

# Plast i avfall – Att mäta är att veta

2024-09-24 För Energiforsk Värmeklustret

Henrik Lindståhl

Tekniska verken i Linköping

Forskningsledare Termisk Energiteknologi

# FossilEye - Agenda

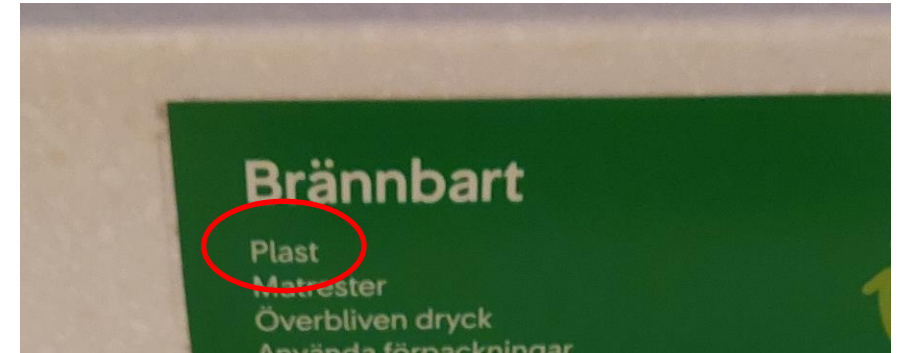
- Mål med FossilEye
- Konsortiet och Samverkansgrupp FossilEye
- Pilotanläggningen
- Testresultat
- Nu och framåt



*Dinosaur med öga för avfall*

# Mål med FossilEye

- Snabb signal till kunder om fossilandel i inkommande leveranser
- Flytta ansvaret för CO2-utsläppet mot avfallskunden istället för fjärrvärmekunden
- Identifiering av avfallskunder med hög resp. låg fossilandel
- Provmängden ska motsvara ett helt lastbilslass
- Målgrupp för systemet: WtE-anläggningar anslutna till EU-ETS



*SJ – Bolag med förbättringspotential*

# Från Konsortieavtal till Samverkansavtal

## Konsortieavtalet 2021 (Umeå Energi, Vattenfall Värme och Tekniska verken i Linköping)

Mål "Ta fram ett system som mäter fossilt i avfall..."

### Uppdrag

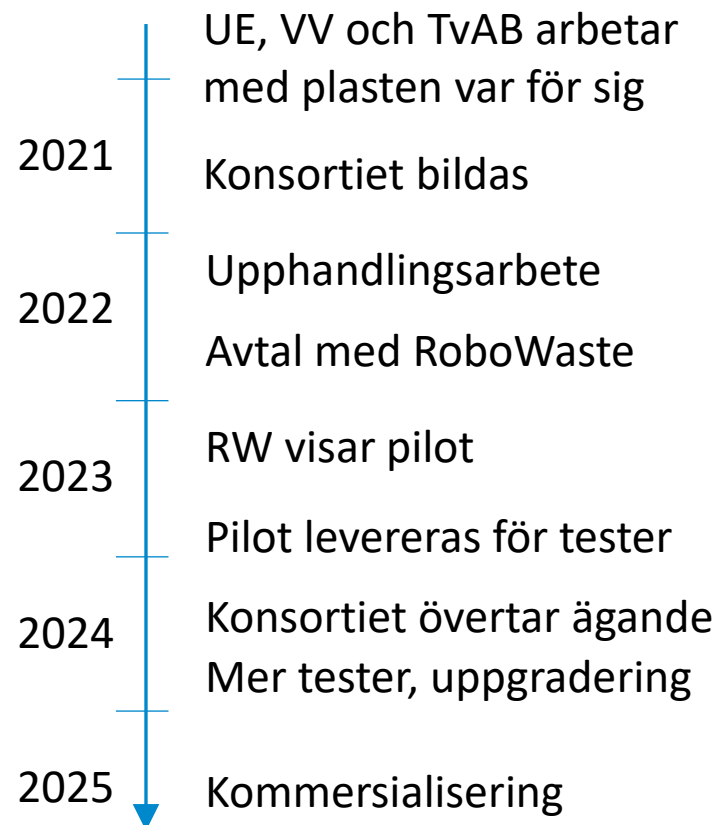
- Formulera FFU och genomföra upphandling av utvecklingstjänst och mobil pilotanläggning
- Utvecklingsarbete
- Tester

### Avslutning

Intern auktion av pilotanläggning (återstår)

## Samverkansavtalet 2024 (Konsortiet + RoboWaste)

Fortsatt samarbete för vidareutveckling och kommersialisering av produkter och/eller tjänster baserade på pilotanläggningen och därur vunna erfarenheter.





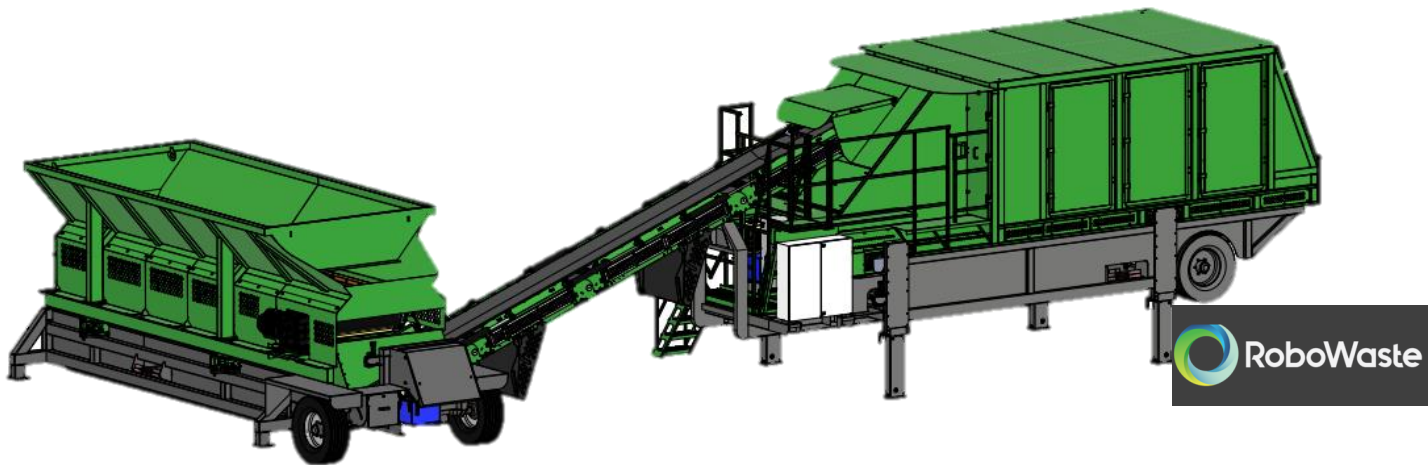
# RoboWaste utvecklar pilotanläggningen



# Tester

**Planerade tester under 3 veckor, – ca 4-6 timmar körning per provserie**

- Maskinerna ska stå under tak (provkvalitet) och vindskyddad (undvika nedskräpning)
- Maskinerna markyta 7,8 x 15,4 m, väger 8 + 12 ton.
- Inmatning av grovkrossat avfall, upp till 5 ton/prov
- Utmatning i container, för att kunna köra om samma sample flera gånger.



# System 1 - Hyperspektral

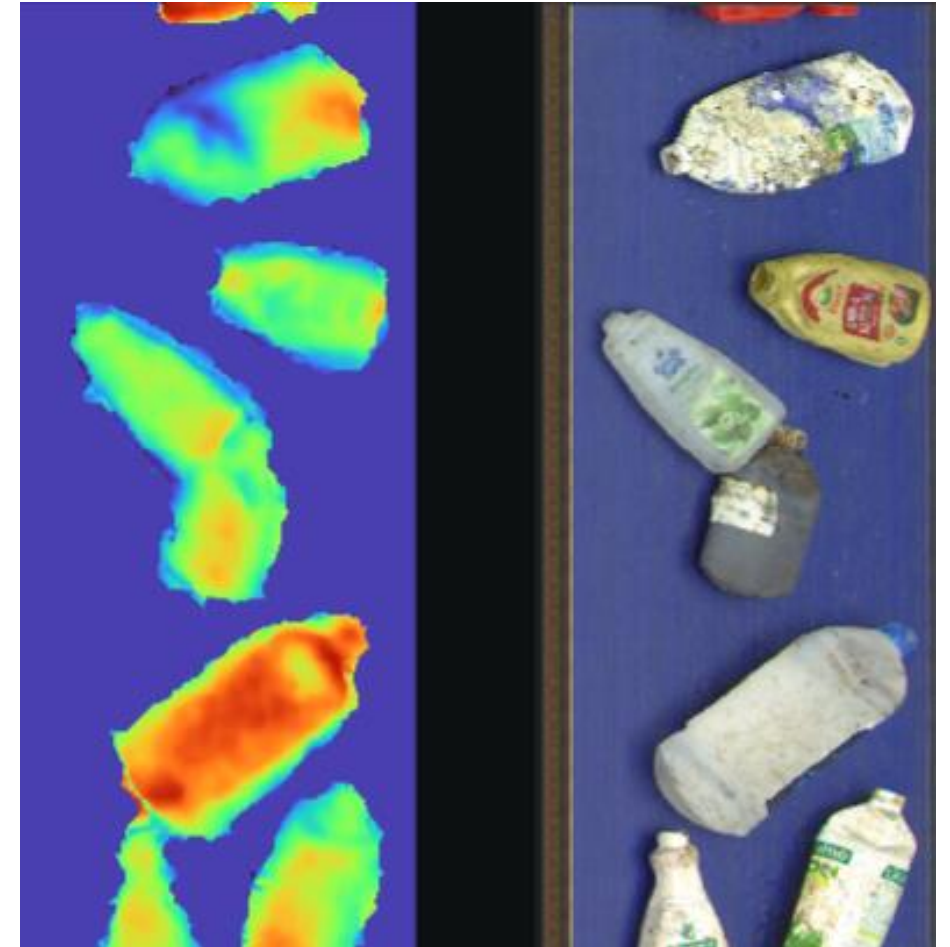
- Detekterar plast som åker på bandet (hyperspektral linjekamera)
- Ser skillnad på plasttyper med hjälp av hyperspektrala signaturer
- Plastsorter som identifieras:
  - PET
  - LDPE
  - HDPE
  - PVC
  - PS
  - PP





# System 2 - Stereosystem

- Använder stereokameror för att konstruera en volym på de objekt som passerar på bandet
- Stereosystemet producerar följande data för varje segment:
  - Volymkarta: stereomask projicerad uppifrån där varje pixels intensitet motsvarar den konstruerade volymen under pixeln
  - Texturbild: RGB-presentation av segmentet

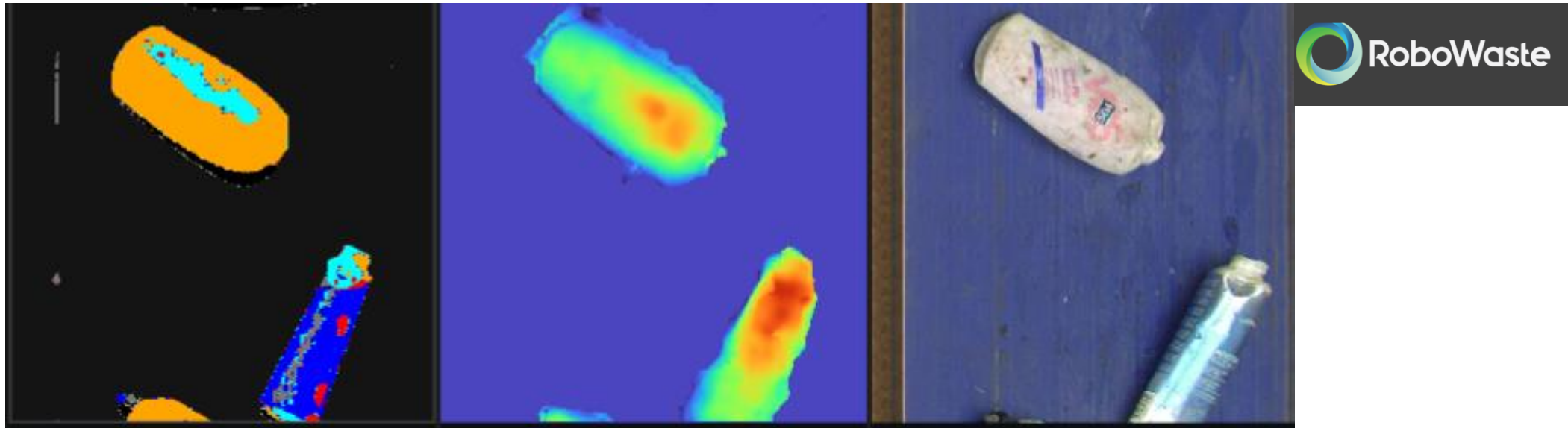




# METOD FÖR UPPSKATTAD VIKT

FossilEye har tre typer av kameradata att utgå vid beräkning av vikt:

- Plast-klassificering från hyperspektrala systemet
- Rekonstruerad volym från stereosystemet
- Färgbilder från stereosystemet



# MOBILITET



# Utförda tester

Systemet testat under ledning av IVL i Linköping (TvAB), Uppsala (Vattenfall) och Umeå (Umeå Energi)

Fortsatt testning och verifiering sommaren 2024 vid Tekniska verken i Linköping:

- Undersökning enskilda avfallskunder
- Verifiering genom: mätning – utsortering av plast – ny mätning på samma prov





# Verifiering av IVL

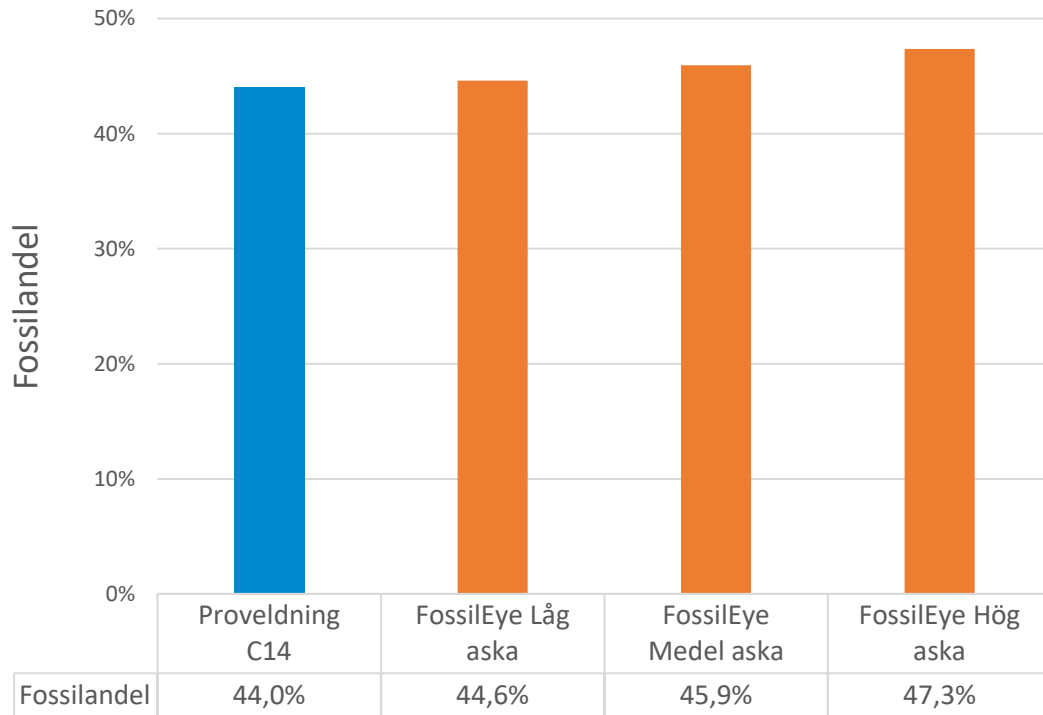
- Avfall Sverige gav IVL uppdraget att ta fram metod för verifiering av skannande system
- Metoden provades ut på FossilEye
- Olika moment utfördes vid TvAB, Vattenfall Värme och Umeå Energi under ledning av IVL
- Systemet har testats
  - vid olika väderförhållanden
  - mot plockanalyser
  - mot proveldning med C14-analys



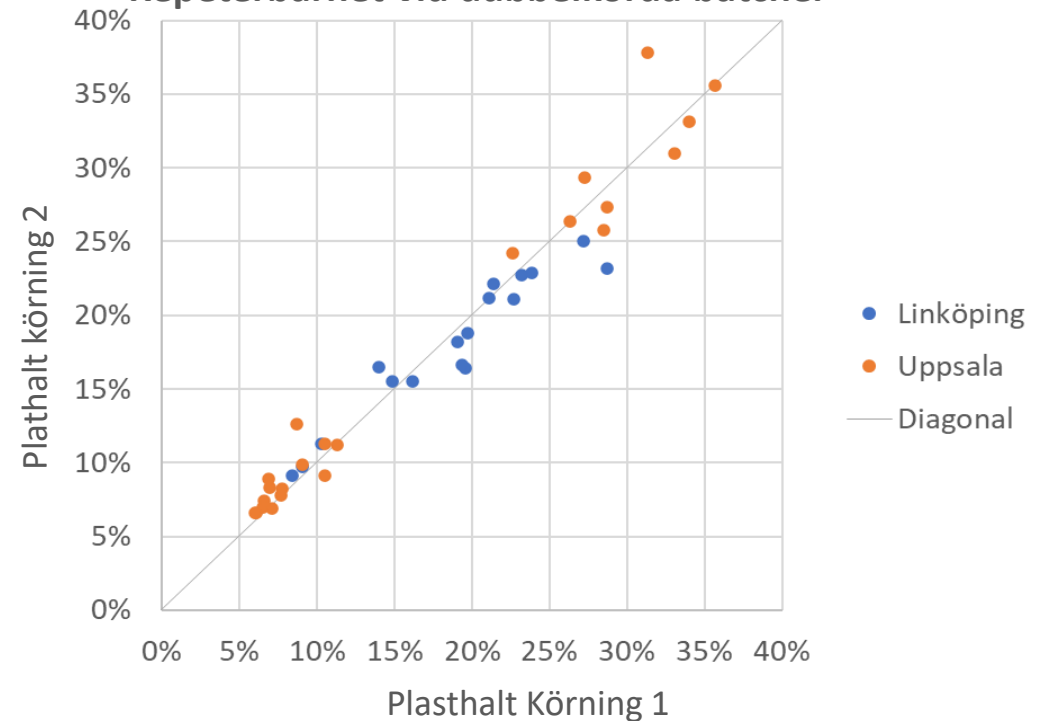


# Statistiska mätresultat IVL

## FossilEye vs. C14

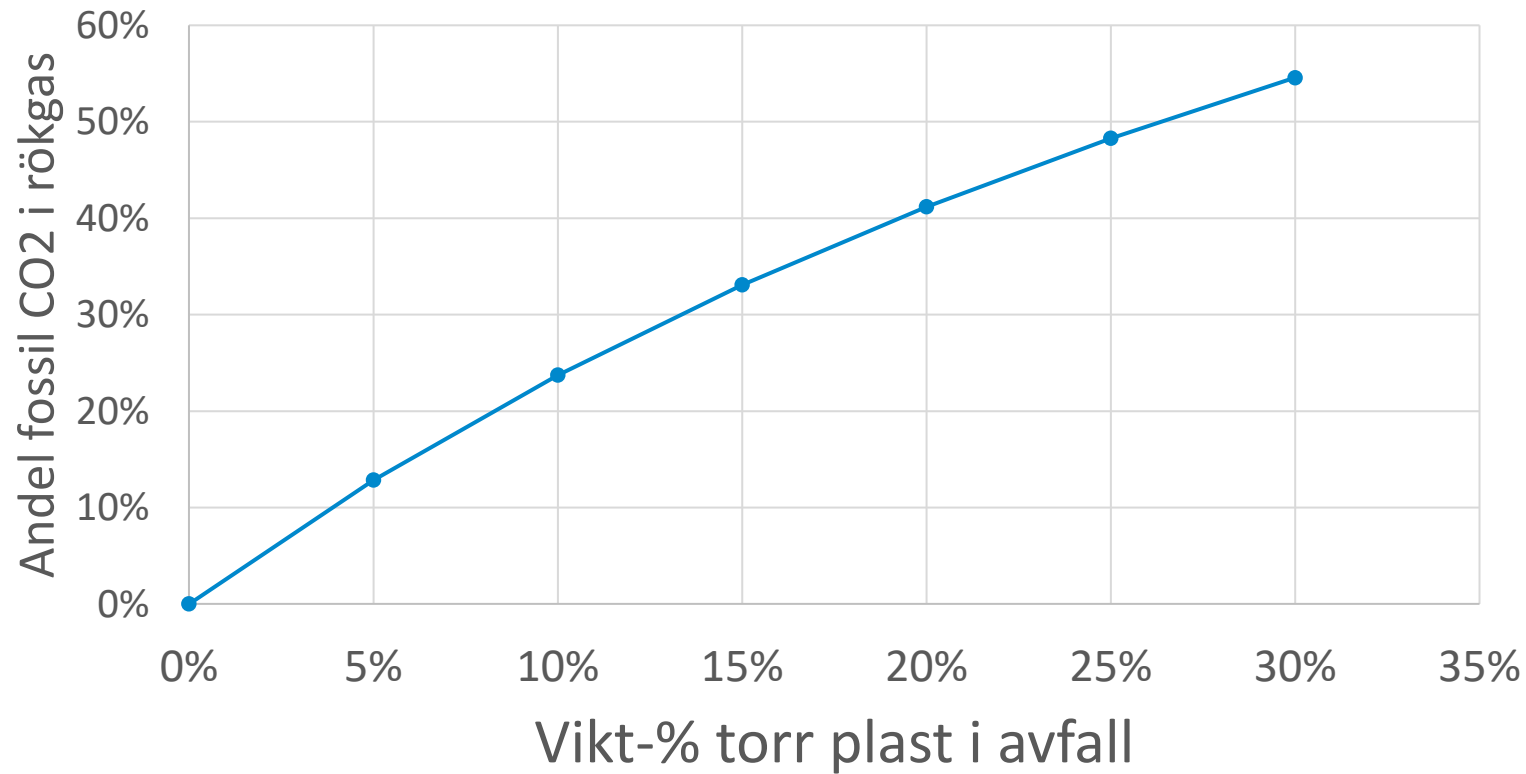


## Repeterbarhet vid dubbelkörda batcher

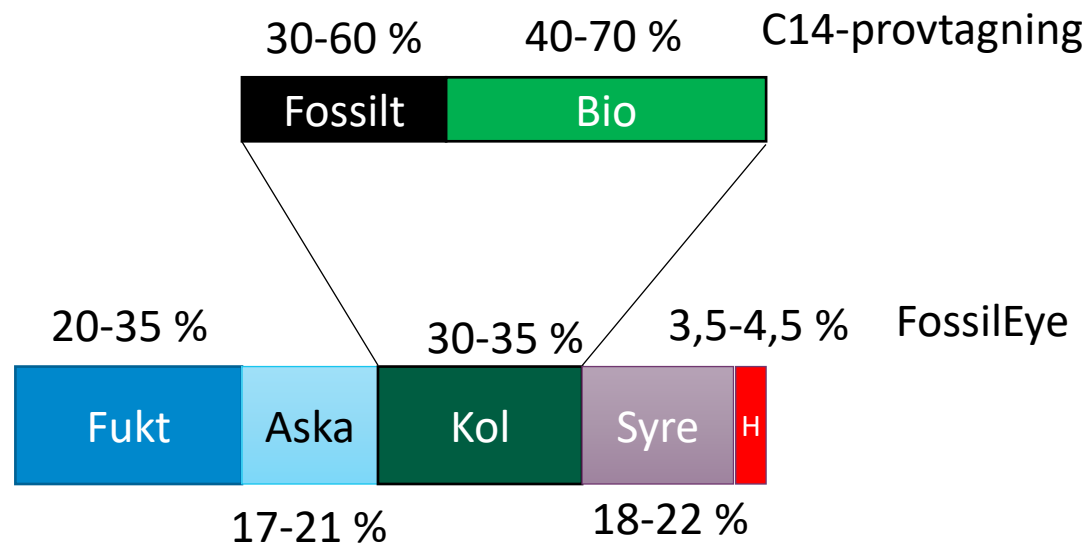


# Plastens påverkan på avfallets fossilandel

Fossilandel i rökgas



# Avfallets huvudkomponenter som bränsle



2024-07-16

# Tester på FossilEye sommaren 2024

Matilda Arvidsson (Stud. Civ.Ing. maskiningenjör LIU)

Johannes Hedström (Stud. statistiker LIU)



# Tester som genomförts

## Primärtester:

- Mätssystemets repeterbarhet
- Mätssystemets känslighet vid borttagning av plast
- Minsta lämpliga provmängd
- Mätning på avfall från olika kunder

## Sekundärtester:

- Mätssystemets resultat vid olika *matningshastigheter*
- Mätssystemets resultat vid skillnad i *förbehandling*
- *Fuktens* inverkan på mängden upptäckt plast
- Mätssystemets/maskinens *funktionalitet* och felsökning

# Minsta lämpliga provmängd

- Antaganden för testet
  - Plastandelen antas vara normalfördelad
  - Variansen i populationen är okänd

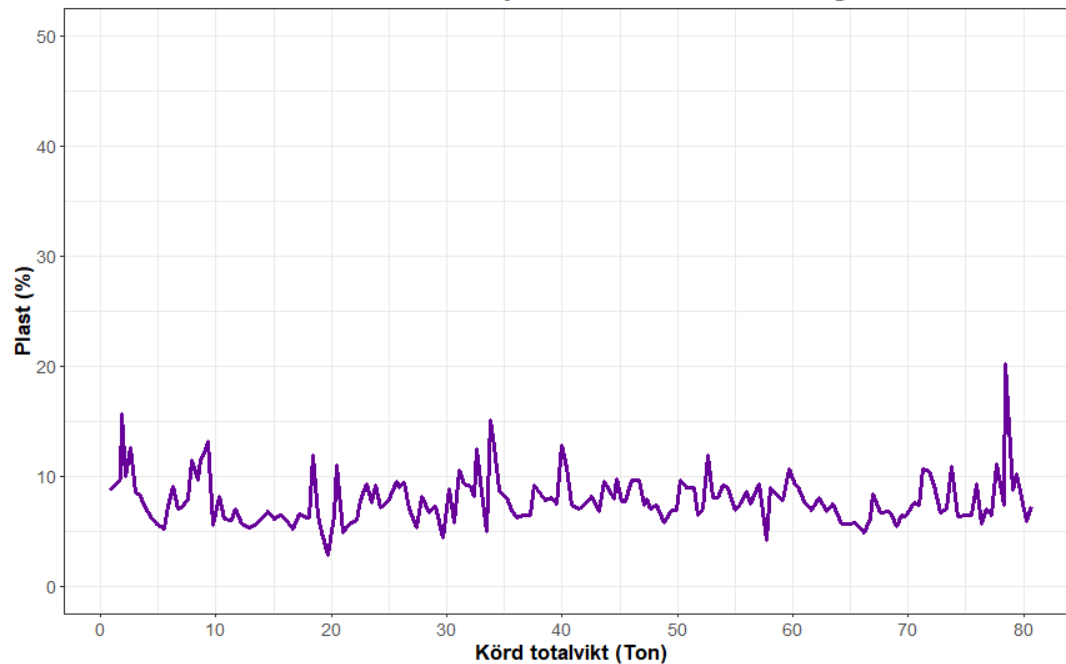
- Beräknas genom att ta hänsyn till:

- Stickprovets standardavvikelse
- Värde från t-fördelningen med n-1 frihetsgrader och 5 % signifikansnivå
- ME står för felmarginalen och väljs till önskat intervall runt medelvärdet
- 1,5 procentenheter har använts som felmarginal i rapportens tester

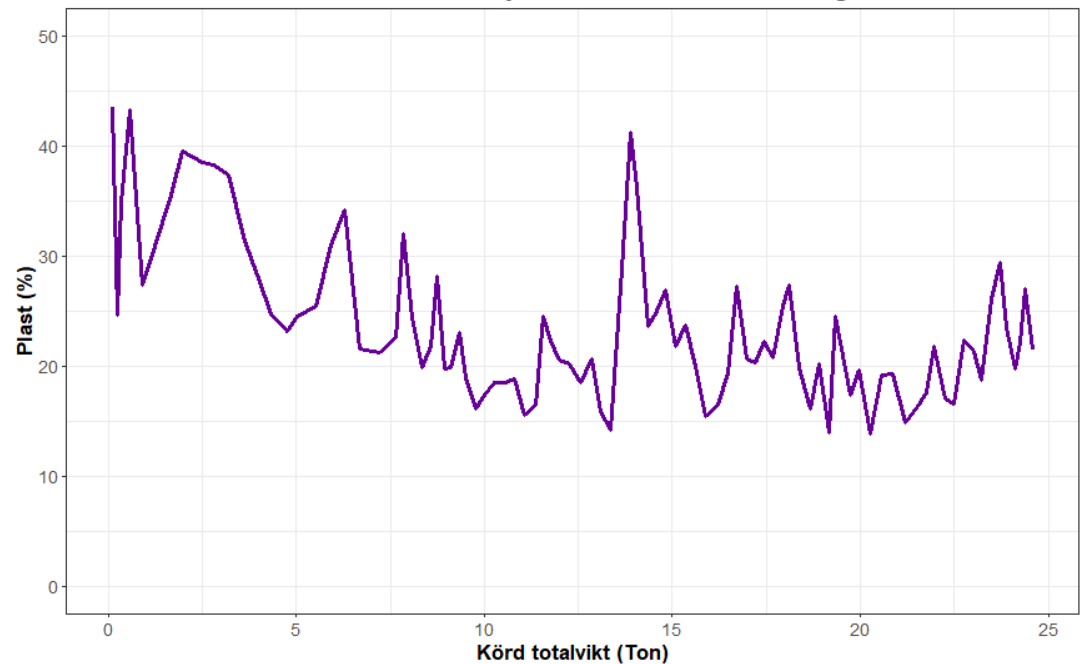
$$n_{min} = \left( \frac{t_{\frac{\alpha}{2}, n-1} \times s}{ME} \right)^2$$

# Inte "avfall som avfall" – Sommaren 2024

Plastandelen för varje batch av avfall från Företag 1



Plastandelen för varje batch av avfall från Företag 2



Källa: TvAB-Rapport Sommarjobbare Matilda Arvidsson och Johannes Hedström

# Minsta lämpliga provmängd

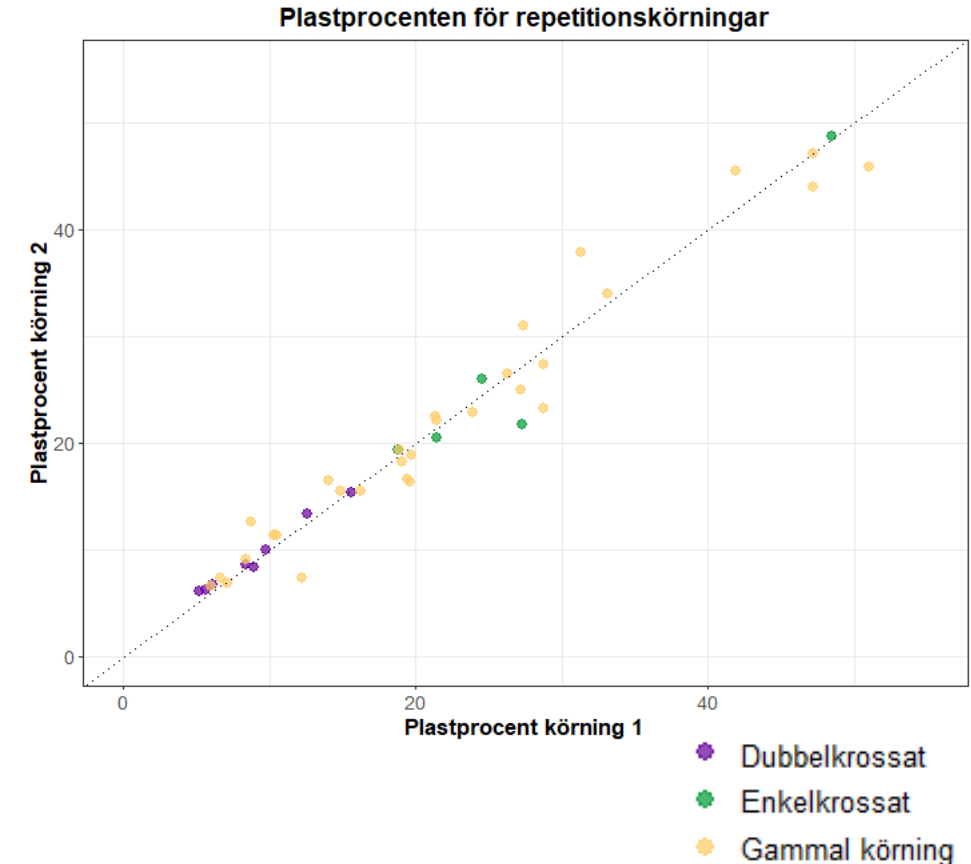
Företag	Totalvikt	Lägst antal körningar	Minsta provmängd	Viktad standardavvikelse
1	80 ton	7	3363 kg	1,95 procentenheter
2	25 ton	87	23 506 kg	7,00 procentenheter
3	40 ton	12	5758 kg	2,53 procentenheter
4	25 ton	3	1598 kg	1,23 procentenheter

- Stor skillnad i standardavvikelse mellan hur avfallet förbehandlats
  - Störst "Minsta provmängd" för dubbelkrossat material: ca 5,8 ton
  - Minst "Minsta provmängd" för enkelkrossat material: 23,5 ton



# Mätsystemets repeterbarhet sommar 2024

- 44 repetitionsmätningar, där 14 är från senaste testperioden
  - 28 repetitioner har en skillnad på 1 procentenhet eller mindre
- Testresultat:
  - Teststatistika: 0,36858
  - Tabellvärdet: 2,0166692
- Resultatet från testet:
  - Finns ej tillräckligt med bevis för att säga att skillnaden mellan repetitionskörningarna inte är 0 till en signifikansnivå på 5%.



# FossilEye svagheter

- Ser inte svart plast
- 1-40 cm objektstorlek kräver krossning av avfallet
- Ger osäkra mätresultat med mycket snö i avfallet
- Kalibrerad för blandat krossat avfall – kan ge stora fel vid mätning på monofraktioner och vid grovkrossade små prov



Svart plast – Olämpligt avfall för analys med FossilEye i nuvarande utförande (åtgärdsplan finns!)



# FossilEyes styrkor

- God repeterbarhet (nära samma resultat vid ommätning av prov)
- Hög kapacitet (2,5 – 5 ton/h)
- Sällan utslag för icke-plast som plast
- Proveldning av stort prov (50 ton) visade samstämmighet inom felmarginal
- Omedelbart resultat
- Lätt att köra



*Blandat avfall som maskinen är kalibrerad för*



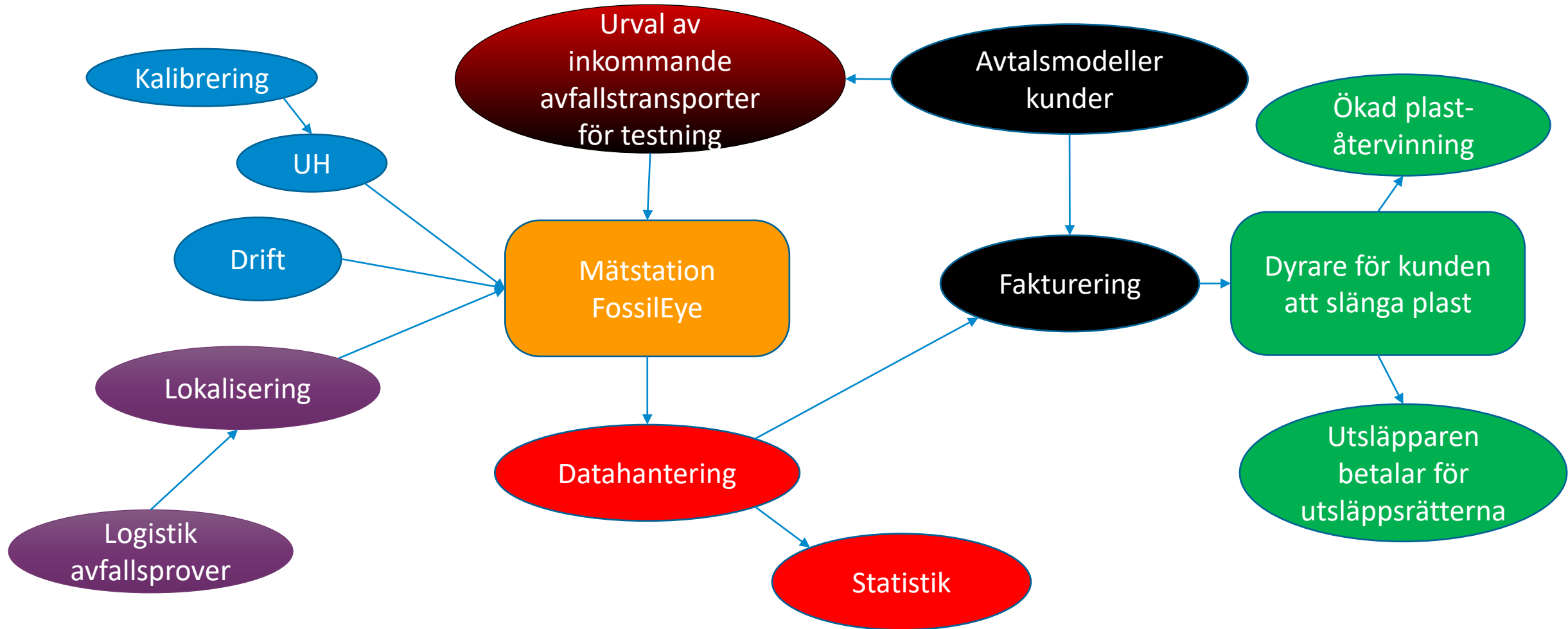
# Nästa steg

- Uppgradering för svart plast och volymiöst material
- Introducera kvalitetsbedömning av uppmätt värde (säkert/osäkert)
- Eventuellt ny partner i utvecklingsarbetet
- Introducera FossilEye i verksamheten
- Kommersialisering





# Plastbaserad mottagningsavgift





# Tack!

Henrik Lindståhl

013-20 80 00



[tekniskaverken.se](https://www.tekniskaverken.se)