

PURrecy

Bæredygtige isoleringsprodukter

Dan-iso A/S leverer teknisk isolering til fjernvarme, køling, vindmølleindustrien og byggeri – samt til olie-, offshore- og marineindustrien.
En pålidelig og innovativ samarbejdspartner siden 1986.

Hvorfor?

- En betydelig mængde gik til spilde
- Vi bør være i stand til at tage fat på dette spørgsmål
- For meget værdifuldt materiale til blot at brænde





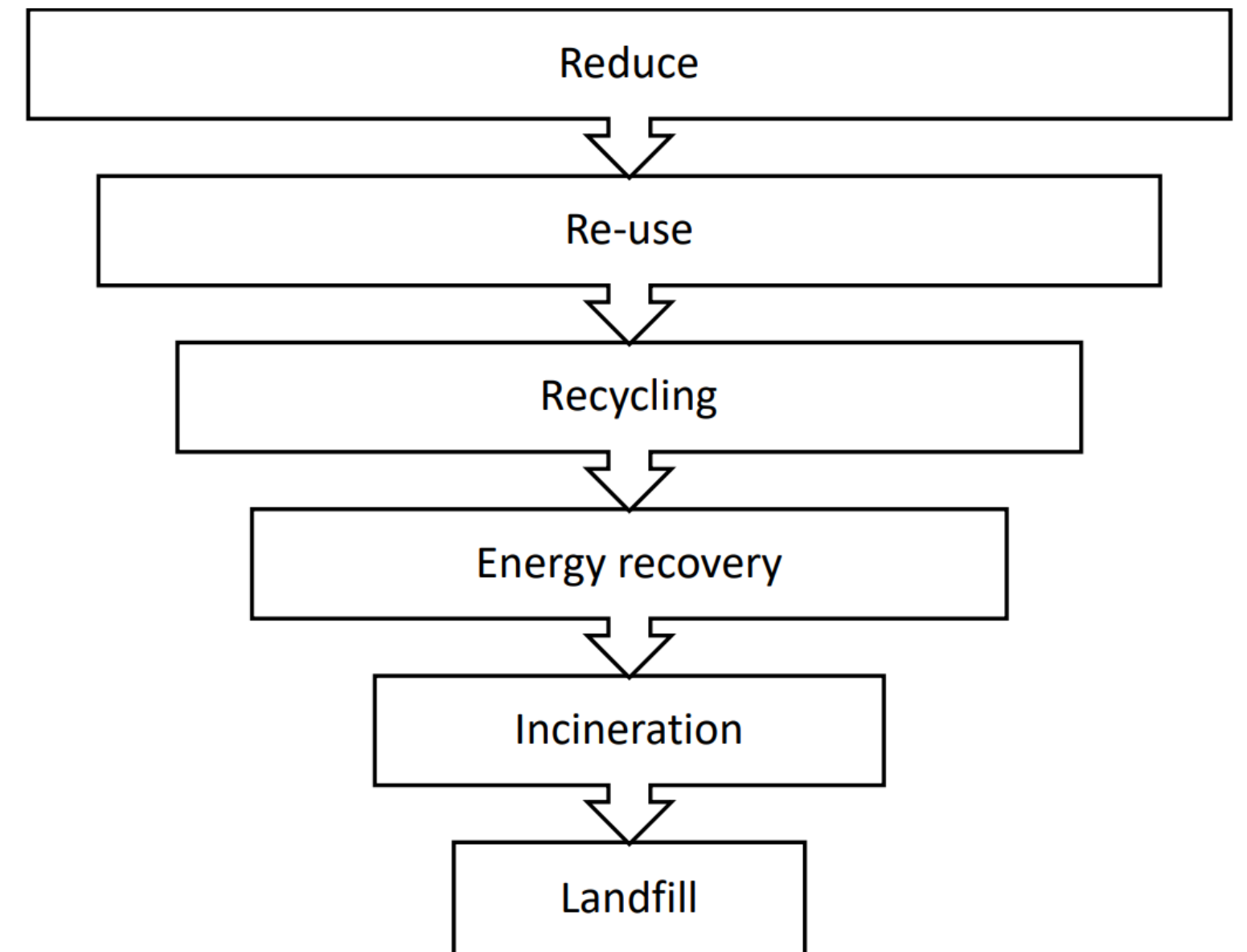
Hvad har vi gjort indtil videre?

- Råvarer
- Restprodukter fra produktionen
- Produktets levetid



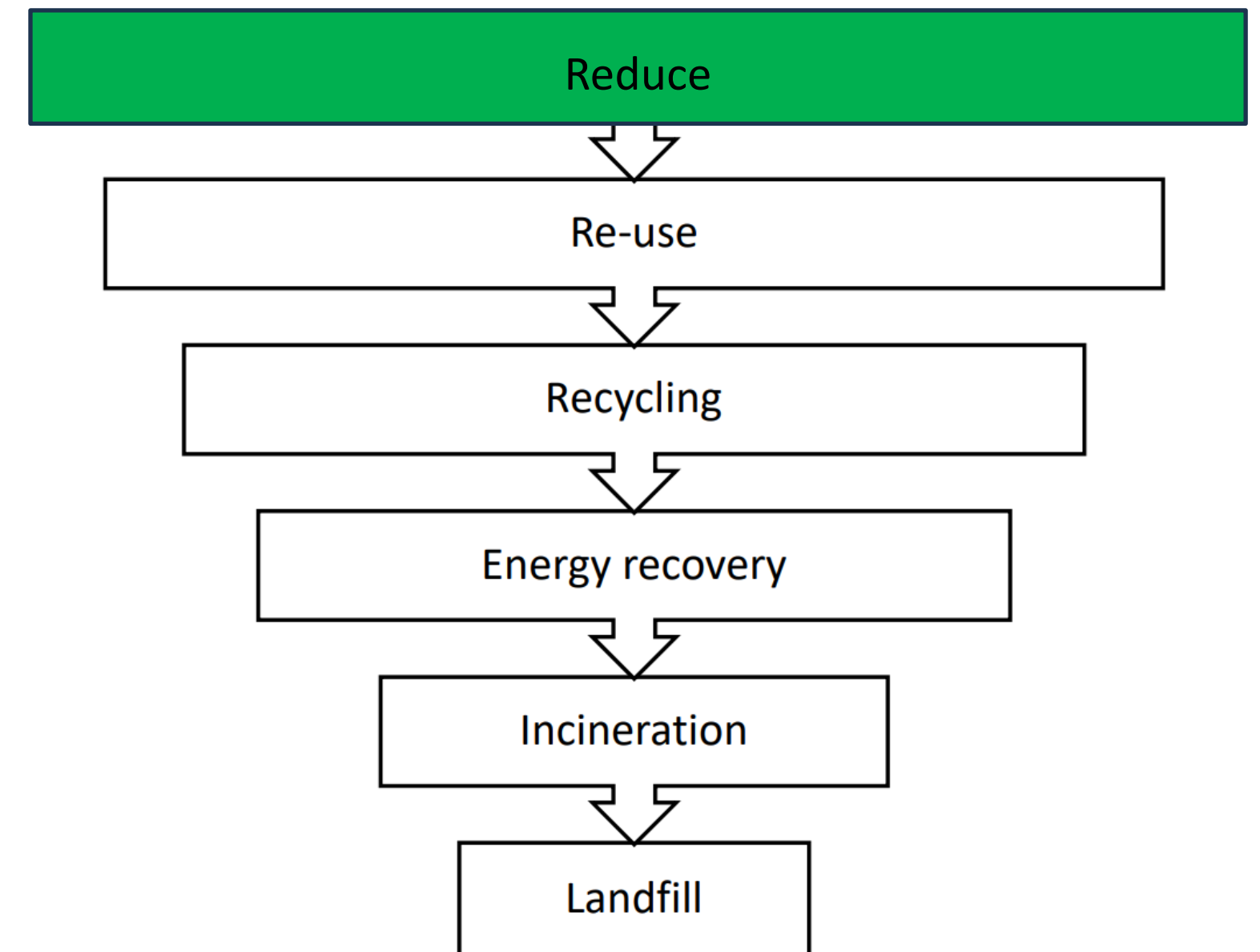
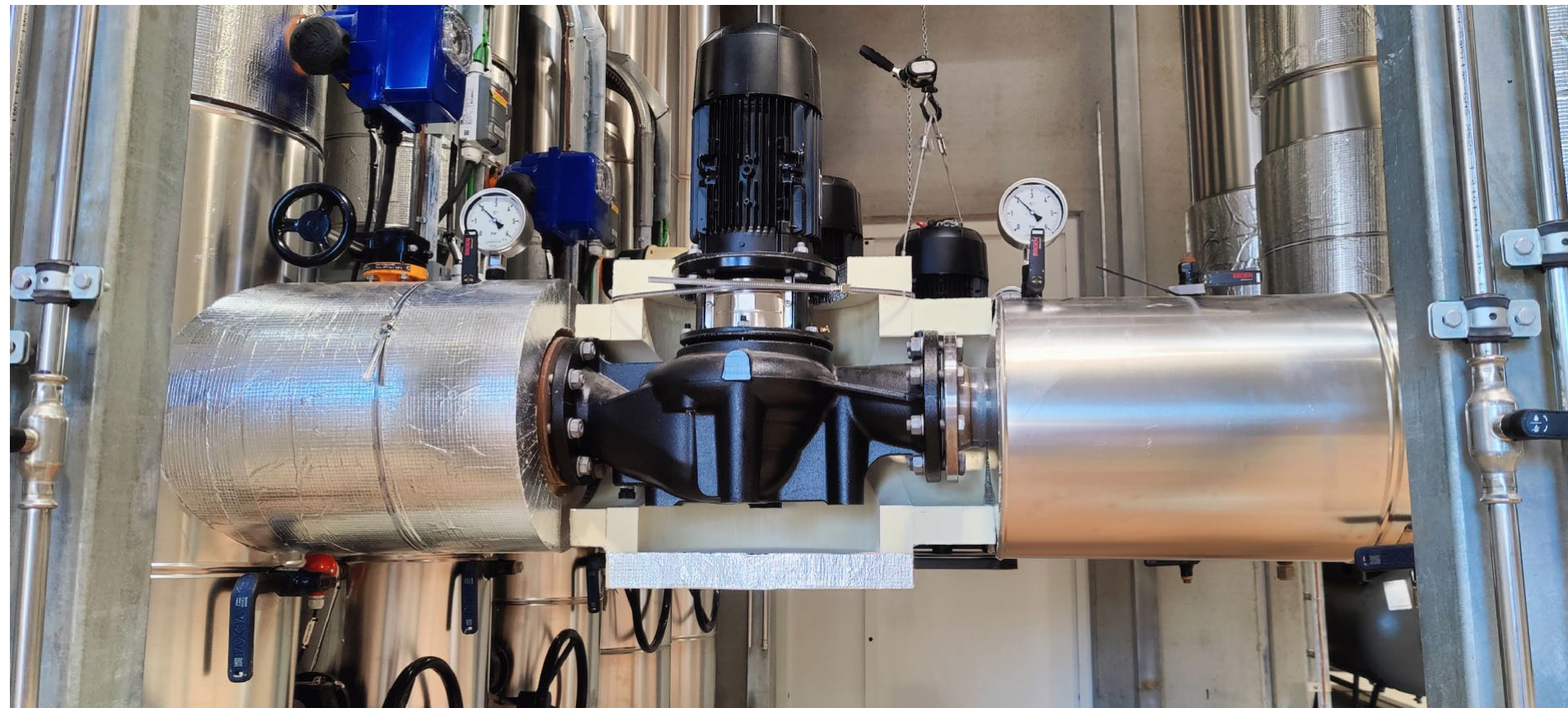
Hvordan kan vi forbedre os?

- Hvad anbefales til affaldshåndtering?
- EU-direktiv 2008/98/EF: Forebyggelse, genanvendelse, genbrug, energiudnyttelse, bortskaffelse
- Affaldshierarkiet (Lansinks stige)



Nuværende praksis

- Fokus på høj effektivitet og optimeret produktion for at minimere spild
- Sikring af produktion af produkter af høj kvalitet, der er designet til at have en lang levetid, hvilket reducerer behovet for hyppige udskiftninger

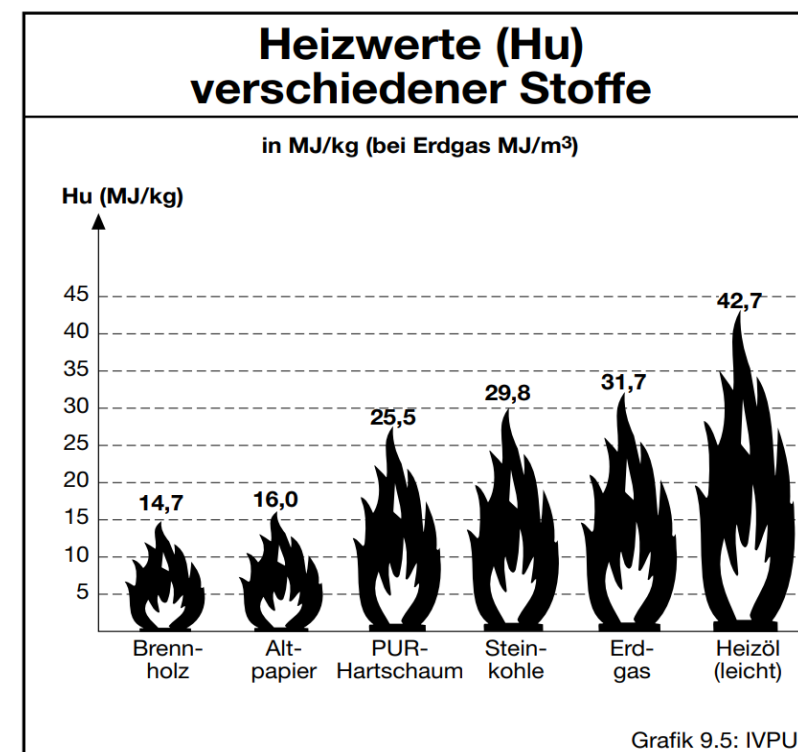


Bæredygtig PUR

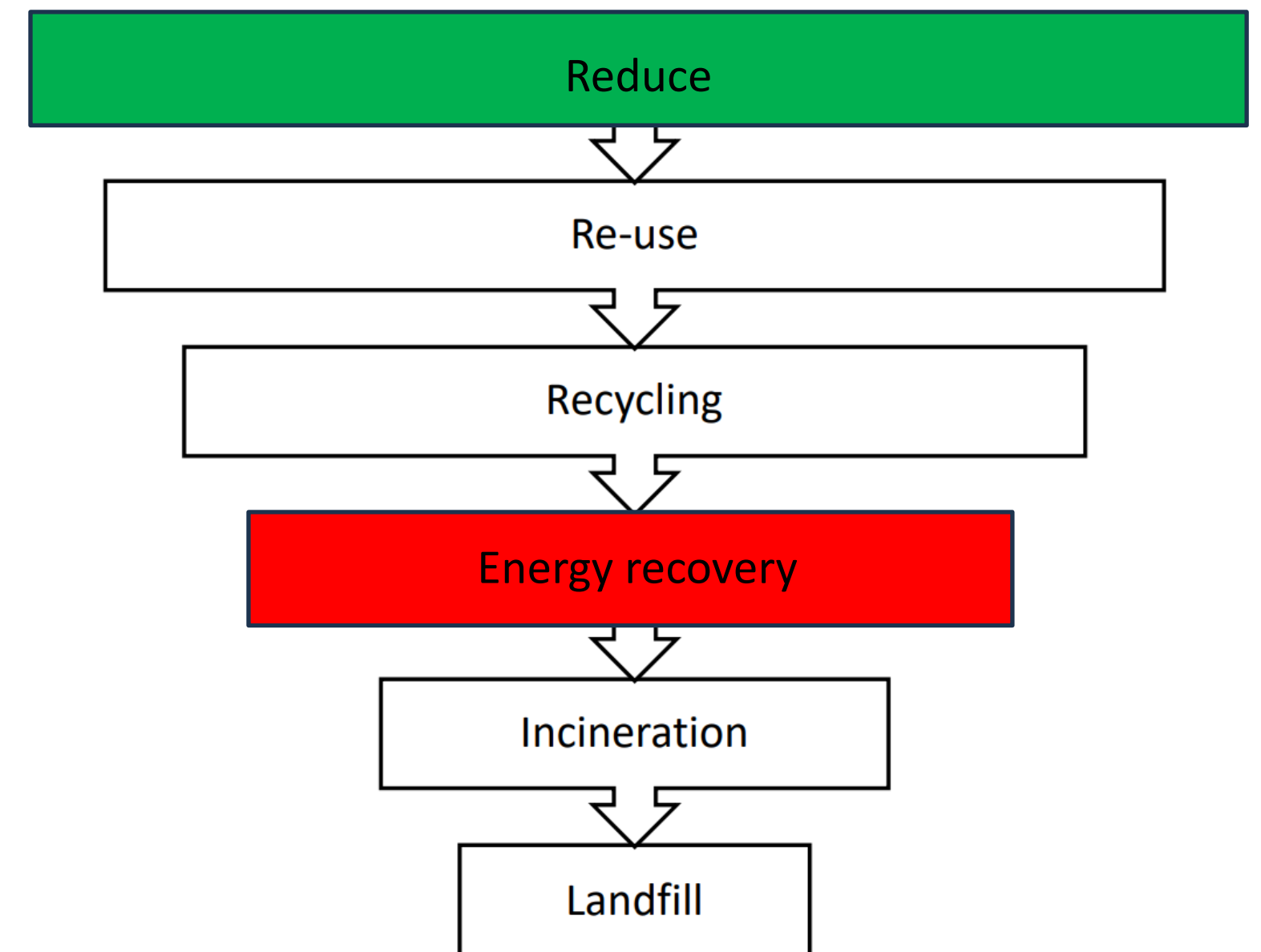
- PUR-affald er særligt udfordrende at genanvende.
- Indtil for ca. 20 år siden var der enighed om, at forbrænding og energiudnyttelse blev betragtet som bedste praksis.

»Den europæiske PU-industri, specielt til stift PU-skum, betragter genvinding af energi fra PUR-skum skrotmateriale fra bygge- og nedrivningsaffald som den bedste bortskaffelsesmulighed som fastsat i forskellige positionspapirer [71, 72]«

Kilde: Zevenhoven, 2004, Behandling og bortskaffelse af polyurethanaffald: muligheder for nyttiggørelse og genanvendelse

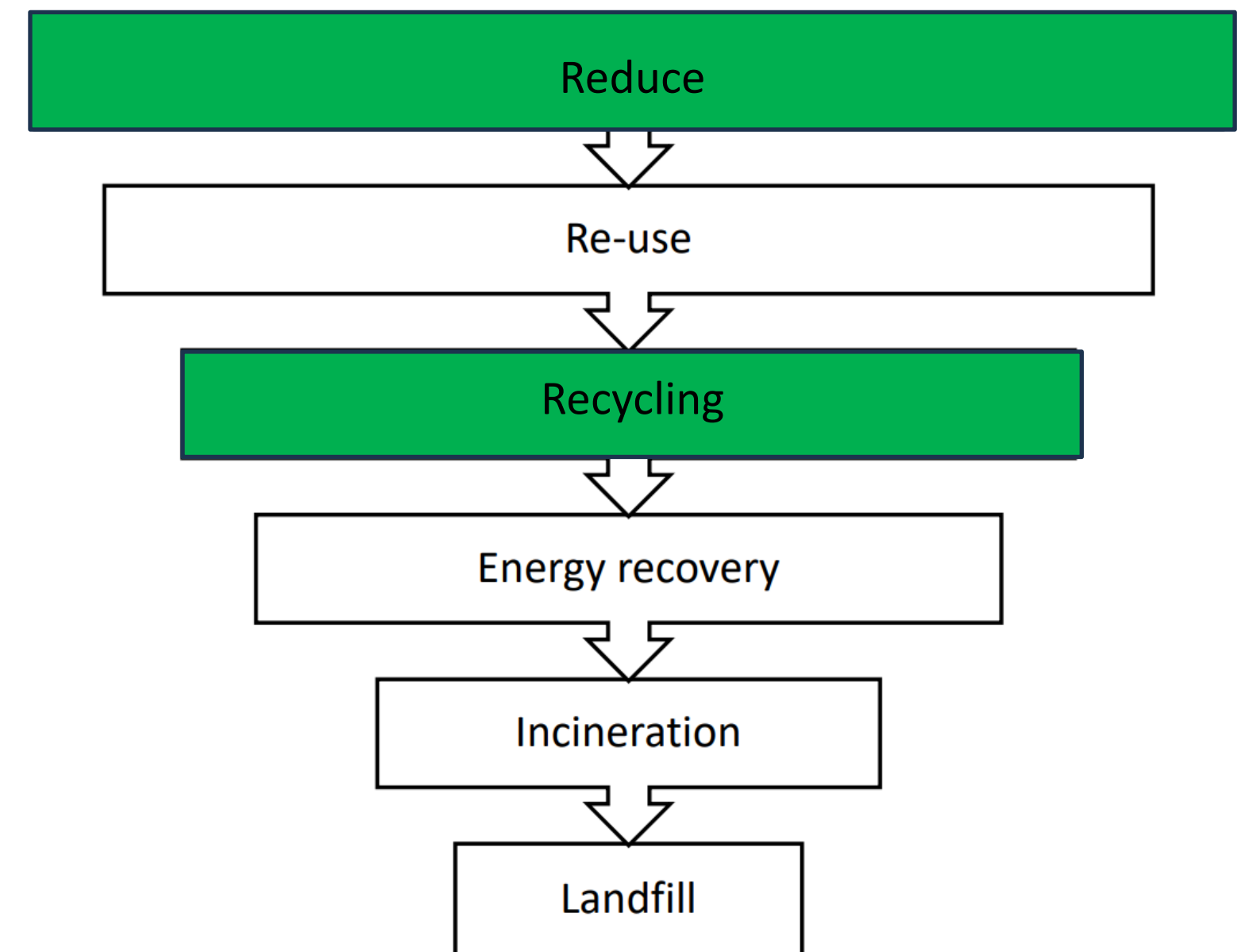


Brændværdier af PUR-skum
sammenlignet med andre energikilder



Vores mål med projektet

- Vi gør allerede meget for at reducere materialeforbruget, men
- Vi sigter mod at øge genanvendelsen.



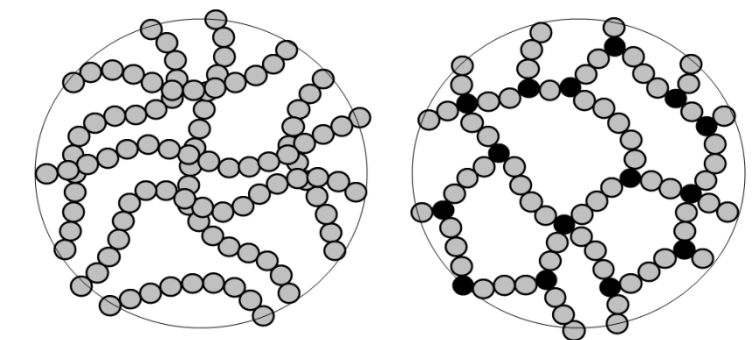
Vores krav

- Vi skal kunne bruge vores eget affald
- Det skal være rentabelt
- Det skal være en ægte grøn løsning
- Processer skal holdes internt
- Hold det enkelt!



Hvilken vej skal man gå?

- PUR-skum kan ikke genbruges ved hjælp af konventionelle metoder.
- Termohærdende indeholder stærke tværbindinger, der forhindrer genbrug.
- Fire hovedstrategier for genanvendelse
- Hvilken skal vi vælge?
- De lavthængende frugter.



Thermoplastic

Thermoset

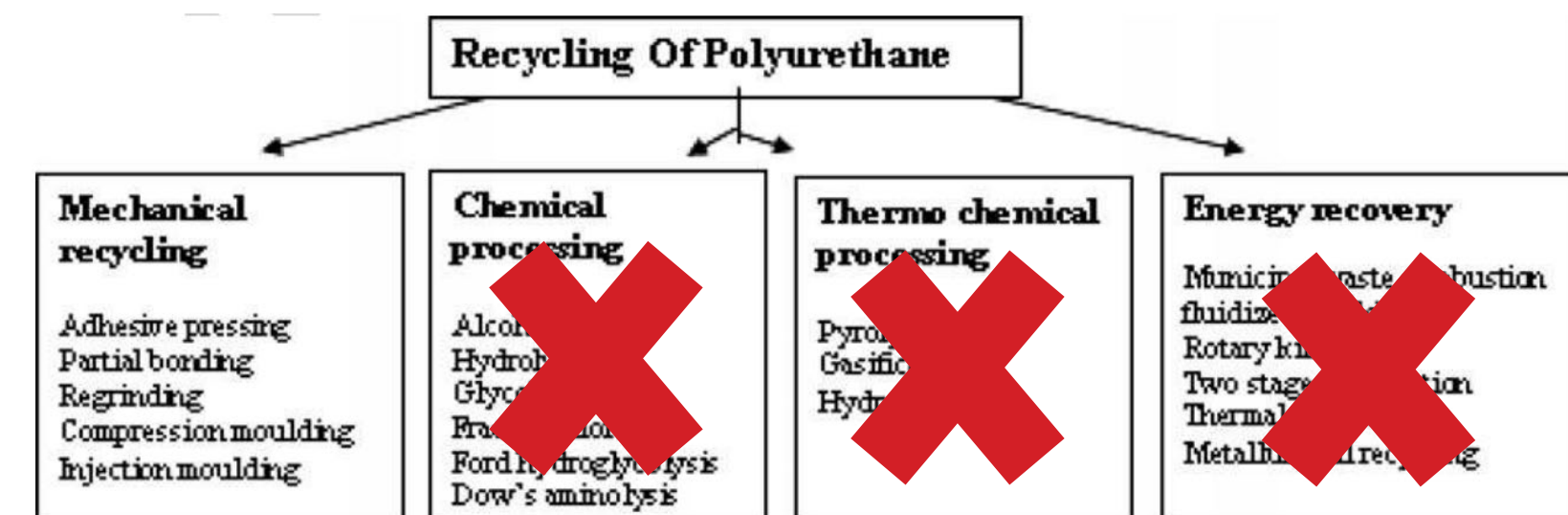


Fig. 1. Overview of options for polyurethane recycling [16].

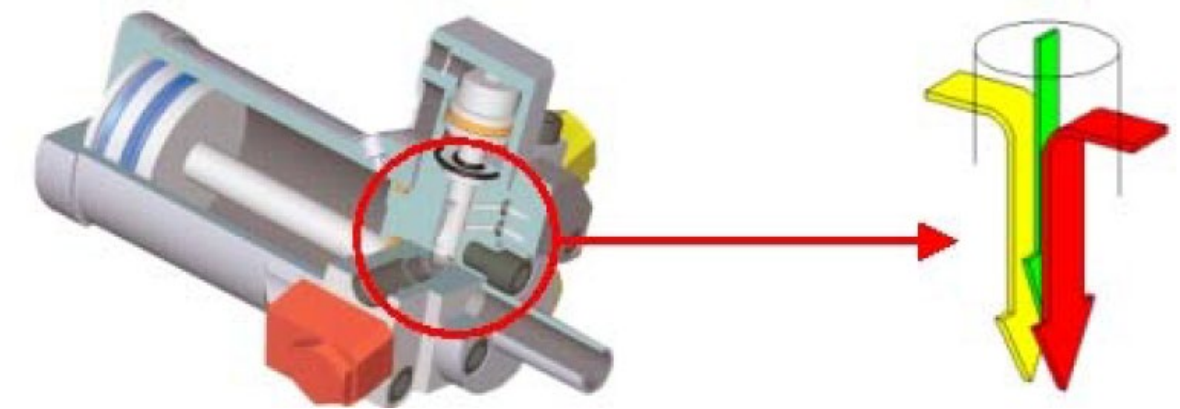
Har andre forsøgt?

- Der findes flere eksempler i den åbne litteratur.
- Cannon Afros og Mobius Technologies har udviklet maskinprototyper til dette formål.

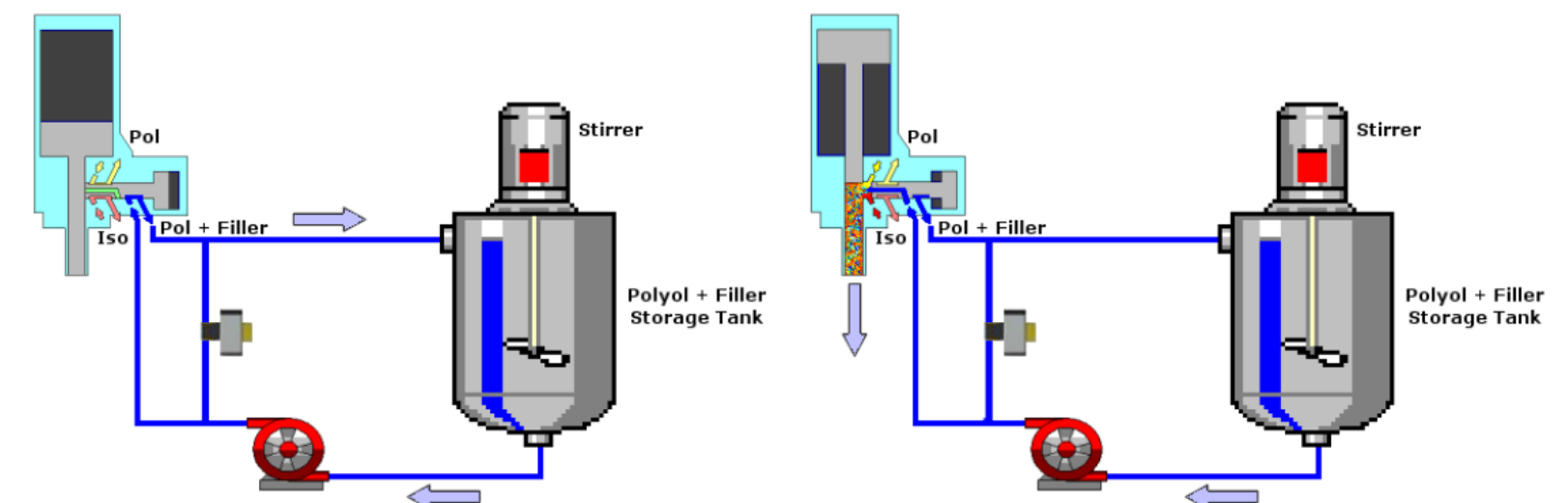
KONKLUSIONER

De opnåede resultater viser, at genanvendt PU-pulver kan bruges i støbte bilsæder i op til 7% af den samlede skumvægt. Mobius valgte dette niveau, da det blev demonstreret i tidligere forsøg, at de mekaniske og fysiske egenskaber ved de støbte skumdele ikke blev væsentligt påvirket ved dette niveau, og sædeskummene stadig opfyldte de specifikke OEM-specifikationer for bilsæder.

Kilde: ANDREOLLI, STEFANO & CHARIATI, CHRISTIAN & BERTHEVAS, PAUL & VILLWOCK, ROBERT. (2015). Innovativt fyldstofindsprøjtningssystem til pulveriseret genanvendt urethan.



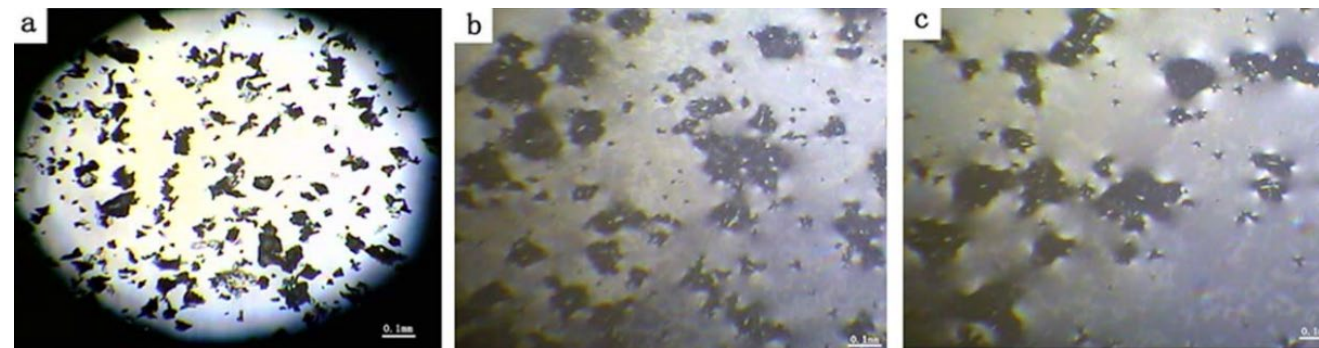
Billede 7 – Cannon FPL /3 Blande Hoved med Høj Effektivitet Aksiale Komponenter Blanding



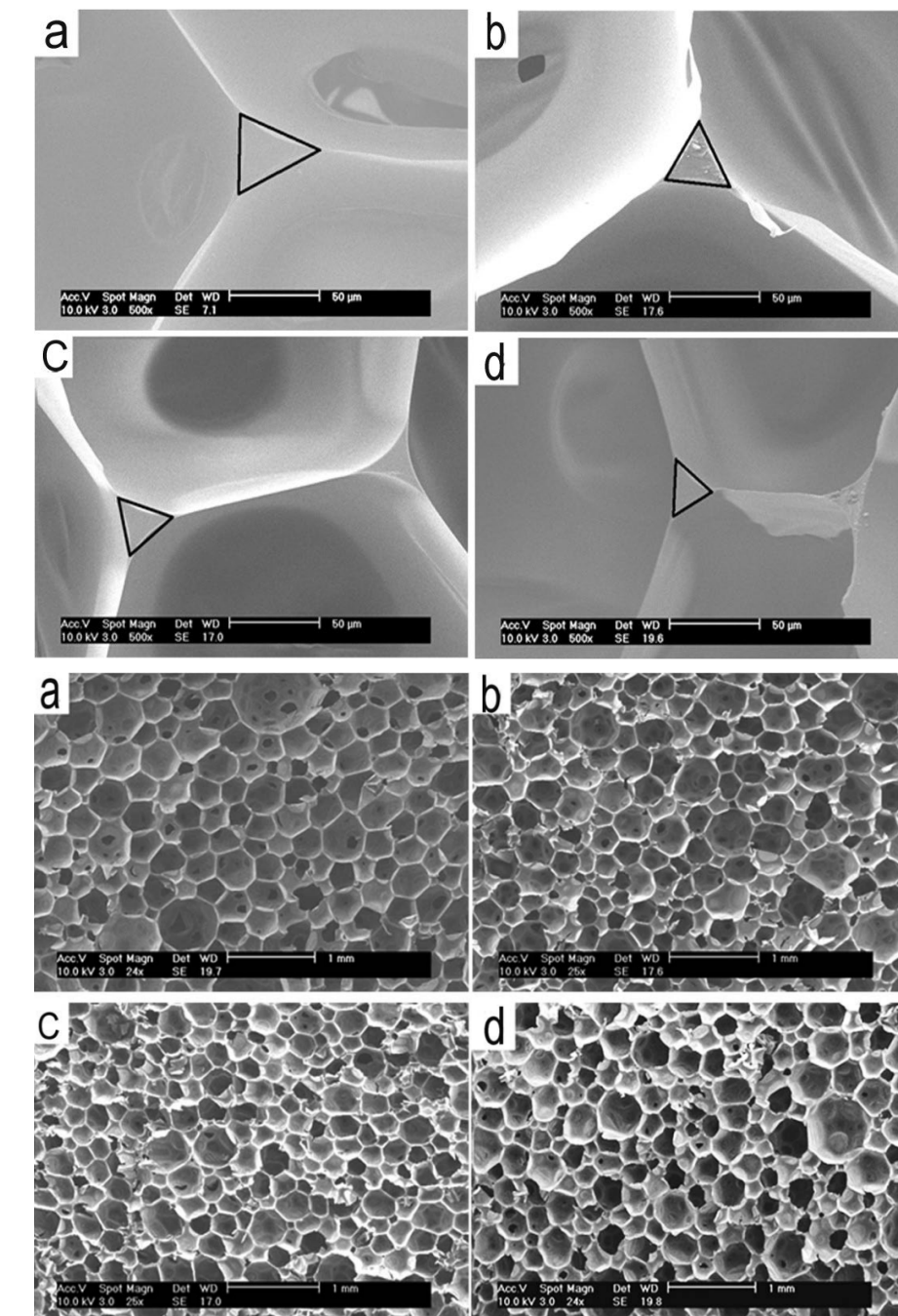
Billede 8 – Cannon prototype fyldstof injektionssæt layout, der viser genbrugs- og hældefaser

Har andre forsøgt?

- Yang et al. (2013) nåede op til 15% genanvendt pulvermateriale i et stift skum (Fudan University, Shanghai)
- Gode egenskaber ved 5% og 10% pulverindhold
- At nå 15 % kræver flere ekstra processer og tilsætningsstoffer



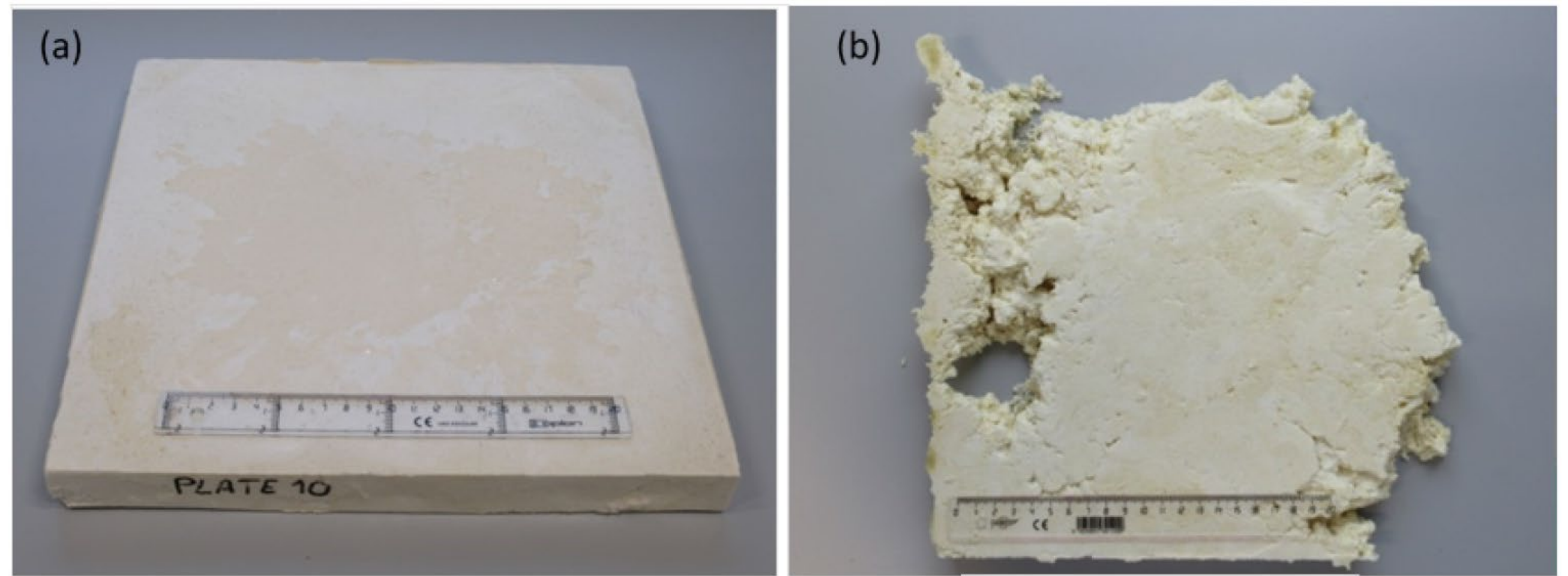
Dispersion of particles in polyol



Foam structure with various contents of recycled material

Har andre forsøgt?

- Aranberri et al. (2022) nåede op til 5 % med gode resultater
- De anbefaler op til 3% for de bedste resultater
- Maksimalt 3 til 10 % nævnes af de fleste kilder
- Nogle få kilder nævner op til 15 % genbrugsmateriale, men det kræver dyre og komplicerede processer
- Dan-iso så dette som en udfordring, der var værd at tage op

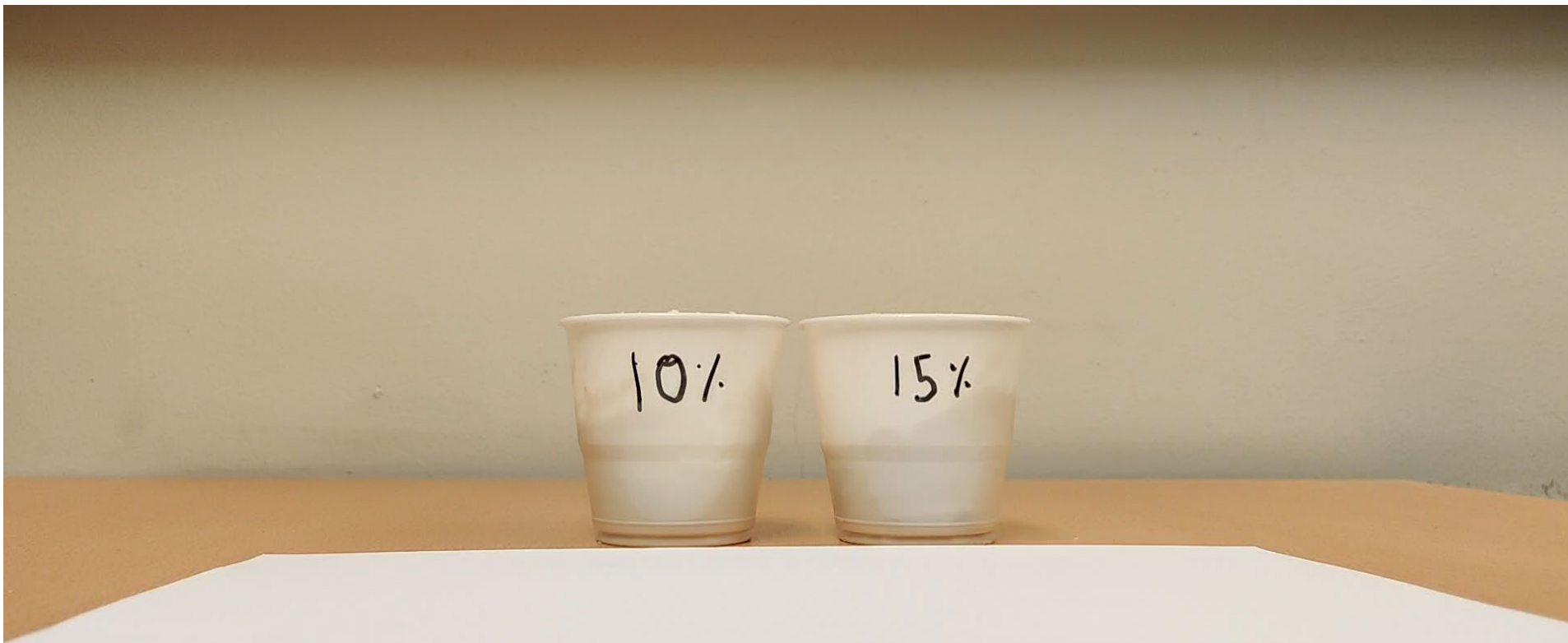


(a) Plader af stive polyurethanskum med 3 vægt% og (b) 10 vægt% af genanvendt polyurethan skumpulver.

[Aranberri et al. 2022]

Indledende eksperimenter

- Selv med små mængder PUR-pulver bliver væsken meget tyktflydende
- Det er en stor udfordring for eksisterende maskiner
- Ikke så let (trods alt)

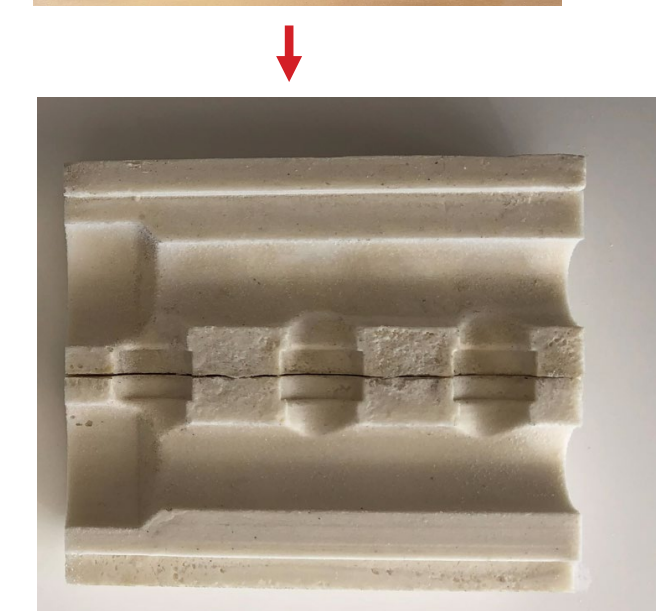
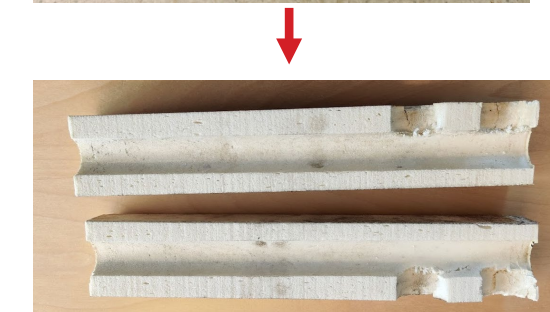
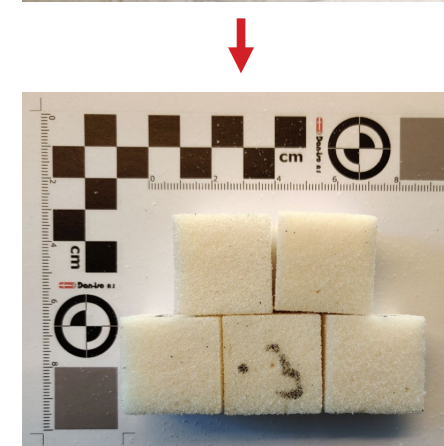
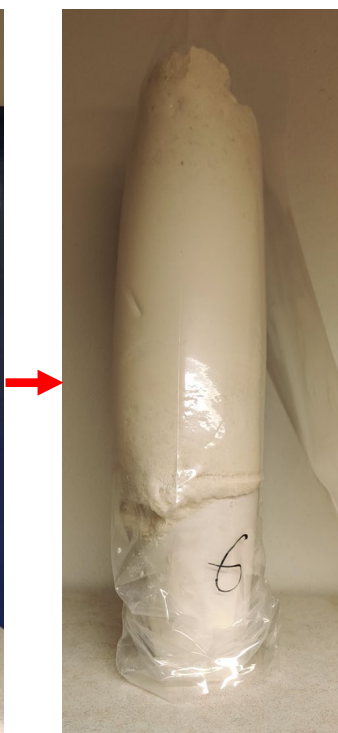


Sample	Polyol	Polyol/ PPU5wt%	Polyol/ PPU10wt%	Polyol/ PPU15wt%
Viscosity (mPa s)	1900	3400	5480	>10,000

Viskositet af polyol med PUR-pulver - [Yang et al. 2013]

Trinvis udvikling

- Små mængder genanvendt materiale til at begynde med
- (2-3%)
- Langsom, men støt fremgang til 25 % og derover
- Altid med fokus på produktion
- Målet var naturligvis et salgsbart produkt



Identifikation af nøgleparametre

Input parametre:

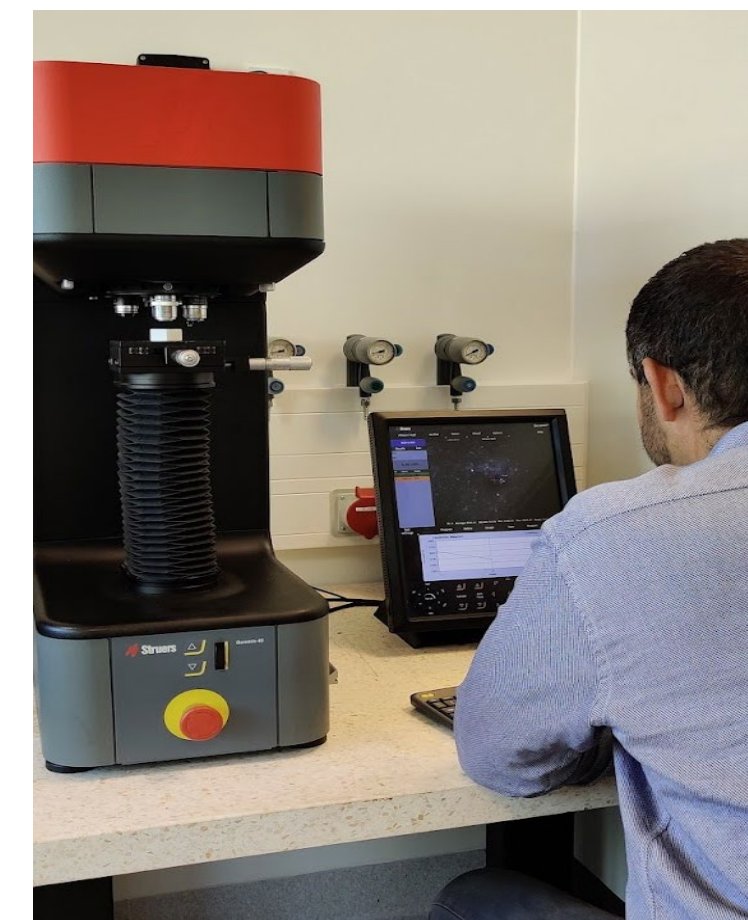
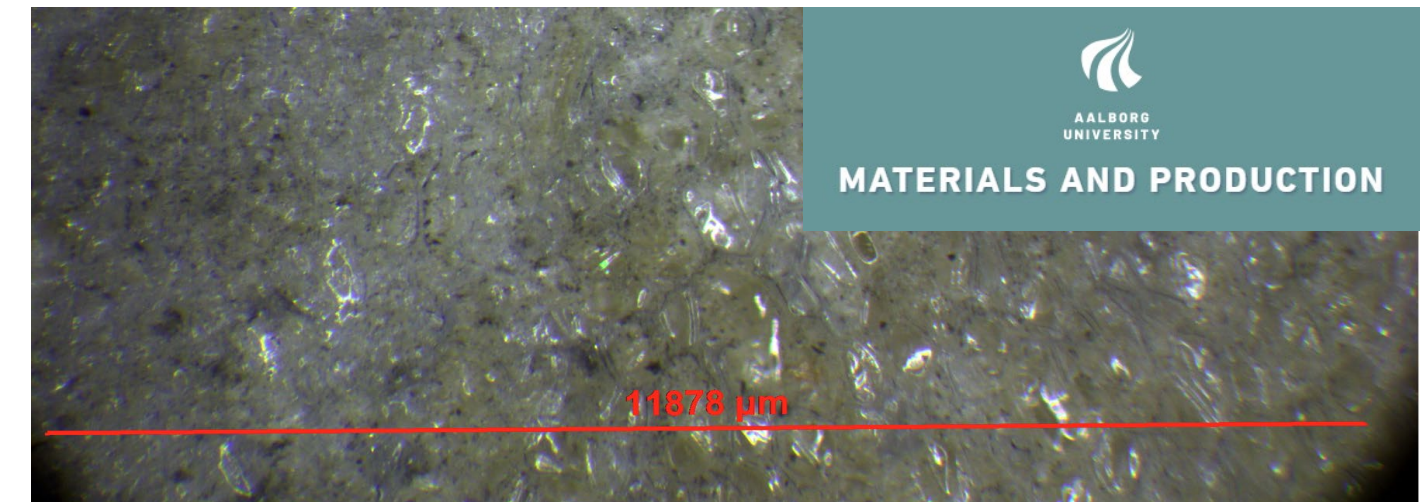
Blæsemidler
Blandingsmetoder
Partikeloverflade
Partikelstørrelse
...

Materielle egenskaber:

Tæthed
Trykstyrke
Lambda
Stivhed
...

Produktionsparametre:

Interaktion med forskellige formformer
Interaktion mellem processer og vores egne maskiner
Ekstra processer, der kræver implementering
...



Hvor er Dan-iso?

To spor

Spor 1: 40 % til 45 % genbrugsmateriale

Fordele:

Højt indhold af genbrugsmateriale

Kræver få nye processer

Kan implementeres i vores eksisterende produktionslinje

God trykstyrke

Materialeudnyttelse ~95%

Ulemper:

Lambda-værdierne stiger en smule (2-3 mW/m·K)

Kosmetiske forskelle sammenlignet med jomfruskum

Spor 2: 23 % til 27 % genbrugsmateriale

Fordele:

Rigtig god isolering

Nogle målinger viser lidt bedre værdier end rent skum (1-2 mW/m·K)

Meget fleksibel med hensyn til forskellige geometrier

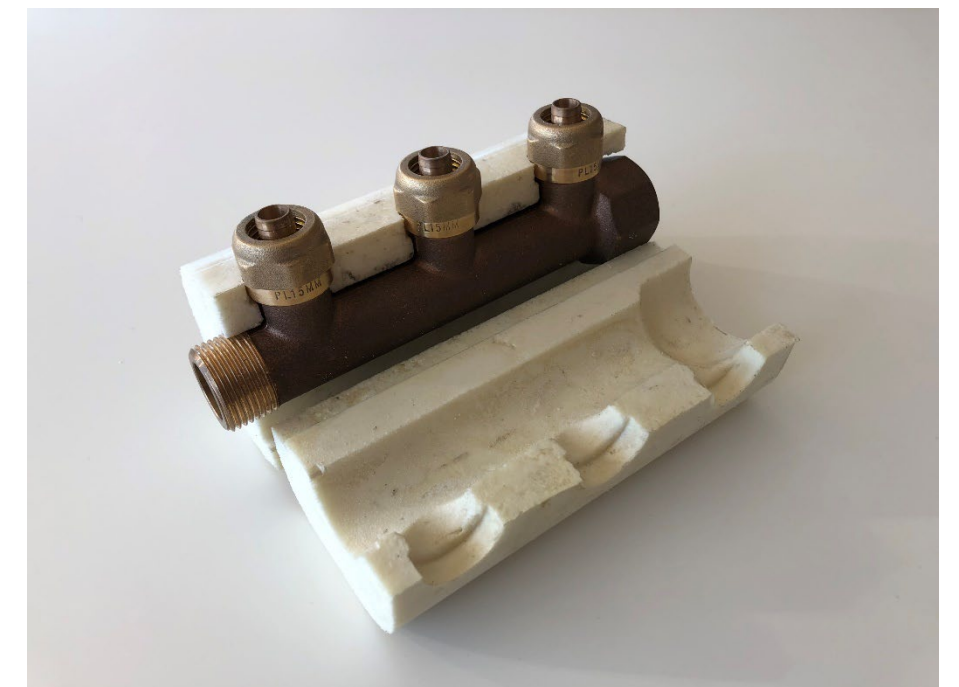
Materialeudnyttelse ~97%

Ulemper:

Reduktion af trykstyrke sammenlignet med nyt skum

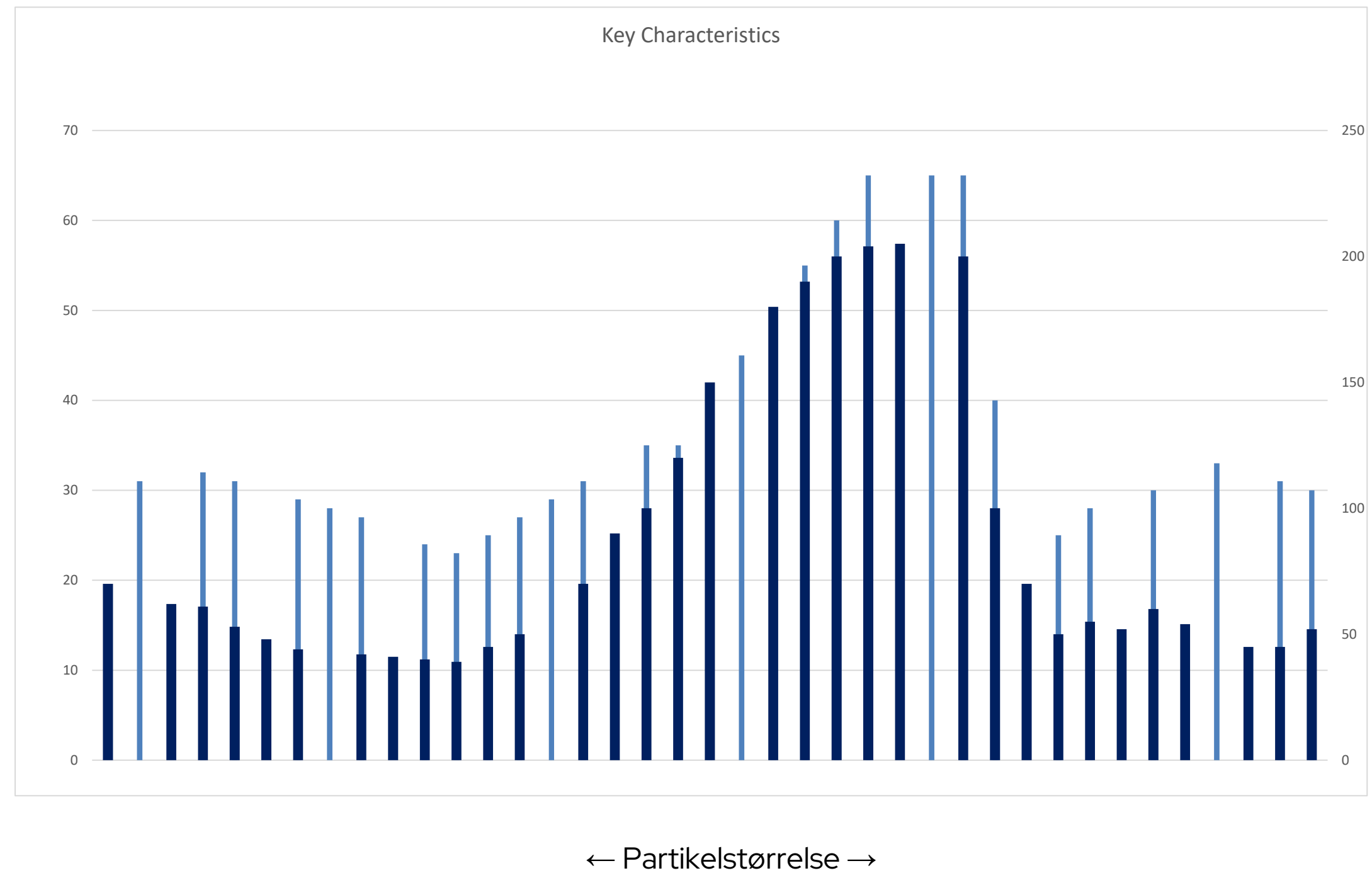
Kræver flere nye processer

Krævede udvikling og test af nye maskiner og processer



Hvorfor to spor?

- "Sweet-spots" ved begge emner falder sammen
- Andre egenskaber, såsom trykstyrke, topper også ved disse "sweet-spots"



Hvorfor lige der?

For små partikler,

- Vi ser en meget ensartet fordeling af partiklerne
- Partiklernes karakteristiske overflade "passer" til cellestrukturen
- Dette resulterer i god skumdannelse
- Partikler i væskefasen er godt spredt

Pore structure of 15% sample

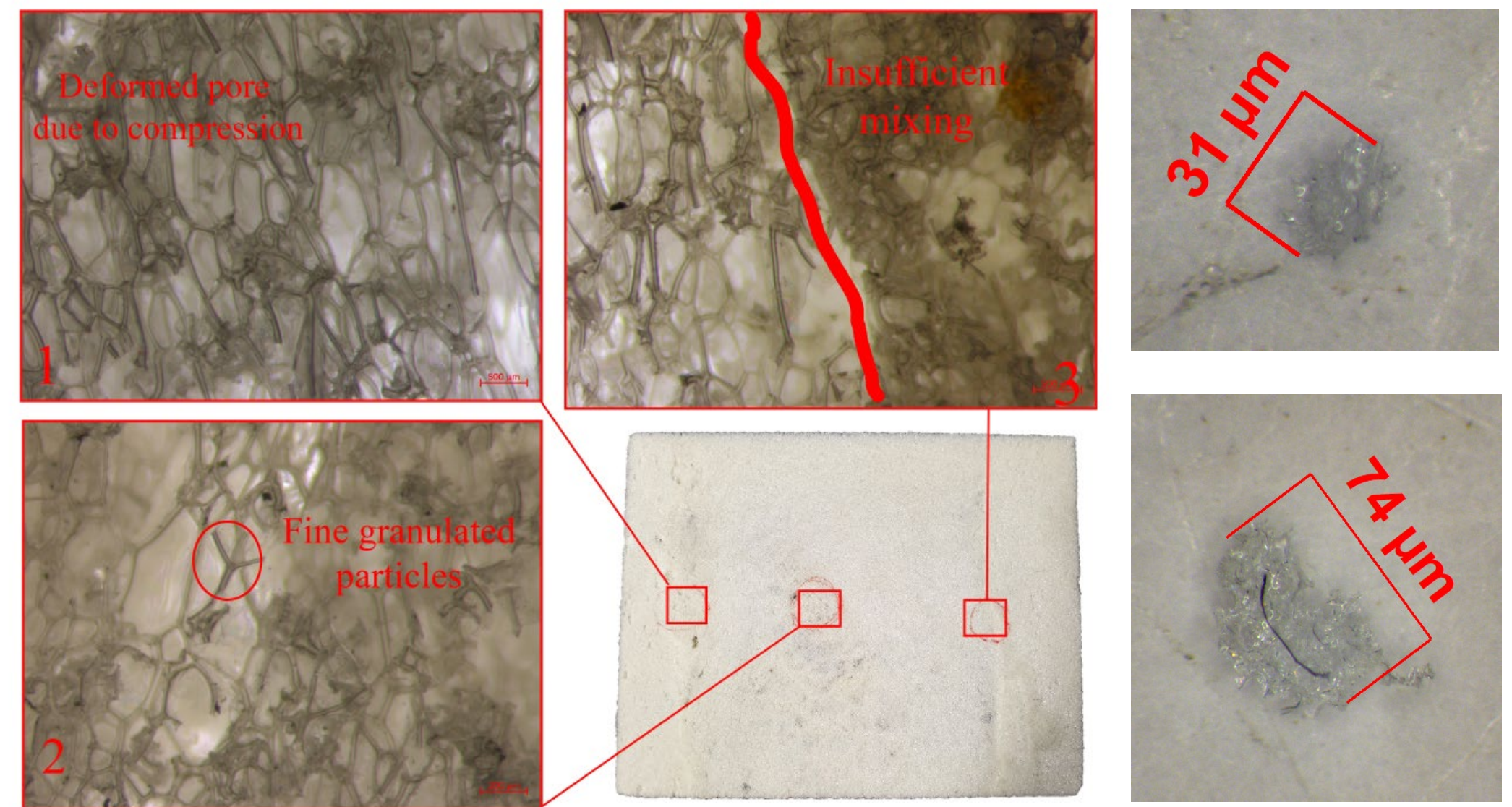
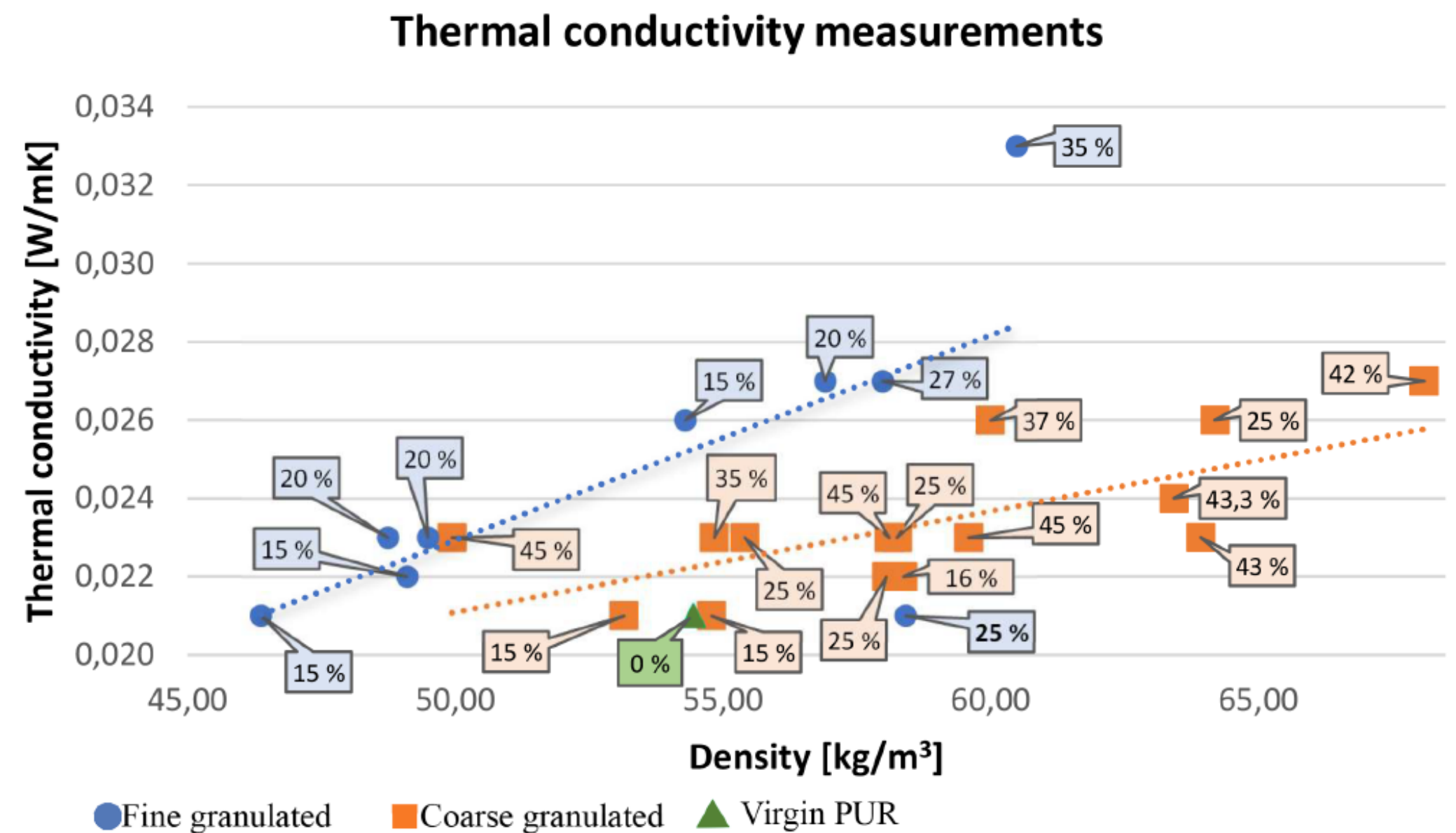


Figure G.2. Fine granulated 15% sample

Mikroskopisk struktur af skum med 15% genbrugsmateriale

Detaljeret parametrisk undersøgelse

- De mekaniske og termiske egenskaber ved forskellige genanvendelsesprocenter og produktionsteknikker er blevet undersøgt.
- Med de nyeste produktionsteknikker opnår vi exceptionelle isoleringsværdier med op til 25 % genbrugsindhold.



Foreløbig EPD

- Der er gennemført en foreløbig EPD i samarbejde med Aalborg Universitet.
- EPC viser betydelige forbedringer i forhold til standard PUR

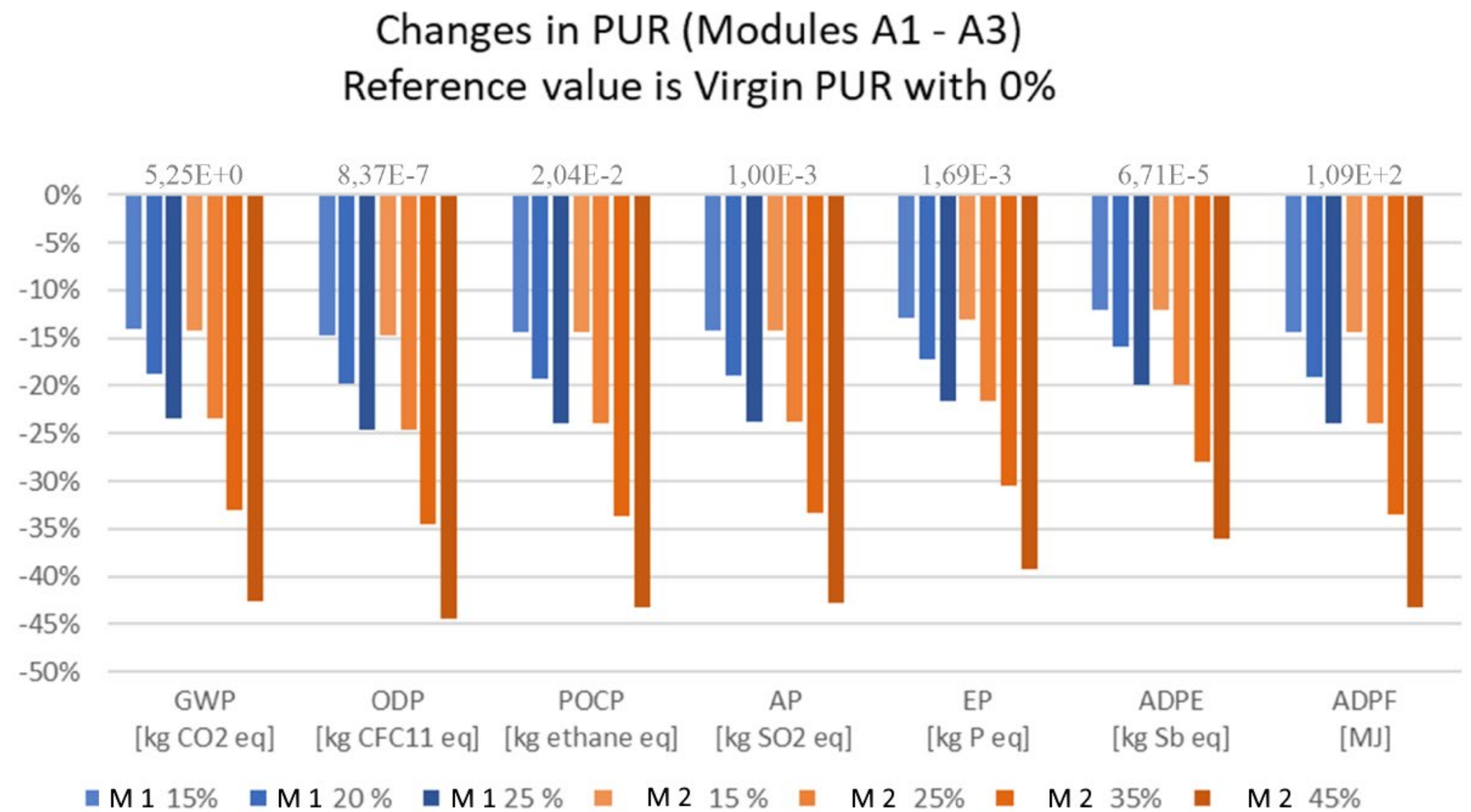
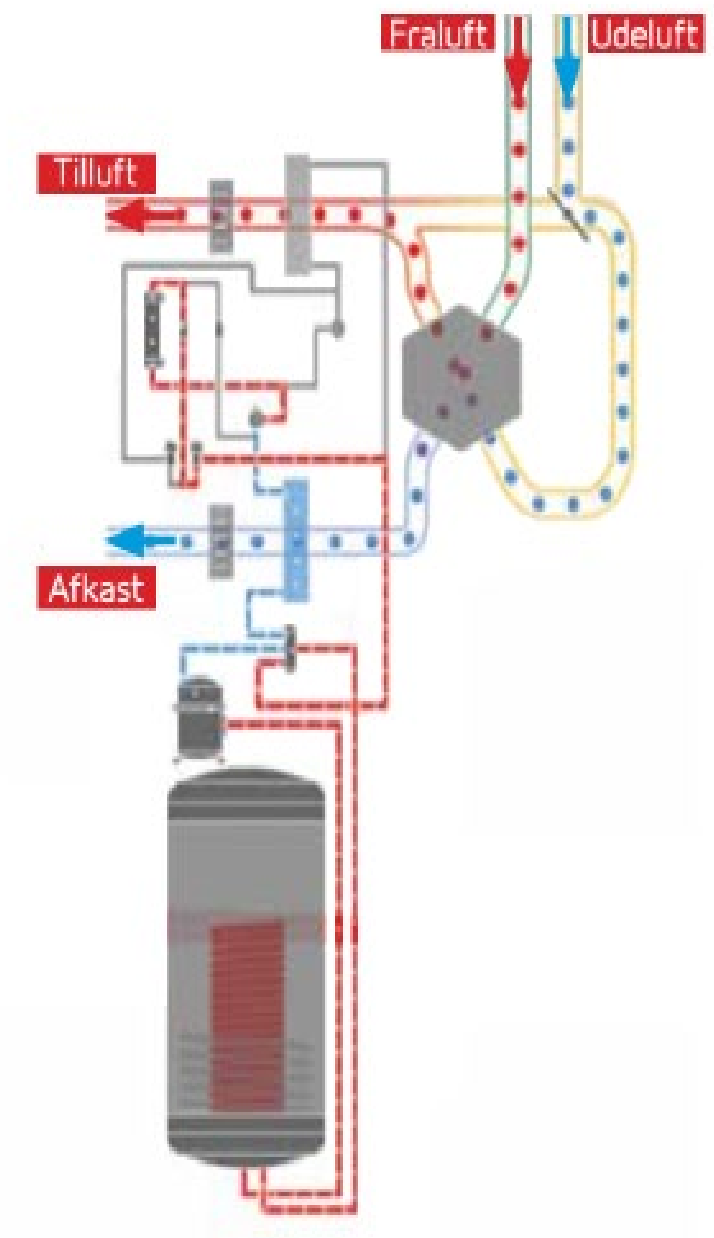


Figure G.3. Changes in PUR (Modules A1 - A3)

Hvad er det næste?

- Få en dybere forståelse for at øge procentdelen af genbrugsmateriale
 - Fortsæt ad begge stier
- Udforsk praktiske anvendelser
 - Projekt med AAU Build (varmt vand og energiforbrug)
- Undersøg bæredygtighed
 - Projekt med AAU Build on material-LCA
- Vi har to stabile processer – skal automatiseres



Cirkulære produkter

