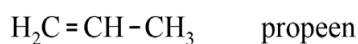


Veel kleding wordt niet duurzaam ontworpen en eindigt na gebruik op vuilstortplaatsen of in verbrandingsovens. Doordat bijvoorbeeld ritsen en knopen zijn vastgenaaid, kan de kleding moeilijk gerecycled worden. Het Belgische bedrijf Resortecs heeft hier iets op bedacht: smeltbaar garen om de verschillende onderdelen mee vast te naaien (Smart Stitch™). De kleding kan worden gerecycled in een speciale oven, waarin het Smart Stitch™-garen smelt. Daarna valt de kleding zonder schade in losse onderdelen uit elkaar. In een experiment met spijkerbroeken kon 70% van de teruggewonnen spijkerstof worden gebruikt voor nieuwe kledingstukken.

- 2p **1** Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef een argument waarom gebruik van kleding met Smart Stitch™-garen aansluit bij het cradle-to-cradle-principe.
 - Geef een argument waarom gebruik van kleding met Smart Stitch™-garen **niet** aansluit bij het cradle-to-cradle-principe.

Resortecs maakt verschillende soorten Smart Stitch™-garen. Een bepaalde soort Smart Stitch™-garen wordt gemaakt van polypropeen ($(C_3H_6)_n$). Polypropeen is het additiepolymeer van propeen (figuur 1).

figuur 1



- 2p **2** Geef de structuurformule van een fragment uit het midden van een molecuul polypropeen. Dit fragment moet bestaan uit drie eenheden propeen.

Het gebruikte polypropeen wordt gemaakt van fossiele brandstoffen. Aan het eind van de levensduur wordt de kleding met het Smart Stitch™-garen verbrand. Om de totale CO_2 -uitstoot door het gebruik van dit type Smart Stitch™-garen te bepalen, is een levenscyclus-analyse uitgevoerd. Hierbij worden alle processen meegenomen: productie, transport, afvalverwerking en verbranding.

De totale CO_2 -uitstoot bleek 3,88 kg per kilogram garen te zijn. Een groot deel van deze uitstoot was afkomstig van verbranding van het garen.

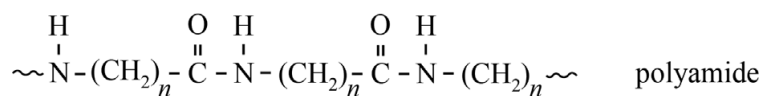
- 5p **3** Bereken hoeveel procent van deze 3,88 kg CO_2 -uitstoot werd veroorzaakt door verbranding van 1,0 kg Smart Stitch™-garen. Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers. Gebruik de volgende aannames:
- Dit type Smart Stitch™-garen bestaat volledig uit polypropeen.
 - Bij de verbranding van een mol repeterende eenheden polypropeen ontstaat 3 mol CO_2 .

Een ander soort Smart Stitch™-garen is een polyamide. Een van de grondstoffen voor dit polyamide is ricinus-olie, die wordt gewonnen uit de zaden van de ricinusplant. Uit de analyse blijkt dat het garen op basis van dit polyamide gedurende de hele levenscyclus minder bijdraagt aan het versterkt broeikaseffect dan het garen op basis van polypropreen.

- 1p 4 Geef een argument waarom het garen op basis van dit polyamide gedurende de hele levenscyclus minder bijdraagt aan het versterkt broeikaseffect dan het garen op basis van polypropreen.

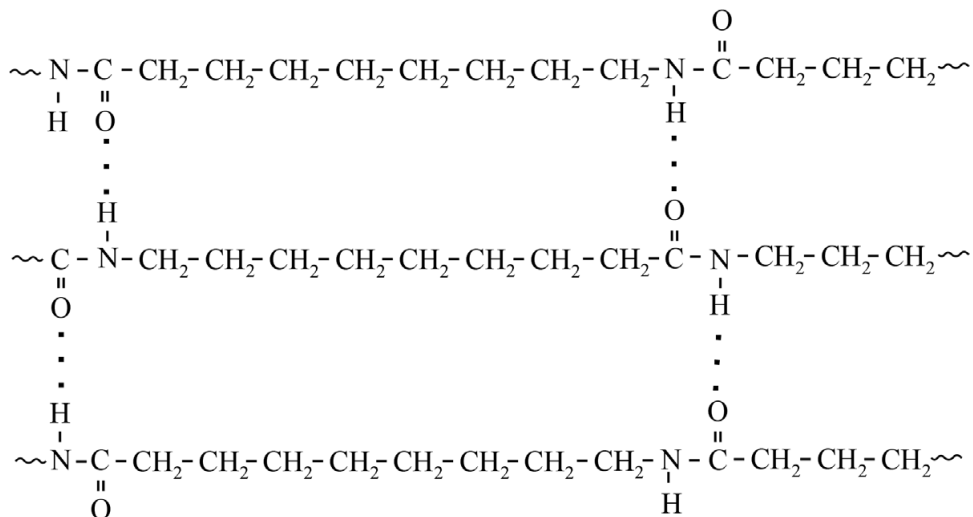
De algemene structuurformule van het gebruikte polyamide is weergegeven in figuur 2.

figuur 2



Voor het recyclen in een oven is het belangrijk dat het Smart Stitch™-garen de juiste smelttemperatuur heeft. De smelttemperatuur wordt bepaald door de mate van binding tussen de ketens onderling. Zie figuur 3.

figuur 3

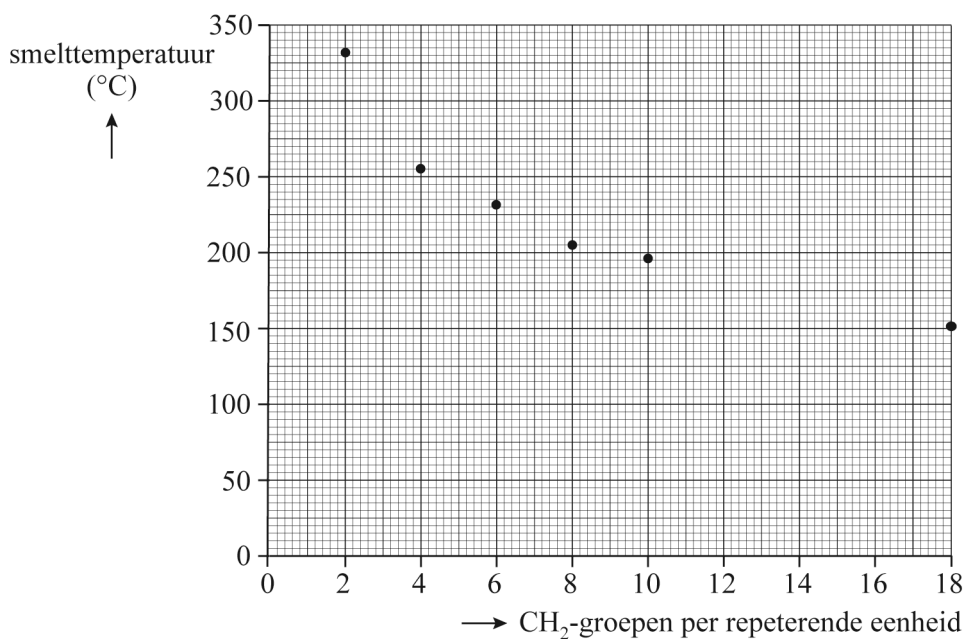


Bij polyamides wordt deze aantrekking tussen ketens mede bepaald door waterstofbruggen tussen C=O-groepen en NH-groepen. De smelttemperatuur van polyamides blijkt afhankelijk te zijn van het aantal CH₂-groepen (*n*) per repeterende eenheid. Hoe groter dit aantal CH₂-groepen, hoe lager de smelttemperatuur.

- 2p 5 Leg uit op microniveau dat een groter aantal CH₂-groepen per repeterende eenheid leidt tot een lagere smelttemperatuur van het polyamide.
- Gebruik gegevens uit figuren 2 en 3.
 - Ga ervan uit dat polyamides met een verschillend aantal CH₂-groepen per repeterende eenheid wel dezelfde gemiddelde ketenlengte hebben.

In figuur 4 is het verband weergegeven tussen de smelttemperatuur van de polyamides en het aantal CH₂-groepen per repeterende eenheid in de polyamides.

figuur 4



Het polyamide dat voor Smart Stitch™-garen wordt gebruikt, heeft een smelttemperatuur van 195 °C.

- 3p 6 Teken de structuurformule van het monomeer van dit polyamide. Gebruik gegevens uit figuur 2 en 4.