

# **FUNKTIONELL RENGÖRING AV BULLERREDUCERANDE BELÄGGNINGAR – ETAPP 1**

## **DELRAPPORT**



# Förord

Föreliggande delrapport sammanfattar utvecklingsprojektet, "Funktionell rengöring av bullerreducerande beläggningar – Etapp 1". Projektet startade 2008 och omfattar kompletterande och utökade fältförsök samt experimentella undersökningar till SBUF-projekt 11640 "Bullerdämpande beläggningar – Utvärdering & uppföljning av provsträckor på E18 & E4" [1]. Projektet har också haft ett nära kunskapsutbyte med ett Norskt bullerprojekt – "Miljøvennlige vegdekker".

Denna rapport redovisar rengöringsförsök med några tillgängliga rengöringsutrustningar från Sverige, Norge samt Holland. Rengöringseffekten har utvärderats visuellt samt utifrån olika funktionella egenskaper erhållna genom bullermätningar, permeabilitetsmätningar samt CT-scanning. Bullermätningar har utförts av TUG, Acoustic Control, SINTEF/Norska Vegvesendet samt av Skanska. Rengöringsförsök har utförts i fält med utrustning från Disab-Tella AB (Sverige), Oslo Lufthavn – OSL (Norge) samt Gebr. Van Doorn (Holland). AnalyCen/Eurofins har utfört kemisk analys av spolvatten och slam. Labbanalyser och fältanalyser har utförts av Skanska samt av Nynäs AB. CT-scan har utförts av Delfts Universitet i Holland.

Projektet har en styr- och referensgrupp som består av ombud från Trafikverket samt av entreprenörer, enligt nedan:

Roger Nilsson	Skanska (projektledare)
Pereric Westergren	Trafikverket, IVtmt
Stefan Pettersson	VVST
Nils Ulmgren	NCC
Kent Birgersson	Skanska

Projektet är finansierat av SBUF, Vägverket Borlänge, Vägverket Region Stockholm, samt av Skanska.

Solna 14 April 2010

Roger Nilsson

# Sammanfattning

Samhällsbuller är ett angeläget och utbrett hälso- och miljöproblem som har stor betydelse för vår hälsa och välbefinnande samt för möjligheten till en god livskvalitet. Intresset för bullerreducerande beläggningar har funnits länge, men det har i vårt land varit svårt att åstadkomma slitstarka beläggningar med tillfredsställande livslängd som samtidigt har kvar sin bullerdämpande effekt mer än något eller några år. Det är framför allt den nordiska vintern samt behovet av dubbdäck som har betingat problem som kortlivad akustisk- och teknisk livslängd.

Det finns därför en stor potential att undersöka och vidareutveckla de mest lovande bullerreducerande beläggningar som används i central Europa för våra förhållanden.

I föreliggande rapport har en fenomenologisk studie av lovande och tillgängliga rengöringsutrustningar testats och utvärderats utifrån Svenska förhållanden. Studien baseras på ett begränsat antal utrustningar samt några få beläggningstyper, varför resultaten endast skall tolkas som indikativa och främst bara gäller testade utrustningar i kombination med testade beläggningstyper och lokala förhållanden. Resultaten kompletterar i stort de mätningar som utförts inom utförda tidigare mätningar. Under projektets gång har viss utrustning och normer (ex. cpx-trailer, referens däck) förändrats varför en direkt jämförelse över åren inte alltid varit möjlig.

Rengöring med de olika högtrycks utrustningarna i kombination med vaccumsugning av de öppna beläggningarna har utförts mellan 2006 och 2009. Av de testade rengöringsutrustningarna har de med roterande högtrycksmunstycken i kombination med kraftig sugförmåga visuellt visat sig ha bästa rengöringsförmåga. Kapaciteten hos utrustningarna varierar beroende på effektiv rengöringsbredd samt hur frekvent vatten måste fyllas på samt hur ofta uppsuget material måste köras bort.

Visuellt ser beläggningstyperna mer öppna vilket också bekräftats av resultat av bullermätningar. Effekten av rengöringen är i storleksordningen 0.5 till 1 dBA. Det finns en stor potential att utveckla bättre metoder och framförallt anpassade utrustningar för rengöring av de öppna beläggningarna. Spolvattnet samt slammet har analyserats från första rengöringstillfället. I förhållande till tidigare generella riktvärden visade uppmätta nivåer att spolvattnet kan släppas ut i dagvattenbrunnar medan slammet låg på gränsen över KM och MKM. Eftersom resultaten varierar över åren samt mellan olika vägar föreslås att mätningar skall fortsätta att utföras så att spolvatten samt slam kan klassificeras och tas hand om på ett korrekt sätt.

Bullermätningarna indikerar att det går att återfå bullerreduktion om effektiv rengöring utförts under bra betingelser. Från bullermätningarna kan man se att resultaten varierar mellan de olika metoderna men även mellan samma metod vid olika tillfällen. En del av dessa skillnader går att förklara med betingelser vid mättillfällena medan en del inte hittills har gått av att förklara. Alla beläggningstyper blir bullrigare med tiden förutom i några enskilda fall då det verkar som om beläggningen blir tystare. Buller

Om bullerreduktionen inte går att öka med rengöring krävs omläggning eller omtoppning av det översta lagret i TA9. För att testa detta har det övre lagret på TA9 frästs bort och bytts ut mot ett nytt lager. Det undre lagret rensades för att återfå en del av bullerreduktionen. Bullermätningar före omtoppning samt efter åtgärd har utförts. Preliminära resultat visar på att större delen av initiell bullerreduktion återfås.

Permeabilitetsmätningar har visat sig att ge värdefull information om vad som händer vid gränsskitet mellan tät och öppen beläggning. Beroende på trafikintensitet och vägtyp varierar längden över vilken vägpartiklar och andra föroreningar transporteras in i den öppna beläggningen. Detta innebär att sträckan med bullerreducerande beläggningen bör förlängas för att säkra den effektiva bullerreducerande ytan.

CT-scanning av provkroppar har visat sig att vara ett mycket värdefullt hjälpmedel då det medför att man kan "titta" in i beläggningens porstruktur. En jämförelse mellan en relativt igensatt respektive öppen beläggning syns tydligt att igensättningen är lokaliserad till topp lagret (ca 30 mm). Genom att fortsätta med CT-scanning av provkroppar i olika igensättningsstadier möjliggörs en djupare inblick i och hur igensättning av porstrukturen utvecklas.

Slutligen kan konstateras att bullerdämpande beläggningar är ett relativt nytt sätt att minska trafikbuller i Sverige. Ett antal försök och tester har utförts under de senare åren med varierande resultat. Resultatet från denna uppföljning visar att bullerreducerande beläggningar kan vara ett mycket bra alternativ till mer traditionella åtgärder om de används på rätt ställe och under rätt förhållanden. Vårt nordiska klimat och dubbdäcksanvändning är inget hinder, men ställer högre krav på de bullerdämpande beläggningarna samt utökat underhåll.

Resultat från denna studie visar på en stor potential av bullerreduktion för denna typ av beläggningar i nordiskt klimat. Ett annat resultat är att dessa beläggningar sätts igen snabbare i vårt klimat beroende av hög andel dubbdäcksanvändning. För att bibehålla den akustiska livslängden krävs att dessa beläggningar kan rengöras på ett effektivt sätt för att återfå en del av bullerreduktionen.

Den första fenomenologiska utvärderingen av tillgängliga rengöringsutrustningar visar på att det finns en stor potential att vidareutveckla och optimera rengöringstekniken samt metoderna för att effektivisera rengöringen av svenska bullerreducerande beläggningar.



# Innehållsförteckning

<b>FÖRORD .....</b>	<b>2</b>
<b>SAMMANFATTNING .....</b>	<b>3</b>
<b>INNEHÅLLSFÖRTECKNING .....</b>	<b>5</b>
<b>1. INLEDNING .....</b>	<b>6</b>
1.1 BAKGRUND.....	6
1.2 SYFTE.....	8
1.3 METOD .....	8
<b>2. MATERIAL, RENGÖRINGSUTRUSTNINGAR &amp; TESTMETODER.....</b>	<b>10</b>
2.1 TYST ASFALT .....	10
2.2 BULLERDÄMPANDE EGENSKAPER .....	13
2.3 FUNKTIONELLA EGENSKAPER .....	13
2.4 ÖVRIGA SPECIFIKA EGENSKAPER .....	14
2.5 PROVSTRÄCKOR .....	16
2.6 RENGÖRINGSUTRUSTNINGAR.....	17
2.6 BULLERMÄTNINGAR .....	21
2.8 PERMEABILITET .....	21
2.6 UNDERHÅLLSÅTGÄRDER .....	22
<b>4. RESULTAT .....</b>	<b>23</b>
4.1 OBSERVATIONER UNDER RENGÖRINGSFÖRSÖK .....	23
4.5 PERMEABILITETSMÄTNINGAR .....	24
4.5 CT-SCAN .....	25
4.1 BULLERMÄTNINGAR .....	28
4.6 ANALYS AV SPOLVATTEN OCH SEDIMENT (E4, ALBY) .....	33
<i>Jord/Sediment</i> .....	33
<i>Spolvatten</i> .....	34
4.8 RELEVANTA FUNKTIONSKRAV .....	36
<b>REFERENSER .....</b>	<b>37</b>
<b>BILAGOR .....</b>	<b>37</b>

# 1. Inledning

## 1.1 Bakgrund

Samhällsbuller är ett angeläget och utbrett hälso- och miljöproblem som har stor betydelse för vår hälsa och välbefinnande samt för möjligheten till en god livskvalitet. Uppsatta miljökvalitetsmål avseende buller har visat sig vara omöjliga att nå inom en nära framtid. Höga bullernivåer medför dessutom begränsad utbyggnad av bostäder och infrastruktur.

Buller från trafiken har visat sig vara ett växande och i många avseenden eftersatt problem i samhället. I de större städerna har tysta områden blivit allt sällsyntare. Att sänka bullernivåerna i våra boendemiljöer har därför blivit allt mer prioriterat eftersom människor som exponeras för höga bullernivåer riskerar försämrad hälsa i form av bland annat, sömnstörningar, otrivsel, försämrad inlärningsförmåga samt ökad risk för hjärt- och kärlsjukdomar. Bullerstörningar har även en stressande inverkan och försämrar vår boendemiljö genom försämrad utomhusmiljö och därigenom begränsad möjlighet att sova med öppet fönster i våra bostäder. Vägtrafik är den huvudsakliga orsaken till bullerstörning i samhället. Trafikbuller är den störning som berör flest antal människor och är också den enda miljöfaktor för vilken klagomålen för allmänheten ökar. Trafikbullret besvärar både bilisterna samt de som bor eller arbetar längs vägarna. I Sverige beräknas upp mot två miljoner människor exponerade för störande vägtrafikbuller på nivåer som är högre än riktvärden för godtagbar miljö. Nära en miljon människor rapporterar besvär i eller i närheten av sin bostad. Det finns således ett stort behov av effektiva åtgärder för bullerbekämpning samt nya tekniska lösningar för att minska bullret så att miljökvalitetsmålen kan nås.

Det finns i dagsläget ingen unik lösning på problemet, och vid valet av en bullerdämpande åtgärd för ett bullerexponerat område ska hänsyn tas till vad som är tekniskt möjligt och ekonomiskt rimligt.

Traditionellt har bullerbekämpning utförts genom att försöka begränsa spridningen av buller genom bullervallar, skärmar, tunnlar, skärningar, fasadisolering samt fönsterbyte. Dessa åtgärder ger ofta en bra reduktion men i många situationer är de varken ekonomiskt, tekniskt eller estetiskt försvarbara. Dessutom ger de en begränsad reduktion av bullret i utemiljön. Vid fasadisolering och fönsterbyte får boende i utsatta fastigheter minskat buller inomhus. Utomhus, vid uteplatser, balkonger, lekplatser, gårdar och andra rekreatiomsområden finns dock bullerproblemet kvar. Vidare uppnås endast en avgränsad reduktion av bullret i utemiljön bakom skärmar och vallar som också kan elimineras vid ogynnsam väderleksförhållanden.

En allt större intresse har därför riktats mot att reducera buller direkt vid källan, dvs. uppkomsten i kontaktytan mellan däck och vägbeläggning. Bullerreduktion vid källan kan uppnås genom trafikbegränsande åtgärder som att minska trafiken och/eller minska hastigheten, användning av bättre däck/fordon/motorer samt användandet av bullerreducerande vägbeläggningar. Begränsning av trafiken är ofta inte en realistisk åtgärd då den kan motverka krav på framkomlighet och fri rörlighet. Under de senaste

decennierna har stora framsteg uppnåtts för att producera allt tystare fordon och däck. Trots att däck och fordon har blivit allt tystare under de senare åren har inte den totala trafikbullerexponeringen minskat utan snarare ökat i takt med trafiken. Kommande förbättringar av fordon och däck kan inte ensamt förväntas säkerställa en god bullermiljö. Ett alternativ eller komplement som har fått ett ökat intresse under de senare åren är användandet av bullerreducerande vägbeläggningar. Fördelen med denna åtgärd är att bullret effektivt reduceras vid källan och minskar bullret både inom- och utomhus.

Att belägga vägarna med bullerdämpande beläggningar är ett relativt outnyttjat alternativ till de mer traditionella åtgärderna. Det har därför varit en kraftig utveckling av bullerreducerande beläggningar under de senaste 15-20 åren där framförallt Holland, Italien och Japan har varit ledande och framgångsrika. Idag används en stor andel bullerreducerande beläggningar i dessa länder för att minska bullret där det alstras.

Ekonomiska analyser runt om i Europa indikerar att lågbullrande beläggningar kan vara det mest kostnadseffektiva bullerreducerande åtgärden jämfört med t.ex. bullervallar och fönsterisoleringar.

Intresset för bullerreducerande beläggningar har funnits länge, men det har i de nordiska länderna varit svårt att åstadkomma slitstarka beläggningar med tillfredsställande livslängd som samtidigt har kvar sin bullerdämpande effekt mer än något eller några år. Det är framför allt användandet av dubbdäck under vinterperioden som har betingat problem med kortlivad akustisk- och teknisk livslängd.

Under årens lopp har således flera försök med olika typer av öppna beläggningar utvärderats som följd av ett ökat behov av bullerdämpande åtgärder. Målet har varit att utveckla hållbara produkter med tillfredsställande akustiska som tekniska egenskaper. Resultaten har varit varierande, mycket beroende på lokala förutsättningar samt otillräcklig kunskap om proportionering, produktion samt drift- och underhållsåtgärder. Öppna beläggningar, är en typ av slitlagerbeläggning med hög hålrumshalt som har dränerande egenskaper och samtidigt reducerar buller. Internationellt har utvecklingen av bullerreducerande beläggningar av denna typ på senare år varit framgångsrik och används idag i stor utsträckning i ett flertal länder.

Eftersom det Nordiska klimatet kraftigt skiljer sig från det centraleuropeiska måste vi anpassa dessa lösningar till våra speciella förhållanden som dubbdäcksanvändning och vinterväghållning. Erfarenheter från tidiga provsträckor med bullerreducerande beläggningar i Sverige visade på god initieffekt bullerreduktion men kort livslängd. Dessa beläggningar var ca 3-5 dB(A) tystare än referensbeläggningen (ABS16). Redan efter några år var bullerreduktionen kraftigt reducerad eller helt borta pga. igensatta hålrum i beläggningen. I vissa fall var det också problem med stenlossning.

Det finns därför en stor potential att undersöka och vidareutveckla de mest lovande bullerreducerande beläggningar som används i central Europa för våra förhållanden.

Inom ramen för ett EU-projekt, Silvia, identifierades tre olika lovande beläggningstyper. Genom att utvärdera dessa beläggningstyper, nya modifierande bindemedel samt olika stenmaterial har en positiv utveckling av beläggningar som bättre klarar svåra klimat samt trafikmängd etc. utvecklats för Nordiska förhållanden.

Resultat och erfarenheter från fältförsök med dessa vidareutvecklade beläggningar indikerar att de kan vara ett mycket konkurrenskraftigt alternativ till mer traditionella åtgärder om de används på rätt ställe och under rätt förhållanden [2,3,4].

Långtidseffekter för dessa beläggningar är inte kända för Svenska förhållanden. En avgörande faktor för att bibehålla den bullerreducerande effekten är effektiv rengöring av porstrukturen.

I många länder utförs renspolning regelbundet med över tiden. Denna kunskapsbrist försvårar införande av funktionella krav på rengöring vid upphandling av bullerreducerande beläggningar.

Det finns därför ett stort behov och potential för att öka kunskapsnivån inom det aktuella området för både beställare, konsulter och entreprenörer genom att utveckla funktionella parametrar vid rengöring av bullerreducerande beläggningar. På sikt bidrar detta till en kunskapsuppbyggnad i hela branschen om hur bullerdämpande beläggningar skall underhållas samt vilka krav som skall ställas på dem. I förlängningen bidrar detta projekt till en bättre bullermiljö för alla.

## **1.2 Syfte**

Föreliggande SBUF-projekt syftar till att öka kunskapen om hur bullerreducerande beläggningar skall rengöras samt vilka funktionella krav som bör ställas på den för att bibehålla den akustiska livslängden.

Syftet är vidare att kunskaperna på sikt skall leda till förbättrade möjligheter att utvärdera utförda rengöringsmetoder. Kunskap om akustisk livslängd kommer att bidra till att ekonomiska aspekter kommer att kunna beaktas.

Projektet kommer också att utvärdera miljöaspekter vid rengöring (slam och spolvatten).

Projektet förväntas öka kunskapen om de faktorer som bidrar till effektiv rengöring samt med vilken frekvens de bör utföras. Arbetet förväntas också att bidra med kunskapsuppbyggnad för utvecklande av framtida funktionskrav att tillämpa i kommande regelverk och kvalitetssystem.

Projektet kommer också att ha ett nära samarbete med ett Norskt bullerprojekt för att dela information och kunskap.

## **1.3 Metod**

Projektet omfattar kompletterande och utökade fältförsök samt experimentella undersökningar till SBUF-projekt 11640 "Bullerdämpande beläggningar – Utvärdering & uppföljning av provsträckor på E18 & E4" [1]. Rengöringsförsök med några tillgängliga rengöringsutrustningar från Sverige, Norge samt Holland har utförts på tillgängliga beläggningstyper med varierande ålder och igensättningsgrad.

I detta projekt genomförs en fenomenologisk studie där effekten av olika rengöringsutrustningar utvärderas. Rengöringseffekten kommer att utvärderas visuellt samt utifrån olika funktionella egenskaper erhållna genom CPX-mätningar, permeabilitetsmätningar samt CT-scanning. Kemisk analys av spolvatten och slam kommer att utföras.

Genom att komplettera redan genomförda mätningar kommer information som omfattar en större del av beläggningarnas hela livslängd att kunna utvärderas vilket ger en i högre grad fullständig bild om dess funktionella egenskaper.

Renspolning av igensatta porer hos dränbeläggningar kommer att utföras med särskilda högtrycksutrustningar vilka kommer att bidra med värdefull information om hur stor del av bullerreduktionen som kan återfås.

Vidare kommer det översta lagret i dubbeldränbeläggningen att fräsas bort samt ersättas med ett nytt för att utvärdera möjligheten att förlänga den akustiska livslängden för denna typ av beläggning, enligt Holländskt koncept där det undre dränerande lagret kommer att rensas innan en ny dränerande topp utföres.



## 2. Material, rengöringsutrustningar & testmetoder

Skanska har en lång tradition av bullerreducerande beläggningar. Sedan 1980-talet har man aktivt arbetat för att utveckla öppna asfaltbeläggningar med fokus på både teknisk- och akustisk beständighet för olika trafik- och klimatförhållanden. De första beläggningarna optimerades främst mot god dräneringsförmåga, med dess bullerreducerande förmåga noterades också (första generationens bullerreducerande beläggningar). Sedan början av 1990-talet har Skanska utvecklat och testat en förbättrad typ av öppen asfalt (andra generationens bullerreducerande beläggningar). Sedan början av 2000-talet har Skanska medverkat i två olika EU-projekt (SILVIA & SILENCE) [3, 4] där olika typer av lovande beläggningstyper utvärderats och vidareutvecklats för att passa våra förhållanden, ex. Tyst Asfalt, (tredje generationens bullerreducerande beläggningar).

### 2.1 Tyst Asfalt

Tyst Asfalt är i grunden slitlagerbeläggningar som kombinerar effektiv bullerdämpning med ökad trafiksäkerhet och beständighet. Tyst Asfalt är främst ett kostnadseffektivt alternativ eller komplement till andra bullerreducerande åtgärder såsom bullerplank och fasadisolering. I många fall är Tyst Asfalt det mest attraktiva alternativet eftersom bullret sänks direkt vid källan vilket ger en bättre ljudmiljö både inomhus och utomhus.

Tyst Asfalt marknadsförs i tre olika produkter vilka benämns utifrån största möjliga initiala bullerreduktion. De tre produkterna benämns, Tyst Asfalt3 (TA3), Tyst Asfalt 6 (TA6) och Tyst Asfalt 9 (TA9), där siffran i namnet anger högsta möjliga bullerreduktion i dBA. Tyst Asfalt 9 reducerar som mest 9 dBA vilket upplevs som en halvering av ljudnivån. Eftersom bullerreduktion inte är ett absolut värde utan skillnaden mellan två beläggningar, ex Tyst Asfalt och referensbeläggning (vanligtvis ABS16), kommer effektiv bullerreduktion vara unik för varje enskilt objekt. Vidare är reduktionen beroende av bl.a. trafikmängd, trafiksammansättning, hastighet, stenstorlek, samt utförande. Största potentiella bullerreduktion för ett specifikt objekt är således en funktion av ett antal faktorer utifrån objektets unika förutsättningar och ges utifrån en särskild utvärdering och möjlig optimering av ingående material samt kvalitetssäkrad produktionsprocess. Angiven maximal reduktion för varje version av Tyst Asfalt är i relation till en ABS16 och erfarenheter utifrån utförda objekt.

Tyst Asfalt 3 (TA3) är en beläggning som läggs i ett lager (25-30 mm) och ger en initial bullerreduktion på maximalt 3 dBA. Beläggningen har kubiserat stenmaterial med nominell stenmax på 8-11 mm och benämns TA3/8 alt. TA3/11.

Tyst Asfalt 6 (TA6) är en beläggning som läggs i ett lager (40-50 mm) och ger en initial bullerreduktion på maximalt 6 dBA. Beläggningen har kubiserat stenmaterial med nominell stenmax på 8-16 mm och benämns TA6/8, TA6/11 samt TA6/16.

Tyst Asfalt 9 (TA9) är en tvågersbeläggning som läggs i två lager (30+50 mm) där det övre lagret är mer finkornigt och därmed fungerar som ett filter mot igensättning av bottenlagrets porstruktur. Den initiala bullerreduktionen är maximalt 9 dBA. Beläggningens övre lager (30mm) med ett stenmax på 11 mm benämns TA9/11 (övre



lager). Det undre lagret (50mm) har ett stenmax på 16mm och benäms TA9/16 (undre lager).

Benämningen är vald genom en förkortning av Tyst Asfalt till TA följt av bullerreduktionen och stenmax. Bindemedlet som används i alla lager är ett specialutvecklat polymerbitumen från Nynäs AB.

De primära beläggningsparametrar som optimeras med aspekt på bullerreduktion är kopplade till porositet (andel kommunicerande hålrum) samt anpassad ytstruktur hos den färdiga beläggningsytan (textur). Generellt ökar bullerreduktionen med ökad porositet samt mindre stenmax. Den speciella sammansättningen medför att bullret från däckens reduceras avsevärt jämfört mot täta beläggningar. En annan effekt med den öppna porstrukturen är förmågan att dränera bort ytvatten, se Figur 1.



**Figur 1.** Öppen porstruktur med god dränerande egenskaper.

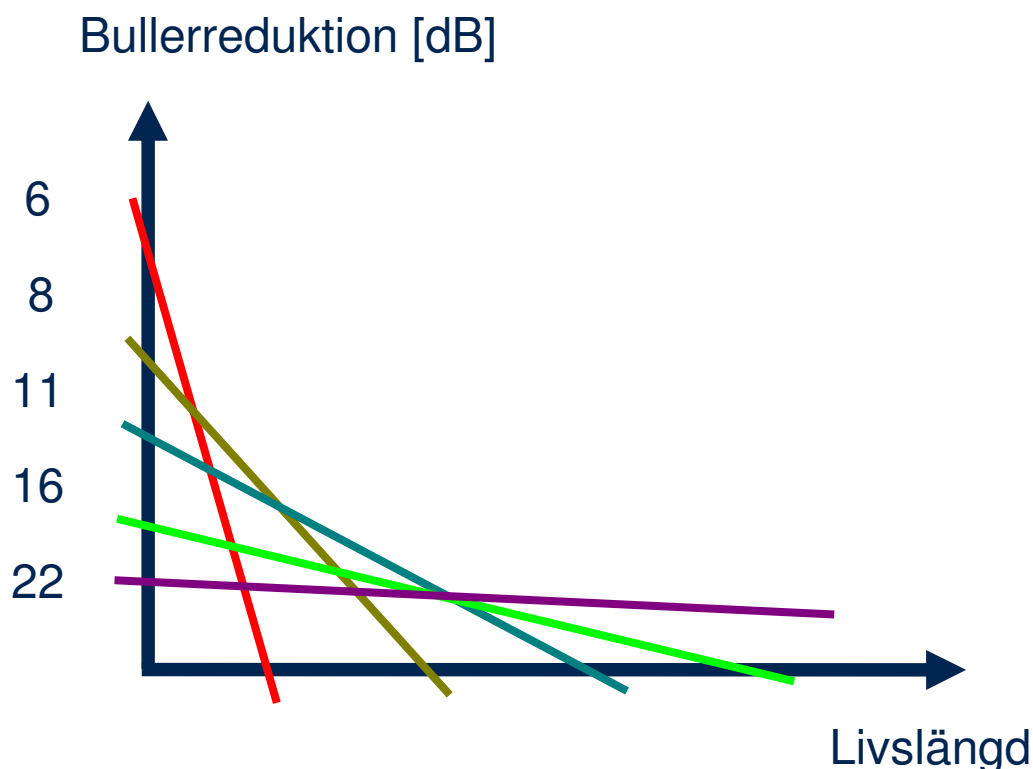
Figur 2 visar effekten av den dränerande egenskapen på en trafikerad väg. Bilderna visar samma fordon framförandes på en tät respektive öppen beläggning. På den vänstra bilden syns tydligt hur ytvatten stänker runt om fordonet (tät beläggning). På den högra bilden kör fordonet över en öppen beläggning och allt vatten dräneras ner i beläggningen och inget stänk förekommer. Observera att bilderna är tagna med bara någon minuts mellanrum.



**Figur 2.** Effekt av dränerande beläggning (ABS16 till vänster och TA9 till höger)

Dränerande- och bullerreducerande egenskaperna kan erhållas genom att proportionera en öppen beläggning med högt hålrum och använda en fraktion med minskad stenmax.

Ett motsatsförhållande till förbättrad bullerminskning är att det medför minskat slitagebeständighet (t.ex. minskad stenmax och högt hålrum). Önskad bullerreduktion uppnås således på bekostnad av beständigheten. Bullerreducerande beläggningar har därför något kortare livslängd än traditionella täta beläggningstyper. För bullerreducerande beläggningar beaktas både den akustiska samt tekniska livslängden. Figur 3 visar schematiskt hur bullerreduktion samt livslängd påverkas av stenmax i den öppna beläggningen.



**Figur 3.** Schematisk diagram av kompromiss mellan bullerreduktion och livslängd.

Som framgår av ovanstående principiella diagram är bullerreduktionen beroende av stenmax i beläggningen, se Figur 3. Hålrummen förutsätts vara lika. Efter c:a ett år har de finkornigaste dränbeläggningarnas porer satts igen varför den initialt höga bullerdämpningseffekten gått helt förlorad. Vid val av en beläggning med stenmax 16mm har man en låg bullerreduktion initialt men den kvarstår istället under mycket lång tid. Det handlar som i mycket annat om kompromisser vid val av beläggning. För svenska förhållanden med hög andel dubbdäckstrafik verkar en rimlig kompromiss mellan livslängd och bullerreduktion existera för stenmax mellan 8 och 11mm. Detta måste dock verifieras för varje enskilt objekt.



## **2.2 Bullerdämpande egenskaper**

TA6 och TA9 har till motsats till TA3 en öppen struktur som kraftigt minskar däcksbuller samt dränerar bort vatten från ytan och därmed bidrar till en högre trafiksäkerhet, se Figur 2. De leder ner regnvatten genom asfalten till befintliga avvattningsystem. Beläggningsen består av en stor andel grovt stenmaterial med inblandning av fibrer och polymermodifierat bindemedel. Den speciella sammansättningen ger en öppen ytstruktur och mycket öppna beläggningar. Tyst Asfalt tillverkas med högvärdiga stenmaterial för att minimera avnötningen och därmed igensättande av porstrukturen. Ur bullersynpunkt eftersträvas också ett kubiserat stenmaterial med homogen sammansättning för att optimera porstrukturen samt vidmakthålla ytstrukturen tillika bullerreduktionen under den akustiska livslängden.

TA6 läggs i ett lager och är en mer slitstark beläggning än TA9. Slitstyrkan fås genom större maximal stenstorlek och på bekostnad av lite lägre bullerreduktion. Porstrukturen ger utrymme för vatten och luft att röra sig i beläggningsen. Fördelen med TA6 jämfört TA9 är vanligtvis dess bullerdämpande förmåga kombinerat med den högre slitstyrkan.

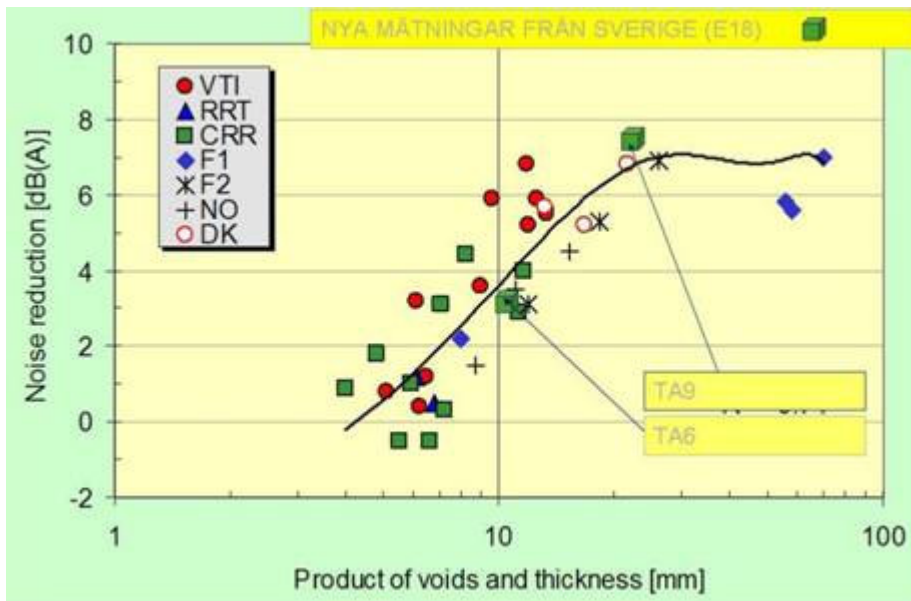
TA9 läggs i två lager där det övre lagret är mer finkornigt och därmed fungerar som ett filter mot igensättning av bottenlagrets porstruktur. Den initiala bullerreduktionen blir maximalt 9 dBA. Beläggningsens övre lager består av en 11-massa som benämns TA9/11 (övre lager). Det undre lagret är en 16-massa som benämns TA9/16 (undre lager). Den speciella sammansättningen samt dubbla lager ger en mycket god bullerreduktion. Med optimerat stenmaterial förbättras slitagebeständigheten för det högtrafikerade vägnätet.

## **2.3 Funktionella egenskaper**

Tyst Asfalt är speciellt framtagen för dess bullerreducerande egenskaper. Tyst Asfalt innebär framförallt en mer teknisk-, estetisk- samt kostnadseffektiv lösning av bullerproblem jämfört med traditionella bullerdämpande åtgärder såsom bullerplank och fasadisolering. I många fall är Tyst Asfalt det mest attraktiva alternativet eftersom bullret sänks direkt vid källan vilket ger en bättre ljudmiljö både inomhus och utomhus. Tyst Asfalt kan minska eller helt reducerar behovet av andra bullerdämpande åtgärder.

Tyst Asfalt bygger på en optimerad sammansättning för bästa funktionsegenskaper samt en omfattande kvalitetssäkring [5]. Sammansättningen är ett resultat av samlade erfarenheter från produktionen tillsammans med ett omfattande utvecklingsarbete och uppföljning av utförda utvecklingsobjekt. Ulf Sandberg har uppvisat ett samband mellan bullerreduktion och produkten mellan beläggningsen hållrum och lagertjocklek enligt Figur 4 [6]. I figuren har TA6 och TA9 markerats. TA9 har en största stenmax på 11mm och TA6 har stenmax 16 mm. Figur 4 indikerar att det går att få till en god bullerreduktion med TA9 med stenmax 11 mm. TA6 har stenmax 16mm och det kan förklara den relativt mediokra bullerreduktionen.

Baserat på erfarenheter från utvecklingsobjekten har Tyst Asfalt en initial bullerreduktion mellan 2 och 9 dBA beroende av lokala förhållanden samt vald referensyta (personbilar). Det finns inga absolutvärden i dBA som Tyst Asfalt allmänt kan antas reducera. Detta innebär att viss försiktighet bör råda när en bestämd bullerreduktion utlovas.



**Figur 4.** Förhållande mellan bullerreduktion och produkt mellan hålrumshalt och lagertjocklek [6]

Långtidseffekten av bullerreduktionen beror till stor del av hur effektivt porstrukturen kan rengöras. De första provsträckorna som utfördes 2003 uppvisade en minskning av bullerreduktionen under de första tre åren mellan 0.5-1 dBA per år utan någon rengöringsinsats. Denna utveckling kan förklaras i och med självrensning av trafiken. Tyvärr är denna effekt inte hållbar i längden. Någon typ av regelbunden rengöringsinsats av porstrukturen erfordras för att vidmakthålla de akustiska egenskaperna.

## 2.4 Övriga specifika egenskaper

Förutom bullerreduktion erbjuder Tyst Asfalt potentiellt ett antal positiva miljö- och hälsoeffekter som reducerat rullmotstånd samt minskad uppkomst och spridning av vägp Partiklar. Vägp Partiklar som genereras av framförallt dubbdäckstrafik har en benägenhet att ackumuleras i belägningens porer istället för att spridas runt vägen. I takt med att partiklarna ansamlas i belägningens porstruktur minskas partikelspridningen på omgivningen. Tyvärr bidrar också igensättningen av porerna till en successivt försämrad bullerreduktion. Figur 5 visar ett exempel på en kraftigt igensatt beläggning, vägen E18 Järvastaden, TA9. Visuellt syns inga öppna porer på ytan. Genom regelbunden och effektiv högtryckstvättning och vakuum- sugning kan de ackumulerade partiklarna till stor del avlägsnas vilket förbättrar luftkvaliteten samtidigt som bullerreduktionen förbättras. Andra gynnsamma egenskaper är förbättrad trafiksäkerhet och minskade trafikantrisker såsom vattenplaning, stänk och besvärande ljusreflektion, se Figur 2. Vidare upplevs en ökad komfort av trafikanterna då Tyst Asfalt även sänker bullret i fordonen samt minskar vibrationer.



**Figur 5.** Förhållande Kraftigt igensatt beläggning, Väggen E18 Järvastaden, TA9.

Om igensättningen får pågå som i Figur 5 är det mycket krävande om möjligt att återfå en tillfredställande dränering och bullerreduktion. Vad gäller rengöring kan det vara en fördel att vara proaktiv för att säkerställa att inte vägpartiklar ackumuleras så att goda akustiska egenskaper uppnås under belägningens livslängd.

I denna studie har framförallt provsträckor med Tyst Asfalt 9 (TA9) testats.



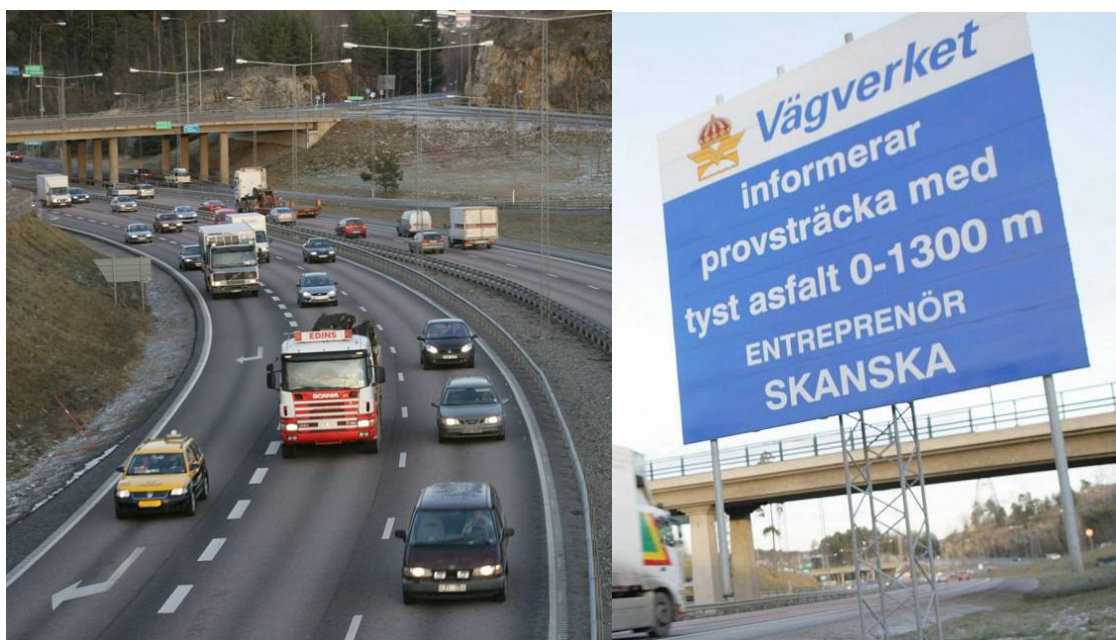
## 2.5 Provsträckor

Följande sträckor har använts i utvecklingsprojektet (TA3, TA6 och TA9), se Tabell 1. De har varierande ÅDT (11200-90100) samt olika hastigheter.

**Tabell 1.** Utvärderade provsträckor.

År	Objekt	TYP	ÅDT	Yta (m <sup>2</sup> )	Hastighet [km/h]
2003	E18 (Bålsta Bro)	ABS16	25000	3200	110
2003	E18 (Bålsta/Bro)	TA3/11	25000	3200	110
2003	E18 (Bålsta/Bro)	TA6/16	25000	3200	110
2003	E18 (Bålsta/Bro)	TA9/11	25000	3200	110
2005	E4 (Hallunda/Alby)	TA9/11	90100	33000	90
2006	E18 (Järvastaden)	TA9/11	34000	14000	70
2006	Rv 260 (Gudöbro)	TA9/11	11200	8000	70

I projektet används 4st provsträckor i Stockholmsområdet. En 1800 meter lång provsträcka på E18 vid Bålsta som asfalterades med fyra olika sorters beläggning i rad. En av sträckorna belades med vanlig asfalt (ABS16) och fungerar som referenssträcka, och de övriga tre belades med olika typer av bullerreducerande asfalt. De tre andra var E4 Hallunda, E18 Järvastaden samt Rv 260, alla belagda med TA9, se Figur 6, 7.



**Figur 6.** Provsträcka E4 (Hallunda/Alby).



**Figur 7.** Provsträcka E18 (Järvastaden).

## **2.6 Rengöringsutrustningar**

Det är allmänt känt att öppna beläggningar har en tendens att ackumulera vägpartiklar och andra föroreningar. Om detta får fortskrida utan åtgärd kommer beläggningsens hålrum successivt att täppas igen så att den dränerande och bullerreducerande förmågan går förlorad. Redan i mitten av 1990-talet arbetade man med specialanpassade sug- och spolbilar i länder som Österrike, Holland, Frankrike, och Japan. Man har successivt utvecklad tekniken och är i flera fall framme vid både 3:e och 4:e generationens rengöringsutrustningar.

Dessa specialfordon är normalt optimerade för beläggningar med stenmax som är betydligt mindre än de vi vanligtvis använder i Sverige. Vidare använder man inte dubbdäck i dessa länder vilket medför mindre slitagepartiklar. I Sverige finns för närvarande inget anpassat fordon för våra beläggningstyper och förhållanden.

Skanska har i utvecklingen av konceptet Tyst Asfalt undersökt och utvärderat lovande tekniker för rengöring som används i olika länder. De mest lovande spol- och sugutrustningarna har påträffats i Norge och Holland samt i Japan. En lovande sugutrustning har hittats i Sverige. Ingen av dessa utrustningar har tidigare testats i Sverige. För att utvärdera dessa lovande utrustningar för Svenska förhållanden har en utrustning från Norge respektive Holland utvalts för att testats på några av provsträckorna i Stockholm.



**Figur 8.** Högteknologisk rengöringsutrustning samt lite enklare utrustning för rengöring av öppna beläggningar.

Nedan visas några bilder på traditionell spolutrustning samt special utrustning från Sverige (Disab-Tella AB), Holland (Gebr. Van Doorn) och Norge (Oslo Lufthamn – OsL), se Figur 9-13.

Figur 9 visar en separat högtrycksspolande maskin samt separat vacuumsugbil. Först går spolbilen med en högtrycksramp för att loss göra det igensatta materialet. Efter kommer sugbilen som skall suga upp det lösgjorda materialet innan det dränerar ner i beläggningen igen. Det bör vara ett kort avstånd mellan enheterna för effektiv rengöring.



**Figur 9.** Exempel på separat spol- och sugfordon (Stivab, Disab-Tella AB).





**Figur 10.** Frontmonterad spolramp samt sugaggregat (Stivab, Disab-Tella AB).

Vattentrycket får inte vara för högt då bruk och stenar kan spolas bort. Vidare är det viktigt att sugmunstycket sluter an mot beläggningen för att inte tappa sugkraft. Av de sugutrustningar vi sett så var det utrustningen från Disab Tella AB som imponerade mest. I Figur 11 syns en test vid rengöring av fräslådor. Utrustningen från Disab hade mycket bättre rengöringsförmåga jämfört med traditionell sugfordon. Figur 11 visar också en nyutvecklad sugramp som bättre följer med underlagets ojämnheter.



**Figur 11.** Rengöring av fräslåda samt ledat sugmunstrycke (Disab-Tella AB)

Utrustningen från Norge är anpassad för flygplatsrengöring och går normalt på Oslo Lufthavn Gardermoen. Denna utrustning har extra högt tryck för att kunna spola bort gummirester på betongen. Vattentryck vid 75 l/min är ca 750 bar, vid 210 l/min är trycket 200 bar. Lägsta tryck är ca 150 bar. Vattentank ca 6 m<sup>3</sup>, slamtank ca 11 m<sup>3</sup>. Utrustningen från Holland är ett specialfordon speciellt framtaget för att tvätta öppna beläggningar. Den har även ett recyclingssystem för vatten. All uppsuget vatten rensar och återanvänds. Detta bidrar till en högre kapacitet på avbrott för att tanka vatten behövs, se Figur 14.





**Figur 12.** Norsk högtrycksutrustning (Oslo Lufthavn – OSL).



**Figur 13.** Holländsk specialhögtrycksutrustning (Gebr. Van Doorn).



**Figur 14.** Förvattning av ytan samt påfyllninga av vatten.



## 2.6 Bullermätningar

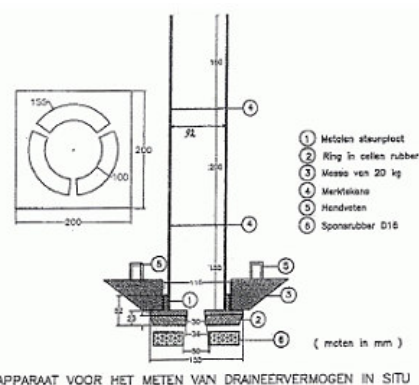
Alla bullermätningar utfördes enligt CPX (Close ProXimity) metod baserad på ISO-standard ISO/WD 11819-2. Mätningar utfördes dels med två täckta CPX-trailer av Gdansk University of Technology, Poland (TUG) samt Norska vägverket. Ytterligare mätningar har utförts med Skanskas CPX-bil som byggts av M+P i Holland, se Figur 14.



Figur 15. Skanska CPX-mätbil.

## 2.8 Premeabilitet

Alla permeabilitetsmätningar har utförts med en utflödesmätare i enlighet med Becker tube metoden enligt Figur 16. Diametern på röret är 92 mm och totala höjden på röret ca 500 mm. Avståndet mellan det översta och understa sträcket är 200 mm. Försöket går ut på att logga den tid det tar för vattnet att passera mellan de två yttersta sträcken. När beläggningen är ny tar det ca 7 sekunder vilket indikerar en helt öppen porstruktur. Vid försöken är det viktigt att se till att gummi ringen sluter tätt mot beläggningen så att inget vatten tillåta att dränera ut på sidorna.



Figuur 8  
Toestel van Becker

Figur 16. Beckers tube test utrustning..

## **2.6 Underhållsåtgärder**

I och med beläggningsens unika hålrumstruktur med tiden sätts igen av vägpartiklar etc. krävs att beläggningsen regelbundet rensas för att bullerreduktionen samt den dränerande förmågan skall återfås. Erfarenheter från utförda provsträckor visar på att porerna i beläggningsen sätts igen med tiden (igensättning beror av hastighet/dubbfrekvens samt lokala förhållanden mm) Efter några år är den akustiska livslängden förbrukad om inte rengöring av porerna utförs. För bibehållen bullerreduktion krävs regelbunden portvättning av den tysta asfalten. Initiella erfarenheter från provsträckor indikerar att det krävs som regel minst två rengöringar varje år under normala förhållanden. Bästa resultat har erhållits vid högtryckstvättning i kombination med efterföljande vakuumsugning.

En viss självrensande effekt finns (vid hastigheter >70km/h) men för normal igensättning krävs regelbunden rensning med spolning och uppsugning av lossgjorda partiklar. Rengörning i vägren som i europeiska länder räcker ej i Sverige.

För att minska igensättningen av TA6 och TA9 med avseende på vägdamm och partiklar från den täta ytan bör sträckan med bullerreducerande beläggning förlängas ca 100m hitom sektionen där behovet av bullerreduktionen börjar. Detta gäller i båda riktningar.

För att den dränerande effekten av beläggningsen skall fungera krävs att vatten som leds ner i beläggningsen kan dränera ut. Detta innebär bl.a. att vatten i beläggningsen måste kunna rinna mer i eventuella dagvattenbrunnar samt att stödremsan utgörs av ett dränerande material och att fräslåda aldrig är ett alternativ. Fräst yta skall utformas så att inget vatten blir stående. Vidare ingår att säkerställa dräneringen på broarna genom att anpassa befintliga rensbrunnar så att vattnet inte blir stående i beläggningsen.

För bibehållen bullerreduktion krävs regelbunden rensning av porstrukturen med specialanpassad spol- och sugbil. Frekvensen av denna urtvättning av finmaterial från luftporerna i den Tysta Asfalten utreds för objekt till objekt. Avgörande faktorer är bl.a. hastighet, antal körfält, vägrensbredd, andel tung trafik, andel dubbtrafik, nederbörd, vinterförhållanden etc. I dagsläget föreslås minst två rengöringar per år för att hålla porerna öppna för bibehållen bullerreduktion.

## 4. Resultat

### 4.1 Observationer under rengöringsförsök

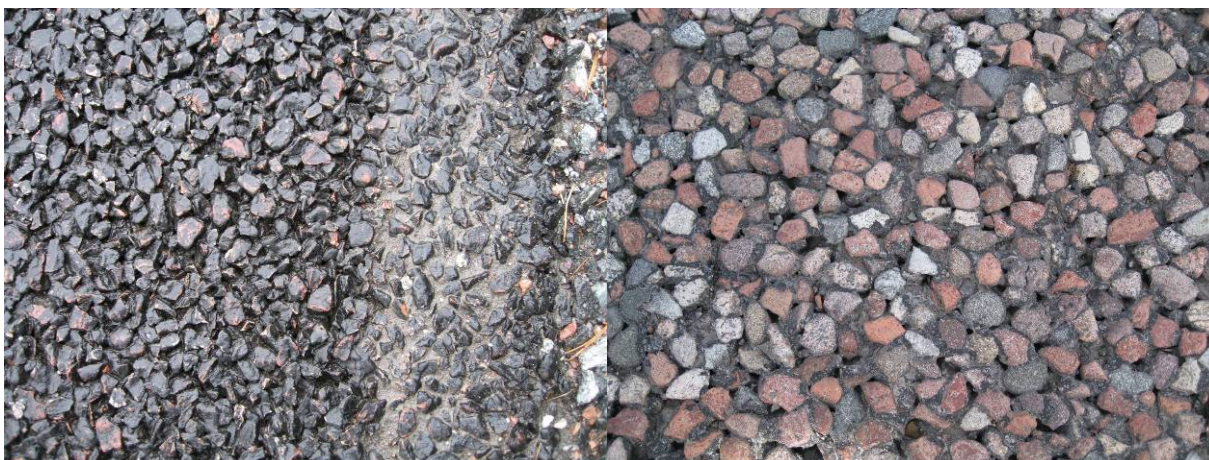
Varje spolustruktur testades för olika förhållanden (ex vår/höst) samt olika grader av igensättning hos belägningarna. Detta innebär att ingen direkt jämförelse är möjlig mellan utrustningarna. Figur 17 visar upptaget material under en natts rengöring på E18 Järvastaden. Uttaget material motsvarar ca 5 ton som ger en medel smuts grad på ca 350 g/m<sup>2</sup>!!.



**Figur 17.** 5 ton uppsamlat vägdamm (Holländsk utrustning).



Figur 18 visar ett exempel på effekten av högtrycks tvättning. En klar förbättring kan ses.



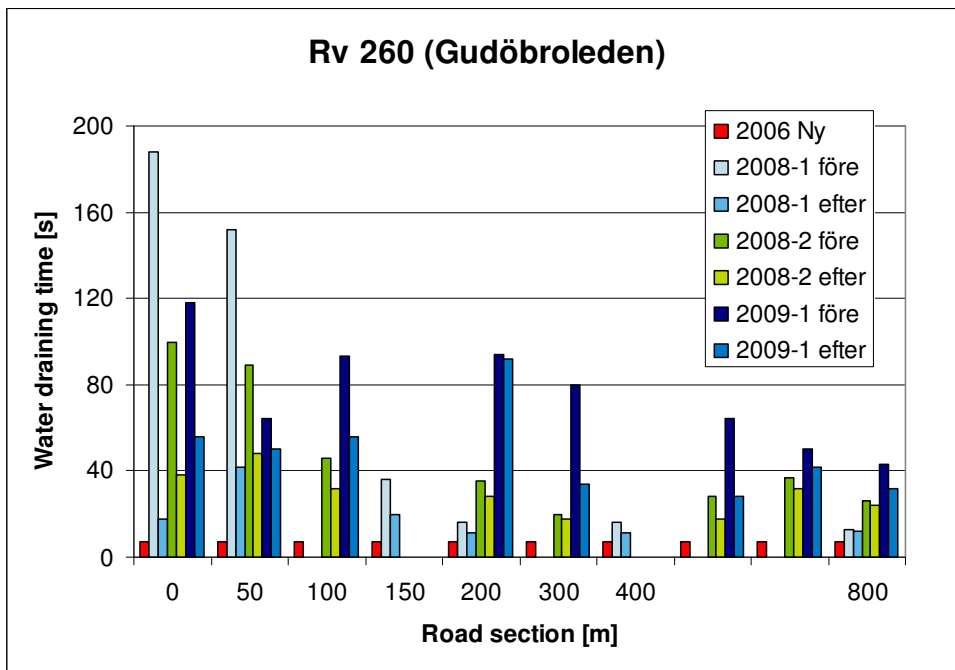
**Figur 18.** Visuell effekt av högtryckstvättning.

Under rengöringsförsöken noterades en förbättrad rengöringseffekt vid regn samt nät beläggningsen förvattades. Vidare syntes att den första delen av varje sträcka med bullerreducerande beläggning är mer igensatt eftersom trafiken transporterar med partiklar in till den öppna beläggningsen.

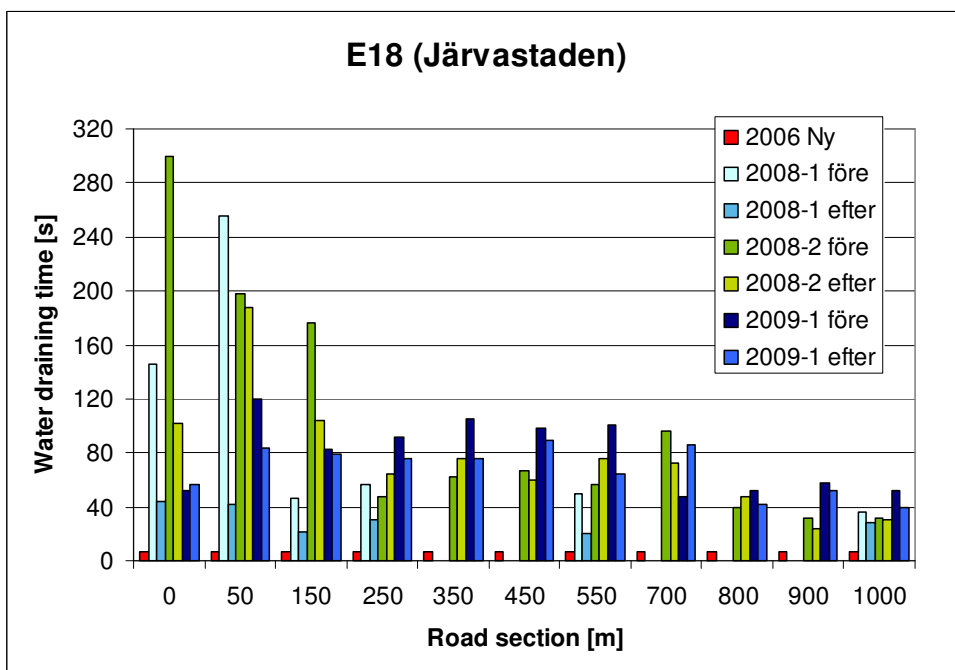
#### **4.5 Permeabilitetsmätningar**

Resultaten från permeabilitetsmätningar med Beckers metod visar i Figur 19, och 20.

När beläggningsen är ny tar det ca 7 sekunder för vattnet att rinna igenom beläggningsen. När det är igensatt tar det mer än 200 sekunder. Det syns tydligt att båda beläggningsarna har förhöjd grad av igensättning i början av varje sträcka. Detta innebär att man bör lägga på ca 100-150 meter i början av varje sträcka för att ta detta i beaktande. Skillnaden mellan de båda stäckorna som anlades 2006 kan nog förklaras med att det går mer trafik på E18 (Järvastaden) och således alstars mer partiklar som täpper igen beläggningsen.



Figur 19. Visuell effekt av högtryckstvättning.



Figur 20. Visuell effekt av högtryckstvättning.

## 4.5 CT-scan

En annan metod för att studera igensättningsgraden av porer är sk *skiktröntgen* av uppborrade asfaltkärnor, eller sk. CT-scan (Computer X-ray Tomography).

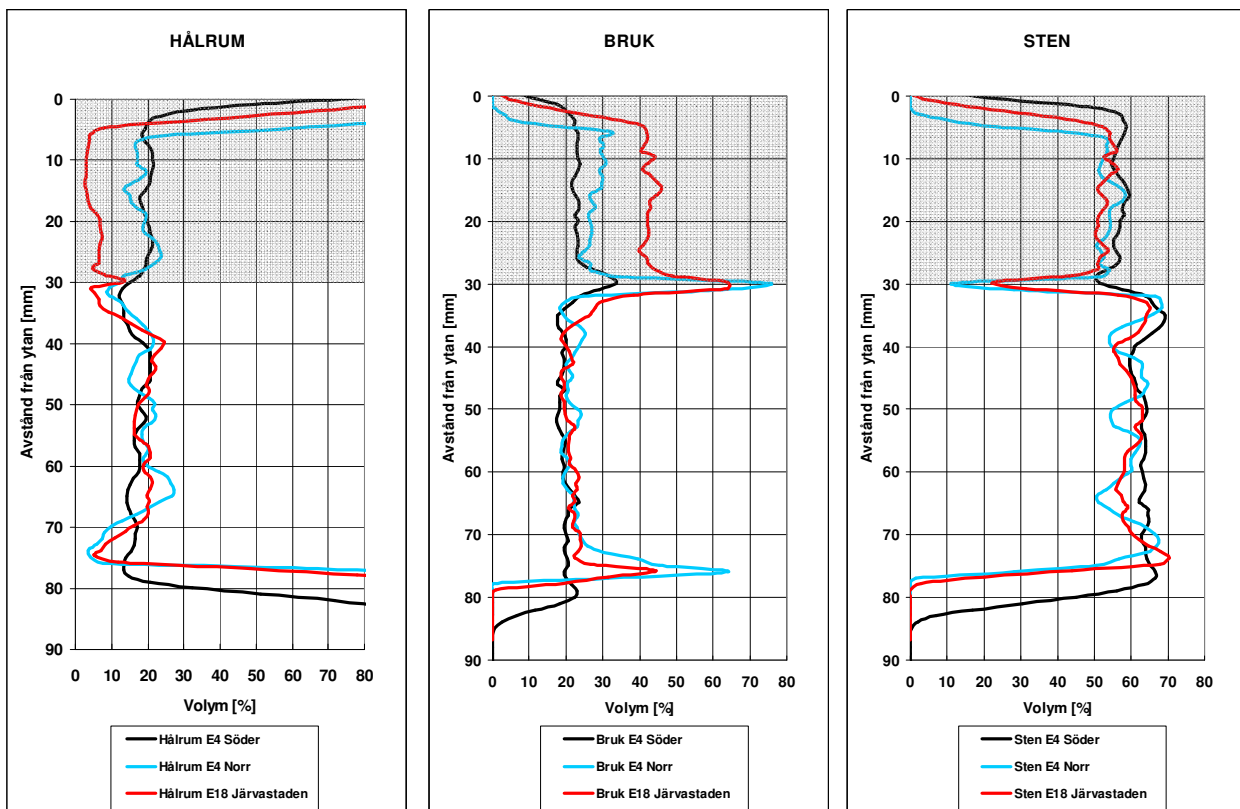
Provkroppens porositet kan uppskattas genom analys av röntgenbilder erhållna från skiktröntgen. För att testa metoden utfördes CT-skanningar på ett fåtal borrkärnor. I denna

studie har några få borrhärdar skickats till Holland för att skiktröntgas så att vi kan se om denna metod är användbar till att utvärdera igensättningen av belägningens porstruktur.

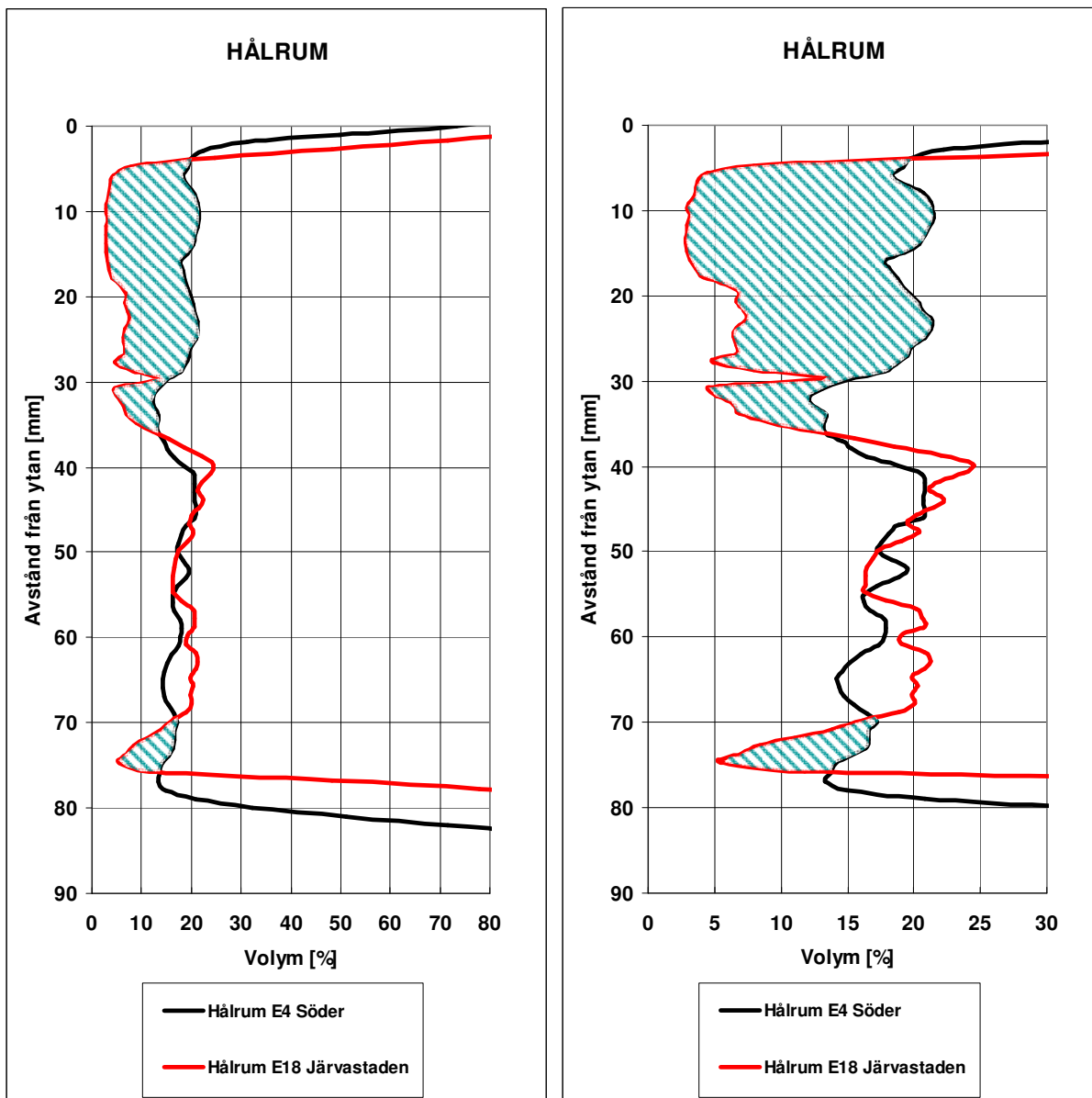


**Figur 21.** Exempel på provkropp.

Resultatet av mätningarna visar i Figur 22. Mätningarna indikerar att igensättning i det översta lagret samt i botten har börjat, se figur 23. Hålrums indikerar belägningens hålrums. Bruk är partiklar under 2 mm och sten är partiklar över 2 mm. Det innebär att belägningens partiklar samt igensatta partiklar tolkas som bruk.



**Figur 22.** Resultat av CT-scanning av borrhärdar.



**Figur 23.** Detalj på igensättning i topp och botten.

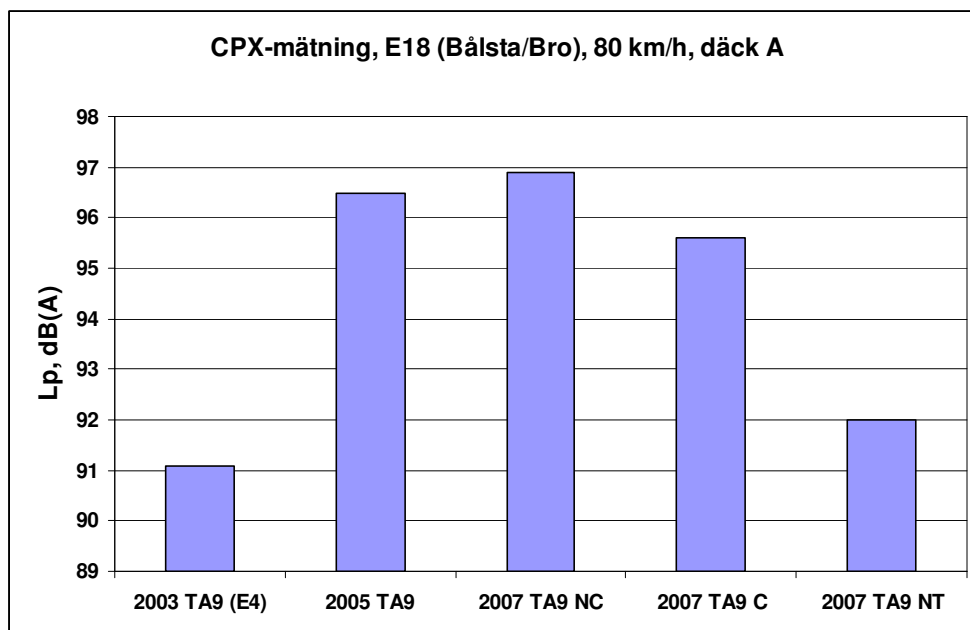
D

en skuggade ytan indikerar topp lagret (ca 30mm). Den randiga ytan visar på skillnaden mellan en relativt öppen beläggning i förhållande till en som är igensatt.

Det är noterat att metoden ger att hålrummet varierar med beläggningens tjocklek.

## 4.1 Bullermätningar

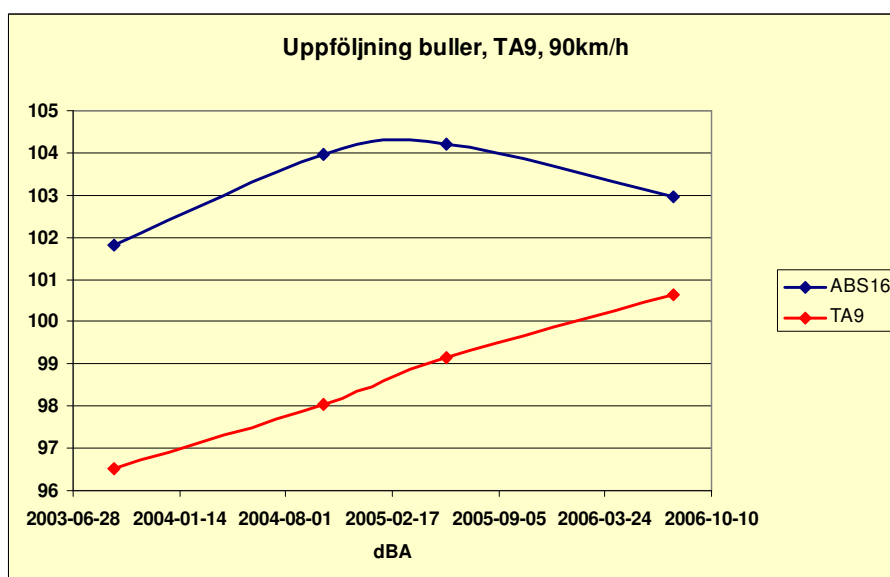
Figur 24 redovisar CPX-mätningar före och efter rengöring. Mätningen från 2003 TA9 (E4) är en mätning på TA9 då den var ny. NC står för "not clean", C står för "clean", NT står för "ny topp".



**Figur 24.** CPX-mätning före och efter rengöring (Norska Vägverket).

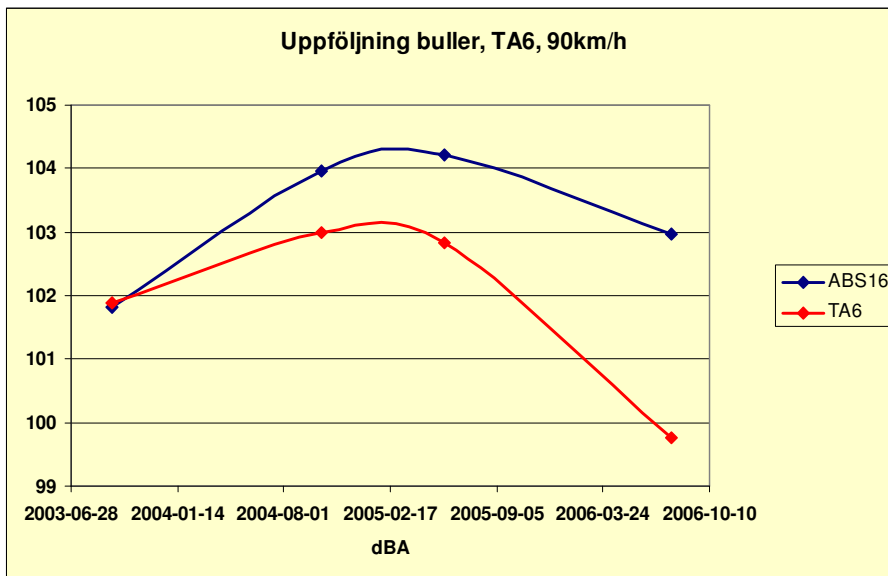
Nedan redovisas några exempel av utförda bullermätningarna. E18: CPX (VTI/TUG)

CPX-mätningar har utförts sedan 2003 på E18. Figur 25 visar utvecklingen av bullerreduktionen för TA9 medan figur 6 visar utvecklingen för TA6.



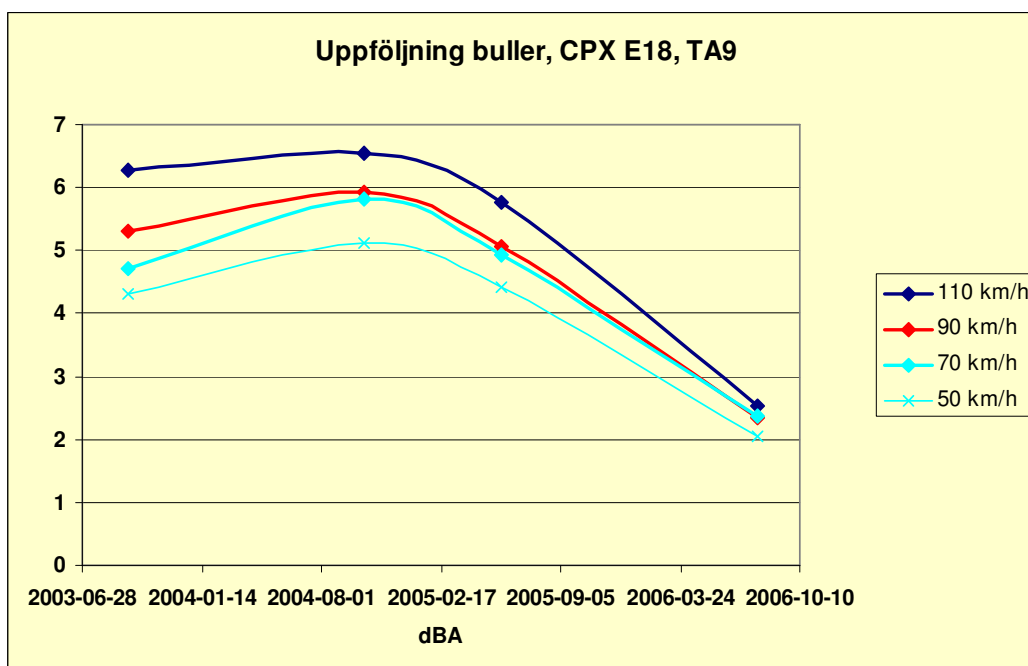
**FIGUR 25.** CPX mätning TA9, 90 km/h.



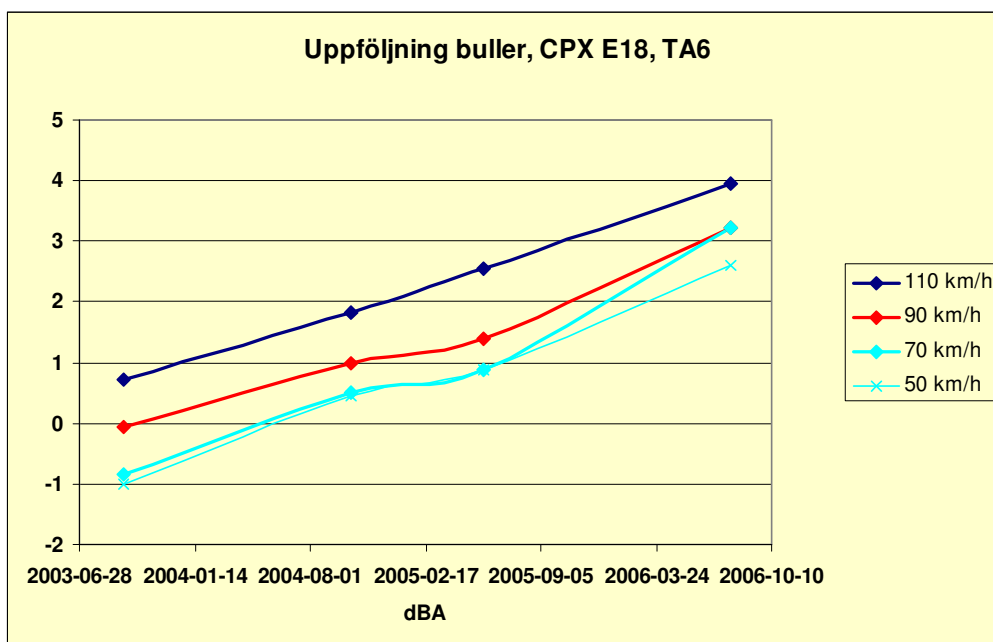


FIGUR 26. CPX mätning TA6, 90 km/h.

I figur 25 kan man se att bullerreduktionen är relativt konstant under de 2-3 första åren. Vid sista mätningen blir plötsligt referensbeläggningen tystare vilket inte kan förklaras. Försämringen av TA9/11 kan delvis förklaras genom igensättning av porerna. Denna beläggning rengjordes inte under de tre första åren, vilket visade sig vara ett misstag. Självrensningen av trafiken var effektiv i hjulspåren de första åren. I figur 26 ser man att ingen!? reduktion erhålls det första året medans nästan 5 dBA erhålls vid mätningen 2006. Detta betyder att beläggningen har blivit tystare med åren vilket är orimligt och inte kan förklaras. Figur 27 och 28 visar den totala bullerreduktionen i förhållande till referensbeläggningen ABS16.



FIGUR 27. Bullerreduktion TA9, E18.



FIGUR 28. Bullerreduktion TA6, E18.

I samband med läggning av E4 sträckar utförde SINTEF/Norska VV, CPX mätningar på E4 och E18. En andra har utförts under 2007. Resultaten av mätningarna visas i tabell 2 och Figur 29-30.



Tabell 2. CPX mätningar SINTEF/Norska VV.  
SINTEF

Hallunda / Ref

	2005	2007
50	95,9	95,5
70	100,67	100,62
80	102,7	102,65
90	104,49	104,44
110	107,54	107,49

Bålsta / Ref

	2005	2007
50	96	95,25
70	100,77	100,32
80	102,8	102,35
90	104,05	103,45
110	107,1	106,5

Hallunda / TA9

	2005	2007
50	88,2	92,15
70	91,57	96,97
80	93,6	99

Bålsta / TA9 / Cleaned once

	2005	2007
50	91,2	92,35
70	95,47	97,27
80	97,5	99,3

90	95,39	100,79
110	98,44	103,84

90	98,35	100,5
110	101,4	103,55

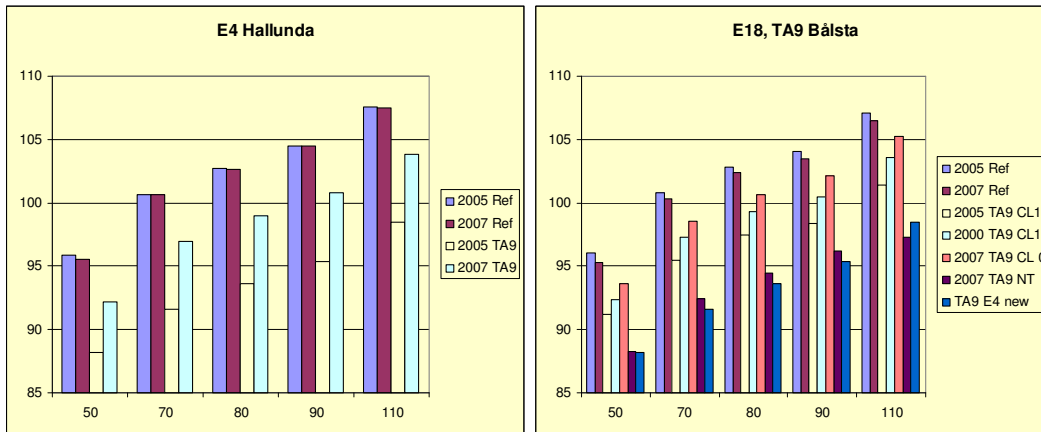
<b>Bålsta / TA9 / no clean</b>	<b>2005</b>	<b>2007</b>
50	91,2	93,65
70	95,47	98,57
80	97,5	100,6
90	98,35	102,15
110	101,4	105,2

<b>Bålsta / TA6 / Cleaned one</b>	<b>2005</b>	<b>2007</b>
50	93,5	92,7
70	97,87	97,27
80	99,9	99,3
90	101,69	101,09
110	103	103,25

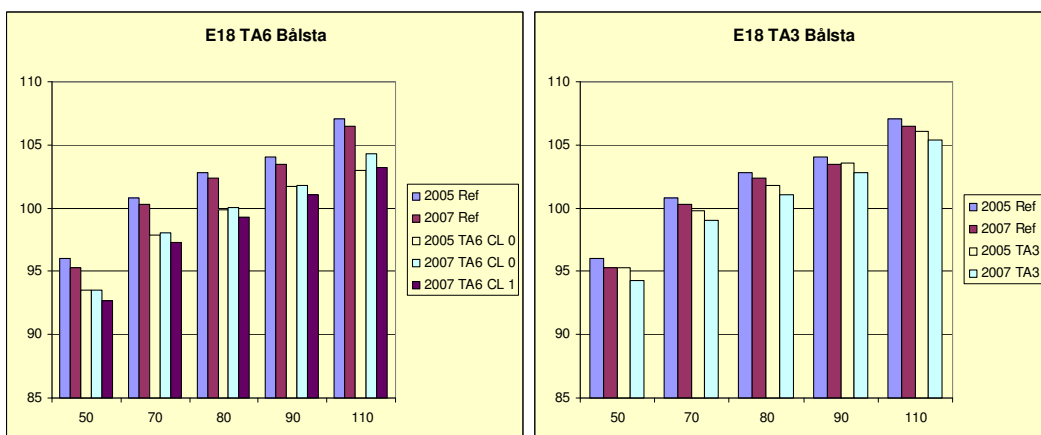
<b>Bålsta / TA9 / new top</b>	<b>2005</b>	<b>2007</b>
50	91,2	88,25
70	95,47	92,42
80	97,5	94,45
90	98,35	96,24
110	101,4	97,25

<b>Bålsta / TA6 / no clean</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
50	93,5	93,55
70	97,87	98,02
80	99,9	100,05
90	101,69	101,84
110	103	104,3

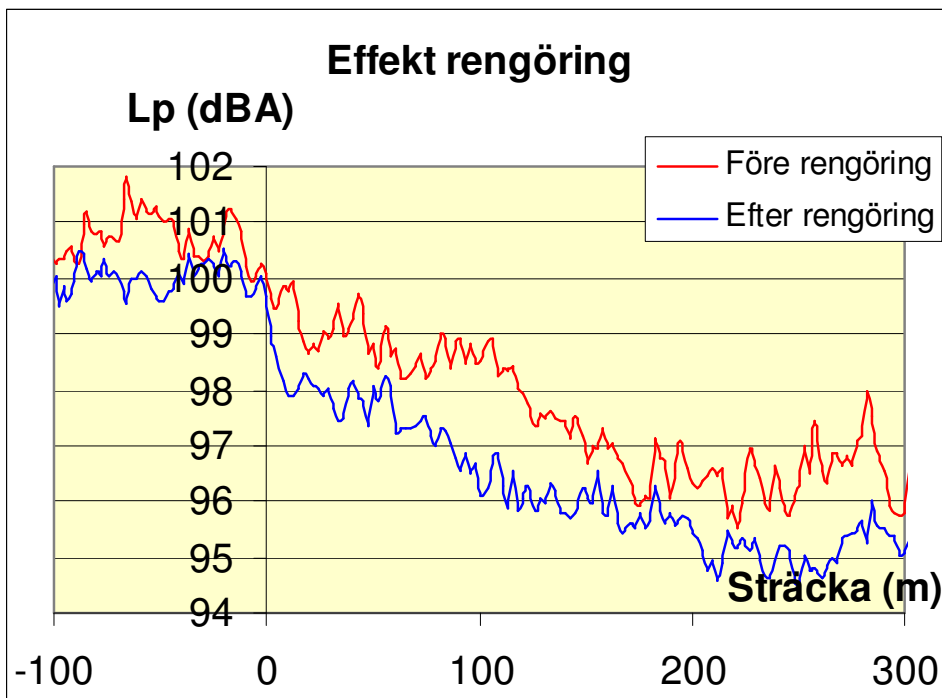
<b>Bålsta / TA3 / no clean</b>	<b>2005</b>	<b>2007</b>
50	95,3	94,3
70	99,77	99,02
80	101,8	101,05
90	103,59	102,84
110	106,1	105,4



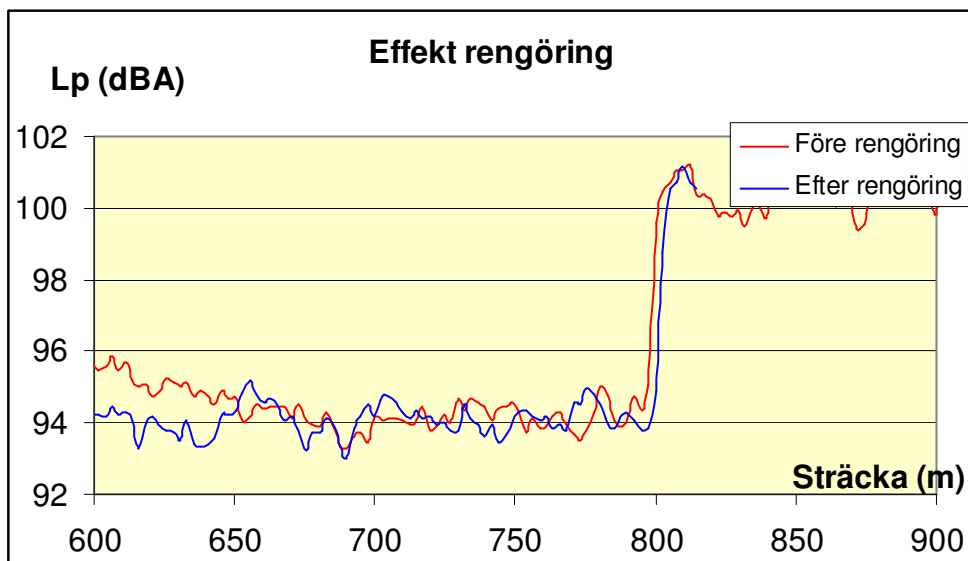
Figur 29. CPX mätningar SINTEF/Norska VV.



Figur 30. CPX mätningar SINTEF/Norska VV.

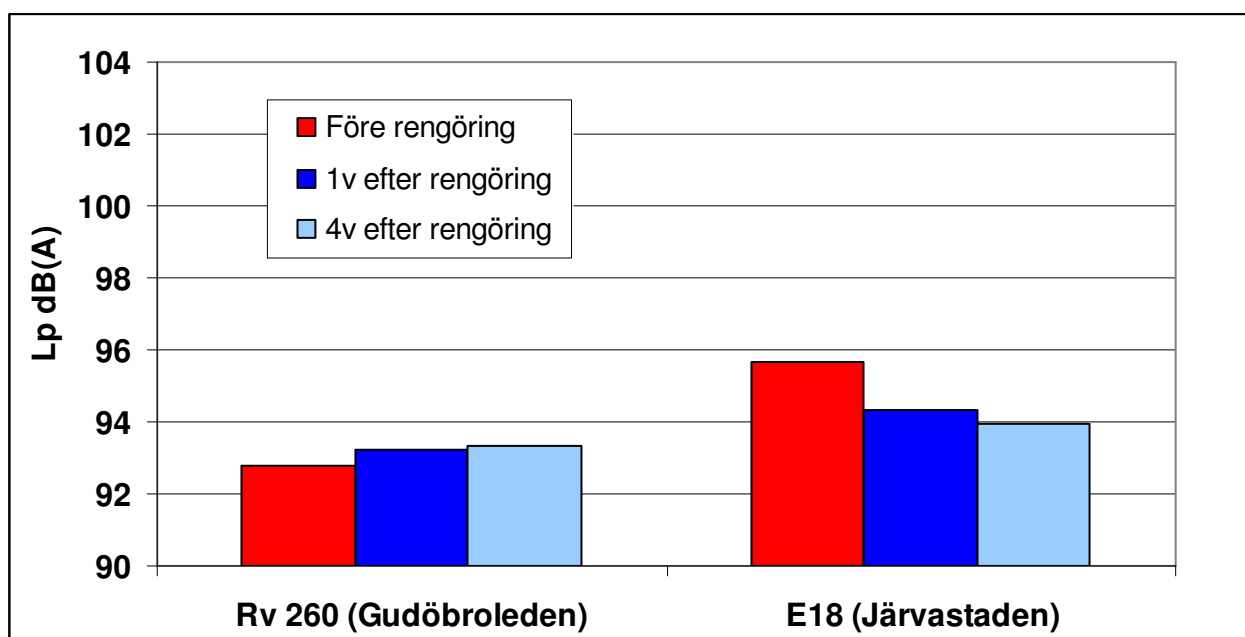


**Figur 31.** Sammanställning resultat från före och efter spolning.



**Figur 32.** Sammanställning resultat från före och efter spolning.

Spol- och rengöringsförsök på E4 samt E18 har resulterat i en ökad bullerreduktion mellan 1 och 3.2 dBA. Baserat på utförda tester verkar en ökad reduktion på ca 1 dBA vara möjlig vid effektiv renspolning. Detta beror förstås på utrustning och igensättningsgrad.



Figur 33. Sammanställning resultat från före och efter spolning.

#### 4.6 Analys av spolvatten och sediment (E4, Alby)

Nedan redogörs för de parametrar som är förhöjda (dvs. har en halt över detektionsgränsen för ämnet) i genomförda analyser av sediment och spolvattnet från renspolning av Tyst Asfalt. De uppmätta halterna har jämförts med en rad olika värden (riktvärden, bakgrundsvärden etc.) beroende på vad som funnits för ämnena, för att få en uppfattning om hur höga de är samt om de kan innebära någon restriktion för hanteringen.

De ska noteras att resultatet från dessa analyser motsvarar en viss vägsträcka vid en viss årstid. Om prov tas på en annan vägsträcka (där ex. trafikbelastning, omgivning mm är faktorer som påverkar) eller en annan årstid kommer de uppmätta halterna och de ämnen som har förhöjda halter att variera något. Det kan röra sig om att det är en annan metall som är mest förhöjd eller att ex. halten av alifater är något lägre eller högre. Helhetsbedömning som görs nedan kommer dock troligen inte att påverkas.

#### Jord/Sediment

*Parametrar med förhöjda halter i genomförda analyser samt olika jämförelsevärden. De uppmätta värden som är fetmarkerade begränsar användningen av sedimentet.*

Parameter	Uppmätt halt (mg/kg TS)	Jämförelsevärden (mg/kg TS)			Källa
		Naturvårdsverkets riktvärden förorenade områden, mark		Bakgrundshalter / Övrigt	
		Känslig Markanvändning (KM)	Mindre Känslig Markanvändning (MKM)		
Alifater >C8-C10	43	10/100	1000		Oljor i bl.a. fordon
Alifater >C16-C35	<b>140</b>	100	1000	Mark i städer ca 10	
Bis(2-	7	-	-	Halt i slam reningsverk 1-6 Halt i sjösediment 0-10 (mkt)	Mjuktgörare i plast och

etylhexyl)ftalat (DEHP)				högre i belastade sjöar) Förslag EU riktvärde avloppsslam åkermark 100	gummi
PAH cancerogena	<b>0,43</b>	0,3		Riktvärde (för PAH totalt) enligt Naturvårdsverket för avloppsslam i åkermark 3	Däck, asfalt mm
PAH övriga	<0,5	20			
<i>Metaller</i>					
Co	4,3	30		Förutom koppar motsvarar halterna naturliga bakgrundshalter i mark (för zink i stadsmiljö) och mineraliska material	Mineraliska material, fordon, vägräcken, avgaser mm
Cr	36	120			
Cu	<b>110</b>	100	200		
Ni	12	35			
Pb	19	80			
V	16	120			
Zn	180	350			

De parametrar som är mest förhöjda och som begränsar användningen av sedimentet är alifater >C16-C35 (dvs. mineralolja), koppar samt PAH cancerogena.

Utgående från Naturvårdsverkets riktvärden för förorenade områden, ligger de just över nivån för känslig markanvändning (KM). Riktvärdena anger egentligen en nivå där sanering kan behövs och inte upp till vilken det är godkänt att "förorena", men inom städer där halterna generellt är förhöjda används riktvärdena i ex. anläggningsprojekt för att ange hur olika massor kan hanteras. Där har man normalt sett "fri användning" för massor med halter under KM. Över KM och upp till MKM får de ofta användas med begränsning inom projektet eller i andra projekt där motsvarande halter godkänns. Det förutsätter dock att det är okej ur teknisk synvinkel. Sedimentet som har analyserats har en låg vattenhalt (torrsubstans på 86%) och skulle därav kunna användas i sådana fall om det är möjligt och finns avsättning.

Alternativ avsättning är ex. omhändertagande som oljehaltigt slam eller att det läggs körs till deponi där de skulle kunna användas som ex. täckmaterial (vilket ger lägre kostnad per ton). Evtuellt kan ett flak funfera som tillfällig deponi enligt Figur 34.

Ett annat alternativ är att rena sedimentet, där mindre partiklar till vilka föroreningarna i huvudsak binder, avskiljs från större partiklar varvid det senare kan användas fritt. Det förutsätter dock stora mängder sediment samt att det finns en högre andel stora partiklar.

Spolvatten

*Parametrar med förhöjda halter i genomförda analyser samt olika jämförelsevärden.*

Parameter	Uppmätt halt	Jämförelsevärden				Källa	
		Naturvårdsverkets riktvärden förorenade områden, grundvatten	Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för sjöar		Klassificering dagvatten Sth (2001)		Övrigt
			Bedömning halt	Bakgrundshalter sjöar södra Sverige			
Tetrakloreten	2 µg/l				-	Bedömningskriterier SLV dricksvatten, otjänligt, 10 µg/l (inkl. trikloreten)	?

Alifater >C12-C16	0,03 mg/l	0,1 mg/l			<0,5 mg/l		Oljor i bl.a. fordon
Alifater >C16-C35	0,11 mg/l						
N-nitrosdifenylamin	0,24 µg/l				-	*	?
Dietylftalat	0,44 µg/l				-	*	Mjukgörare i plast och gummi
Dibutylftalat	0,32 µg/l					Dricksvatten bergbrunnar <0,1-0,3 µg/l Dagvatten 2-60 µg/l	
PAH Övriga	0,15-<0,3 µg/l	0,01 µg/l			<1 µg/l	PAH totalt i dagvatten vägar 0,1-10 µg/l (snitt mer trafikerade vägar ca 1 µg/l)	Däck, asfalt mm
<b>Metaller</b>	µg/l						
As	2		Låga	0,2			Mineraliska material, fordon, vägräcken, avgaser mm
Cr	3,5		Låga	0,2	<15 µg/l		
Cu	1,5		Låga	0,5	<9 µg/l		
Ni	5,2		Låga	0,4	<45 µg/l		
Pb	2,2		Måttliga	0,24	<3 µg/l		
V	5,3		Låga	0,2	-		
Zn	14		Låga	2	<60 µg/l		

\*N-nitrosdifenylamin och Dietylftalat är idag inte klassade som farliga (för miljö och hälsa) enligt Kemikalieinspektionen. Dibutylftalat som förekommer i ungefär samma halt är betydligt farligare (klassat som reproduktionstoxiskt och miljöfarligt) och används därför som utgångspunkt för jämförelsevärden.

Halterna av olika föroreningar i spolvattnet är generellt låga, där halterna av alifater och PAH övriga är de mest förhöjda utifrån naturliga bakgrundshalter i vatten i naturen. Spolvattnet skulle kunna karakteriseras som ett rent dagvatten.

En anledning till att halterna är så pass låga är att det mesta av föroreningarna binder till finpartiklarna och återfinns i sedimentet.

Med hänsyn till de låga halterna borde spolvattnet kunna tas omhand i befintligt dagvattennät inom ex. Stockholm (efter överenskommelse med Sth Vatten) med avledning till Henriksdal eller annan recipient. Som jämförelse kan nämnas att i pågående upphandling för Norra Länken entreprenad NL12 tillåts enligt angivna krav länsvatten att avledas till Brunnsviken om de ligger under halter för "låga" enligt klassificering av dagvatten i Stockholm enligt tabellen ovan.



**Figur 34.** Flak för tillfällig deponi på arbetsplats..

## **4.8 Relevanta funktionskrav**

Att kunna formulera relevanta funktionskrav på provkroppar eller färdig beläggning av TA3, TA6 och TA9 är angeläget men svårt. Mätmetoder för t.ex. buller är fortfarande komplexa och kräver explicita mätförhållanden. Olika metoder mäter också buller på olika sätt och ger därför olika värden. Gemensamt är dock att de mäter buller på den bullerreducerande beläggningen och jämför det med bulleralstringen på en referensyta. Referensen kan bestå av antingen en gammal befintlig beläggning eller en nylagd yta. Under det senaste året har några referensbeläggningar plötsligt blivit tystare vilket inte kan förklaras helt ut. Detta bör dock beaktas när en referens används för att relatera bullerreduktionen för någon beläggning. Eftersom buller är en av de främsta egenskaperna för att välja tyst asfalt är det viktigt att ta fram relevanta och realistiska bullervärden i förhållande till en fiktiv eller verklig referensyta. En sådan referensytan bör företrädevis innehålla likvärdigt material som man skulle ha lagts om det valet inte blir en bullerreducerande beläggning. Bullerreduktion är alltid satt i förhållande en referensyta! Det finns inga absolutvärden i dB(A) som Tyst Asfalt eller annan åtgärd kan ställas mot.

Det är även svårt att ställa relevanta funktionskrav på t.ex. slitstyrka, stabilitet och vattenkänslighet då tillförlitliga metoder saknas för öppna beläggningar och då de är svåra att mäta. Kraven måste formuleras på annat sätt än för täta slitlager med funktionskrav.



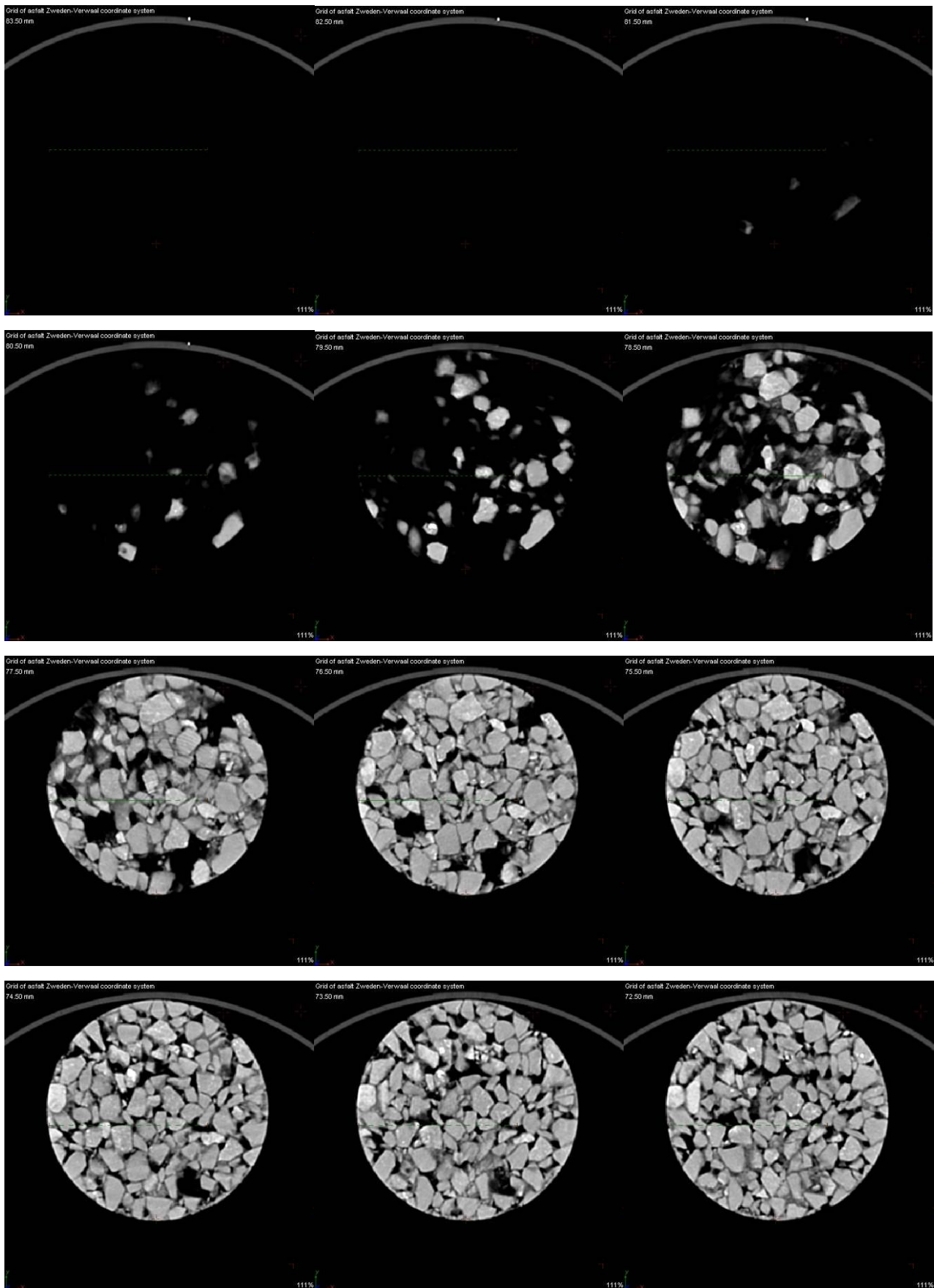
## Referenser

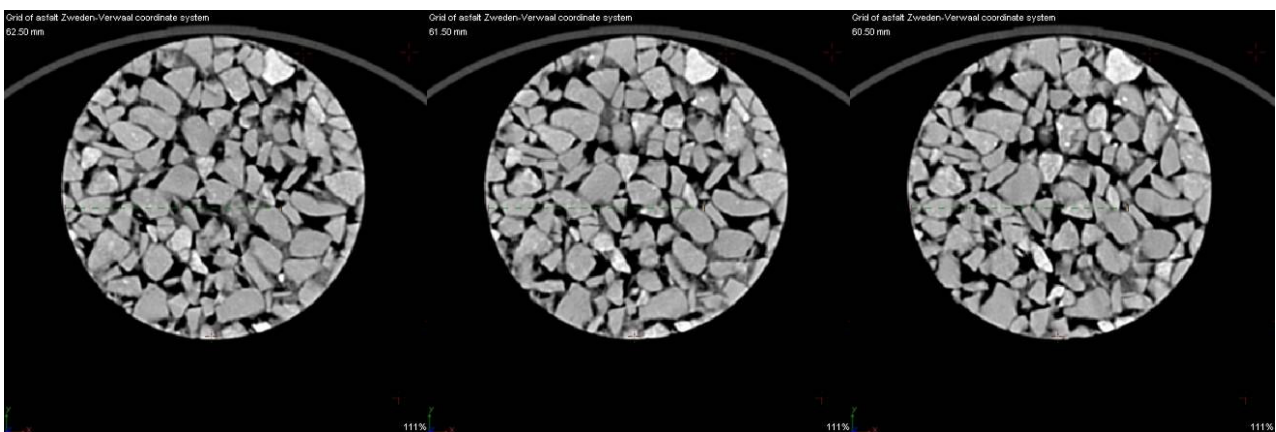
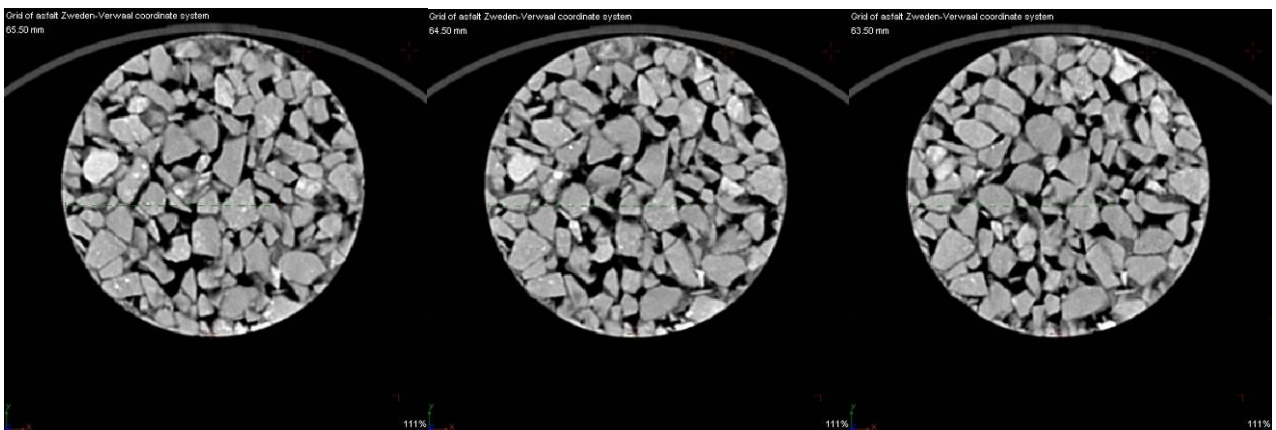
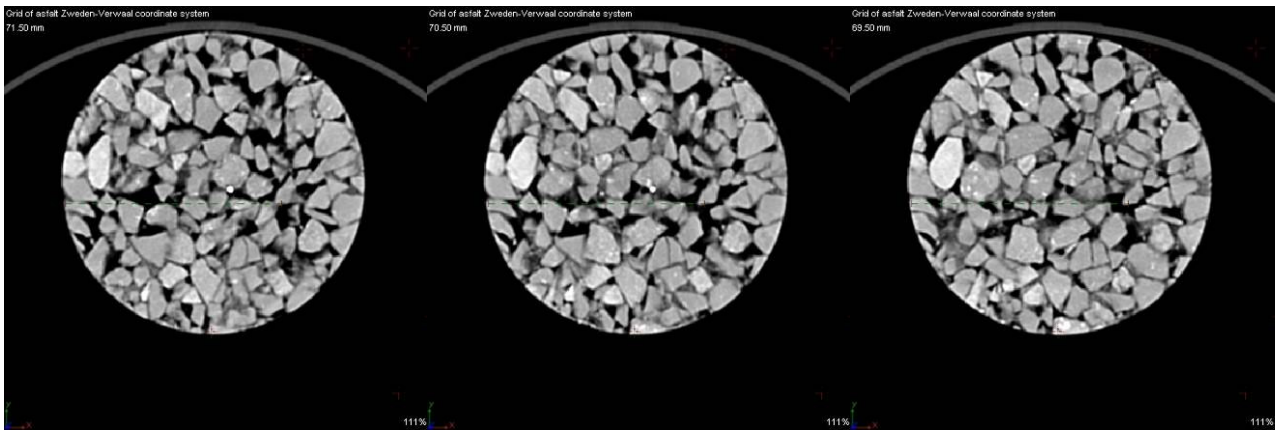
- [1] Nilsson, R, "Bullerdämpande beläggningar – Utvärdering & uppföljning av provsträckor på E18 och E4", SBUF Rapport 11640, 2009. Se [www.sbuf.se](http://www.sbuf.se)
- [2] Sandberg, U. and Ejsmont, J. A., "Tyre/Road Noise Reference Book", Informex, 2002, SE-59040 Kista, Sverige. Se [www.informex.info](http://www.informex.info)
- [3] EU-projekt SILVIA, "Guidence Manual", 2006. Hemsida: [www.trl.co.uk/silvia/](http://www.trl.co.uk/silvia/)
- [4] EU-projekt SILENCE. Hemsida: [www.silence-ip.org/](http://www.silence-ip.org/)
- [4] Nilsson, R, et. al., " Design guidelines for durable, noise-reducing pavements",. SILVIA Project Report SILVIA-SKANSKA-018-01-WP4-231105, 2005. Se [www.trl.co.uk/silvia/](http://www.trl.co.uk/silvia/)
- [5] Nilsson, R, et. al., " Design guidelines for durable, noise-reducing pavements",. SILVIA Project Report SILVIA-SKANSKA-018-01-WP4-231105, 2005. Se [www.trl.co.uk/silvia/](http://www.trl.co.uk/silvia/)
- [6] Personlig kontakt med Ulf Sandberg, VTI.

## Bilagor

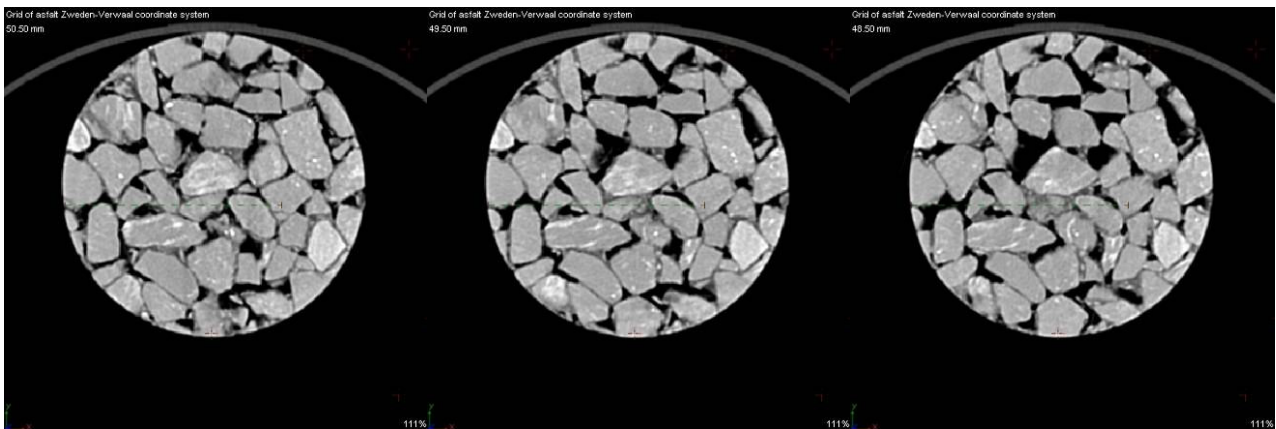
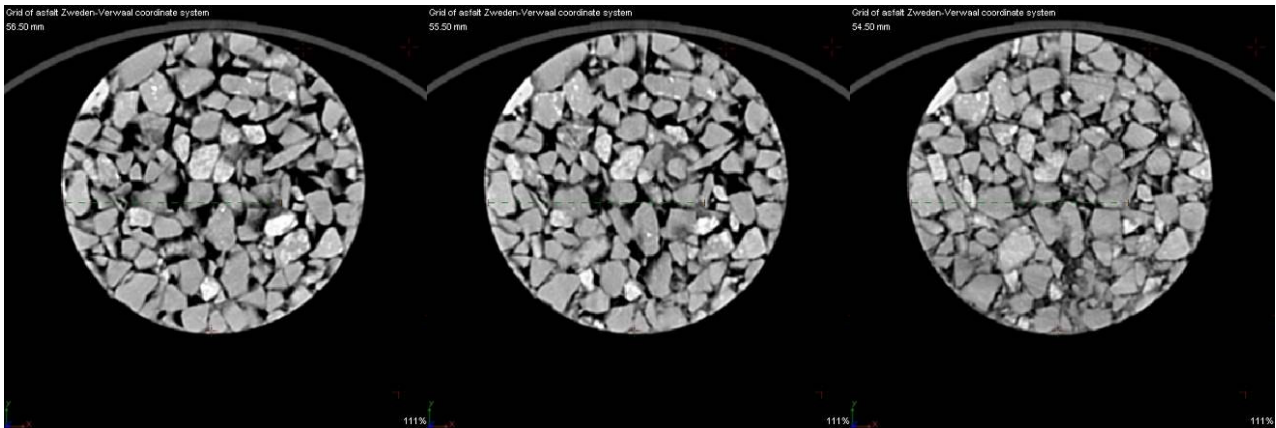
- Bilaga 1 E18 Järvastaden – X-ray tomografi bilder
- Bilaga 2 E4 Söder – X-ray tomografi bilder
- Bilaga 3 E4 Norr – X-ray tomografi bilder
- Bilaga 12 Rambull, Bullermätningar E4 (200
- Bilaga 10 AnalyCen, Analysrapporter (2006-2009)

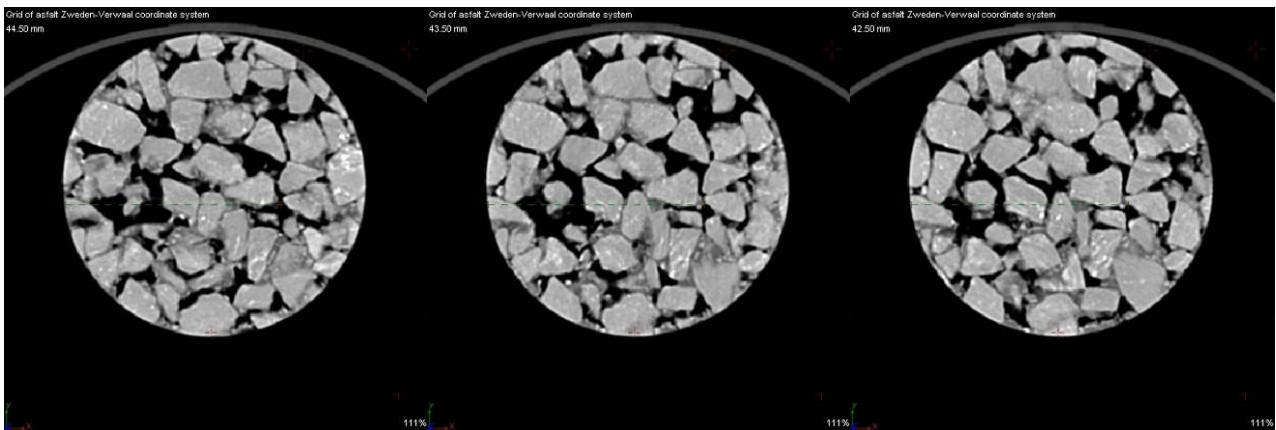
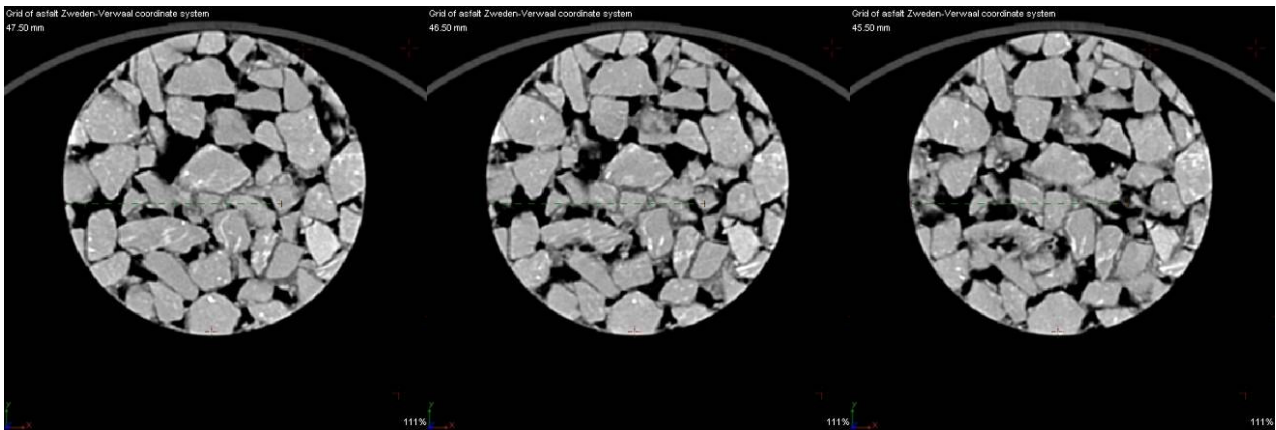
# BILAGA 1: E18 Järvastaden



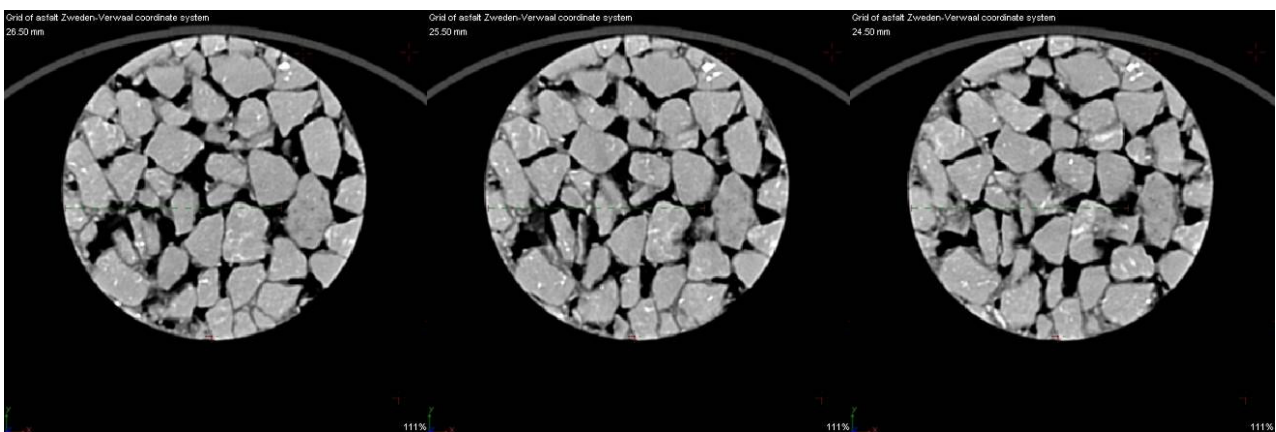
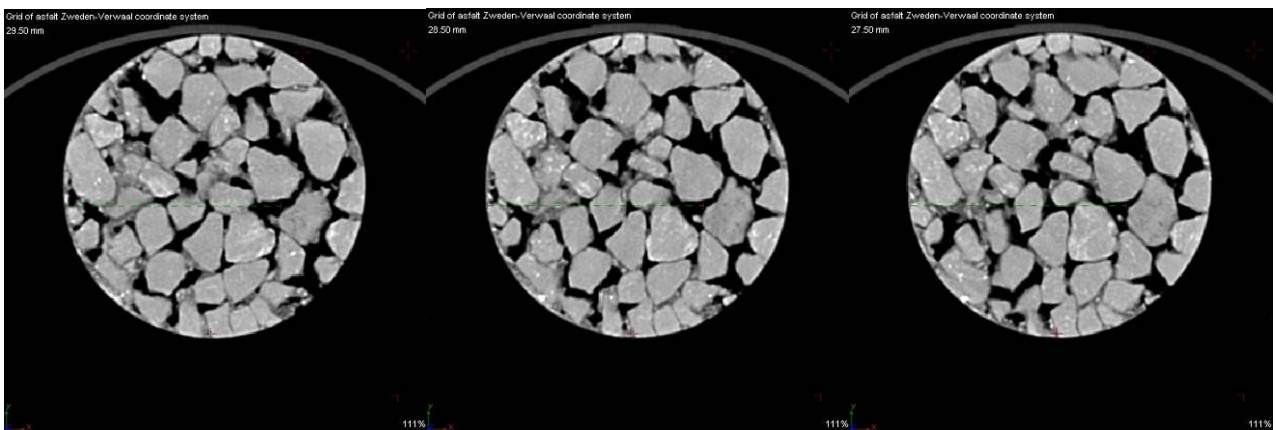
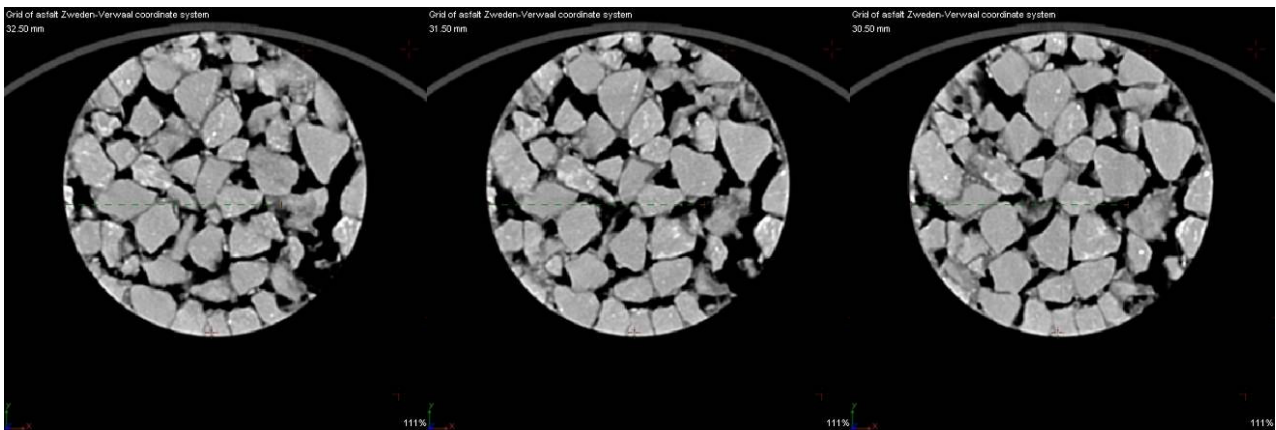
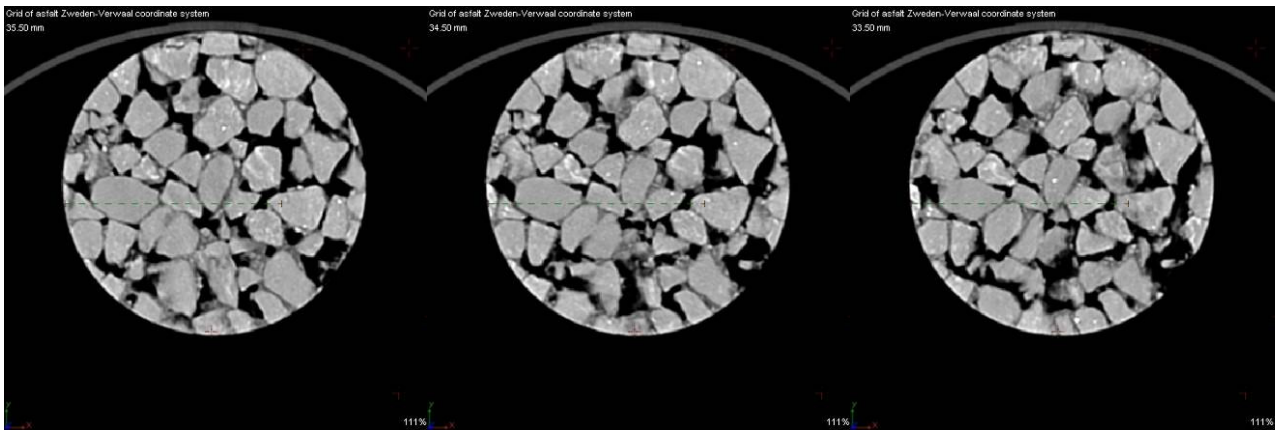


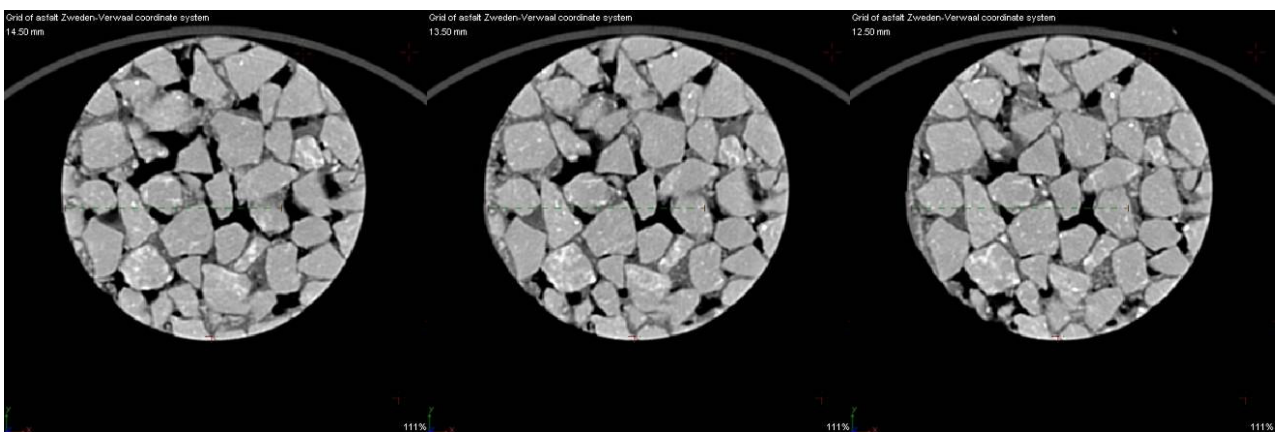
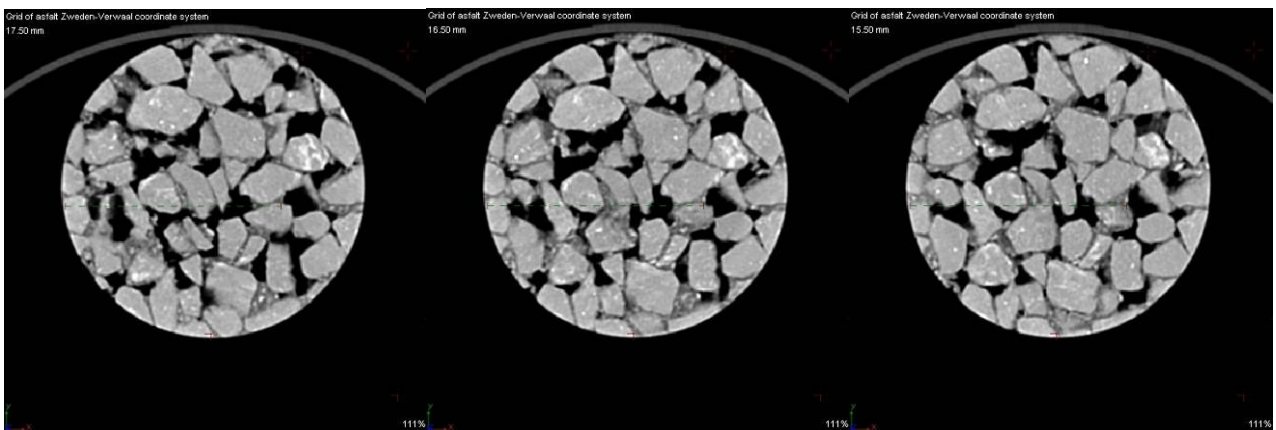
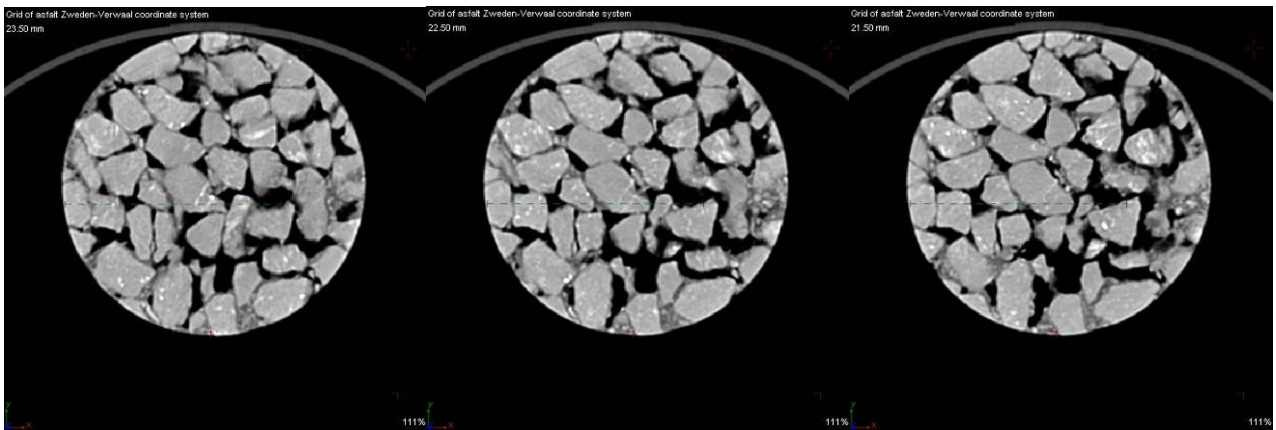


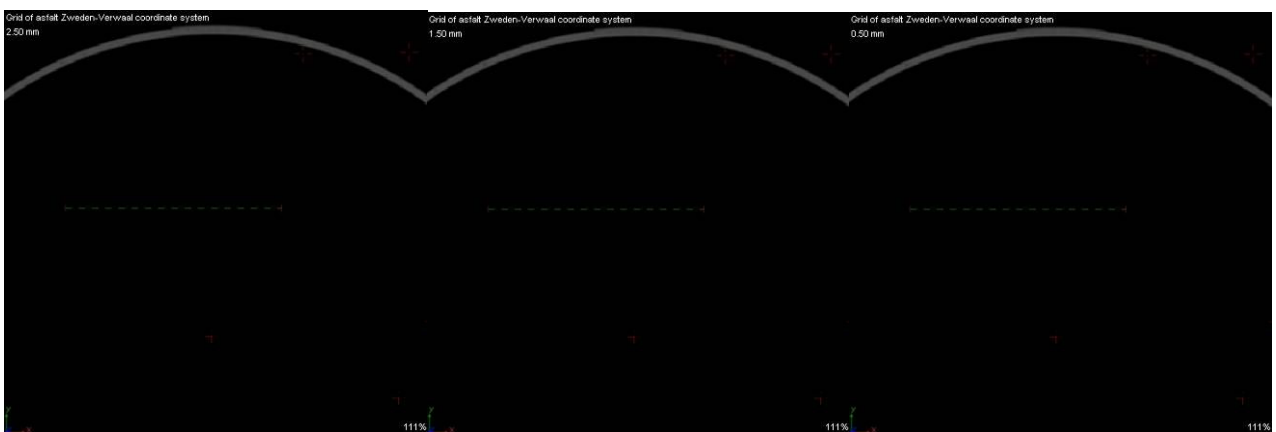
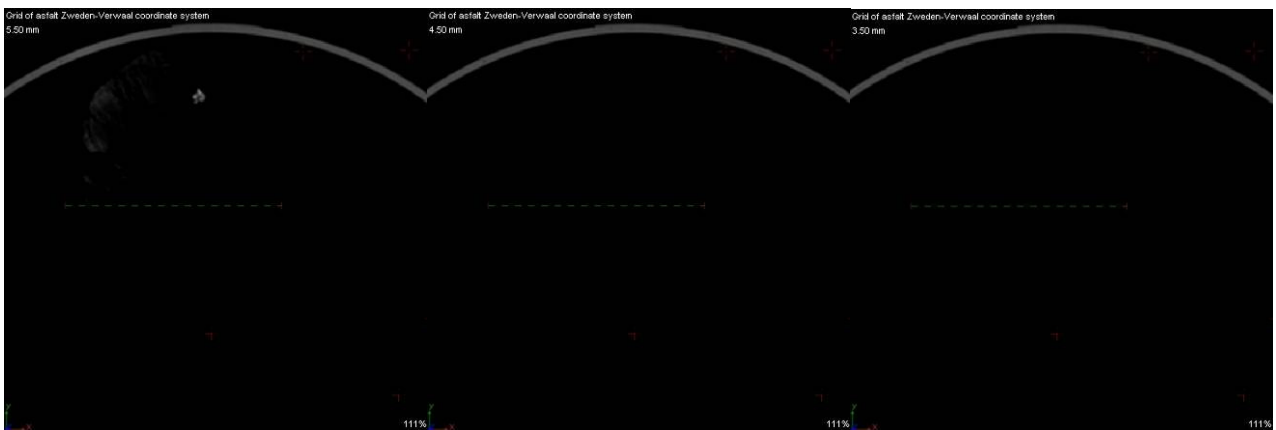
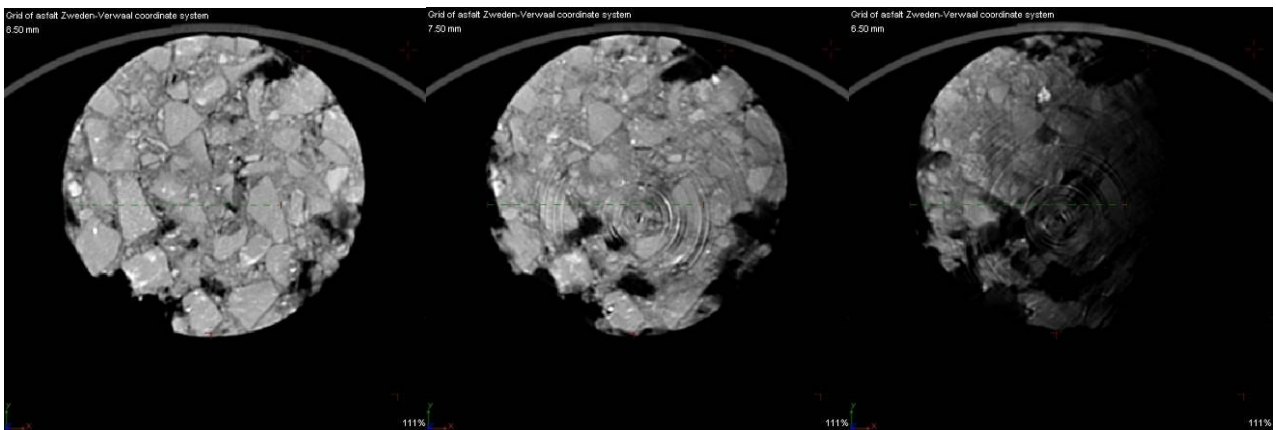
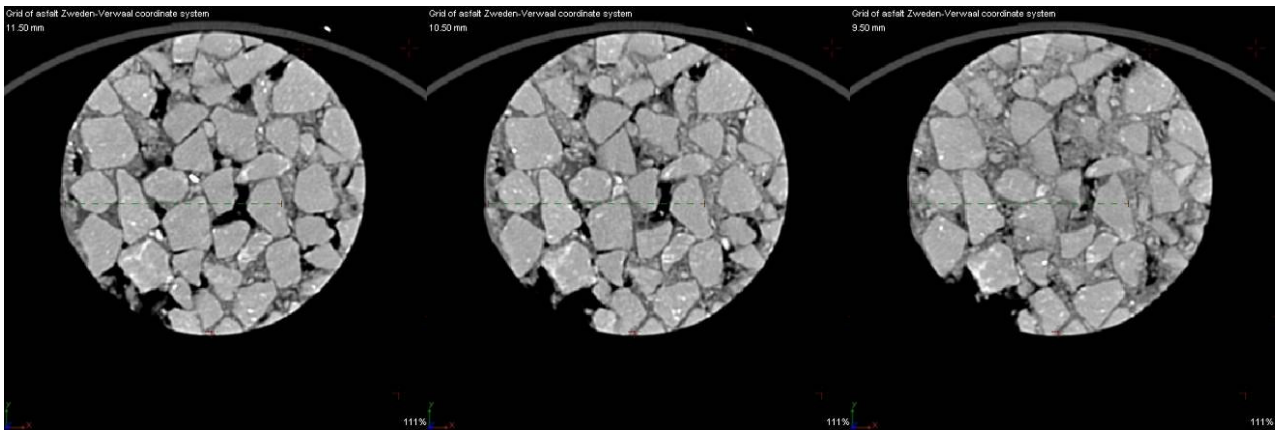






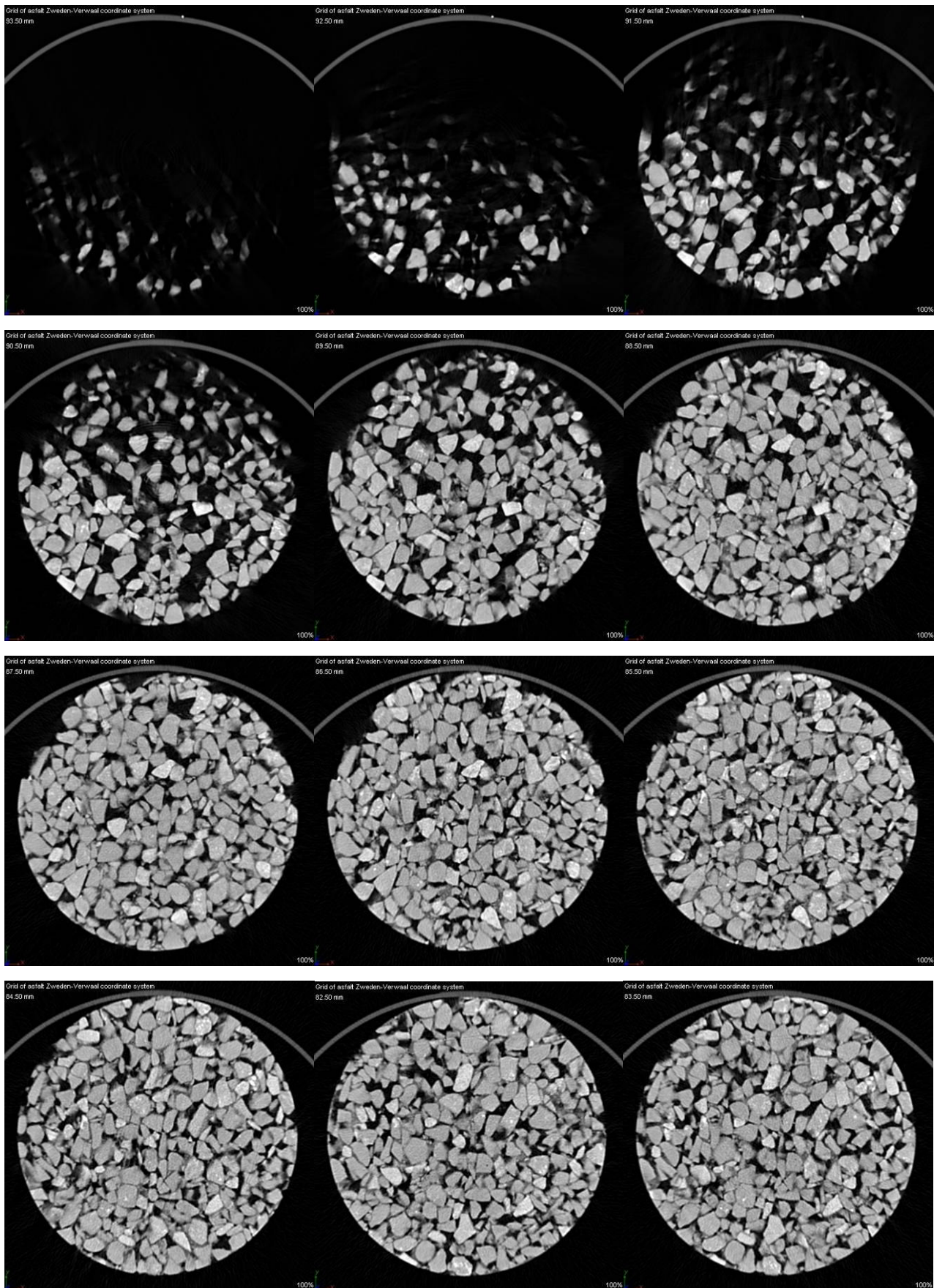




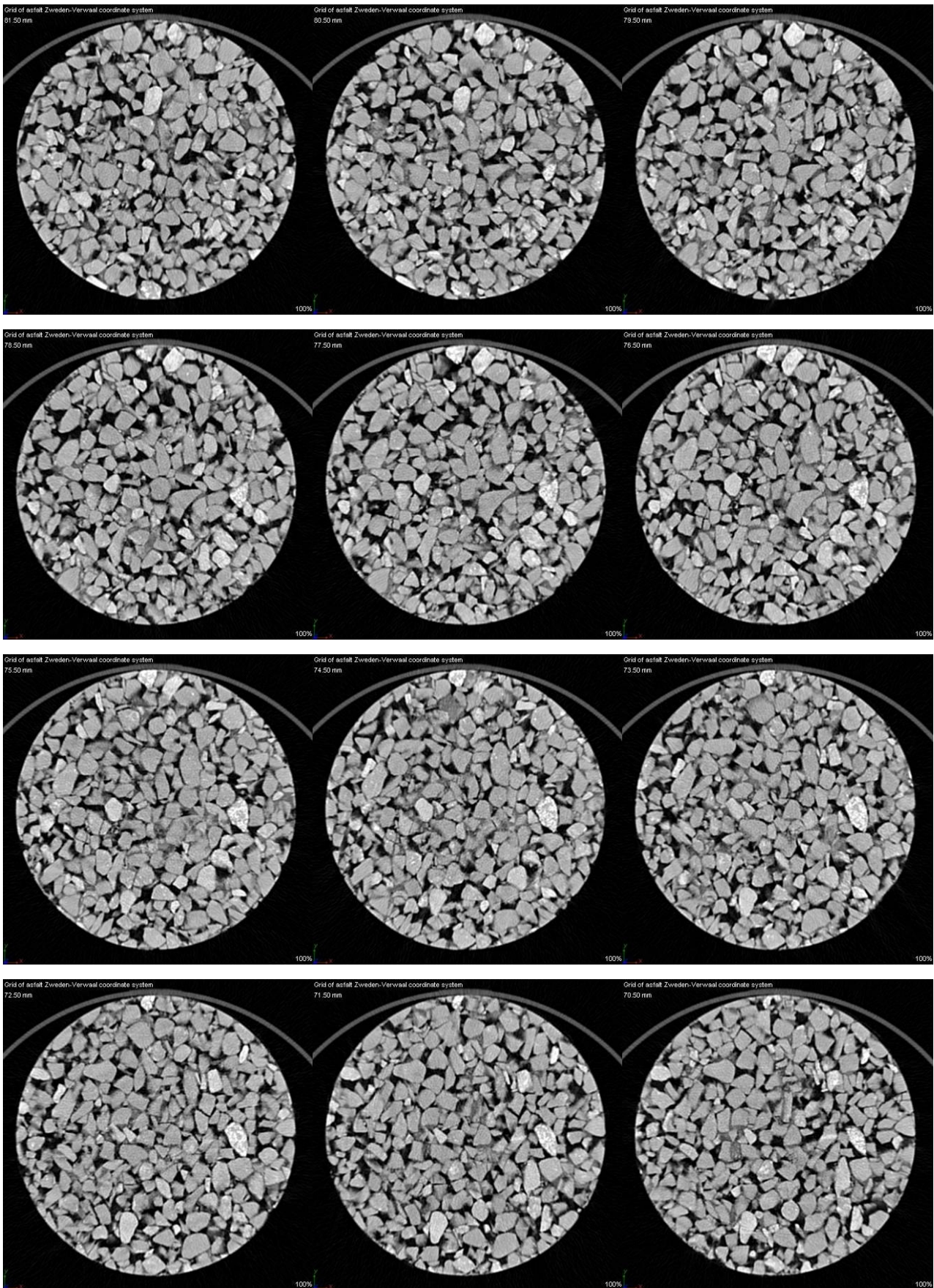




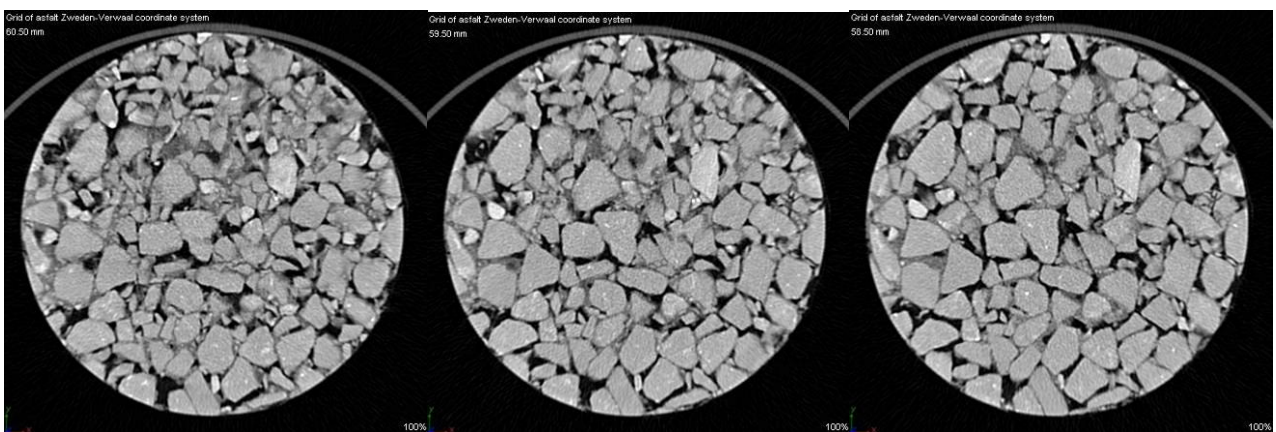
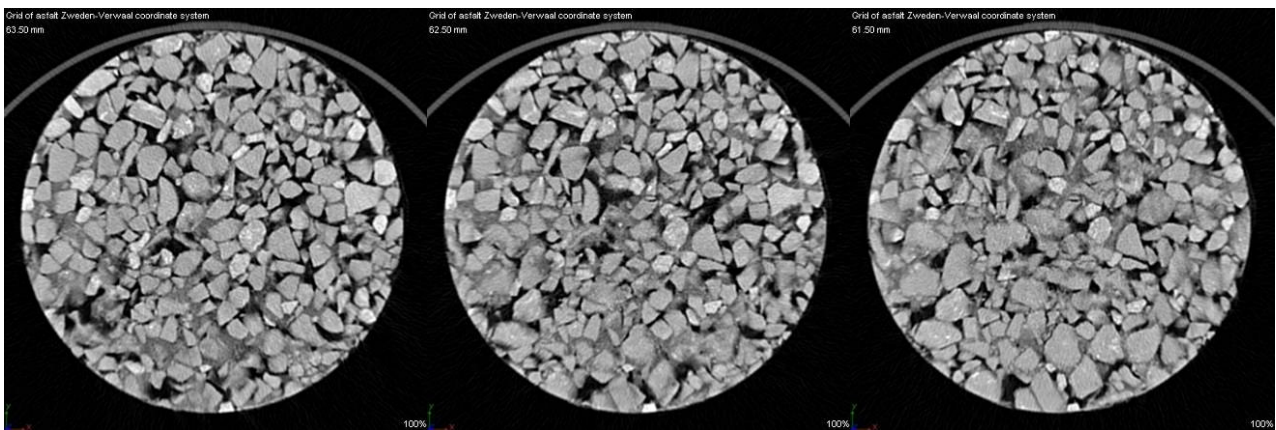
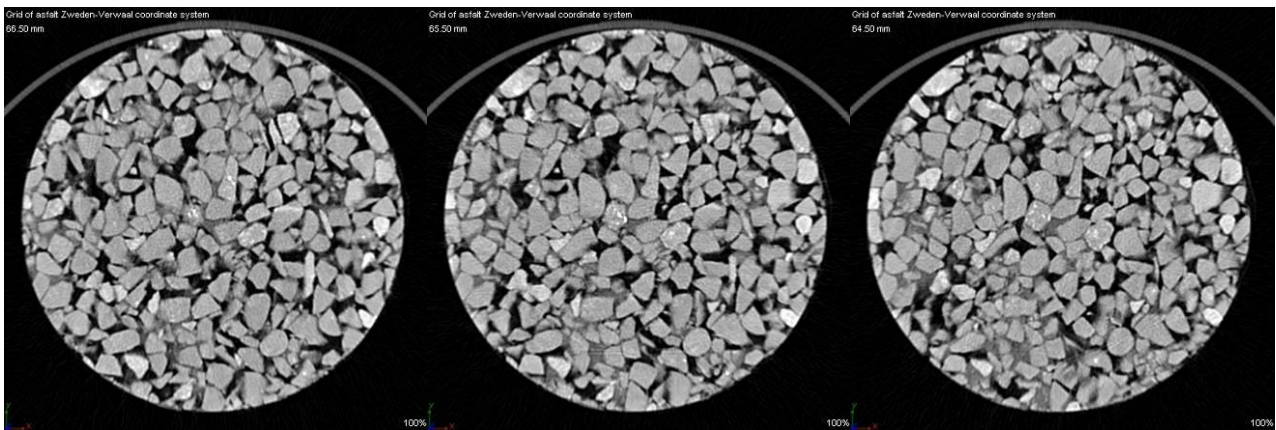
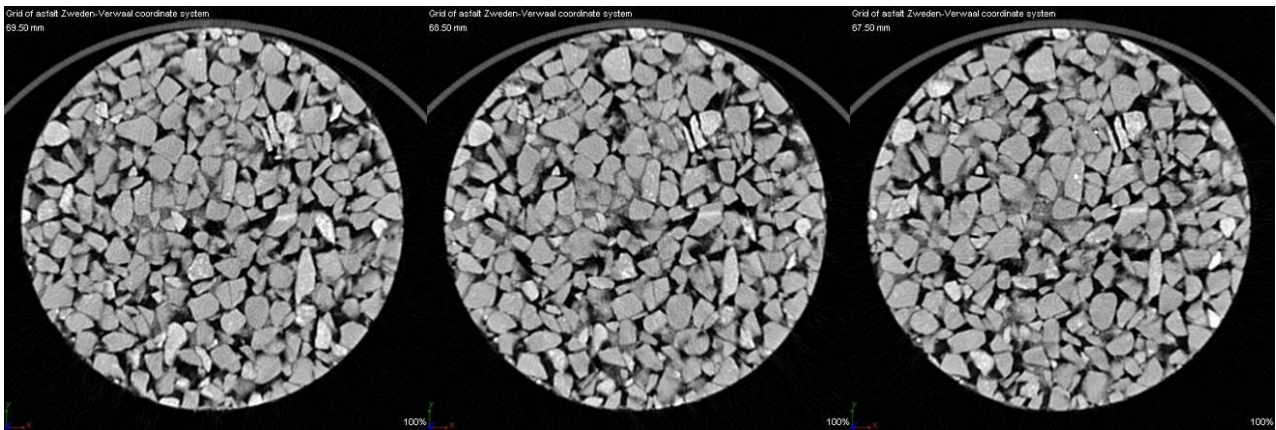
## BILAGA 2: E4 Söder



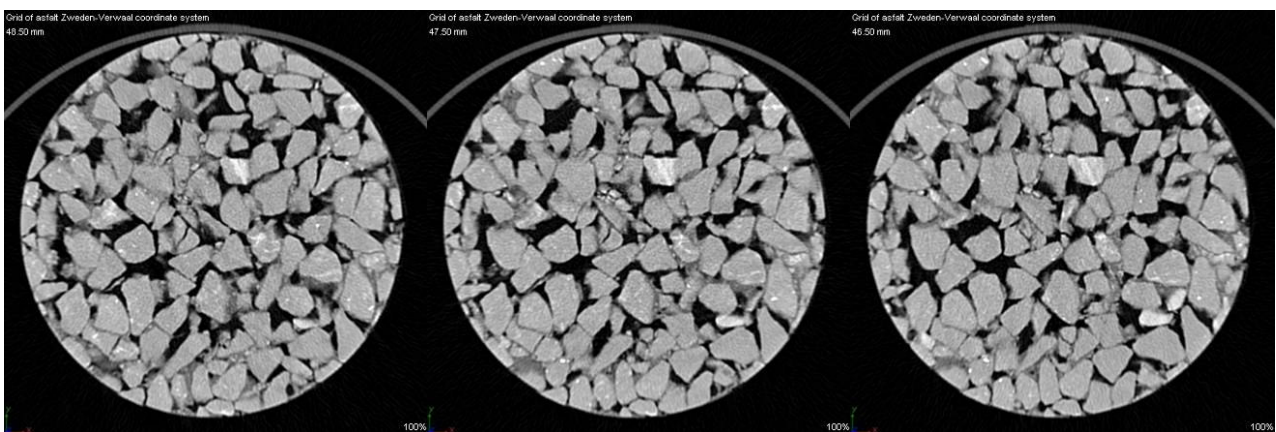
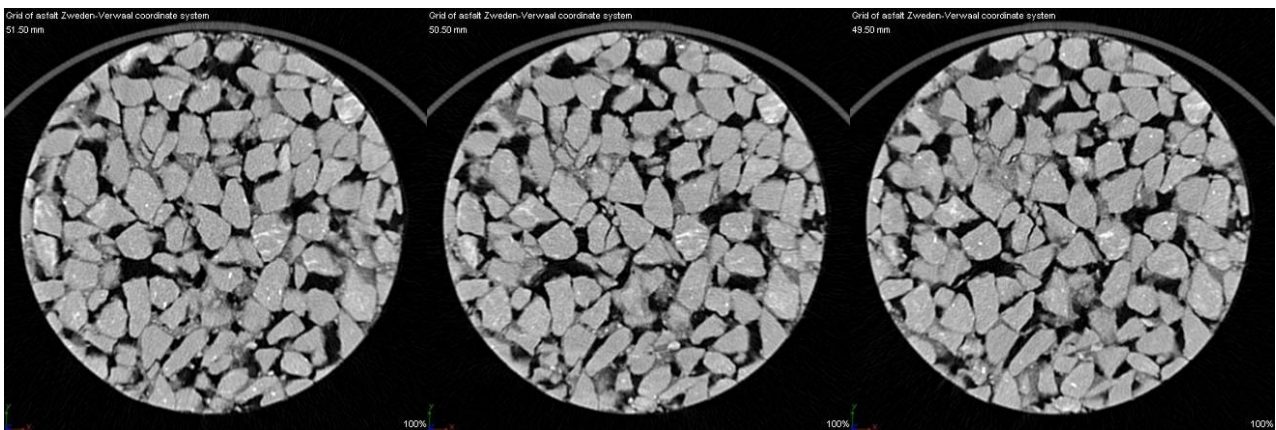
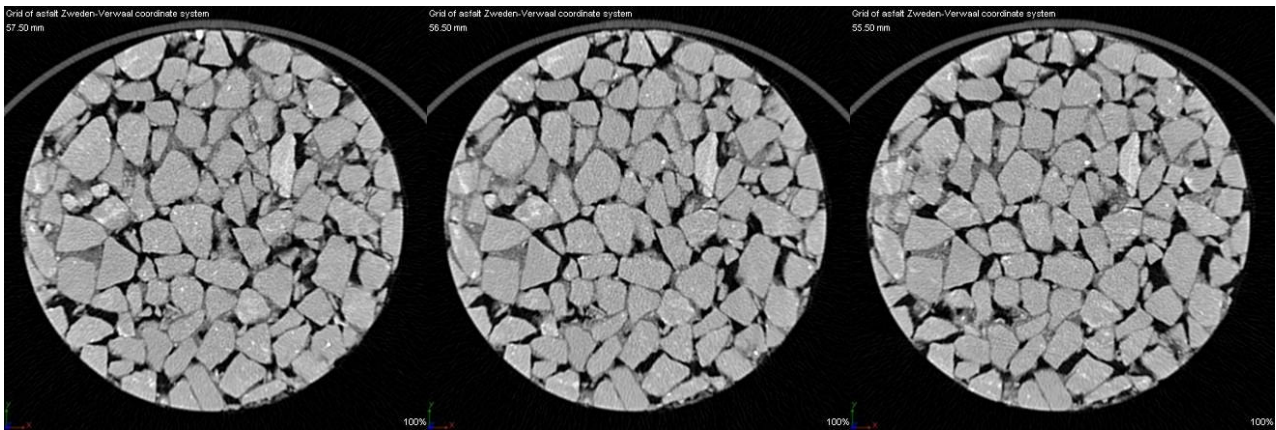




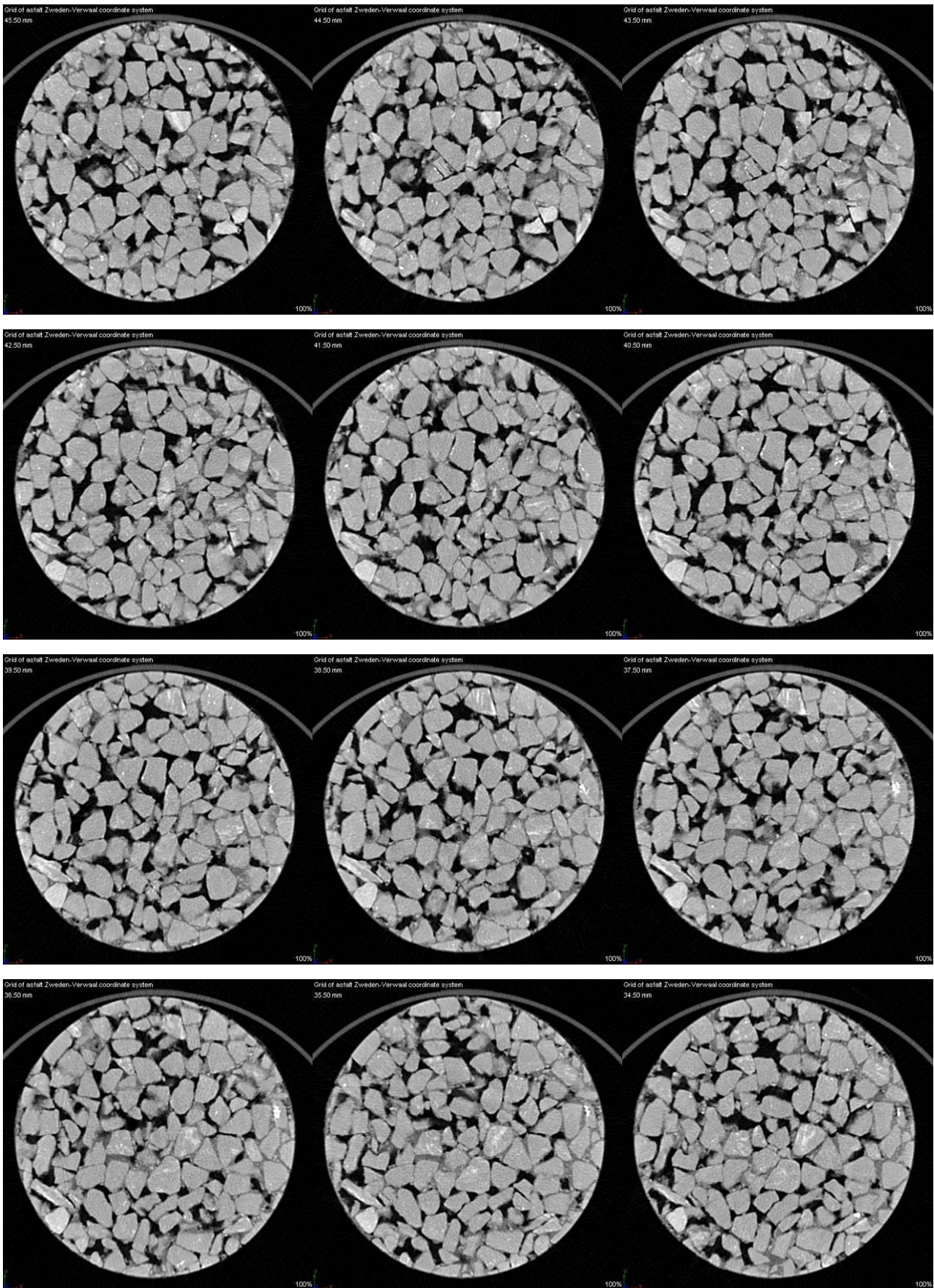




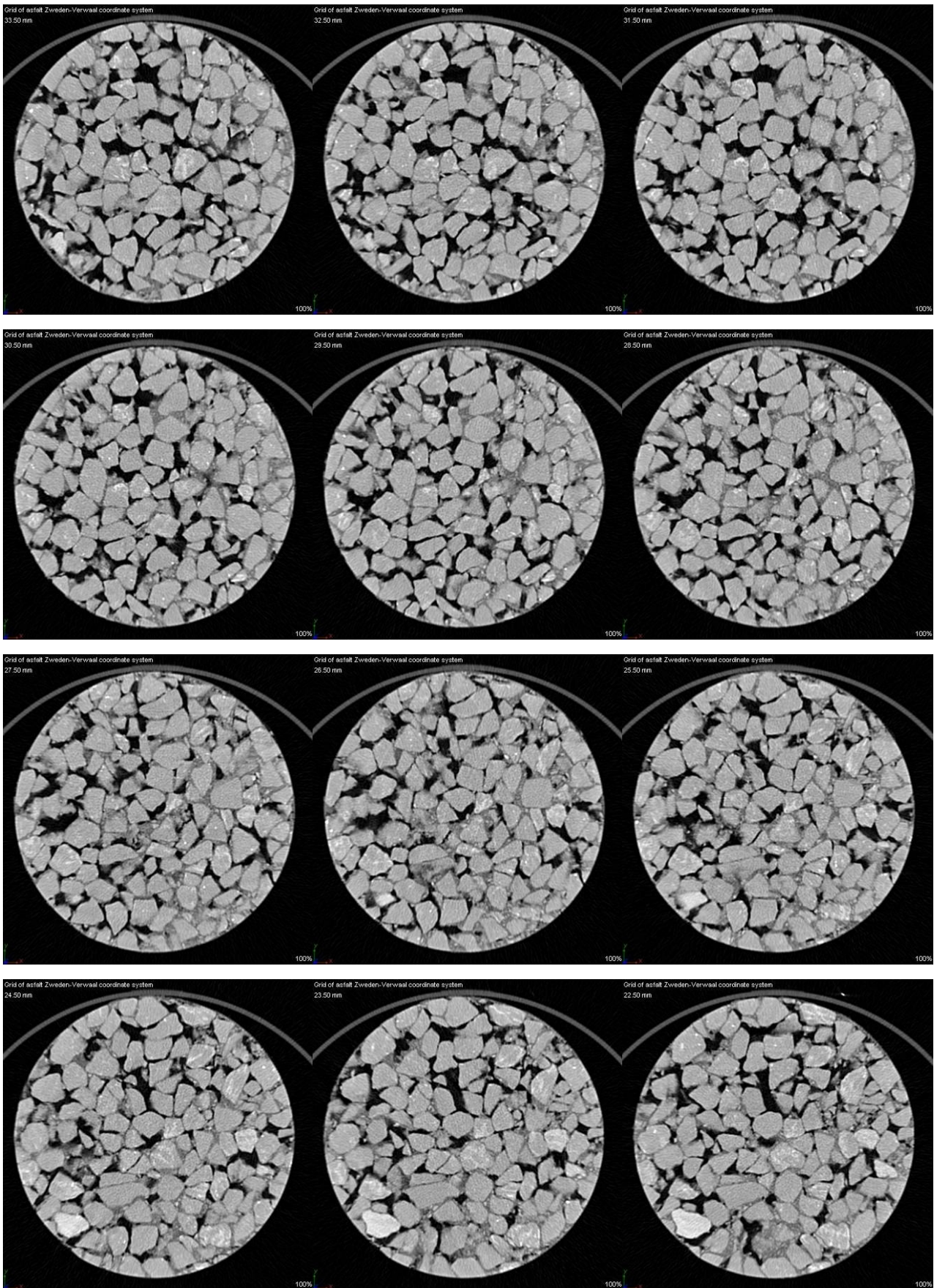




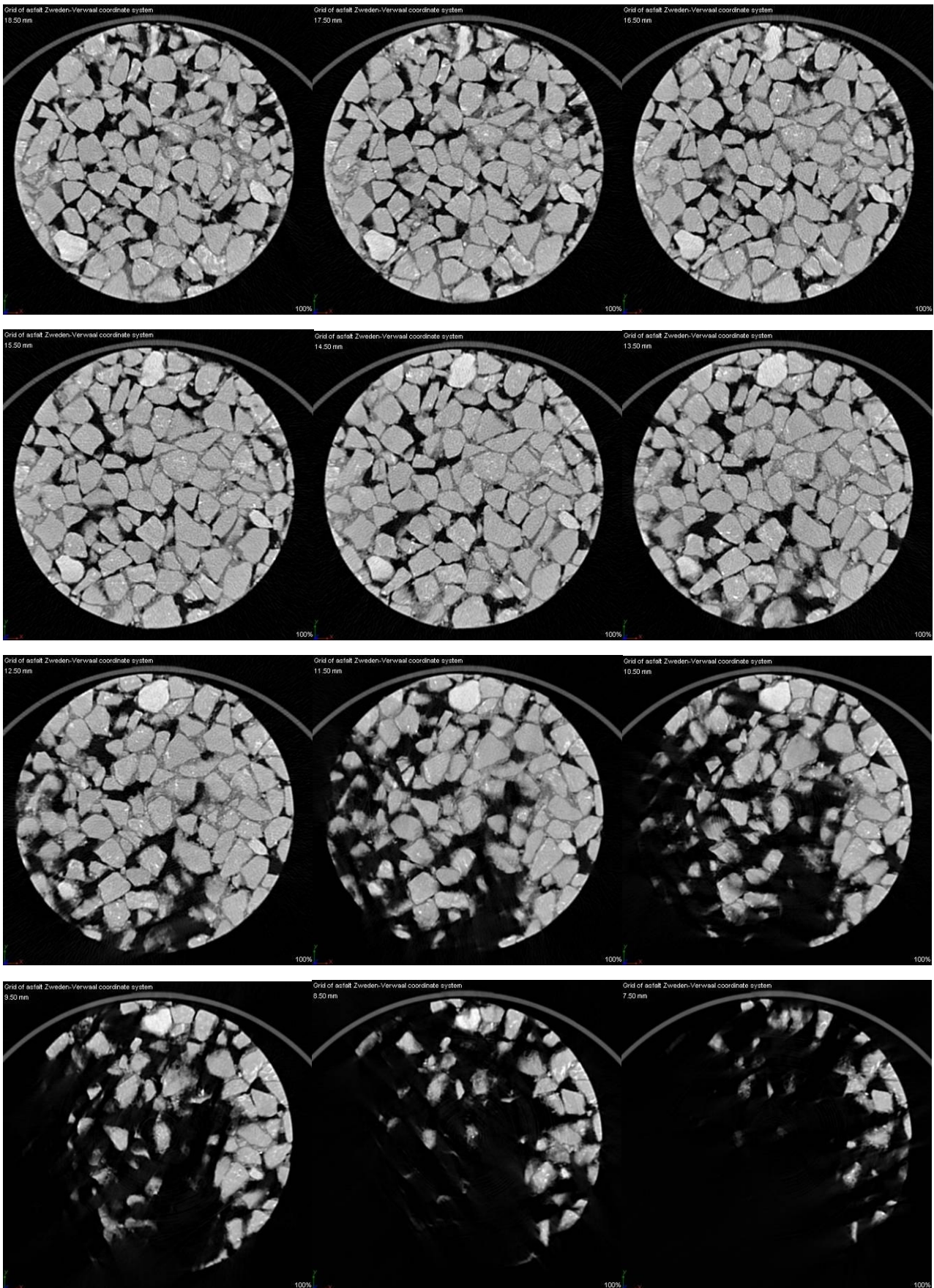








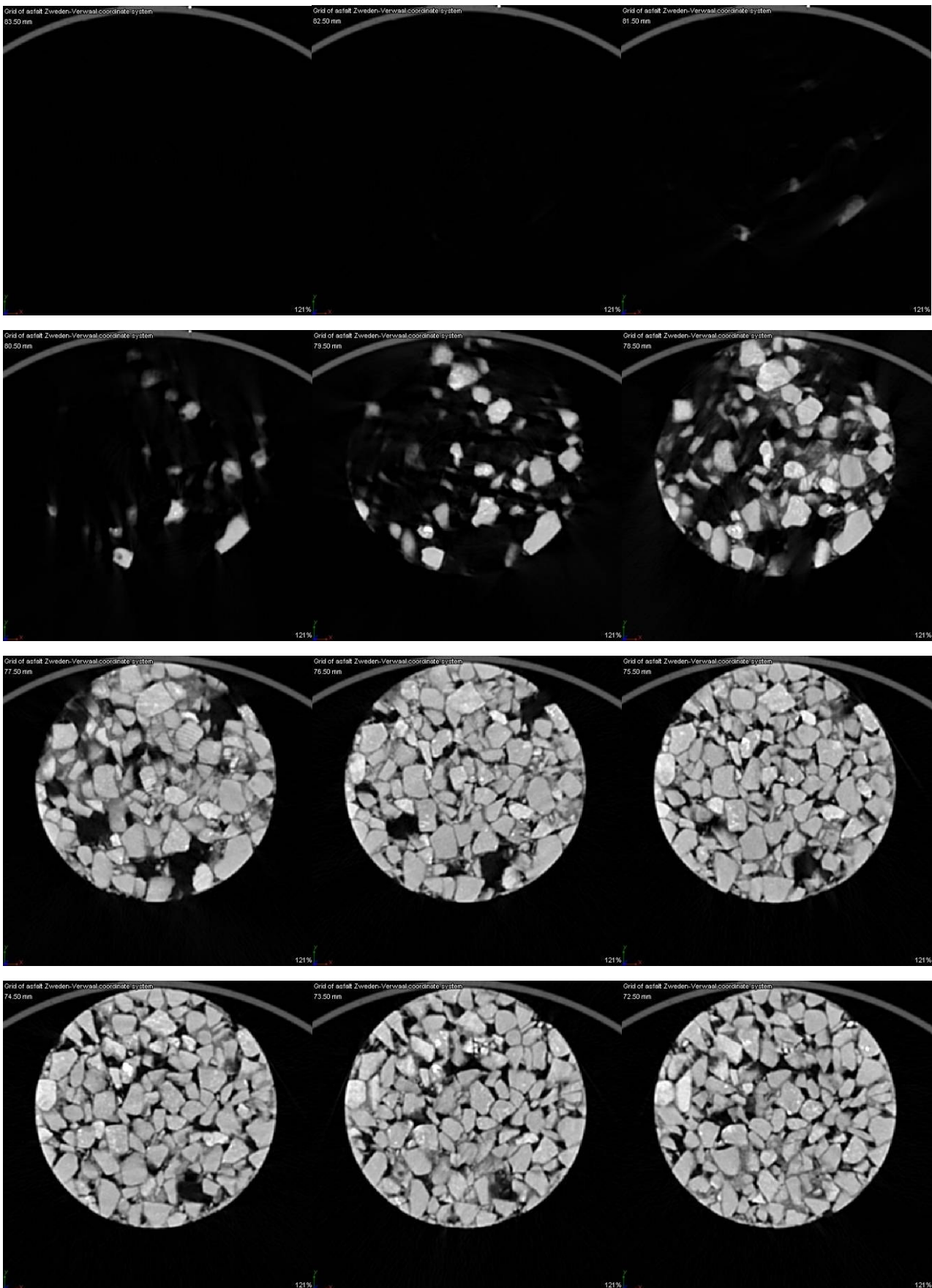


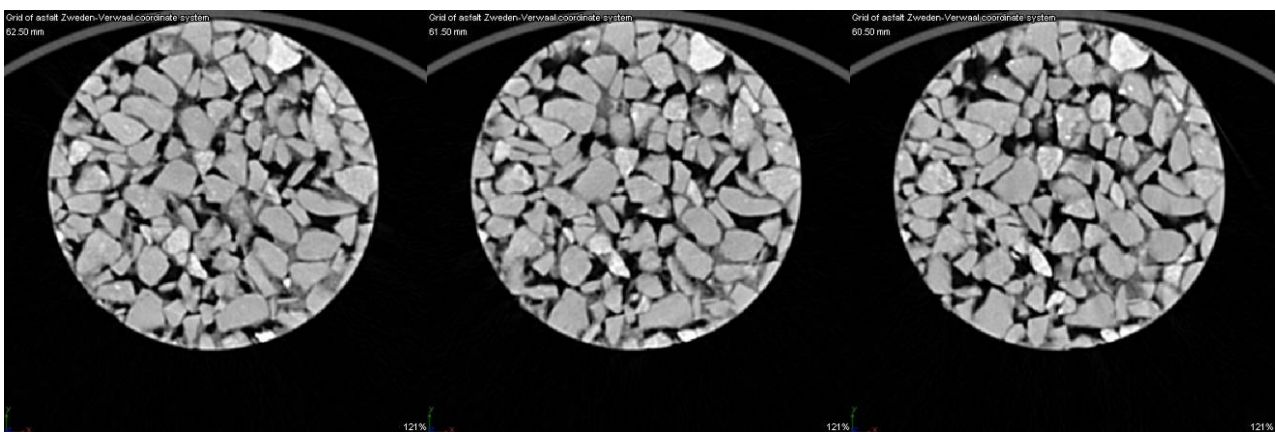
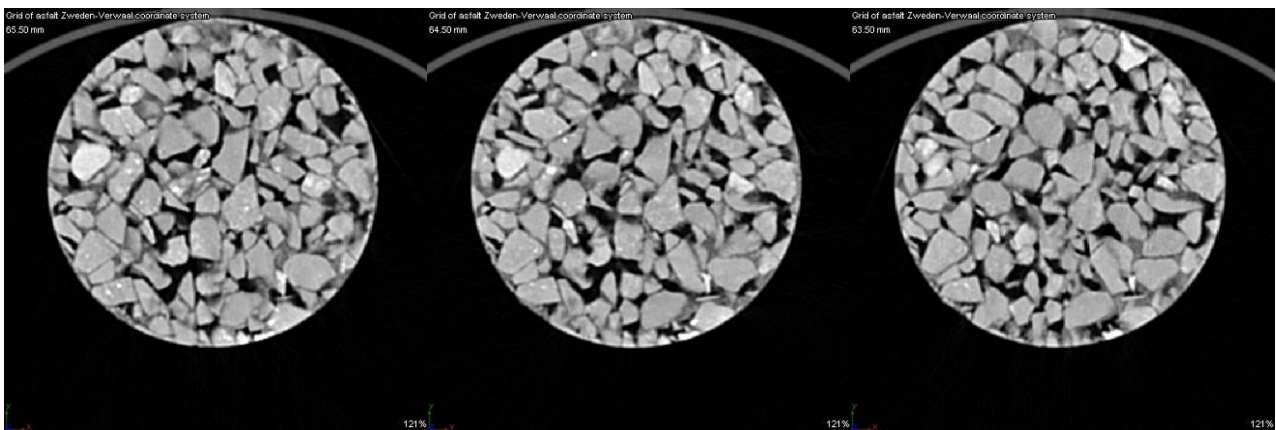
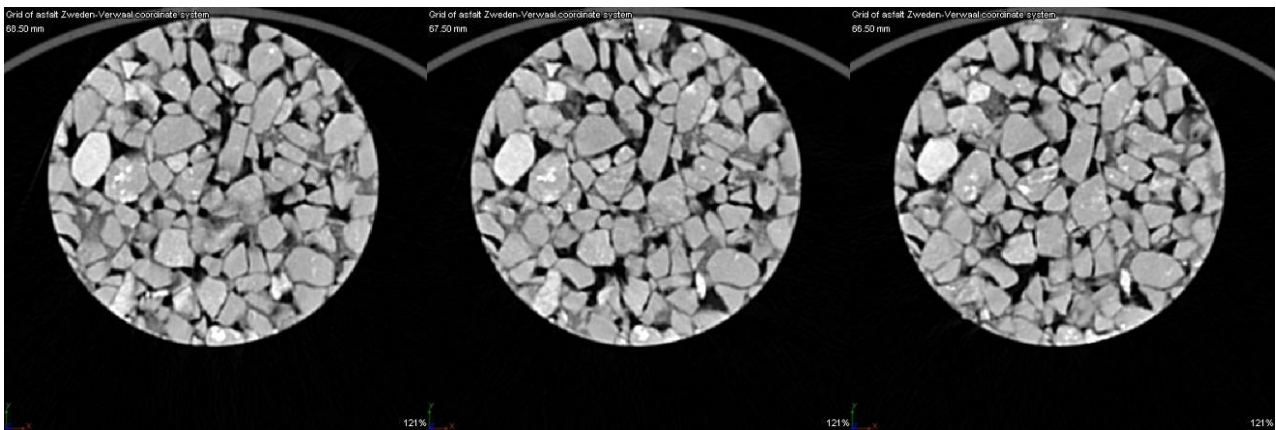
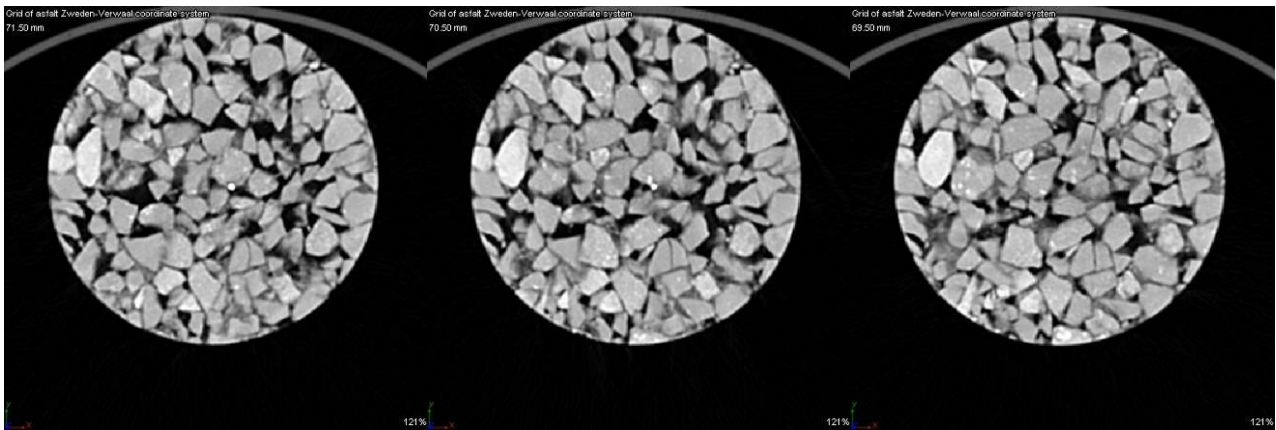




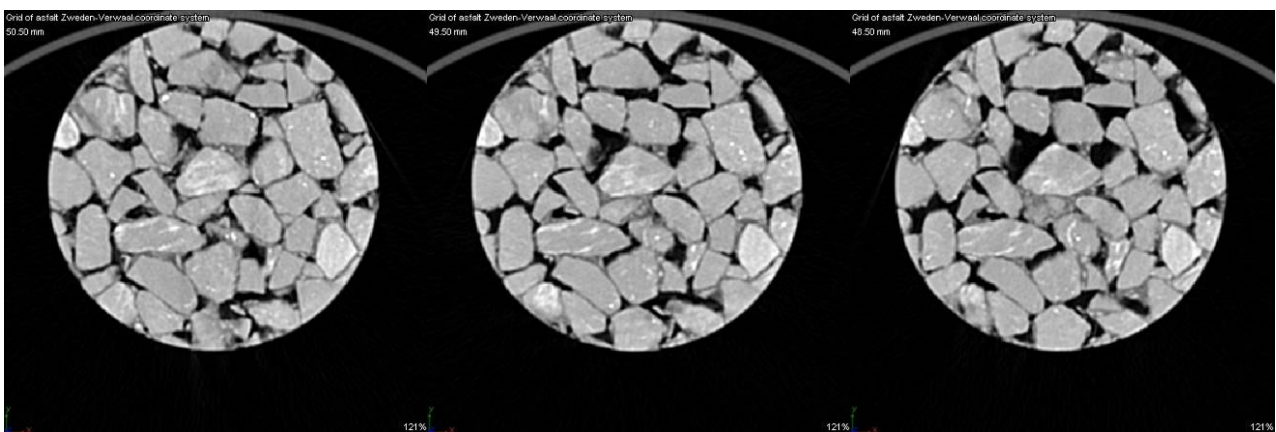
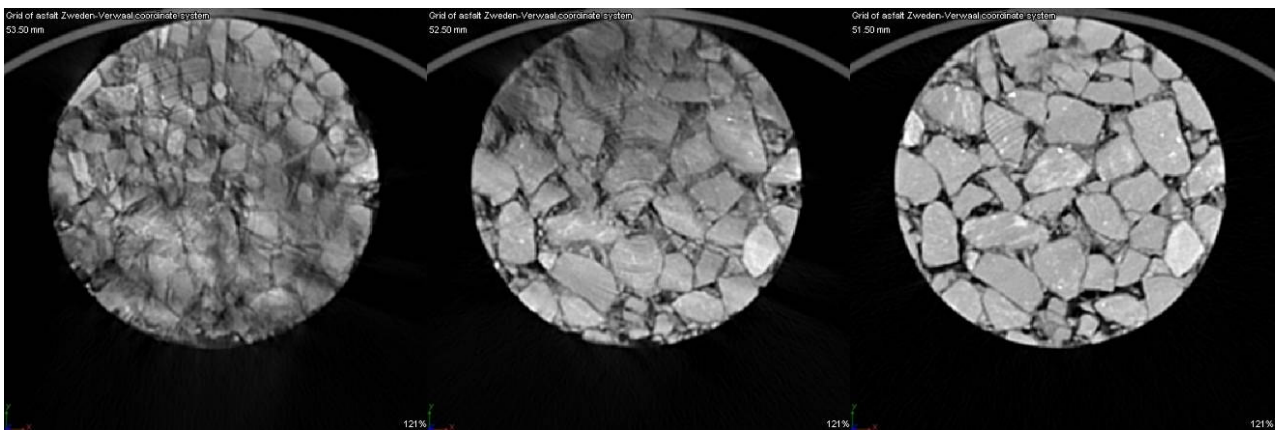
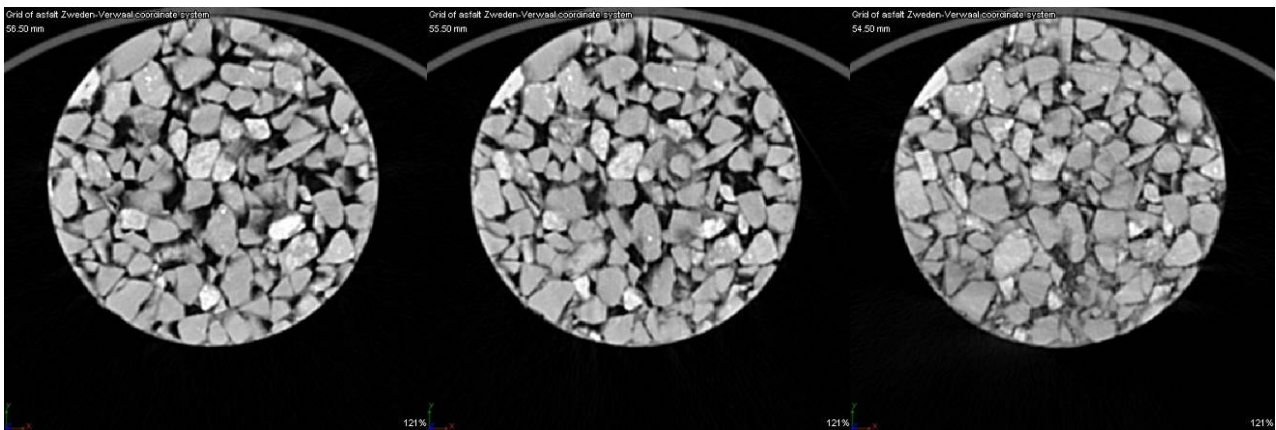
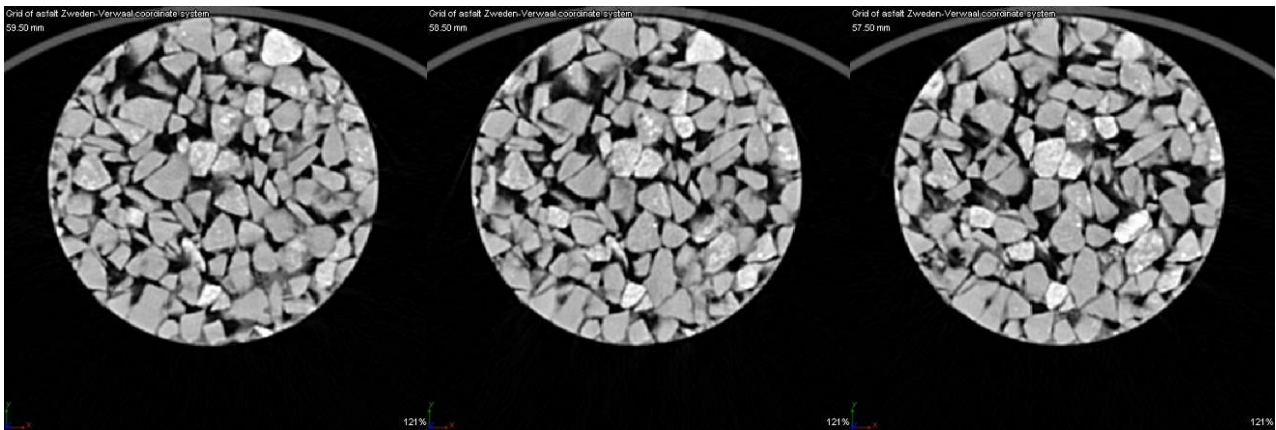


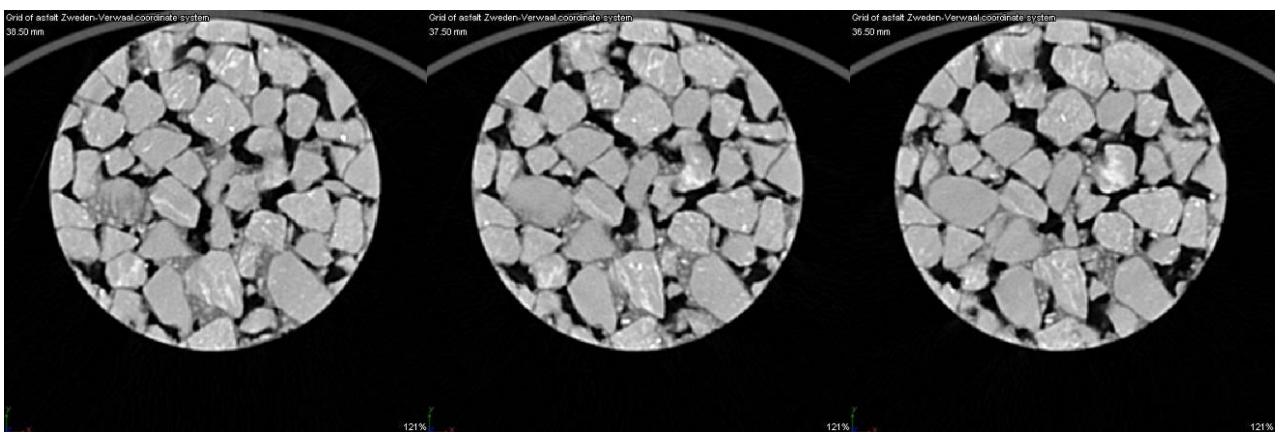
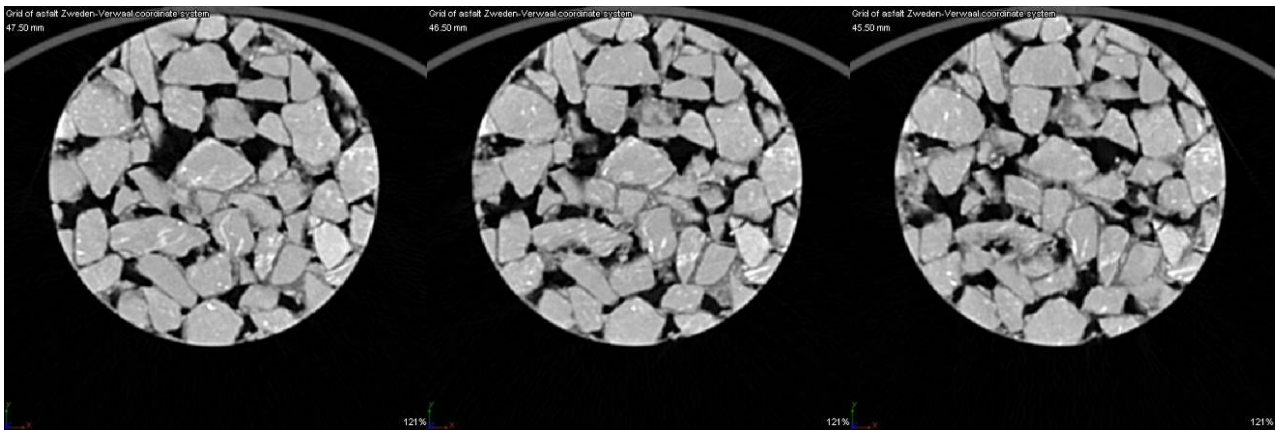
# BILAGA 3: E4 Norr



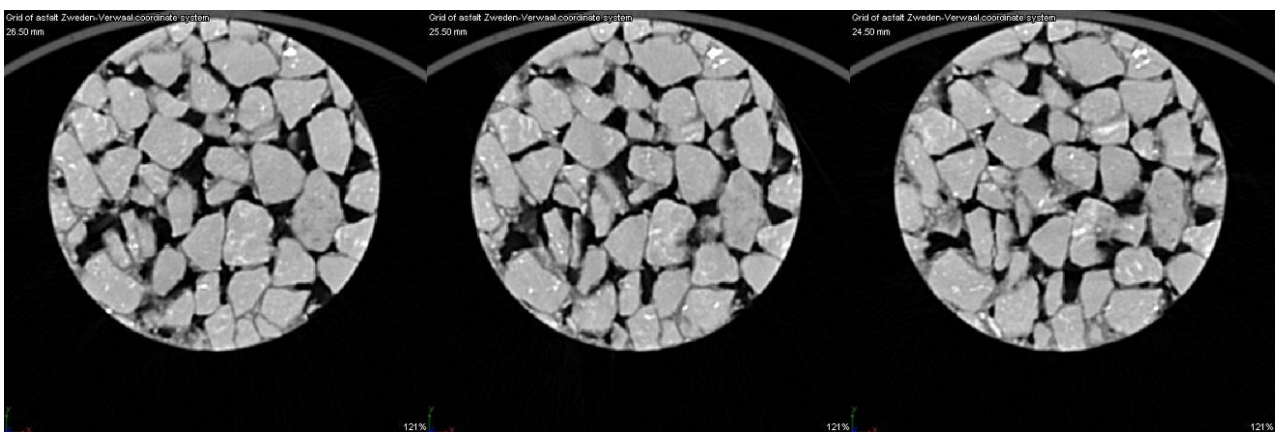
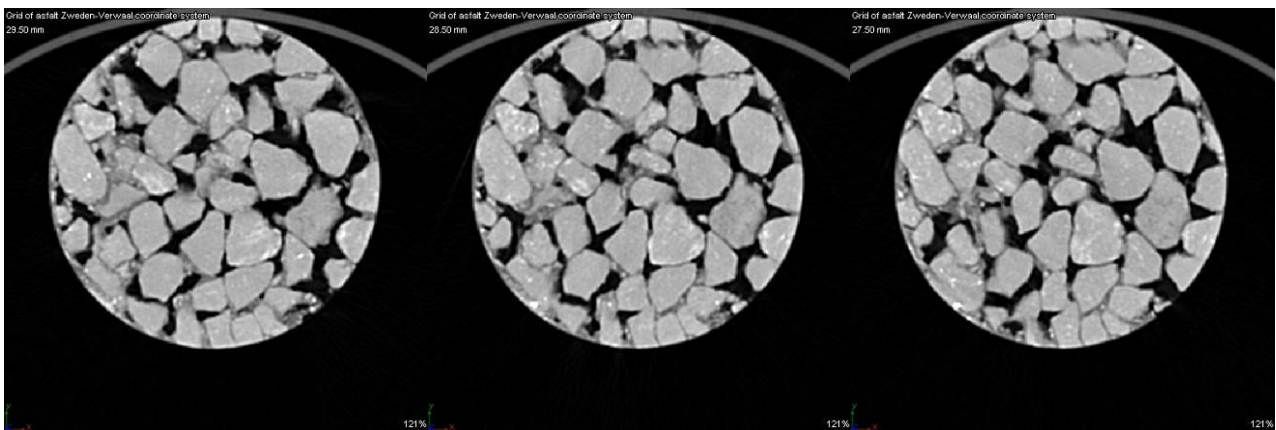
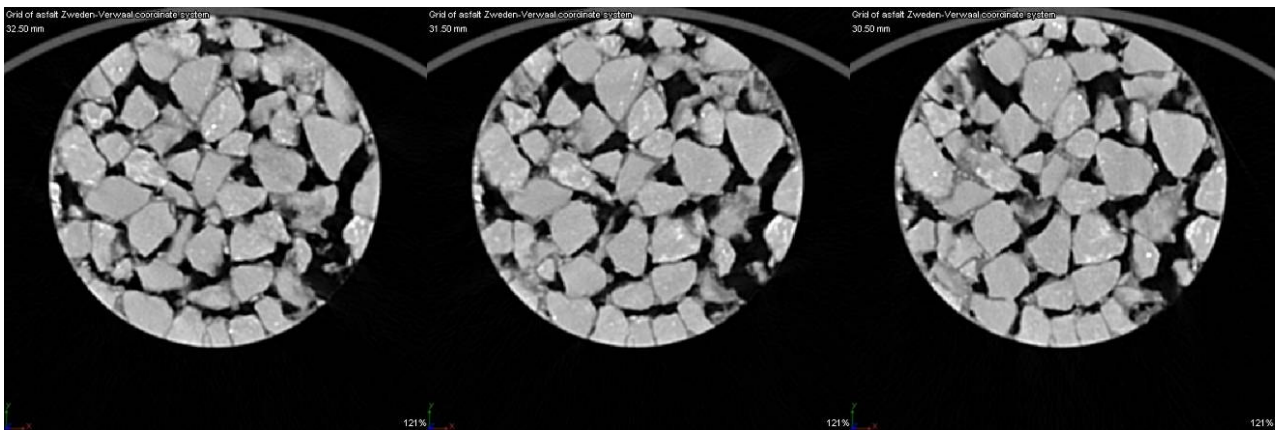
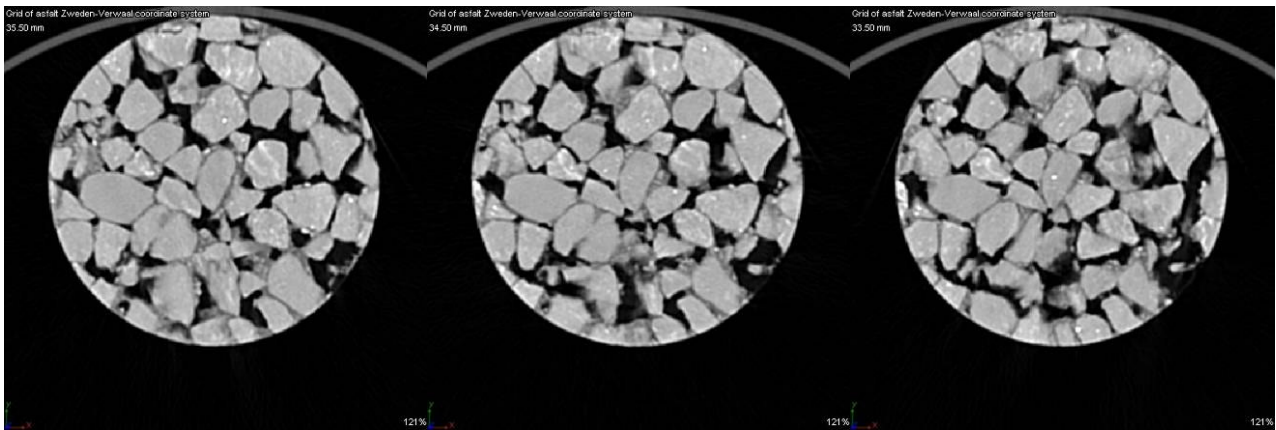


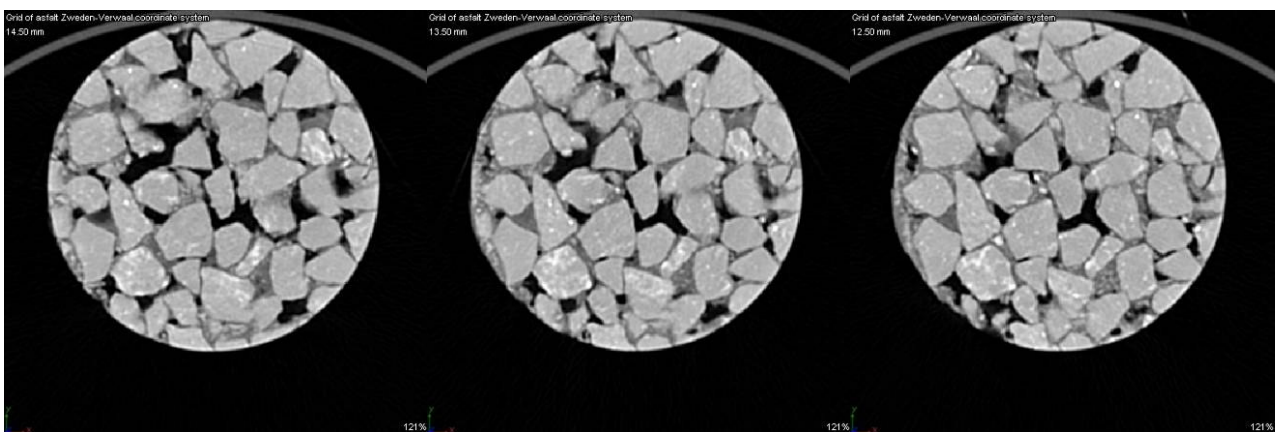
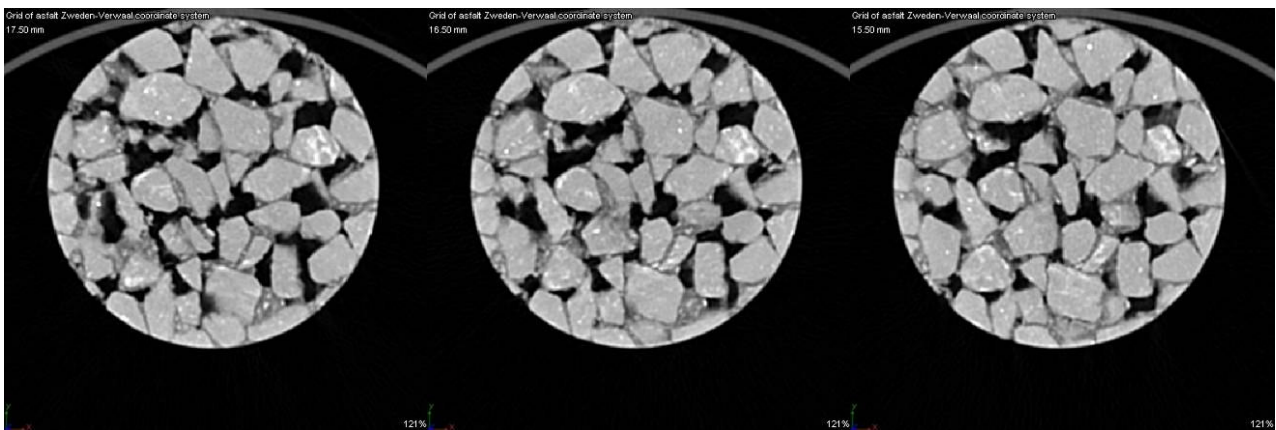




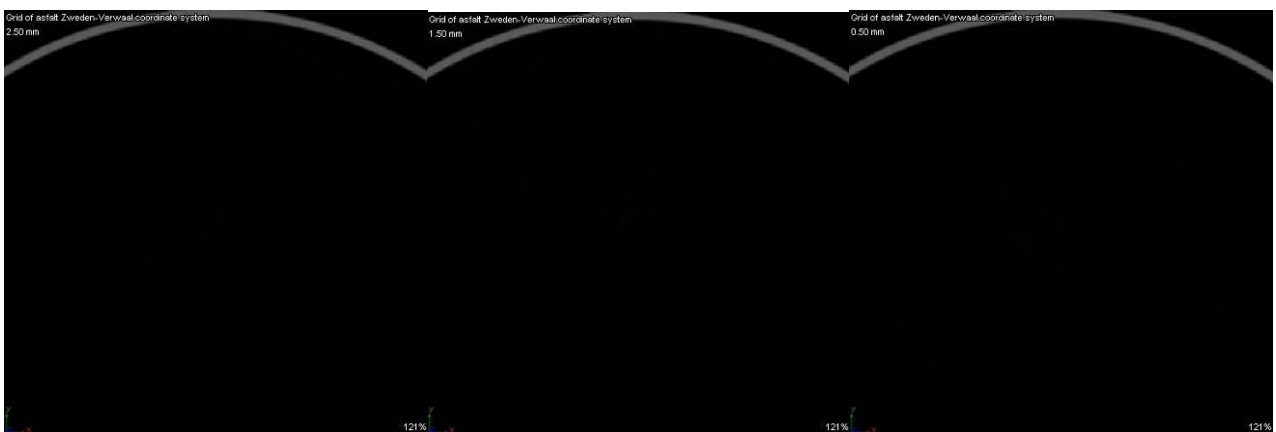
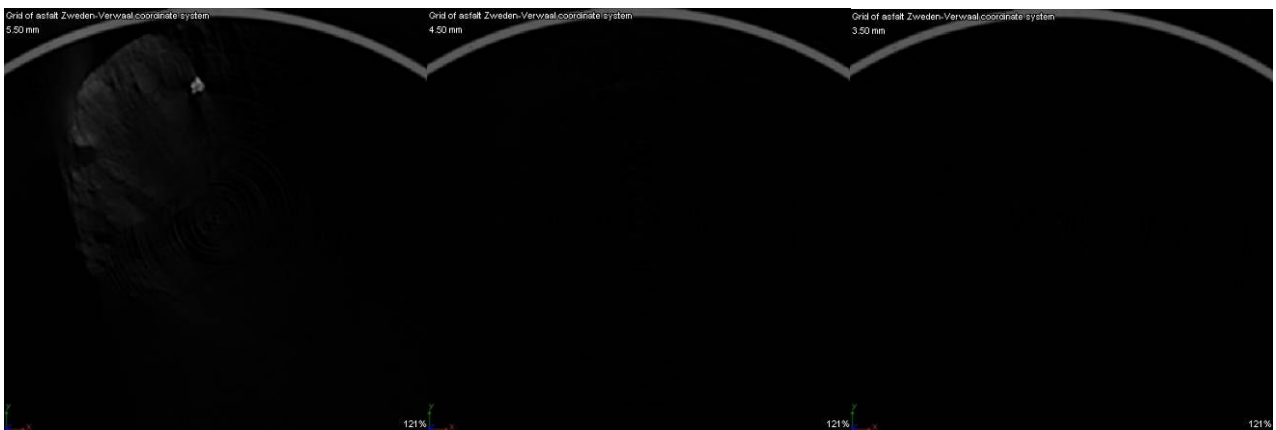
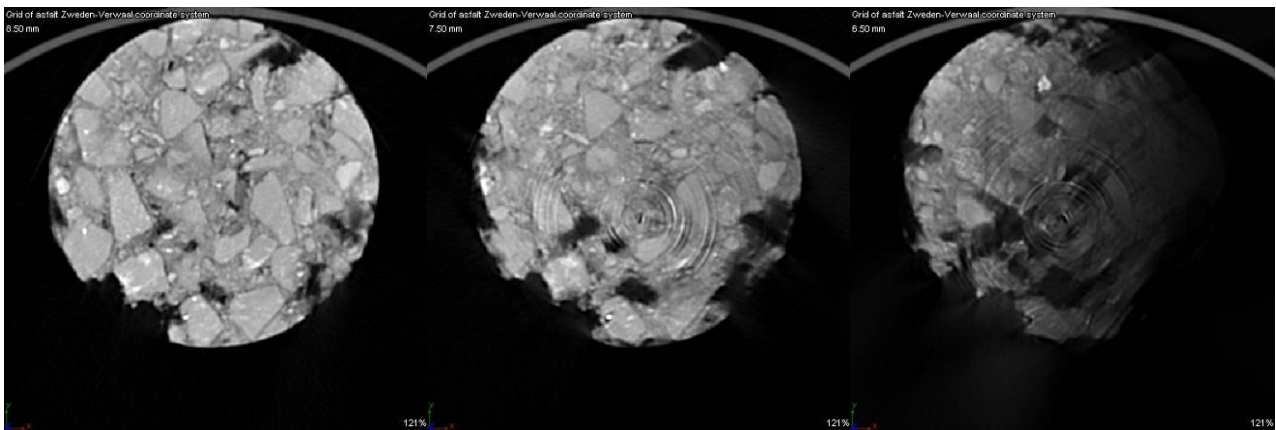
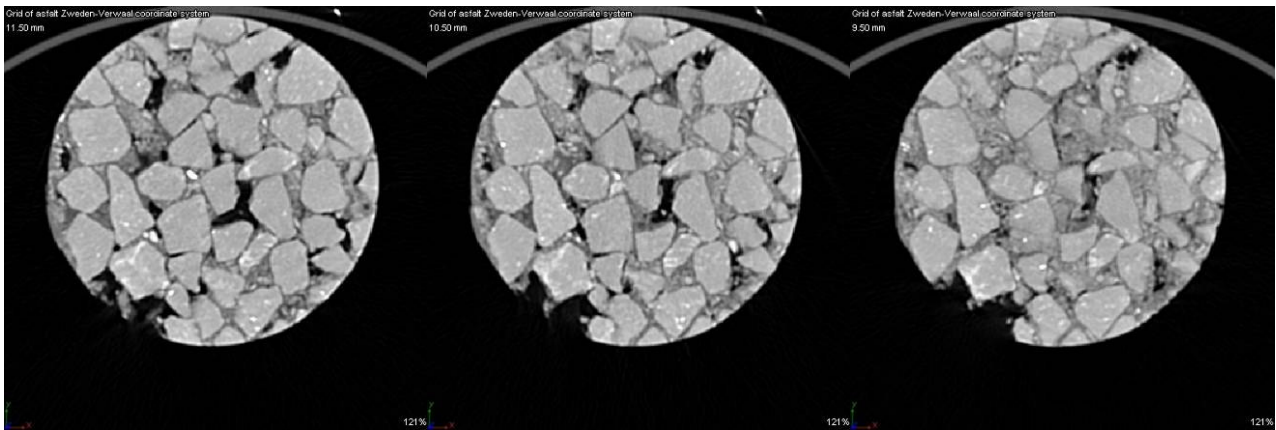












Det är allmänt känt att öppna beläggningar har en tendens att ackumulera vägpartiklar och andra föroreningar. Om detta får fortskrida utan åtgärd kommer beläggningsens hållrum successivt att täppas igen så att den dränerande och bullerreducerande förmågan går förlorad. Redan i mitten av 1990-talet arbetade man med specialanpassade sug- och spolbilar i länder som Österrike, Holland, Frankrike, och Japan. Man har successivt utvecklad tekniken och är i flera fall framme vid både 3:e och 4:e generationens rengöringsutrustningar. Dessa specialfordon är normalt optimerade för beläggningar med stenmax som är betydligt mindre än de vi vanligtvis använder i Sverige. Vidare använder man inte dubbdäck i dessa länder vilket medför mindre slitagepartiklar. I Sverige finns för närvarande inget anpassat fordon för våra beläggningstyper och förhållanden.

Skanska har i utvecklingen av konceptet Tyst Asfalt undersökt och utvärderat lovande tekniker för rengöring som används i olika länder. De mest lovande spol- och sugutrustningarna har påträffats i Norge och Holland samt i Japan. En lovande sugutrustning har hittats i Sverige. Ingen av dessa utrustningar har tidigare testats i Sverige. För att utvärdera dessa lovande utrustningar för Svenska förhållanden har en utrustning från Norge respektive Holland utvalts för att testats på några av provsträckorna i Stockholm.

Nedan visas några bilder på traditionell spolutrustning samt utrustning från Sverige, Holland och Norge som testats på E18 och E4.

Effektiv rengöring av bullerreducerande beläggning (E18, Bålsta)