

Vermoeiings-onderzoek hergebruikt composiet

Dr. Ir. Albert ten Busschen
Associate Lector
Lectoraat Kunststoftechnologie
Hogeschool Windesheim

Eric Sülter
Managing Director
Enduteq
www.enduteq.com



- Probleem van End-of-Life thermoharde composieten
- Windesheim-methode van hergebruik als oplossing
- Toepassingsonderzoek (demonstrators)
- Onderzoek naar eigenschappen



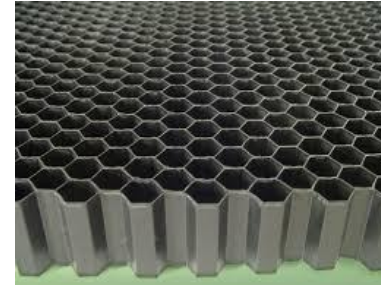
Ontwikkeling hergebruik-methode

- *2015-2017 haarkbaarheid*
- *2017-2022 toepassing en industrialisatie (RAAK-projecten)*
- *2022-2023 Delta-premie, RAAK-Award, JEC-innovation award*
- *2022-heden onderzoek lange-duurgedrag (RAAK-project)*



Thermoharde composieten: vezelversterkte kunststoffen

- Versterkingsvezels (glas, koolstof, aramide)
- Thermoharde hars (polyester, epoxy)
- Kernmaterialen (schuim, honingraat)



Thermoharde composieten: duurzame materialen

- Sterk en licht
- Weinig onderhoud
- Lange levensduur



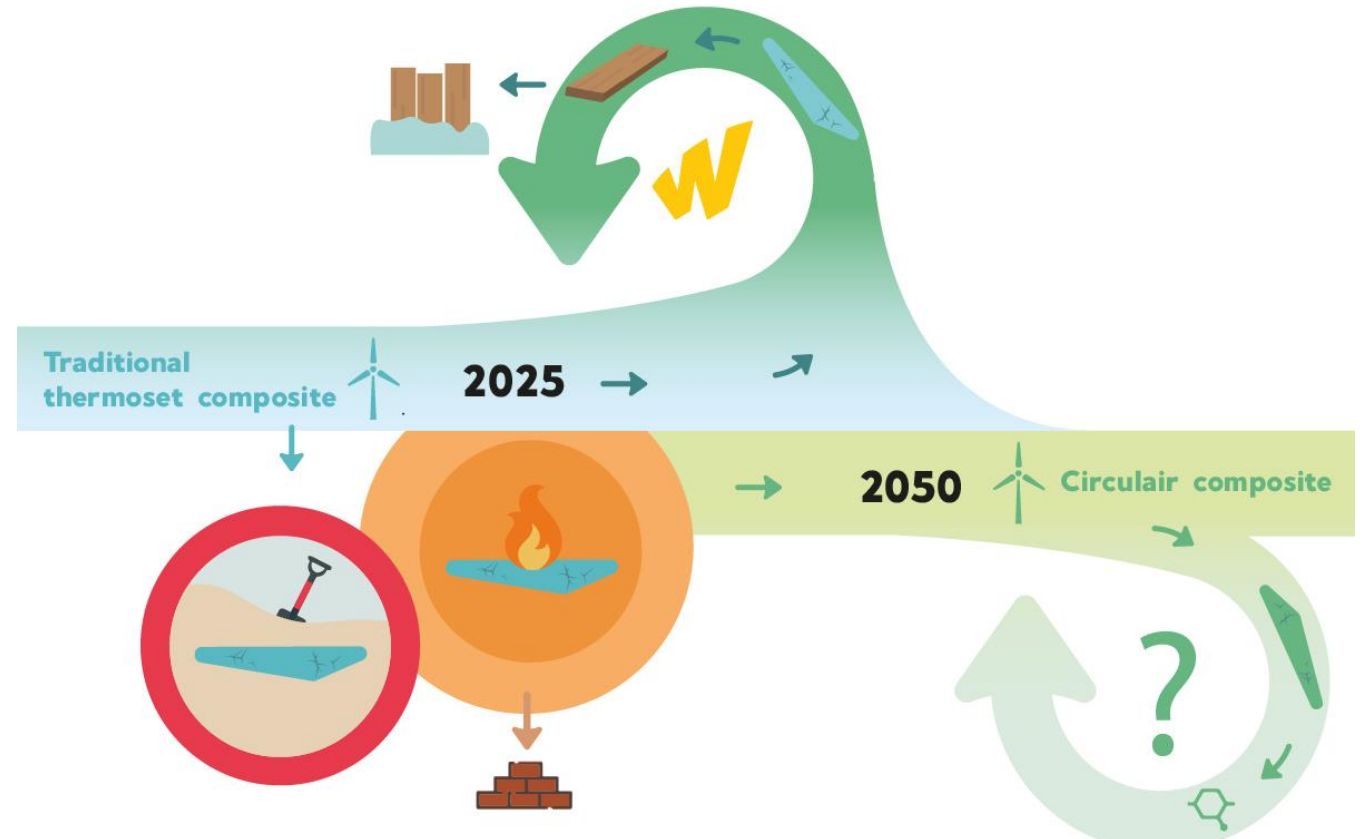
Thermoharde composieten: recycling uitdaging

- Thermoharder kan niet smelten
- Componenten (vezels en hars) niet te scheiden
- Chemische routes (pyrolyse, solvolyse) niet industrieel
- ‘Cement-route’ operationeel maar niet circulair (‘open-loop’)



Windesheim-methode van hergebruik

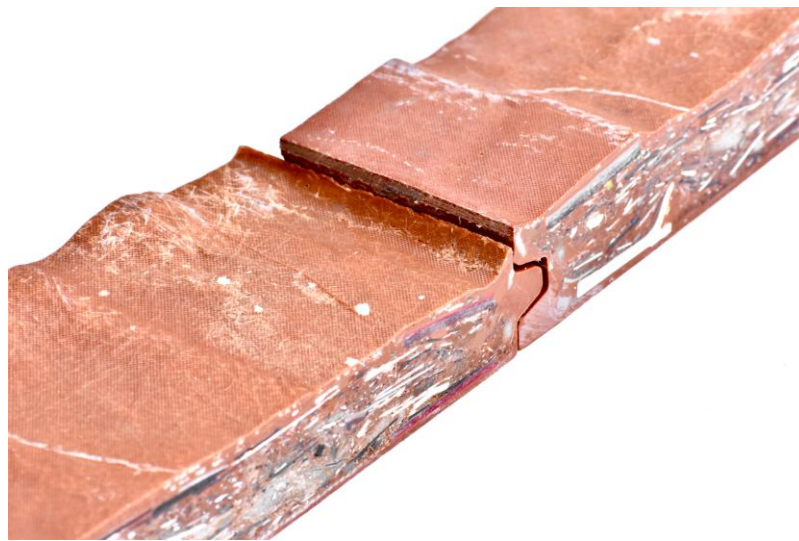
- Ontwikkeling gestart in 2015
- Verklein End-of-Life (EoL) composiet maar laat structuur intact
- Hergebruik als versterking in nieuwe composietproducten ('closed-loop')
- Opgeschaald naar industrieel proces



Geshredderd EoL composiet toegepast als versterking in nieuwe composietproducten

Windesheim-methode van hergebruik

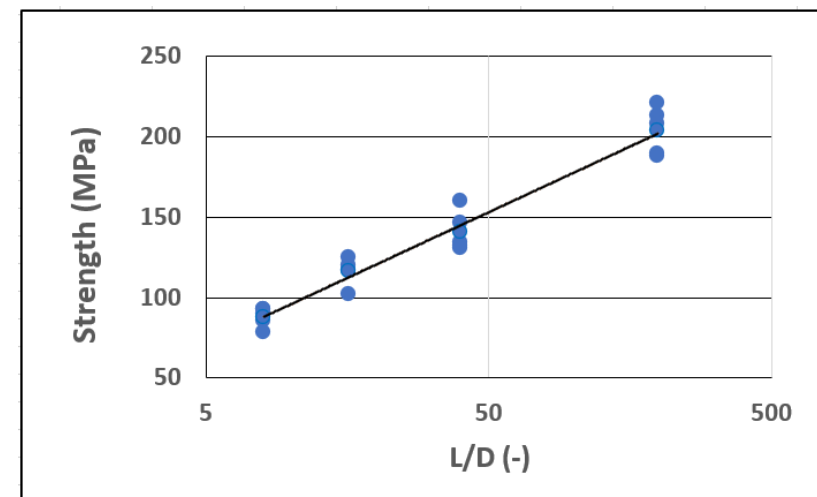
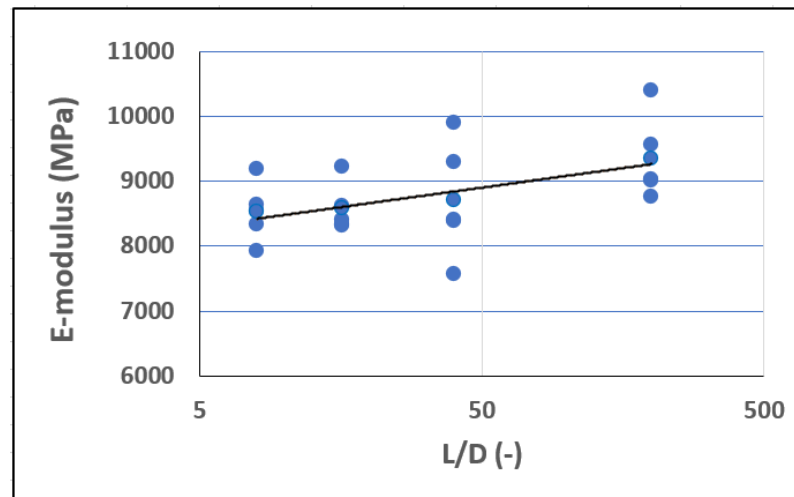
- Verklein End-of-Life (EoL) composiet maar laat structuur intact
- Hergebruik van nog aanwezige sterkte en waterbestendigheid
- Hergebruik als versterking in nieuwe composietproducten ('closed-loop')
- Dringend nodig i.v.m. grote stijging stroom EoL-composiet (windparken)



Geshredderd EoL composiet toegepast als versterking in nieuwe composietproducten

Windesheim-methode van hergebruik

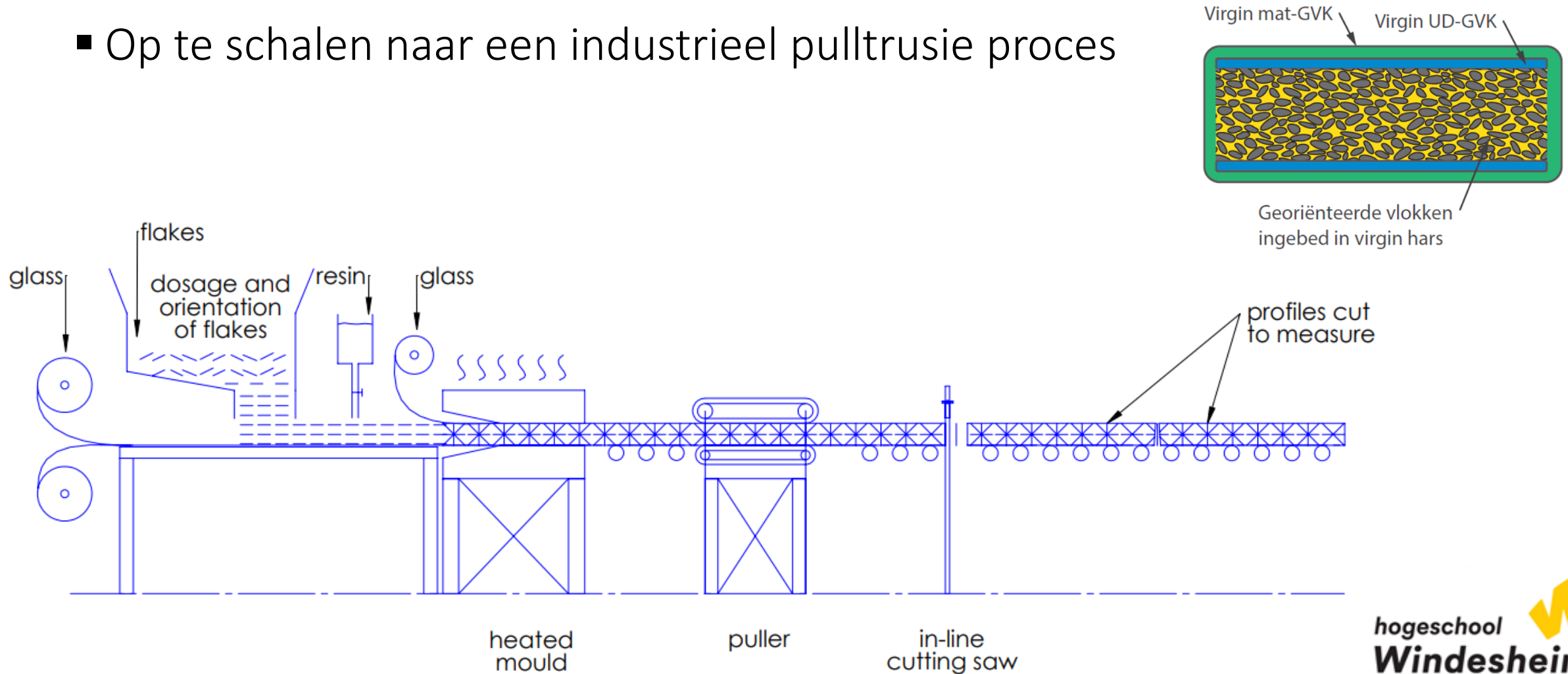
- Lengte-Dikte-verhouding (L/D) vlokken belangrijk voor versterking
- Voor versterkende werking bij voorkeur $L/D > 50$



Eigenschappen van nieuw product als functie van L/D vlokken

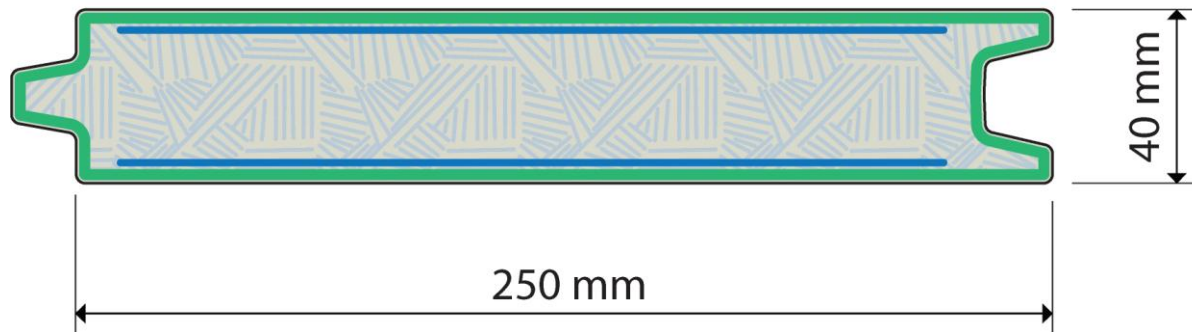
Windesheim-methode van hergebruik

- Op te schalen naar een industrieel pulltrusie proces



Demonstrator: oeversbeschoeiing / damwand

- Verticaal ingetrilde planken
- 3,5 meter lang, 80 stuks
- Vervanging tropisch hardhout



Beatrix-sluis Almere

Demonstrator: interieurpanelen

- Panelen van vlokken met geschuimd PU
- Geperst en verwerkt in tafels, kabinetten



Interieurdelen bij Windesheim

Persen van platen bij VDL-Wientjes in Emmen

Demonstrator: wrijfgordingen

- Balken 4 meter lengte (200 x 200 mm)
- Aanvaarsterkte 450 kN getest



Wrijfgordingen in remmingwerken Delfzijl

Demonstrator: dragline-schot

- Balken 5 meter (200 x 200 mm)
- 5 stuks samengesteld tot schot
- Getest op bouwplaatsen

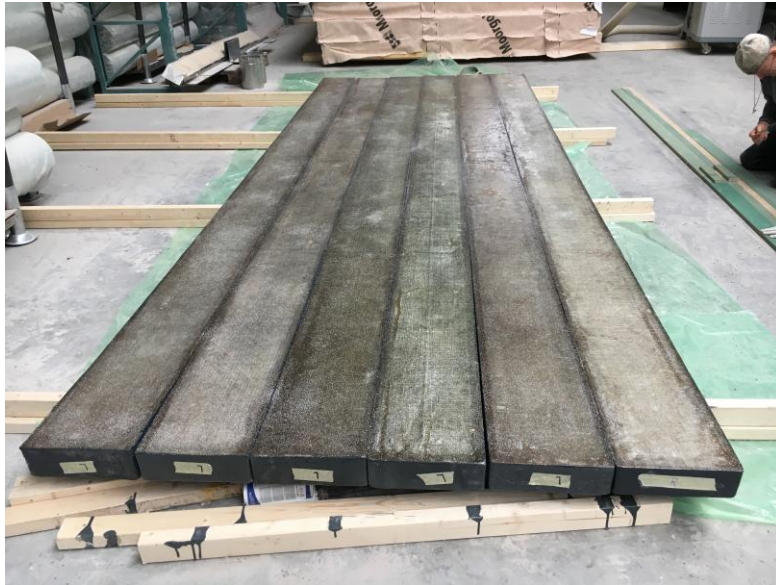


Zware praktijktests door producent Welex



Demonstrator: dekplanken

- Dekprofielen 2 meter (95 x 245 mm)
- Getest en geschikt voor zwaar verkeer



Productie profielen door Composites Structures



Onderzoek naar eigenschappen

- Statische mechanische eigenschappen (sterkte, stijfheid)
- Verwerking tot ontwerpeigenschappen
- Werkwijze volgens CUR96 en Eurocode



Coupon tests en full-scale tests



Lange-duur-eigenschappen

- Toepassingsgebied: Nederlandse infra
- Buiten, inwerking van weer en wind, nat/droog of permanent nat
- Relevant: (UV), vochtinwerking, kruip en vermoeiing
- Gebruik voor vaststelling conversiefactoren volgens CUR96

$$\underline{X_d} = \eta_c \cdot \underline{X_k} / \gamma_M$$

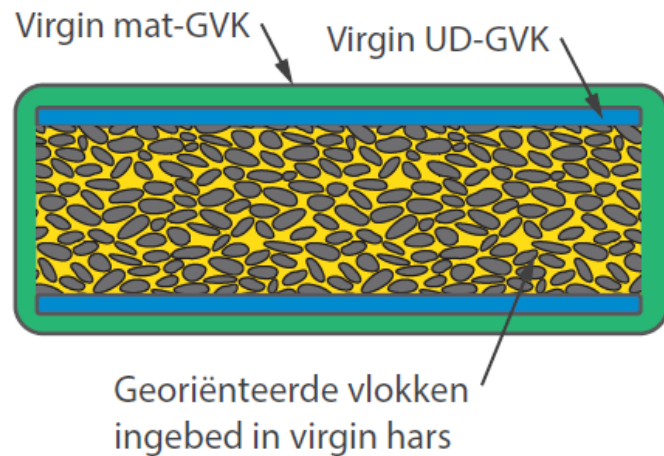
Ontwerpwaarde (X_d) bepaald door conversiefactoren

$$\eta_c = \eta_{ct} \cdot \eta_{cm} \cdot \eta_{cv} \cdot \eta_{cf}$$

η_{ct}	conversiefactor voor temperatuur
η_{cm}	conversiefactor voor vochtinwerking
η_{cv}	conversiefactor voor permanente belasting (kruip)
η_{cf}	conversiefactor voor wisselende belasting (vermoeiing)

Lange-duur-eigenschappen

- Werkwijze onderzoek: gebruik van modelproefstuk (24 x 50 x 650 mm)
- Vergelijkbaarheid van resultaten
- Opbouw: kern van hergebruikt composiet en virgin mantel
- Testen met 3-punts buiging i.v.m. toepassingsgebied



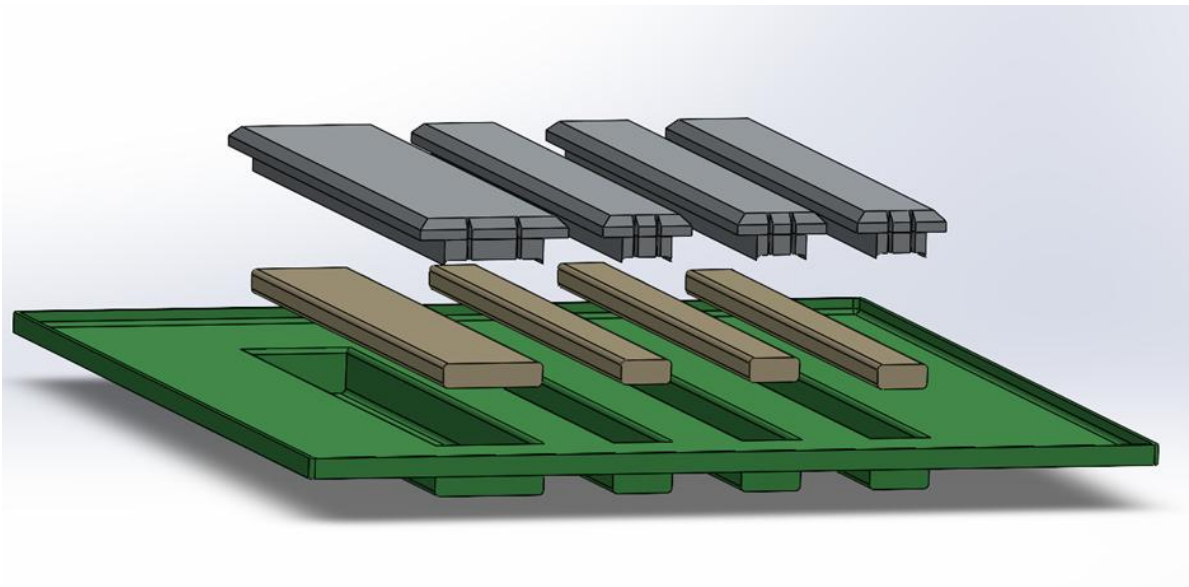
Opbouw modelproefstuk



3-punts buigtest modelproefstuk

Lange-duur-eigenschappen

- Vervaardiging modelproefstukken
- Gebruik RTM mal met siliconen bovenmal
- Inzetstukken voor maatvoering



Lange-duur-eigenschappen

- Vochtopname bij permanent watercontact
- Versneld in water bij hogere temperaturen
- Effect op mechanische eigenschappen



Warmwaterbaden met samples

- Doodgewicht creep testen
- Doorbuiging bij permanente belasting
- Optreden kruipbreuk ?

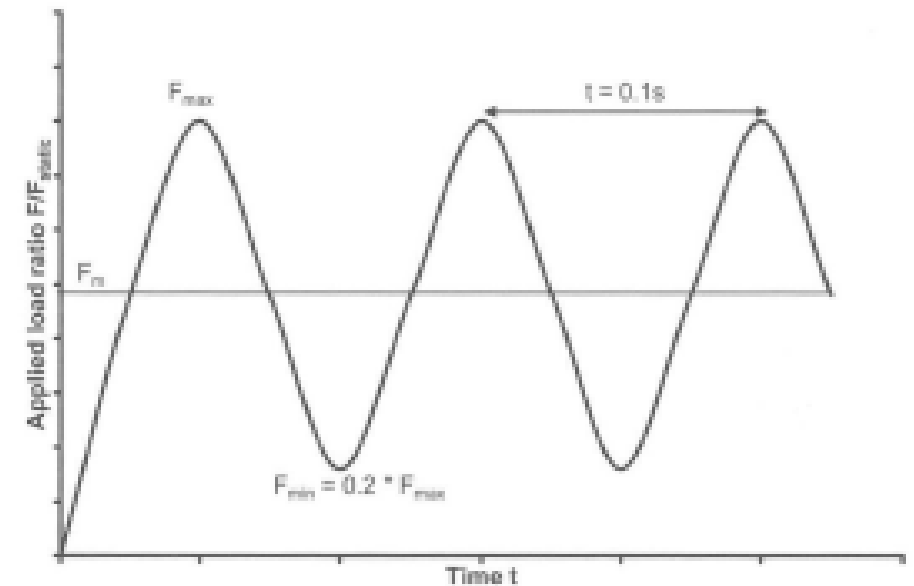
Doodgewichtstests bij 10% en 25% van breuksterkte



Lange-duur-eigenschappen

Vermoeiing

- Wisselende belasting
- Opbouw van inwendige schade > breuk
- Maximale belasting onder statische sterkte
- Bepaling aantal wisselingen tot breuk (N)
- S-N-curve: belasting niveau (S) versus N
- Veel spreiding > veel tests nodig
- Soms ondergrens belasting: nooit breuk



Lange-duur-eigenschappen

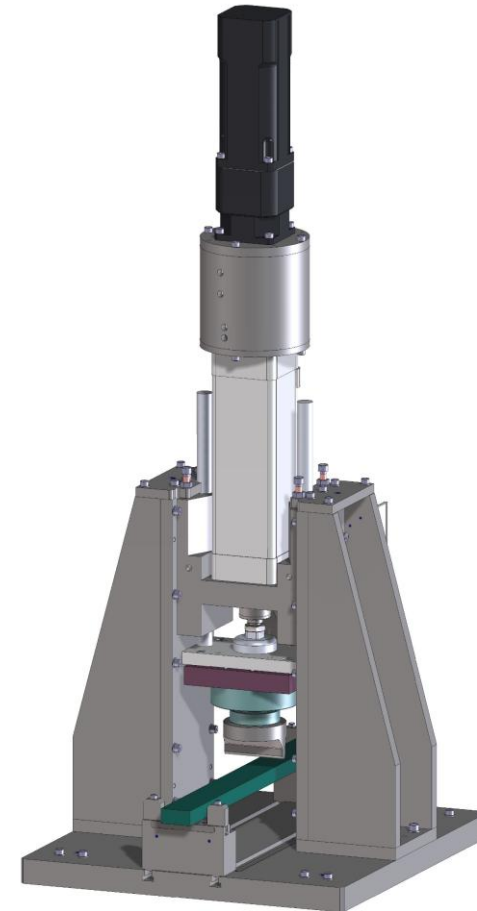
- Vermoeiingstests
- Vraagstelling Windesheim voor vermoeiings-testopstelling
- Ontwikkeltraject door Windesheim en Enduteq

Programma van Eisen

- 3-punts buigbelasting op basis van proefstuk 24 x 50 x 650
- Opleglengte 500 mm maar ook instelbaar tot kleinere proefstukken
- Belastingfrequentie 2 Hz, alleen druk, wisselend tussen 2 niveaus
- Maximale kracht: statisch tot 12 kN, dynamisch tot 8 kN
- Uitlezing verplaatsing en kracht in de tijd
- Bij voorkeur twee posities voor simultaan testen van 2 monsters

Lange-duur-eigenschappen

Twee stations met elk apart frame (geen interferentie deformaties)



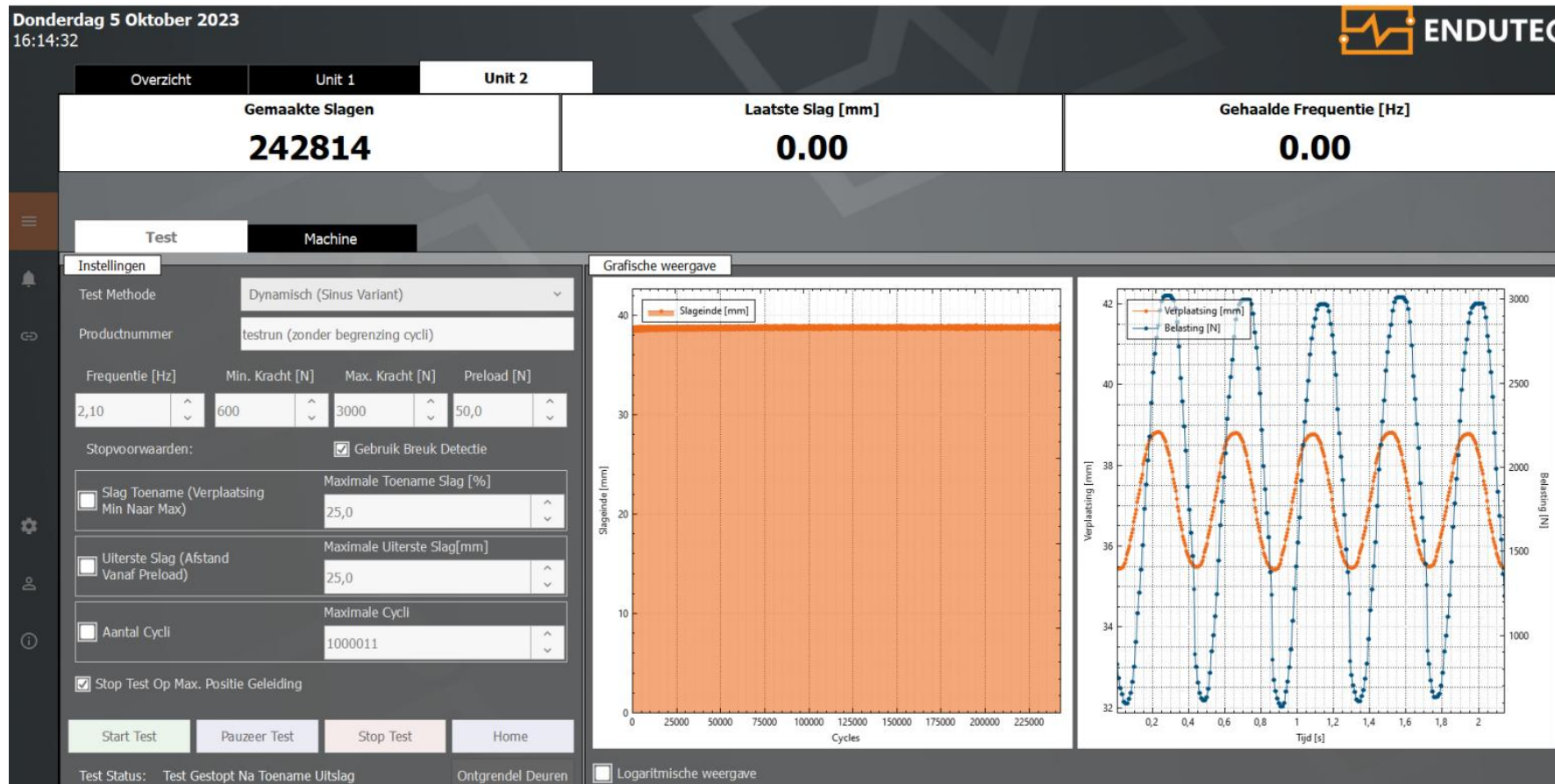
Lange-duur-eigenschappen

- Vermoeiingstest in bedrijf



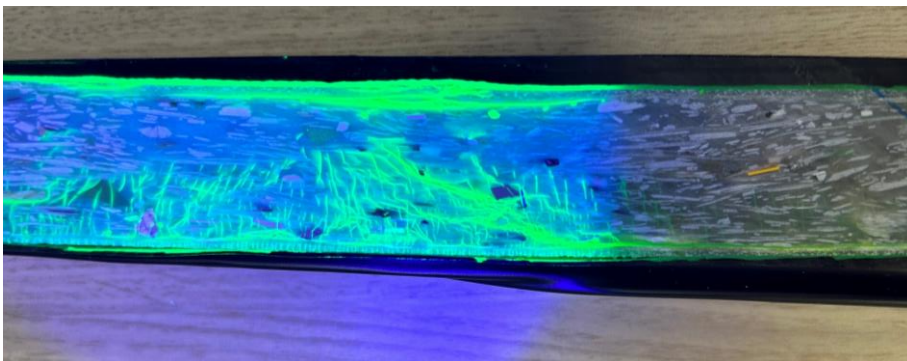
Lange-duur-eigenschappen

- Test methode vrij in te stellen



Lange-duur-eigenschappen

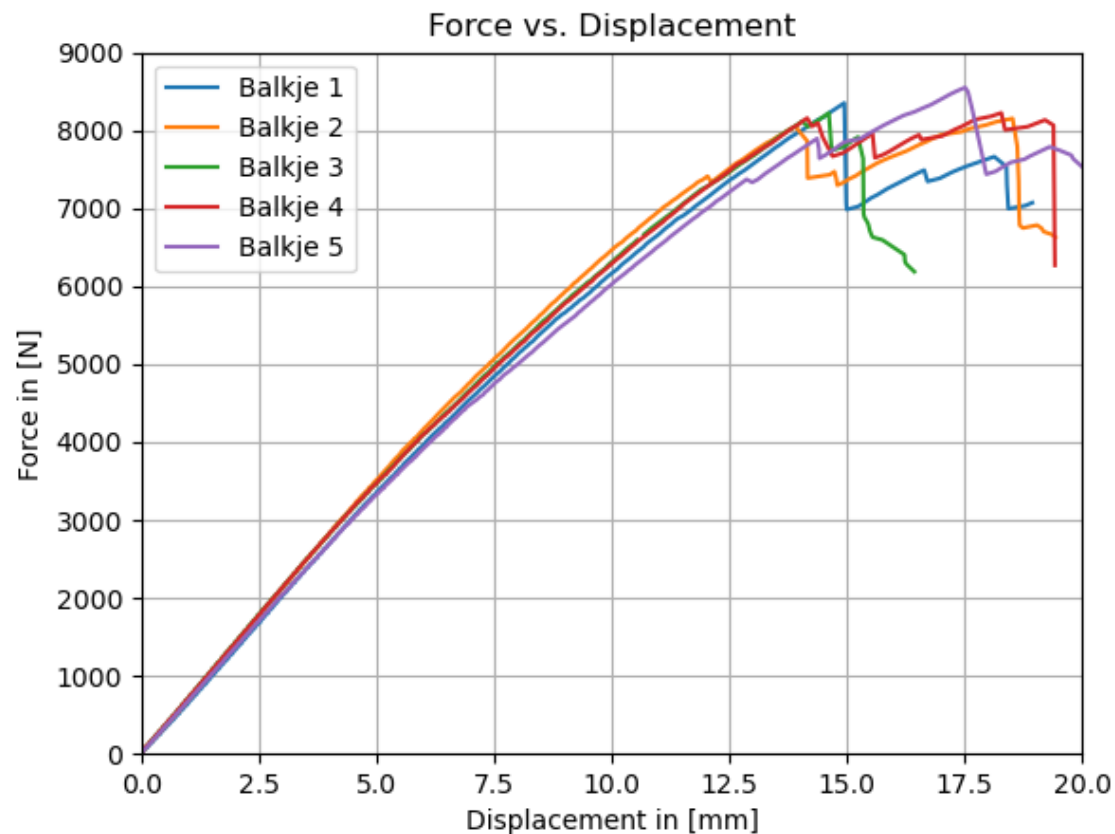
Testen van 5 proefstaven per parametercombinatie



Onderzoek breukgedrag met UV

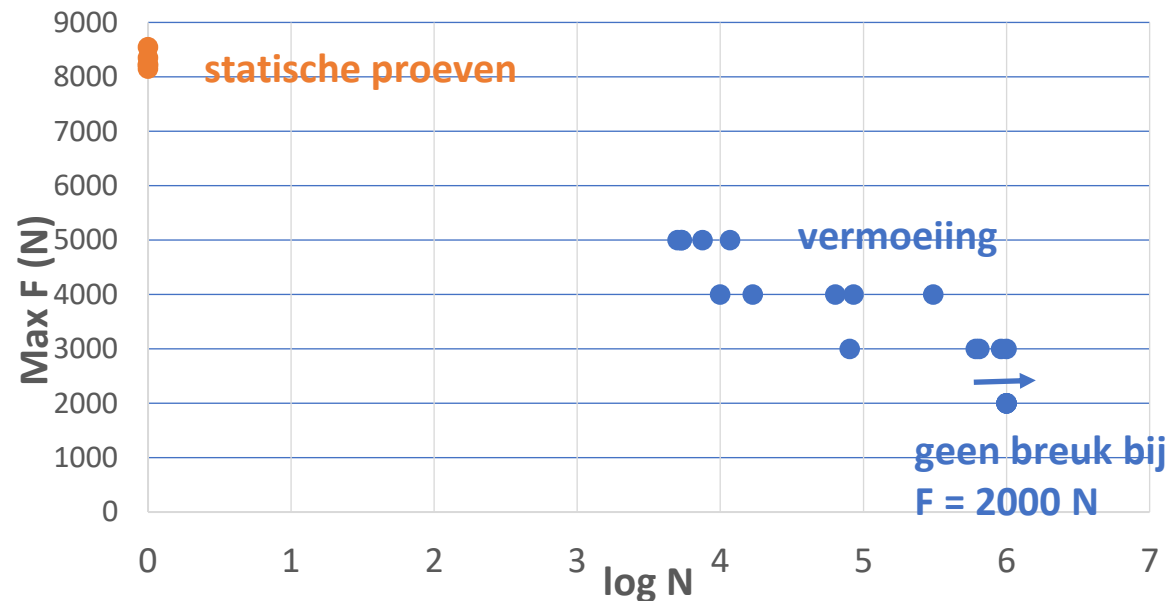
Lange-duur-eigenschappen

Statische buigtests met de opstelling (gebruikt als trekbank)



Lange-duur-eigenschappen

- Dynamisch testen op: F_{max} : 2000, 3000, 4000, 5000 N
- Dynamisch testen tot 1 miljoen cycli (2000 N geen breuk)
- Zowel tensile als compression breuken opgetreden.
- Micro scheuren in glasmat en rondom flakes.



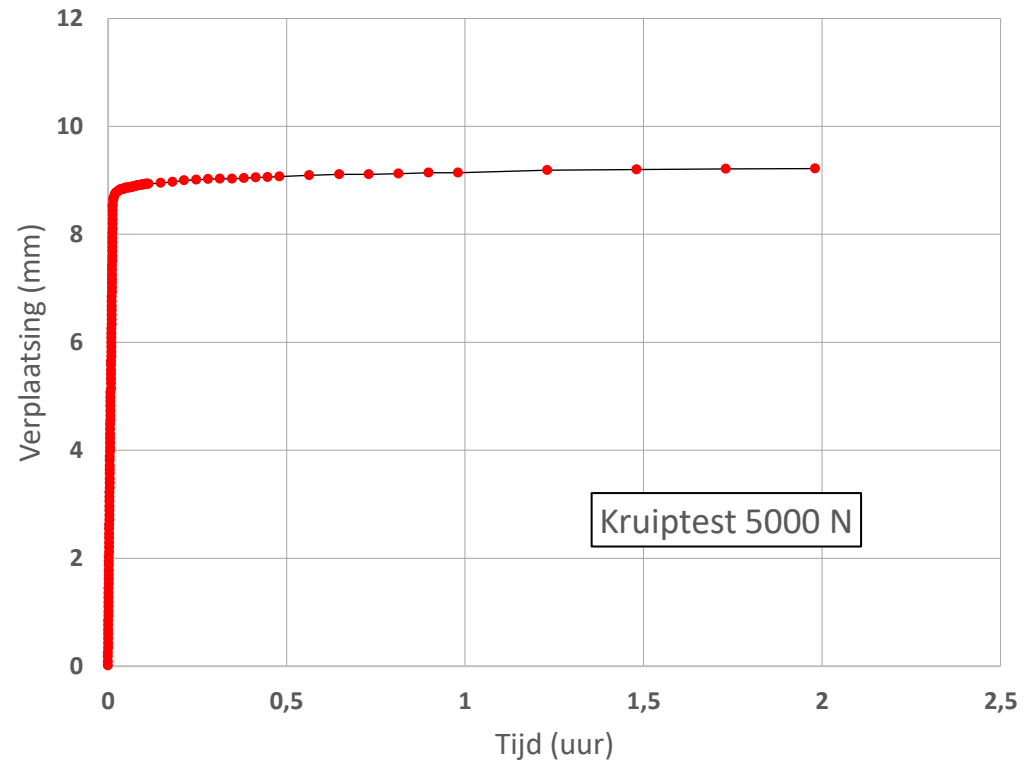
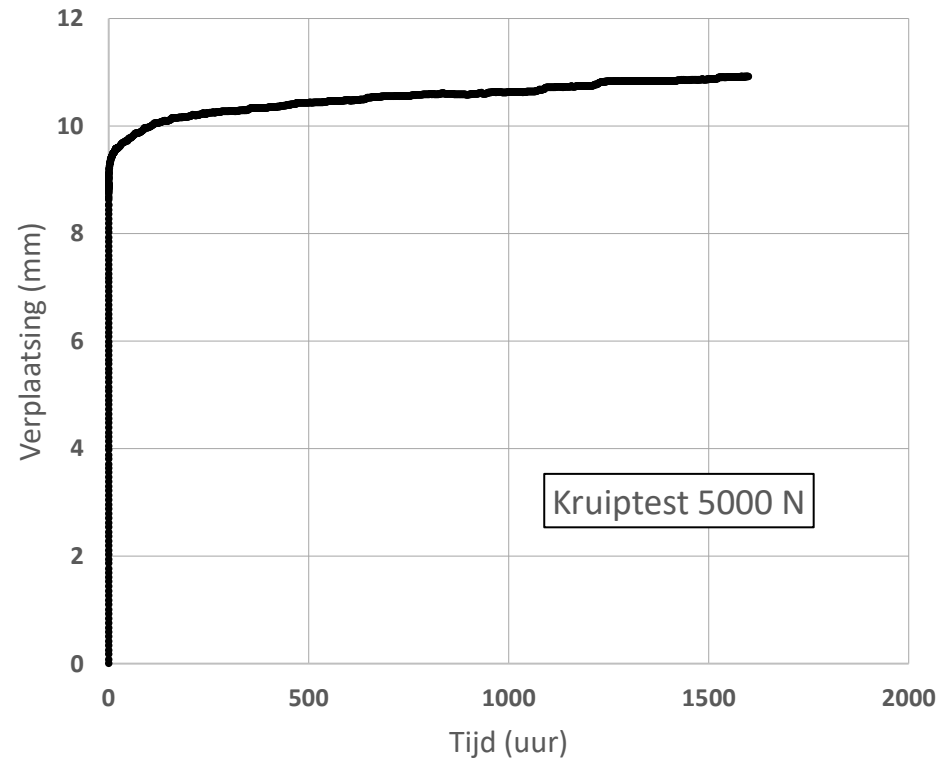
Tension breuk



Compression breuk

Lange-duur-eigenschappen

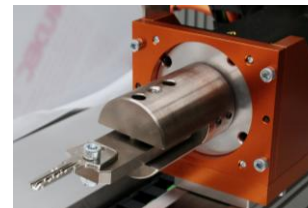
Kruiptesten uitgevoerd met de opstelling



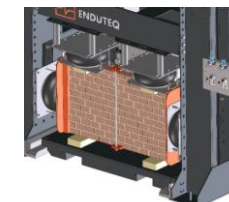
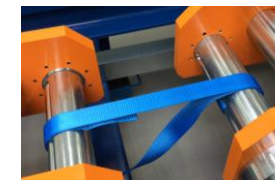
Versneld levensduur testen van producten en materialen

- Praktijk testen benodigd om inzicht te krijgen in de verwachte levensduur van uw halffabricaten, (eind)producten en/of materialen.
- Standaard beschikbare systemen en/of tooling, apparaten niet toereikend.
- Voorbeelden van maatwerk oplossingen, opgebouwd uit eerder ontwikkelde bouwstenen.

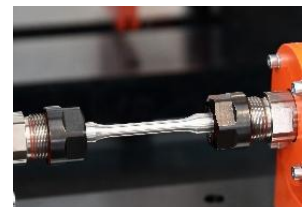
Producten



Halffabrikaten



Materialen



Hoe versneld levensduur testen?

Focus op uw meetvraagstuk / applicatie.

1. Lange duur met constante last.
2. Dynamisch testen; op beweging en/of kracht.
3. In combinatie met verhoogde temperatuur.

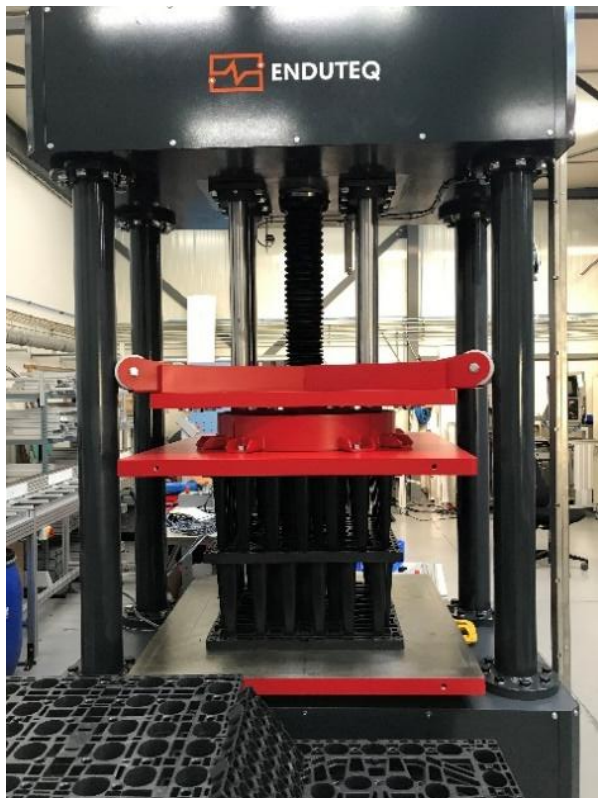
Een maatwerk Test & Meetsysteem als antwoord op uw levensduur-test vraagstuk.

Voorbeelden van maatwerk Test & Meetsystemen:



1: Lange duur met constante last

Creeptester 500kN



Max kracht 500kN
Servo mechanische aandrijving
Max slag 1.000mm
Positie meting mbv encoder
Kracht meting mbv loadcel
Max sample afmetingen:
1.200 x 1.200 x 1.200 mm
Totale hoogte systeem: ca 5 mtr

Lange duur kruip: tot 6 maanden
Geschikt voor: Infiltratie kratten
en andere grote kunststof
producten



1: Lange duur met constante last + verhoogde temperatuur

Creeptester voor kunststof producten vlg ISO 9967 / 9969 / EN 1605 / etc

Aandrukkracht tot 80kN

Bij kamertemperatuur

Bij verhoogde temperatuur (tot 80°C)

Continu datalogging van:

-) kracht
-) positie (relaxatie)

Onder andere
geschikt voor het
testen van buizen
en isolatie materiaal.



Creeptester kan in compressie of een trek toegepast worden.

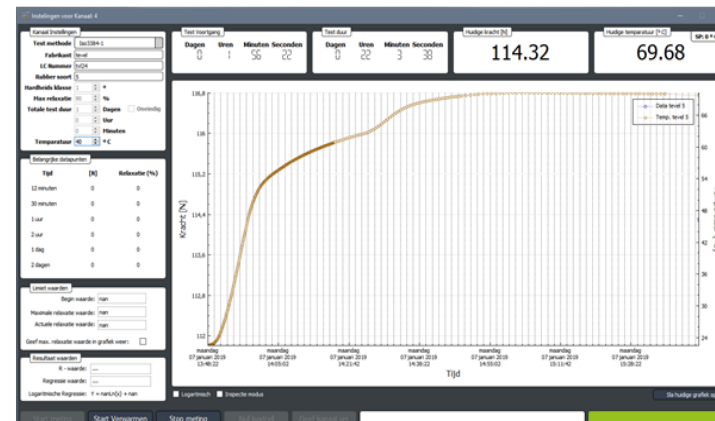
1: Lange duur met constante last + verhoogde temperatuur

Stress Relaxatie tester vlg ISO 3384-1 & 2 / ISO 6914 voor rubber materialen

bij kamer temperatuur
bij verhoogde temperatuur (max 250°C)

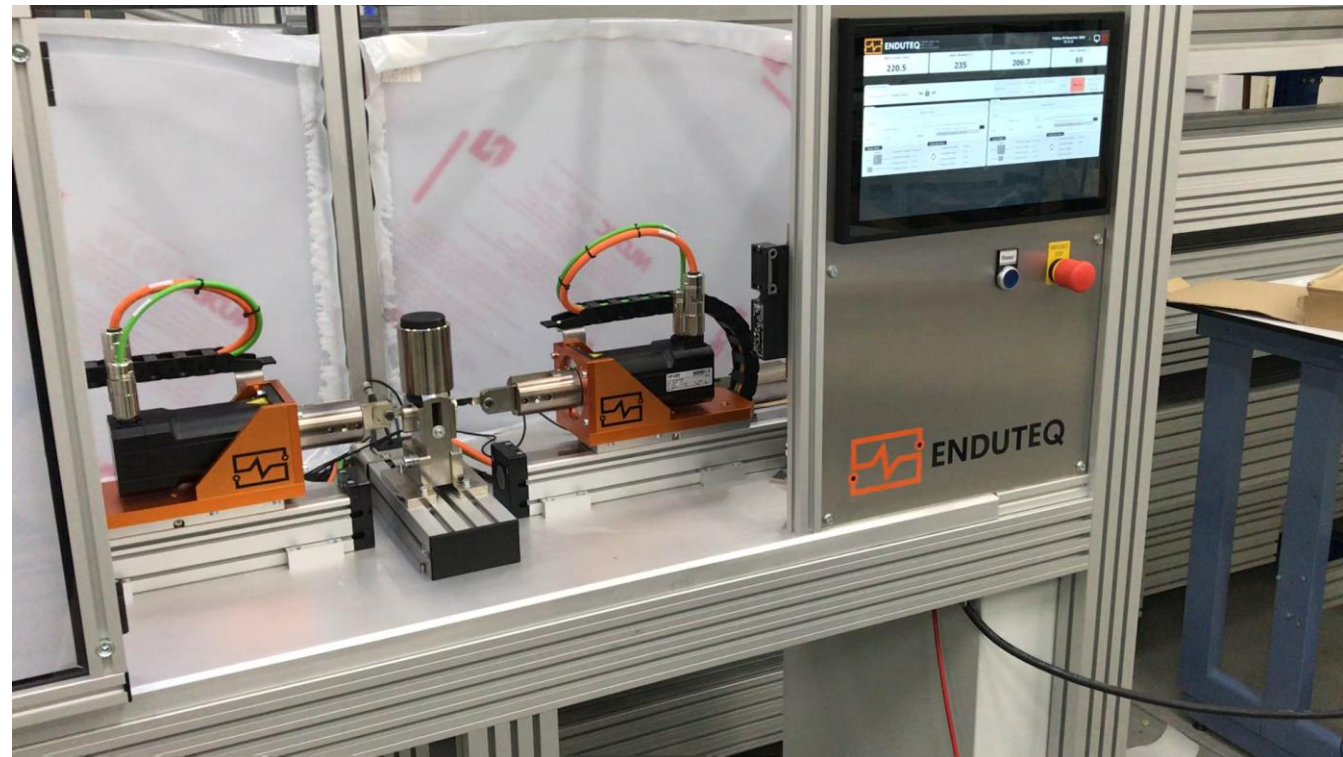
Incl Datalogging:

-) Kracht
-) Temperatuur



2: Dynamische testen - beweging

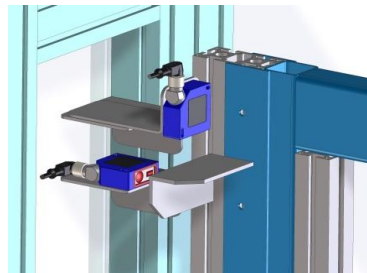
Cilinder slot tester vlg EN 1303



Vol automatisch test systeem
Cyclisch levensduur testen van cilinder sloten

2: Dynamische testen - beweging

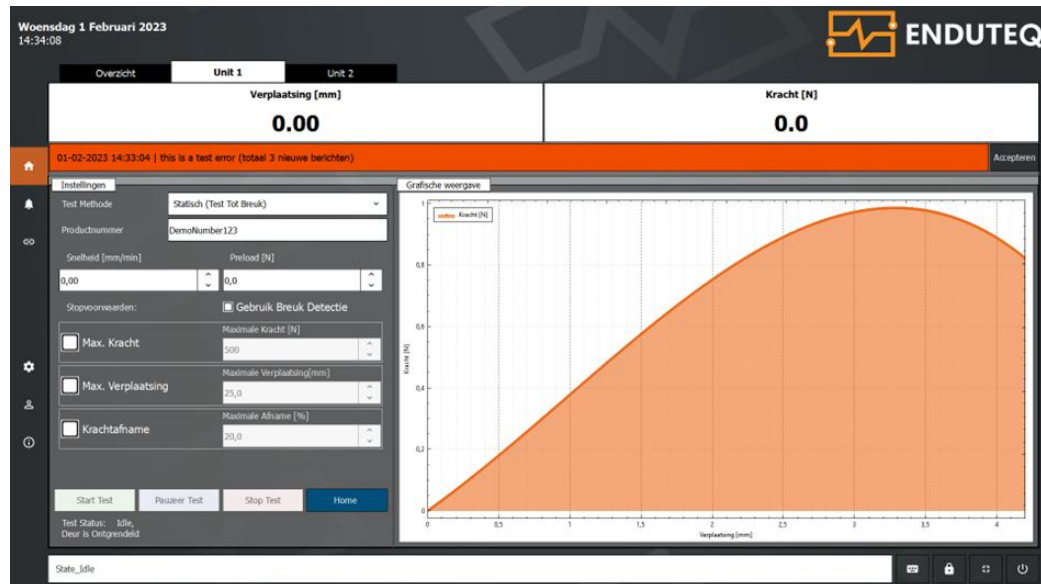
Duurtest station hang- en sluitwerk vlg EN 1935



Vol automatisch test systeem
Cyclisch levensduur testen van scharnieren

2: Dynamische testen - kracht en beweging

Dynamische fatigue testen 15kN



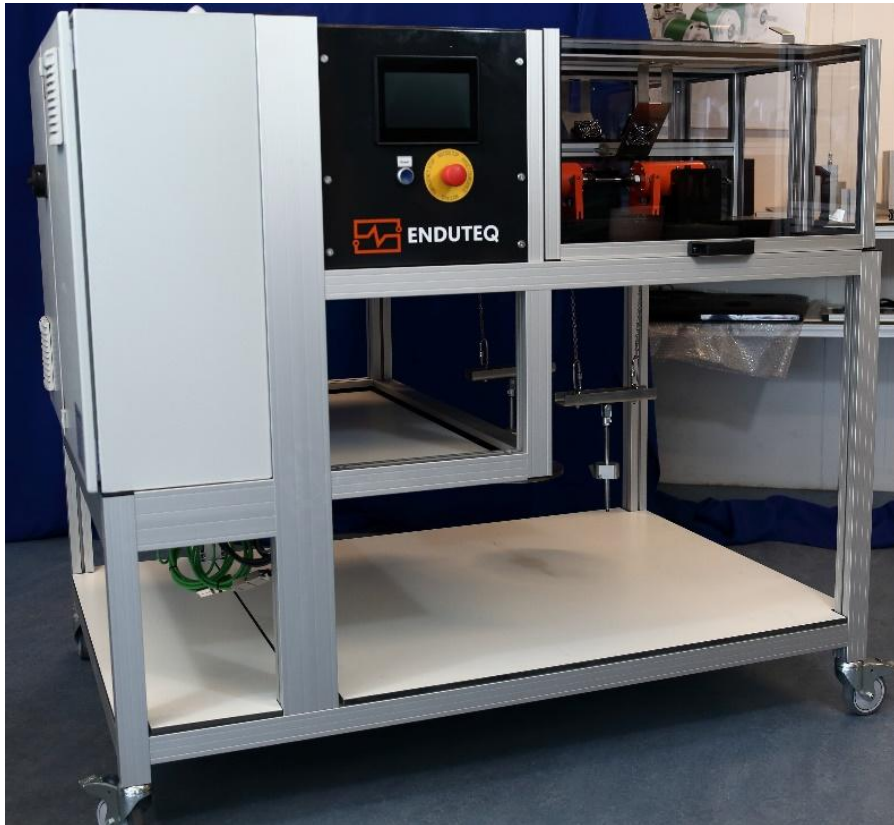
Parameter scherm

Grafische weergave van kracht en verplaatsing

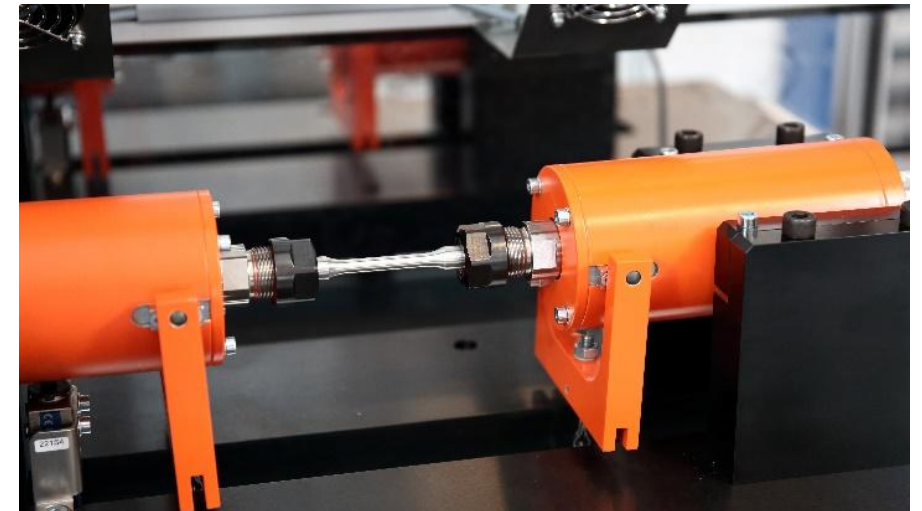


2: Dynamische testen - kracht en beweging

RR Moore fatigue test systeem vlg ISO 1143



Voor het testen van vermoeiing van staal (assen) (bv 3D geprint metaal)
Borstelloze servomotor als aandrijving
Maximaal toerental 10.000 rpm
Tellen aantal omwentelingen
Toerental-meting op servomotor en op uiteinde as
=> Detectie van slip
Breuk-detectie sample



3: Testen - verhoogde temperatuur Immersion carousel in klimaat kamer



Levensduur testen van metalen: onderdompeling in zout oplossing en blootstelling aan vochtige, zoute lucht

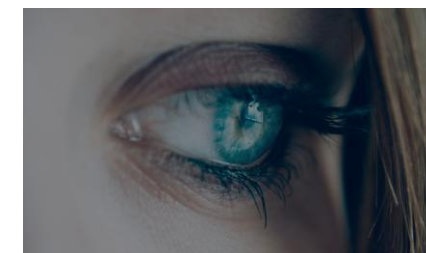
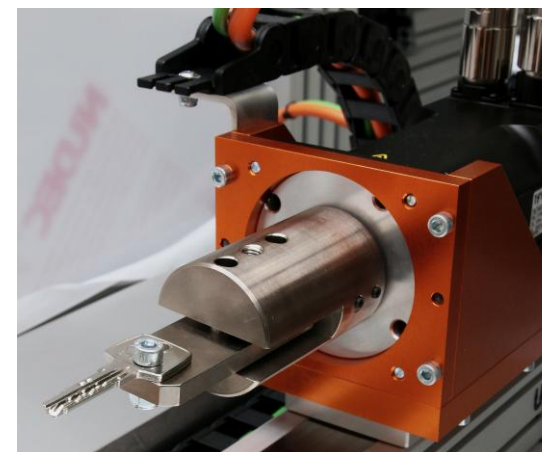


Bak met zoutoplossing, uitgevoerd met:

- Carousel, onderdompel-tijd vrij programmeerbaar.
- Automatisch aanvullen vloeistof niveau vanuit reservoir.
- Vloeistof niveau sensor.
- PH-sensor.
- Temperatuur sensor.
- Luchtvochtigheid sensor.

ENDUTEQ develops and builds Automatic Test & Measuring systems

- EN / ISO Standard Testing
- R&D Testing
- Tooling for testing
- Inline Testing / Quality inspection



Taylor made Test & Measuring systems

