	73	47	33	27	4.9	10.6	183	18:06:05
4530	10	52.9	612	358	145	89	58	41	34	4.9	10.6	183	18:06:15
4560	1	23.1	429	124	53	28	16	12	10	5.3	9.7	114	18:09:20
4560	2	23.0	362	119	55	30	17	12	10	5.3	9.7	135	18:09:26
4560	3	40.9	980	299	121	54	26	21	18	5.3	9.7	88	18:09:34
4560	4	51.9	931	327	148	73	37	28	23	5.3	9.7	118	18:09:44
4560	5	23.1	298	121	60	34	19	13	11	5.3	9.7	165	18:09:52
4560	6	42.0	557	231	115	63	33	24	19	5.3	9.7	160	18:09:59
4560	7	52.8	701	297	147	81	42	31	24	5.3	9.7	160	18:10:09
4560	8	23.3	289	125	63	36	19	13	11	5.3	9.7	171	18:10:18
4560	9	42.2	513	227	118	66	35	25	20	5.3	9.7	175	18:10:25
4560	10	53.1	642	288	148	84	44	31	26	5.3	9.7	176	18:10:35
4590	1	22.6	714	100	18	8	11	12	12	5.9	12.3	67	18:12:41
4590	2	23.5	337	95	37	25	20	15	13	5.9	12.3	148	18:12:47
4590	3	42.0	804	172	39	22	23	26	21	5.9	12.3	111	18:12:55
4590	4	52.7	793	219	71	40	35	34	28	5.9	12.3	141	18:13:07
4590	5	23.6	285	98	42	29	21	16	13	5.9	12.3	176	18:13:16
4590	6	42.5	492	170	76	51	37	29	23	5.9	12.3	183	18:13:56
4590	7	53.5	633	212	94	61	42	36	29	5.9	12.3	179	18:14:05
4590	8	23.5	280	97	43	28	21	16	12	5.9	12.3	179	18:14:14
4590	9	42.7	484	171	80	52	38	29	24	5.9	12.3	187	18:14:22
4590	10	53.6	604	214	98	65	44	36	30	5.9	12.3	188	18:14:33
4620	1	22.2	561	145	45	23	17	16	14	4.9	13.1	84	18:15:47
4620	2	22.8	300	113	50	35	22	18	14	4.9	13.1	161	18:15:55
4620	3	41.0	675	238	68	45	34	33	29	4.9	13.1	129	18:16:08
4620	4	51.9	701	283	95	55	47	43	36	4.9	13.1	157	18:16:26
4620	5	22.5	269	115	51	37	23	17	15	4.9	13.1	178	18:16:48
4620	6	41.5	487	217	93	69	41	35	30	4.9	13.1	181	18:16:56
4620	7	52.3	598	275	114	68	52	44	37	4.9	13.1	186	18:17:07
4620	8	22.4	266	118	55	34	22	18	15	4.9	13.1	179	18:17:18
4620	9	41.6	467	220	96	67	42	36	30	4.9	13.1	189	18:17:27
4620	10	52.2	566	274	122	75	53	44	37	4.9	13.1	196	18:17:37
4650	1	21.2	1291	256	67	35	21	17	14	4.9	14.2	35	18:20:13
4650	2	22.4	344	137	62	45	25	19	12	4.9	14.2	139	18:20:20
4650	3	40.6	981	320	123	83	42	35	37	4.9	14.2	88	18:20:30
4650	4	51.3	968	359	156	93	57	45	48	4.9	14.2	112	18:20:42
4650	5	22.7	358	131	66	45	26	19	18	4.9	14.2	134	18:21:04
4650	6	41.2	628	249	125	83	49	38	37	4.9	14.2	139	18:21:52
4650	7	51.6	782	312	157	93	61	47	41	4.9	14.2	140	18:22:57
4650	8	22.7	348	136	68	46	27	20	17	4.9	14.2	138	18:23:06

Stance	Imp	Load (kN)	D0 μm	D1 μm	D2 μm	D3 μm	D4 μm	D5 μm	D6 μm	Air (°C)	Pave (°C)	Ytmodul MPa	Time
4650	9	41.2	603	246	130	90	50	38	38	4.9	14.2	145	18:23:17
4650	10	52.1	746	310	161	76	63	48	45	4.9	14.2	148	18:23:29
4680	1	21.4	829	181	71	35	21	23	14	4.7	13.4	55	18:25:09
4680	2	22.7	366	116	62	42	29	23	7	4.7	13.4	131	18:25:41
4680	3	40.4	929	277	126	67	43	44	55	4.7	13.4	92	18:27:10
4680	4	51.2	926	317	162	100	65	59	57	4.7	13.4	117	18:27:29
4680	5	22.7	309	116	65	44	30	24	9	4.7	13.4	156	18:27:51
4680	6	41.3	581	222	123	82	54	46	44	4.7	13.4	151	18:28:13
4680	7	51.6	730	287	160	107	71	58	37	4.7	13.4	150	18:29:03
4680	8	22.6	302	115	65	44	30	24	5	4.7	13.4	159	18:30:19
4680	9	41.0	542	219	124	83	56	46	41	4.7	13.4	160	18:31:42
4680	10	51.5	682	281	161	108	72	58	35	4.7	13.4	160	18:32:34
4710	1	22.4	343	98	72	50	35	27	19	4.0	12.9	138	18:35:39
4710	2	22.6	318	102	74	47	35	28	18	4.0	12.9	151	18:35:50
4710	3	40.2	973	263	170	105	69	57	37	4.0	12.9	88	18:36:02
4710	4	50.7	983	346	215	132	92	75	48	4.0	12.9	110	18:36:13
4710	5	22.3	219	119	82	50	37	30	19	4.0	12.9	216	18:36:25
4710	6	40.8	466	234	154	91	72	57	39	4.0	12.9	186	18:36:35
4710	7	51.1	632	327	206	112	93	73	49	4.0	12.9	171	18:37:29
4710	8	22.1	189	129	83	54	37	29	19	4.0	12.9	249	18:38:08
4710	9	40.7	438	246	156	90	71	55	38	4.0	12.9	197	18:38:38
4710	10	51.5	608	312	202	113	93	70	49	4.0	12.9	180	18:39:10

Stance	Imp	Load (kN)	D0 μm	D1 μm	D2 μm	D3 μm	D4 μm	D5 μm	D6 μm	Air (°C)	Pave (°C)	Ytmodul MPa	Time
9500	1	21.8	1435	405	82	46	45	18	12	10.2	18.7	32	15:52:21
9500	2	23.8	403	107	57	38	31	18	12	10.2	18.7	125	15:52:29
9500	3	41.7	931	289	105	64	70	31	20	10.2	18.7	95	15:52:42
9500	4	52.7	865	314	130	82	75	41	27	10.2	18.7	129	15:52:53
9500	5	23.5	304	116	59	41	29	19	13	10.2	18.7	164	15:53:02
9500	6	42.1	544	214	114	73	58	34	23	10.2	18.7	164	15:53:10
9500	7	52.9	670	266	136	91	67	43	29	10.2	18.7	168	15:53:21
9500	8	23.4	294	125	64	42	29	18	13	10.2	18.7	169	15:53:31
9500	9	42.3	503	214	116	76	59	34	24	10.2	18.7	178	15:53:39
9500	10	53.0	622	264	140	95	71	44	30	10.2	18.7	181	15:53:49