



Cirkulära anläggningsmaterial i urban miljö

RI
SE

2025-02-06 Metoddagen



SWEROCK



RI
SE

vti



Och SKANSKA



VINNOVA

Björn Schouenborg, RISE

Projektet/Projekten

Korta fakta

- En serie om minst 3 projekt
- 2019 – 2025 +++ 😊
- Budget: Ca 30 M SEK. Vinnova står för knappt hälften
- En systemisk approach för en cirkulär ekonomi med ett antal restmaterialströmmar.
- RISE är koordinator

Partner (15 st +)

- "Forskningsinstitut" RISE and VTI
- "Industrier" (entreprenörer, materialleverantörer)
- "Städer och kommuner" + fler intres.
- "Energiproducenter"
- "Landskapsarkitekter" (projekterar)

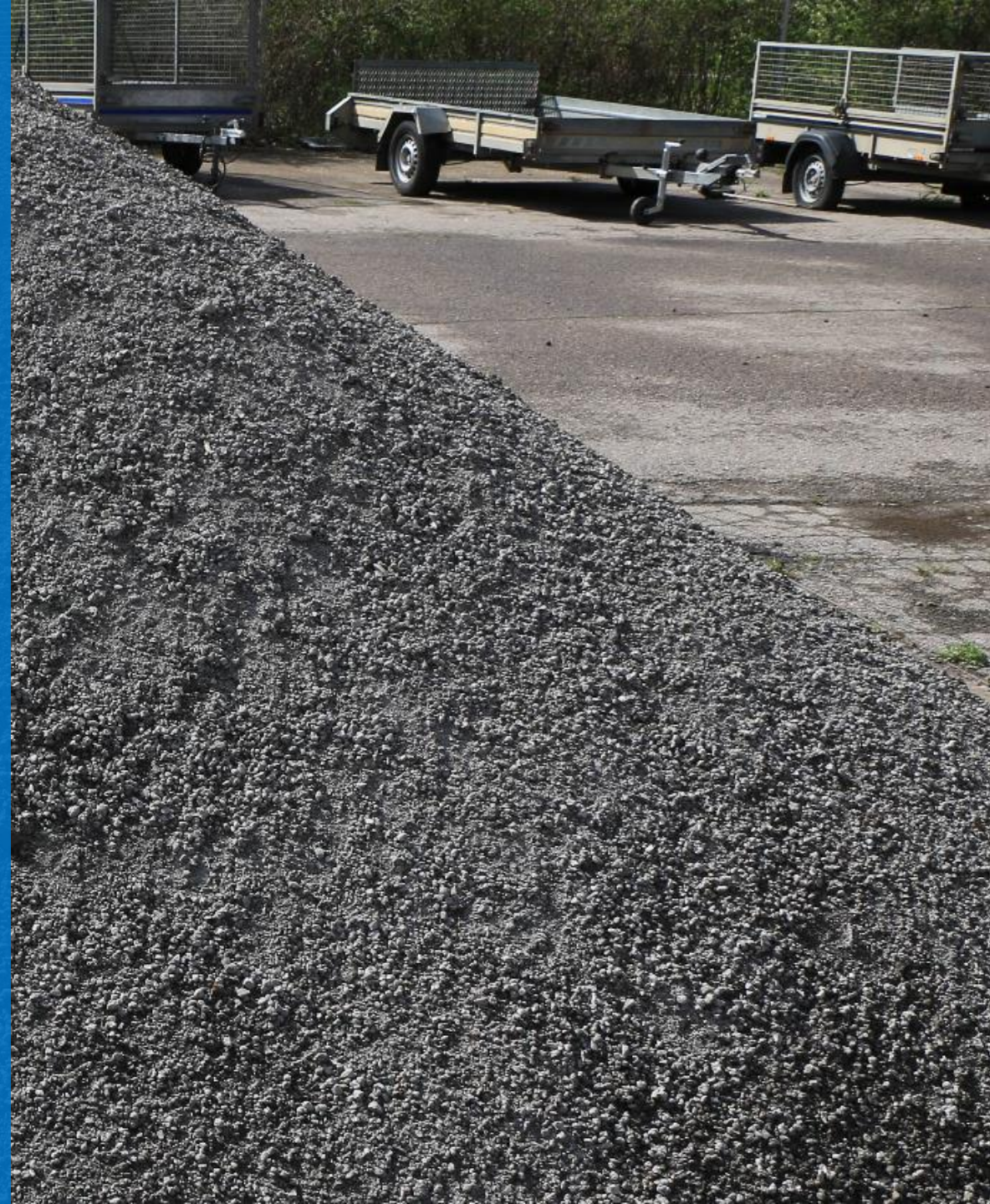
Behovet är väl känt

- Det genereras stora mängder sekundära material i samhället, särskilt i och nära våra städer
- Växande städer har årligt behov av ca 100 miljoner ton bergmaterial för anläggningsbyggande
 - Minska uttaget av ändliga resurser
 - Minska klimatpåverkan
 - Underlätta för cirkularitet



Utmaningar

- Tidigare projekt utan stark effekt
- Värdekedjorna, affärsmodellerna
- Hanteringen av **tillstånd och anmälan**
- Tradition, standarder, provningsmetoder, **regelverk inte anpassade för restmaterial**
- **Projektering och upphandlingar**
- **Omfattande provning** inför varje byggprojekt





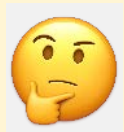
Vilka restmaterial jobbar vi med i vårt projekt?

- Slaggrus från 2 avfallsförbränningsanläggningar
- Krossad betong
- Fräsasfalt (stora volymer i Malmö)
- Krossad asfalt, vanligare "problem"
- Däckklipp från returdäck utgick
- Andra material inkluderas och synergier och öppningar kommer finnas vid tillämpning, t ex TUK



Dra nytta av andra branscher!
Ex med på material, till stora
delar, jämförbart med
slaggrus.

Varför har lättklinker
andra krav, trots
likvärdig funktion?



Relevanta krav? Relevanta metoder?

Ex: Siktning av material

- Vanligaste metoden för att karakterisera material
- 10 minuter mekanisk skakning och siktning
- Sprödare material krossas/mals ned av provningsmetoden! Både vid provberedning och vid utvärdering efter själva provningen
- **Dela upp i fler delprov, kör kortare tid och använd helst en oscillerande siktapparat**





Relevanta krav?

Publ 2004:11

Allmän teknisk beskrivning

Krossad betong i vägkonstruktioner



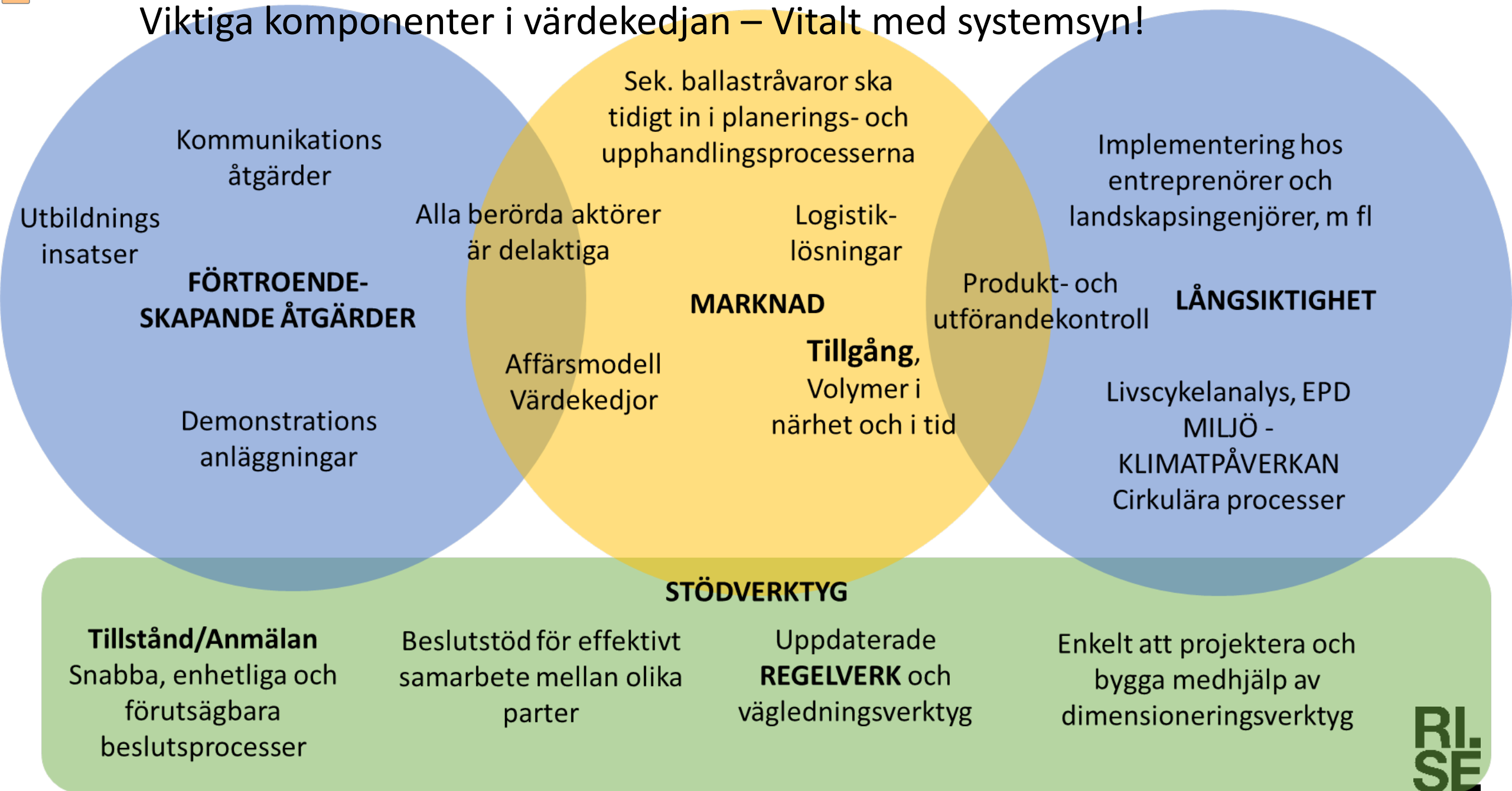
Trafikverkets kravdokument från tidigt 2000-tal. Baseras mycket på forskning under 90-talet och icke relevanta metoder för verifiering av materialegenskaper utan koppling till funktion =>konkurrenshämmande

Tabell 2.3-1 Klassificering av krossad betong

Kvalitets-klass	Betongkvalitet				Renhet			
	Ett av nedanstående värden skall uppfyllas							
Krossad betong	Dokum. uppgifter	Hållfasthetsklass	Tryck-hållfasthet kärnor ⁽²⁾	micro-Deval	Mängd betong	Tillåten mängd tegel	Tillåten mängd lättbtg	Tillåten mängd övrigt
	C-värde ⁽¹⁾	K-värde			minst	max ⁽³⁾	max ⁽⁴⁾	max ⁽⁵⁾
Nr	MPa	MPa	MPa		vikt %	vikt %	vikt %	vikt %
1	³ C 30/37	³ K40	³ 30	= 25	100	0	0	0
2	³ C 20/25	³ K25	³ 20	= 35	95	5	1	0,5
3	³ C 12/15	³ K12	³ 10	= 50	80	20	5	2
4	Í	Í	Í	Í	50	50	50	10



Viktiga komponenter i värdekedjan – Vitalt med systemsyn!



Från laboratorium till fullskaletest och pilotkonstruktioner i fält

- Avgörande att ha koll på alla steg – Validering! **Metoder är avgörande!!**
- Tidigare (och nuvarande) rekommendationer och krav gynnar inte användning av slaggrus och andra restmaterial – Snedvriden konkurrens
- Hög tid att se fram emot funktionsbaserade krav

Ex på labtester



- Partikelstorleksfördelning
- Vattenabsorption
- Densitet
- micro-Deval
- LA-tal
- Värmeegenskaper/"isolering" (kopplat till tjälrisk)
- Kompressibilitet (krav på lättklinker)
- Proctorpackning
- Triaxialförsök
- CBR (California Bearing Ratio) – Kanske ngt för tillverkningskontroll

*Labtester som vi kört på de
flesta material*

Bilder och lite resultat

Toppenmaterial!
Eller?

	Slaggrus 0/15	Slaggrus 0/45	Betongkross	Fräsasfalt
Provningar				
<i>MD Del Prov 1</i>	34	33	21	5
<i>MD Del Prov 2</i>	34	29	23	5
Micro Deval	34	31	22	5
Los Angeles (enkelprov)	Mtrl räcker inte	48	32	14
	Umeå Energi	Sysav	Dalby Maskin	Malmö- Mestadels sten

Foto: VTI

Californian Bearing Ratio



TV: Utrustning
TH: Efter provning

[Dynamic CBR - Insitutek](#)

Informativ beskrivning
och video på den länken.
Man kan även läsa en del
på VTI.se

VTI: Fullskaletest med HVS



Axeltryck motsv. 12 ton

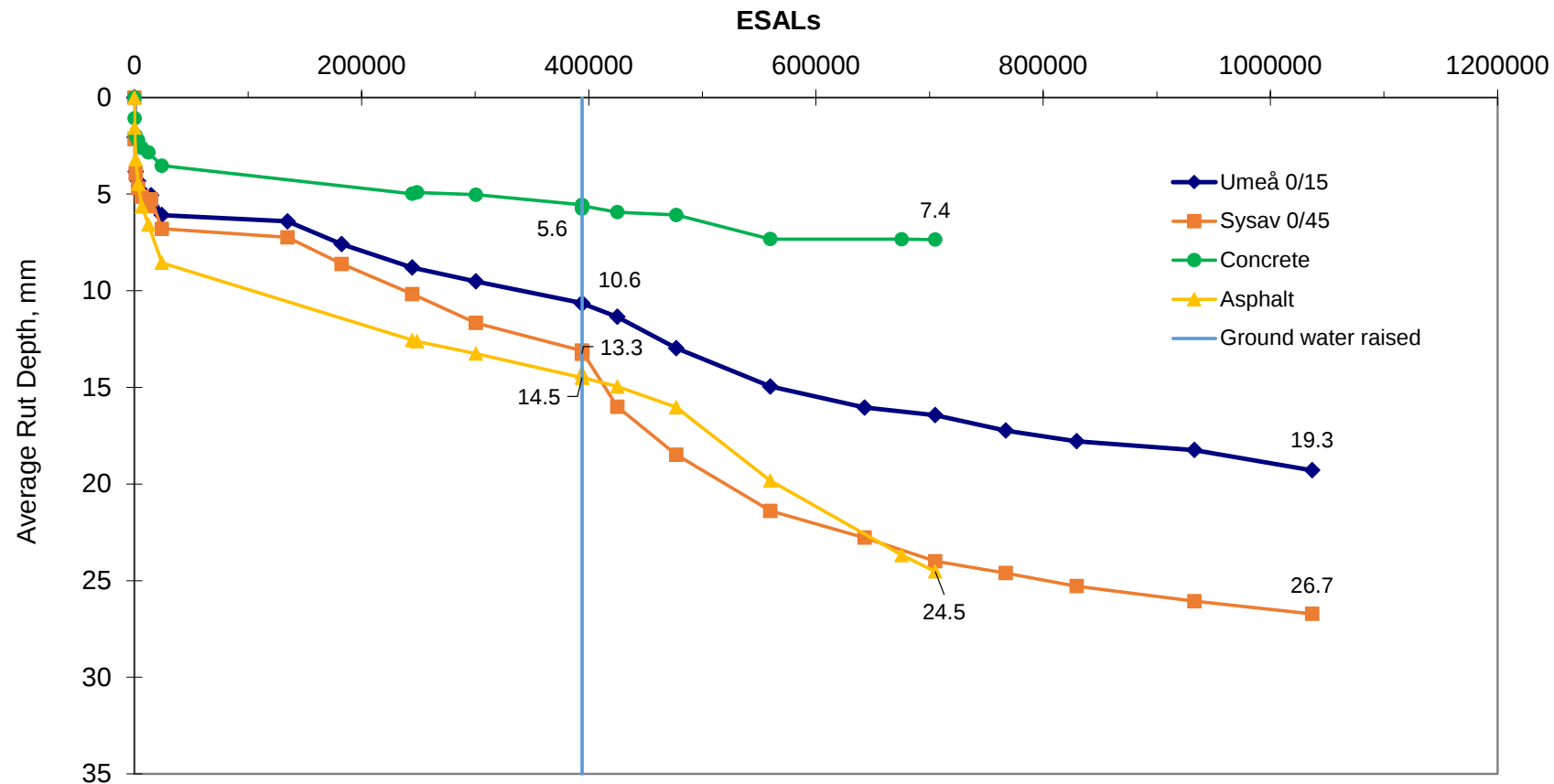


ERAPave för att prediktera spårdjupsbildning

OBS! Dessa material härdar i konstruktionen. Slutfasen hos kurvorna kommer att plana ut tidigare

OBS! I ett verkligt bygge så packar byggmaskinerna ytan så den initiala stora deformationen vi ser i diagrammet är sannolikt mkt mindre i verkligheten!

Spårdjupsmätning (HVS) och -beräkning



Enligt ERAPave, efter 1 miljon ESALs (upp till gräns för trafikclass 3)

Konstruktion 1, Umeå: 15.8 mm spårdjup (HVS provet gav 19.3 mm)

Konstruktion 2, Sysav: 20.6 mm spårdjup (HVS provet gav 26.7 mm)

Nästan perfekt överensstämmelse efter 400 000 överfarter. Innan vattentillförsel!

Vad motsvarar den faktiska spårdjupsbildningen i praktiken?

Teknisk livslängd – 20 år

Trafikklass 2 motsvarar 1 buss/3 minut. Trafik 12 timmar per dygn, 7 dagar i veckan i 20 år

Ca 1 mm tillskott till spårdjupsbildningen på 20 år!

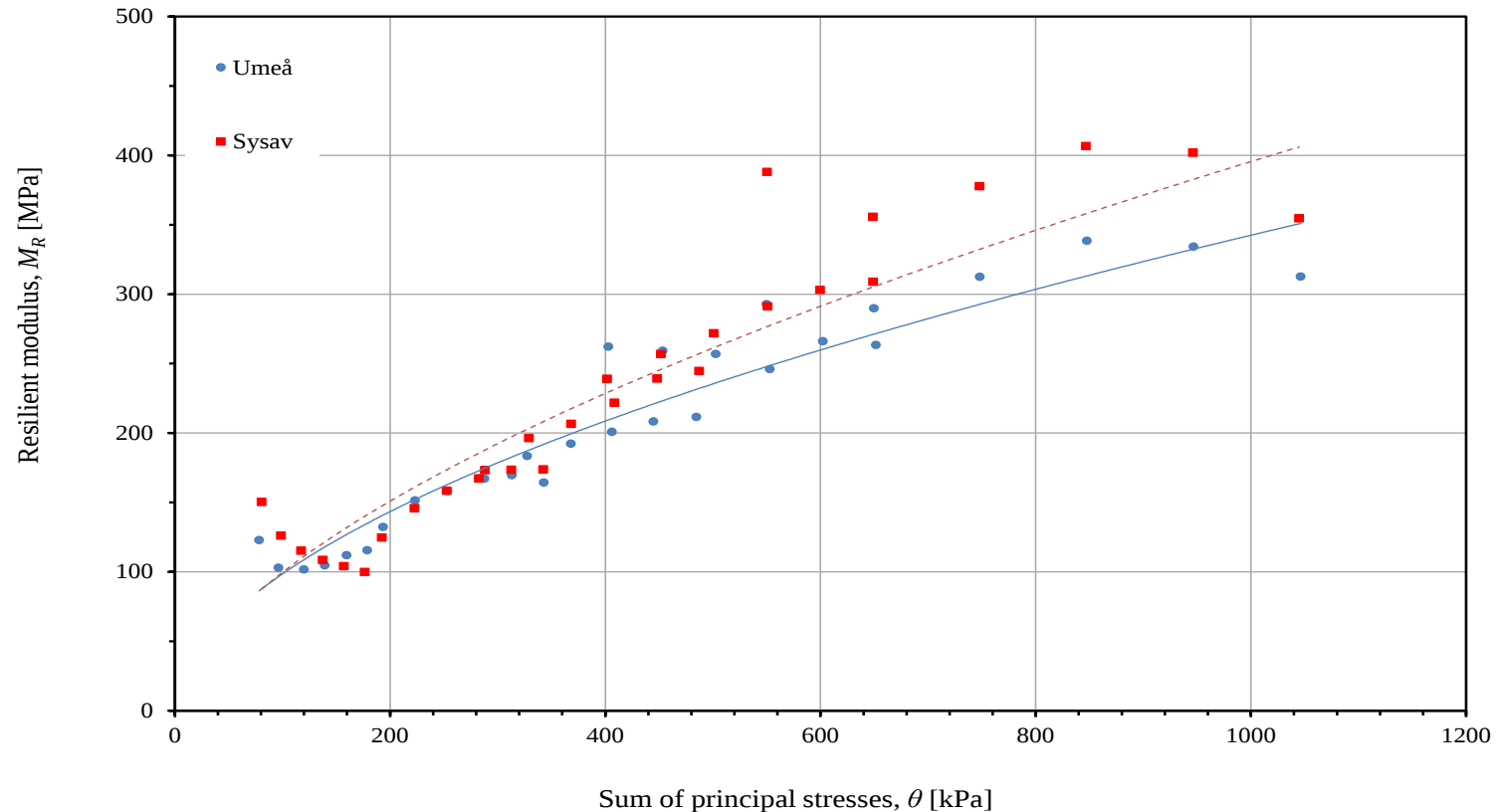
Kan vi verkligen leva med det? ☺

Glöm inte att det högst sannolikt blir mindre i en konstruktion pga självbindning!



Finns det billigare och enklare metoder än HVS som ger samma svar?

Med hjälp av triaxialförsök mm bestäms nödvändiga materialparametrar och stoppas in i ett beräkningsverktyg för just vägkonstruktion - **EraPave**



Parallellt projekt

- Det finns just nu två parallella projekt:
- Ett TRV/SBUF-projekt som leds av Håkan Arvidsson och Peter Martinsson (tror jag) och har mer fokus på vägar utanför staden men framför allt på provningsmetoder som är mer lämpade att implementera i produktionskontroll. Då ska det vara lite enklare och ge resultat snabbare
- Sedan ett projekt ihop med Danmark om slaggrus (Shafiqur och Siggie – Professor Sigurdur Erlingsson)

Vi kommer att kunna leverera. **MEN!**
Testresultat räcker inte alltid för att övertyga
alla, eller rätt person...

- **Vi behöver realistiska provningsresultat från fälttester, verkliga konstruktioner!**
- Vi behöver sannolikt många, **helst i varje kommun** med vilja att jobba med cirkulära ekonomi. Så många variabler, klimat, grundläggning, trafikintensitet osv **Finns alltid ngt att ifrågasätta!**
- Nu följer vi med i planeringen och **följer upp** under och efter byggnation, mäter osv
- Det är många saker som måste **dokumenteras** för att det ska vara meningsfullt att följa upp
- **Karakterisering av alla ingående material.** Vilken typ mark bygger man på? Dokumentera styvhet hos alla lager och hos färdig konstruktion. Dokumentera alla observationer under bygget
- Gå sedan tillbaka till kontoret, datorn och förfina ERAPave-metoden. **Ta fram designtabeller för upphandling!** 
- Dessutom! Intervjua de som faktiskt byggt om deras erfarenhetet

Testtytor – Byggda och planerade

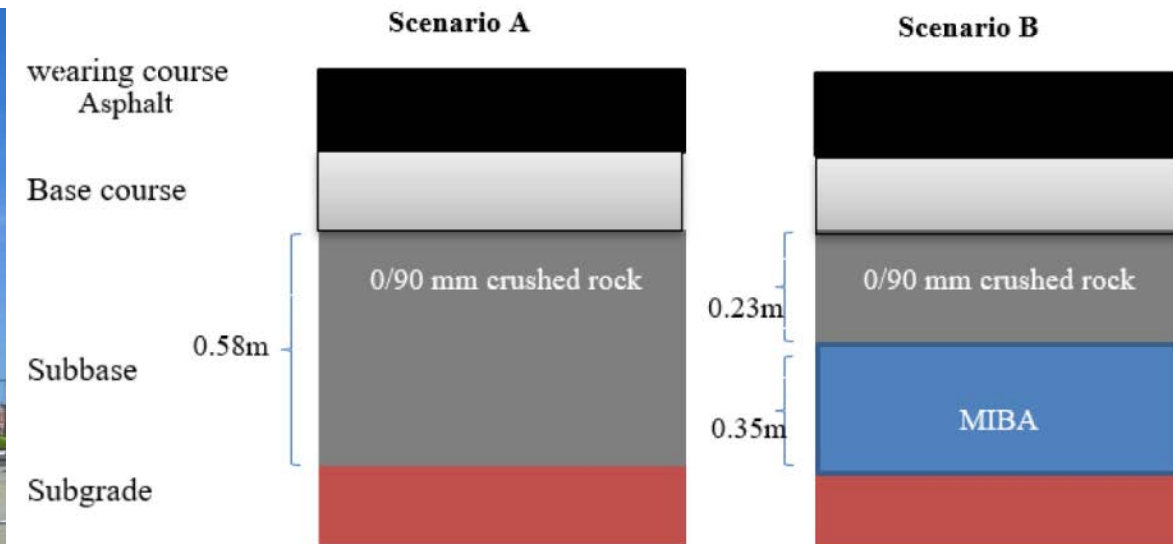
- Malmö (Snorkelgatan) (fräsasfalt, byggd 2022)
- **Trelleborgs hamn** (slaggrus, byggd 2022)
- **Helsingborg, NSR** (5 material - 2024)
- Tekniska Verken, Linköping (slaggrus ++?)
- Uppsala, Hovgården. (slaggrus)
- Uppsala (krossad betong, GC-väg, 2024)
- *Ev Malmö, Hyllie, lokalgator? (ev slaggrus. 200 mm i botten och krossberg över)*

De röda är planerade, de svarta är byggda

Trelleborgs hamn

Mycket smart lösning på problemet med tillgänglig volym slaggrus i detta projekt!

18 hektar. 87 000 ton slaggrus. En **kolsänka** för anläggningsprojektet.
(-6 000 ton CO₂-eq)



Anlagd 2022

Östra sala backe, Uppsala, GC-bana



”Krossad betong” (blandat innehåll). Anlagd juni, 2024. Även lakningsförsök

NSR, Helsingborg – Unik teststräcka

- 27 meter av varje konstruktion
- Asfaltgranulat 0/11 överst på hela sträckan

Anlagd november 2024



Konstruktionen och material

100 mm	Slitlager	Asfalt-granulat 0/11				
80 mm	Bärlager	Bergkross 0/32. Samma i alla konstruktioner för god jämförelse				
550 mm	Förstärknings-lager	Bergkross 0/90	Slaggrus 0/20	Krossad betong 0/90	Krossad asfalt 0/30...40	TUK*
Terrass som utgörs av den befintliga vägen, dvs gamla sopor överlagrade av asfaltgranulat som tjänat som köryta. Samma typ material som vi nu använder till nytt slitlager						

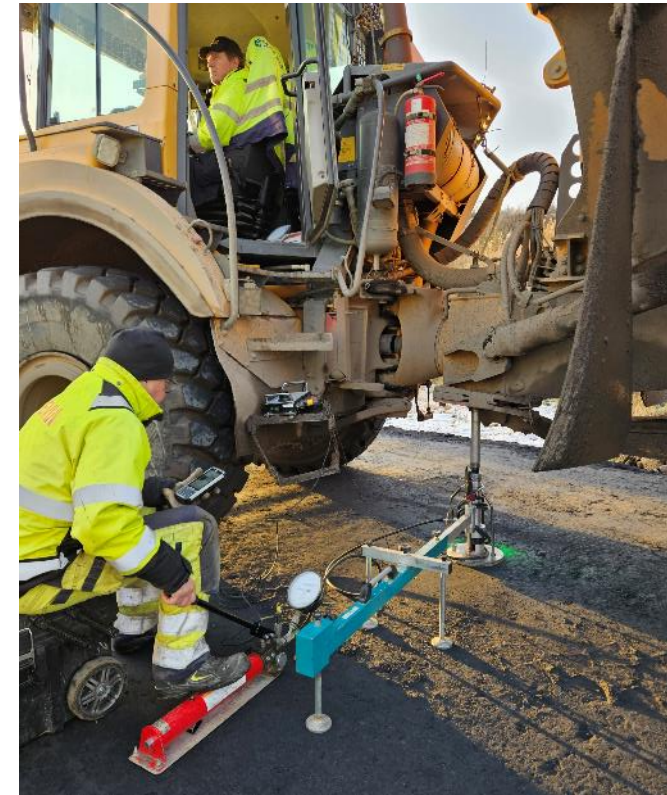
* TUK = Tunnelugnskalk från Höganäs (Järnkarbonat)

Fick utgå pga problem med mkt hög vattenhalt.
Mycket ogynnsamma väderförhållande!

Påbörjad och planerad uppföljning

- **Styvhetsmätning** på alla lager efter packning samt färdig konstruktion. *Återkommande*, för att få koll på självbindningen
- **Trafik**, indirekt koll via vågen
- **Vägprofilmätning** (spårdjupsbildning)
- Plus omfattande **dokumentation av alla material med labtester**.
- Det ger indata till ERAPave
- Mätningar i fält för att kalibrera ERAPave
- Mer funktionsprovning i parallellt TRV-projekt

Två examensarbetare från Lund kommer att beskriva bygget under våren 2025



Fallviktsdeflektometer, VTI



Profilmätning, VTI



Materialkarakterisering

- Partikelstorleksfördelning
- Proctorpackning
- Triaxialförsök
- mm

Meddelande från NSR 2025-01-15



Alla FL är ok.

Konstruktionsavsnitten med slaggrus och krossad asfalt är ok.

De med krossberg och Tunnelugnskalk (Höganäs) har havererade bärlager och slitlager.

Sannolikt vattenmättade.

Slutsatser. Dränerande material har sina fördelar. Med vanlig asfalt på topp är detta inget problem. Fundera på större tvärfall.

Förutom tekniska aspekter då?

- Vi har följt upp anmälningsärenden/tillståndsärenden. Intervjuar miljömyndigheter. Vässar utbildning för dessa för att korta handläggningstider och få mer likvärdiga bedömningar
- Vi ser på data från lakningsförsök och förbättringsmöjligheter. Provtagning och resultatutvärdering
- Vi har beräknat LCA på flera av materialen, bl a slaggruset till Trelleborgs hamn som ni sett i föredraget innan. Betongkross till GC-banan i Uppsala också och har asfaltkross kvar
- Vi ser på hur vi kan stötta kommuner i en mer hållbar upphandling och införande av cirkulär ekonomi. Få in materialen tidigt i planeringen
- Förslag till nya koder i AMA Anläggning
- Vi ser på olika affärsmodeller
- Vi tar fram vägledning för hur man bygger med dessa material. Skiljer det från hantering av vanligt krossberg? Intervjubaserade resultat (flera examensarbete)

Kommunikation

På Webben:

[Cirkulära
anläggningsmaterial](#)

LinkedIn

Konferenser, bl a **Transportforum**
Här och nu 😊

Tekniska rapporter (bl a på
webben)

Infoblad

Utbildning

Vetenskapliga publikationer

.....



Vad vi gör Utforska & analysera Utveckla & skala upp Utvärdera & verifiera

Hem → Cirkulära anläggningsmaterial

Dela:   

Cirkulära anläggningsmaterial



Initiativet Cirkulära anläggningsmaterial vill öka återanvändning av material som redan finns före brytning av jungfruligt berg. Fräsasfalt, krossad asfalt, krossad betong och slaggrus kan fortsätta arbeta i samhällsbygget i stället för att hamna på deponi. Då vinner vi flerfalt.

Genom att involvera hela kedjan av aktörer i initiativet jobbar vi tillsammans för en mer effektiv och hållbar framtid;

- Sparade naturresurser
- Lokal materialförsörjning och kortare transporter
- Minskat deponibehov
- Hållbar ekonomi
- Genom att involvera hela kedjan av aktörer i initiativet jobbar vi tillsammans för en mer effektiv och hållbar framtid.

Cirkulära anläggningsmaterial

Om Cirkulära anläggningsmaterial +

Konstruktion & vägledning

Miljöpåverkan

Klimatpåverkan

Tillstånds- och anmälningsprocesser

Affärsmodeller

Referensanläggningar

Kontakt

Tack för uppmärksamheten! Och TACK alla projektpartners!

- Björn Schouenborg
- Seniorforskare (PhD Mineralogi & Petrologi), RISE
- Projektledare
- Bjorn.schouenborg@ri.se
- 0705202551