



Hergebruik en recycling in de geotechniek

Figuur 1: Aanleg van een proefvoorbelaasting met zakkbaken

Een bestaand gebouw vervangen door nieuwbouw en daarbij 'iets doen met duurzaamheid'. Welke mogelijkheden zijn er op geotechnisch gebied en hoe kan hier praktisch mee om worden gegaan in een ontwerp?

Om gestructureerd na te kunnen denken over de mogelijkheid om duurzaam te ontwerpen is een R-model een handige tool. Een R-model beschrijft strategieën en overwegingen die in een ontwerp kunnen worden meegenomen om duurzaamheid te bevorderen. Voor geotechnische ontwerpen wordt doorgaans het '5R'-model gebruikt. Dit model bevat de volgende aspecten:

Refuse

'Refuse' staat voor het heroverwegen van het plan en de mate waarin onderdelen niet worden toegepast. Bij 'Refuse' wordt de vraag gesteld of alle onderdelen van het plan echt nodig zijn en zo ja, of de voorgestelde wijze ook de meest voor de hand liggende wijze is.

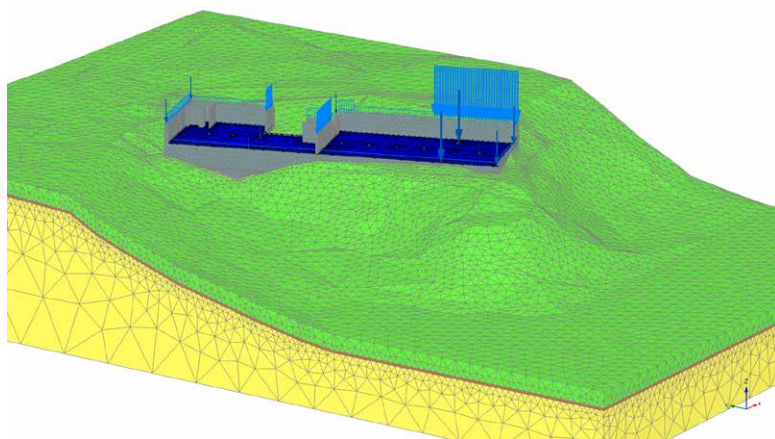
Een voorbeeld van 'Refuse' is de bedrijfsvloer van een DC in Apeldoorn. In verband met de zettingen zou deze vloer op palen worden gefundeerd, maar door toepassing van

een aantal proefvoorbelaastingen bleek dat een fundering op staal toch haalbaar was. Hierdoor konden alle palen voor de vloer uit het ontwerp worden geschrapt (zie figuur 1 voor een voorbeeld van de aanleg van een proefvoorbelaasting).

Reduce

Waar bij 'Refuse' is onderzocht of een ontwerp zoals het er ligt echt nodig is en zo moet worden gebouwd, ligt bij 'Reduce' de nadruk meer op het verminderen van materiaalgebruik of de milieu-impact ervan. Hierbij kan worden gedacht aan scherper ontwerpen en rekenen, maar ook aan de materiaalkeuze of optimalisatie daarvan.

Een voorbeeld van 'Reduce' is Museum Arnhem. Door gebruik te maken van slimme funderingsprincipes en geavanceerde rekenmethodes kon het benodigde aantal palen tot een derde worden gereduceerd (zie figuur 2).



Figuur 2: Geavanceerde rekenmethoden om het funderingsontwerp te optimaliseren

Re-use

Bij 'Re-use' is de eind-levensfase van een gebouw/constructie bereikt. Hier wordt vervolgens nagedacht of het gebouw kan worden hergebruikt, -bestemd en/of gerenoveerd. Het gebouw kan echter ook uit elkaar worden gehaald, waarna onderdelen op andere plaatsen en in andere gebouwen worden toegepast. Uiteraard dienen het gebouw en de onderdelen dan bij realisatie te zijn ontworpen op demonteerbaarheid. 'Re-use' gaat dan vooral in op een direct hergebruik voor een zelfde functie. In sommige meer uitgebreide R-modellen zijn Repair, Refurbish, Remanufacture en

Repurpose onderdeel van deze ontwerpoverweging. Een voorbeeld in de geotechniek betreft het hergebruiken van palen van de bestaande bebouwing waarbij die worden opgenomen in de fundering van de nieuwbouw.

Recycle

Wanneer het niet mogelijk is om onderdelen van het gebouw direct her te gebruiken (op een andere locatie), kan ervoor worden gekozen om het materiaal van de onderdelen te recyclen zodat het beschikbaar wordt als grondstof voor nieuwe producten. Bij recycling gaat echter altijd een deel van de waarde verloren. Het is eigenlijk nooit 100 procent efficiënt.

In veel gevallen blijven palen in de grond achter zonder hergebruikt te worden. De materialen beton en (wapenings)staal zijn echter herbruikbaar als granulaat of als schroot voor nieuw staal. Hoewel niet in alle gevallen palen uit de grond gehaald kunnen worden, zou die mogelijkheid in de toekomst er meer moeten zijn om uit te komen op de beoogde circulariteit. Zeker schroot is een te waardevol restproduct om in de ondergrond achter te laten.

Rot

In het geval van biobased onderdelen kan ervoor worden gekozen om deze achter te laten in de bodem zodat ze worden gecomposteerd door bacteriën of fungeren als opslag van CO₂. Een ander aspect waar



Sloop van een gewapende betonconstructie (ABT)

bij 'Rot' aan kan worden gedacht is het begraven of achterlaten van onderdelen, zogenaamde 'landfill'. Binnen de geotechniek komt 'Rot' regelmatig voor omdat het tijdrovend, duur of niet is toegestaan om oude funderingspalen te verwijderen. Ze worden dan achtergelaten in de bodem.

Euwenlang is er in Nederland op houten palen gefundeerd en bij toepassing van het juiste hout en oplangers hebben die palen een levensduur van enkele eeuwen. Deze palen hebben een negatieve CO₂-impact en kunnen zorgeloos in de grond worden achtergelaten.

Tabel 1: Milieu-impact van de productie en constructie (A), einde-levensduur (C) en R-potentie (D) van 1 m³ beton C30/37 XC2.

Onderdeel	Beton	Wapening	Toelichting
Vloeren	280 m ³	22,4 t	Beton C30/37 XC2 80 kg wap./m ³ beton (wapeningspercentage van ca. 1%)
Balken en poeren	45,8 m ³	3,7 t	Beton C30/37 XC2 80 kg wap./m ³ beton (wapeningspercentage van ca. 1%)
Fundering	96,5 m ³	1,9 t	Avegaarpalen Ø400 mm, 12,0 m lang 25 kg wap./m ³ beton (wapeningspercentage van ca. 0,3%),

Tabel 2: Milieu-impact van de productie en constructie (A), einde-levensduur (C) en R-potentie (D) van 1 m³ beton C30/37 XC2.

Onderdeel	GWP [kg CO ₂ -eq]	MKI [€]	Bron/onderbouwing
A1-3 Materiaal	209	€ 20,71	o.b.v. Ontwerptool Groen Beton
A4 Transport	3,5	€ 0,47	o.b.v. Ontwerptool Groen Beton v5.2
A5 Installatie	3,8	€ 0,38	o.b.v. Ontwerptool Groen Beton v5.2
C1 Sloop	9,0	€ 0,83	Sloopwerk: 108 kg CO ₂ -eq/h of €9,98/h ¹⁾ , uitgaande van een sloop snelheid van 12 m ³ /h.
C1 Sloop Aanvullend ²⁾	47,8	€ 4,43	Sloopwerk: 55 kg CO ₂ -eq/h of €5,10/h ¹⁾ , uitgaande van een treksnelheid van 6 palen per dag met een lengte van 12 m en een diameter van Ø400 mm, ofwel ~1,15 m ³ /h.
C2 Transport	16,2	€ 1,95	o.b.v. Ontwerptool Groen Beton v5.2
C3 Verwerking	3,9	€ 0,40	o.b.v. Ontwerptool Groen Beton v5.2
C4 Afdanking	0,1	€ 0,02	o.b.v. Ontwerptool Groen Beton v5.2
D Recycling	-9,8	-€ 1,27	Betongranulaat als vervanging van grind, o.b.v. Ontwerptool Groen Beton v5.2

1) Rijkswaterstaat, LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase – Hoofdstuk 1000 t/m 8000 Processen (2020), Tabellen 23 en 35 – voor Graafmachine met sloophamer/knijper/grijper, diesel.

2) In het geval van avegaarpalen die moeten worden verwijderd

Tabel 3: Milieu-impact van de productie en constructie (A), einde-levensduur (C) en R-potentie (D) van 1 ton wapeningsstaal.

Onderdeel	GWP [kg CO ₂ -eq]	MKI [€]	Bron/onderbouwing
A1-3 Materiaal	2849	€195,96	o.b.v. de Nationale Milieudatabase (NMD)
A4 Transport	21,7	€ 2,54	o.b.v. de Nationale Milieudatabase (NMD)
A5 Installatie	-	-	Geen waarde opgegeven in de Nationale Milieudatabase
C1 Sloop	-	-	Inbegrepen in 'sloop beton'
C2 Transport	0,1	€ 1,95	o.b.v. de Nationale Milieudatabase (NMD)
C3 Verwerking	0	€ 0,40	o.b.v. de Nationale Milieudatabase (NMD)
C4 Afdanking	-	-	Geen waarde opgegeven in de Nationale Milieudatabase
D Recycling	-1826	-€ 109,8	o.b.v. de Nationale Milieudatabase (NMD)

Waar Refuse en Reduce directe overwegingen in een ontwerpproces zijn, wordt bij Re-use, Recycle en Rot meer gekeken naar wat er nog mogelijk is met een bestaande situatie. Uiteraard kan dit worden gecombineerd met plannen voor nieuwbouw. Zo kan een bestaande fundering (deels) worden hergebruikt voor de nieuwbouw of kan een bestaande kelder worden ingezet als waterbuffer. Ook lagere vormen van hergebruik zijn mogelijk. De bestaande bouw wordt dan gesloopt en het afval wordt gebruikt om nieuwe producten van te maken.

De potentie van bestaande bouw

Hoe kan aan de hand van een R-model dan praktisch worden omgegaan met de vraag hoe duurzaamheid kan worden geïntegreerd in nieuwbouw? Om hier antwoord op te kunnen geven is een case opgesteld waarbij een bestaand gebouw wordt gesloopt en vervangen door een nieuw gebouw. Omdat het hier gaat om geotechnisch perspectief, is de bovenbouw buiten beschouwing gelaten. De fundering van het fictieve gebouw is in volumes samengevat in Tabel 1. Voor hergebruik van het gebouw zijn volgens het R-model drie mogelijke scenario's:

- **Re-use:** In dit scenario wordt de bestaande fundering hergebruikt om een nieuw gebouw op te zetten. Eenvoudig gezegd wordt 1 m³ bestaand beton hergebruikt zodat er geen nieuwe m³ beton hoeft te worden gestort. Wat milieu-impact betreft zal dit dus een reductie van de milieu-impact voor de nieuwbouw opleveren omdat er minder materialen en bouwplaatsprocessen nodig zijn. Deze reductie of besparing moet wel worden gezien binnen de levenscyclus van de nieuwbouw, waardoor moet worden gecorrigeerd voor fasen C en D van de levenscyclusanalyse (LCA) van het bestaande gebouw. Hierdoor wordt niet de volledige milieu-impact van de m³ beton bespaard, maar de nieuwbouwkosten minus wat de m³ beton nog oplevert als deze zou worden gesloopt en gerecycled. Omdat hergebruik zelden 100 procent efficiënt is, wordt dit scenario nog opgesplitst in de theoretische situatie van 100 procent efficiënt hergebruik (1a) en een meer realistische situatie met 60 procent efficiënt hergebruik (1b).
- **Recycle:** In dit scenario wordt de volledige fundering gesloopt, verwerkt en gerecycled. Ook de bestaande palen worden verwijderd. Omdat het avegaarpalen betreft die maar beperkt zijn gewaagd en daardoor lastig zijn te trekken, is dit een arbeidsintensief proces.
- **Recycle & Rot:** De bestaande stroken en poeren worden gesloopt en gerecycled; de funderingspalen worden achtergelaten in de bodem omdat verwijderen erg arbeidsintensief is.

Voor deze scenario's is het uitgangspunt aangehouden dat de bestaande situatie onderdeel is van de levenscyclus van de bestaande bouw, die met de sloop ervan ten einde zal komen. Met de levenscyclus wordt dan alles bedoeld wat nodig was voor de bouw en nog nodig zal zijn voor de sloop van het bestaande gebouw. Verder wordt gebruik gemaakt van milieu-impact-data uit diverse bronnen (zie tabel 2 en tabel 3). Met de scenario's aan de hand van het '5R'-model, de bouwvolumes van het bestaande gebouw uit de case en de milieugegevens in LCA-vorm kan vervolgens eenvoudig de milieu-impact van elk scenario worden berekend en vergeleken. De resultaten hiervan zijn weergegeven in figuur 3. Bij scenario's 1a en 1b is het resultaat van scenario 2 nog opgeteld om de levenscyclus van de nieuwbouw te completeren en het goed vergelijkbaar te maken met scenario's 2 en 3.

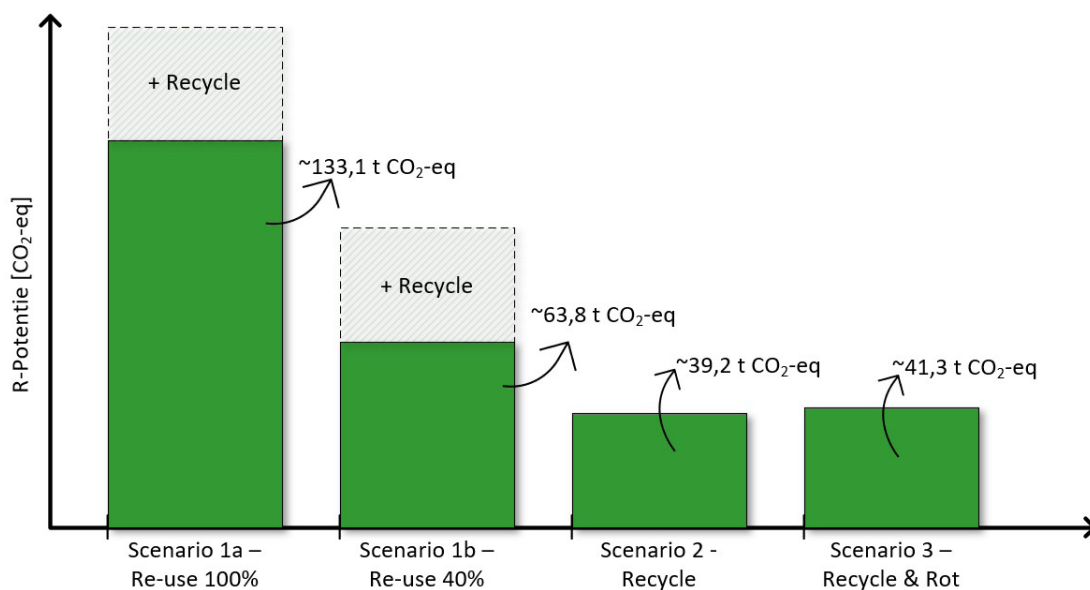
Aanzienlijke besparingen

Op basis van de resultaten blijkt dat hergebruik van een bestaande fundering voor aanzienlijke bespa-

ringen in milieu-impact kan zorgen. Een bestaand gebouw biedt dus kansen om de milieu-impact van nieuwbouw te reduceren. Om hier gebruik van te maken is het wel belangrijk om de overwegingen gerelateerd aan duurzaamheid en hergebruik zo vroeg mogelijk in de planvorming op te nemen. Hoe meer er vaststaat in een plan, hoe lastiger en minder efficiënt het wordt om een bestaande constructie op te nemen in de nieuwbouw.

Ten slotte wordt nog opgemerkt dat er diverse ontwerpcriteria zijn die allemaal een ander perspectief op een ontwerp geven. Het is alsof er met een bepaalde 'bril' naar het ontwerp wordt gekeken. In dit geval was dit de duurzaamheids-bril met een focus op hergebruik en recycling. Er zijn echter meer ontwerpcriteria die meewegen in besluitvorming, zoals kosten, bouwtijd en risico's.

Arie-Jan van Renswoude, specialist geotechniek, ABT



Figuur 3: Resultaten vergelijk verschillende R-potentie scenario's

VAKBLAD INNOVATIEVE MATERIALEN

Alles over materiaalinnovatie en innovatief materiaalgebruik
Meer weten? www.innovatievematerialen.nl