




Onderzoek hergebruikpotentie

Stootplaten

Rijkswaterstaat

20 februari 2023

Project	Onderzoek hergebruikpotentie
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat
Document	Stootplaten
Status	Definitief
Datum	20 februari 2023
Referentie	129722/23-003.219
Projectcode	129722
Projectleider	Ir. R. Dijcker
Projectdirecteur	Ir. A.C. de Wit
Auteur(s)	Ir. C.J.F. Hulsebosch, F. Huinink MSc
Gecontroleerd door	Ir. S.H.L. Lamerichs
Goedgekeurd door	Ir. R. Dijcker
Paraaf	
Adres	Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. Leeuwenbrug 8 Postbus 233 7400 AE Deventer +31 (0)570 69 79 11 www.witteveenbos.com KvK 38020751
Bron foto voorpagina	https://giverbo.s3.amazonaws.com/artikel/2/13302.JPG

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

	SAMENVATTING	5
1	INLEIDING	6
1.1	Aanleiding	6
1.2	Doel van het onderzoek	6
1.3	Wat is een stootplaat?	7
1.4	Keuze stootplaten	9
1.5	Aanpak	9
1.6	Leeswijzer	9
2	HERGEBRUIKPOTENTIE STOOTPLATEN	10
2.1	Vrijkomende stootplaten t/m 2030	10
2.1.1	Inleiding	10
2.1.2	Aantal vrijkomende kunstwerken	10
2.1.3	Aantal vrijkomende stootplaten	11
2.2	Hergebruikpotentie: technisch	12
2.2.1	Restlevensduur van stootplaten	12
2.2.2	Functie bij hergebruik	13
2.2.3	Geometrie van stootplaten	14
2.2.4	Losmaakbaarheid	17
2.3	Hergebruikpotentie: klimaat- en milieuwinst	17
2.3.1	Omschrijving activiteiten conventioneel- en hergebruikproces	18
2.3.2	MKI per levensfase	18
2.3.3	Milieu-impact hergebruik en sloop-nieuwbouw	21
2.3.4	Besparing in primaire grondstoffen	21
2.4	Hergebruikpotentie: kosten & baten	22
2.4.1	Sloop + aanschaf nieuwe stootplaten	22
2.4.2	Hergebruik stootplaten	23
2.4.3	Vergelijking sloop + aanschaf nieuw vs. hergebruik	24
3	HANDELINGSPERSPECTIEF	25

3.1	Hergebruikproces	25
	3.1.1 Conventionele levensloop stootplaten	25
	3.1.2 Potentie en proces bij hergebruik	25
3.2	Inzicht in ketenpartners	27
3.3	Barrières en oplossingsrichtingen	28
3.4	Impact op organisatie RWS	30
3.5	Fase markttransformatie	31
3.6	Organisatiemodellen	32
4	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	33
4.1	Conclusies	33
	4.1.1 Technische hergebruikpotentie	33
	4.1.2 Klimaat- en milieuwinst bij hergebruik	33
	4.1.3 Kosten en baten bij hergebruik	34
4.2	Aanbevelingen	34
	Laatste pagina	35
	Bijlage(n)	Aantal pagina's
I	Bronnenlijst	2
II	Zwaartepuntanalyse MKI per materiaal	4

SAMENVATTING

Rijkswaterstaat heeft de ambitie om in 2030 circulair te werken.

Inzet op hergebruik is daar een belangrijk onderdeel van. De hergebruikpotentie van een objecttype is afhankelijk van onder meer de technische eigenschappen, de potentiële milieuwinst en de financiële haalbaarheid. Voor de rol van Rijkswaterstaat is onder meer de fase van markttransformatie en het bijpassende organisatiemodel van belang.

De hergebruikpotentie van stootplaten is groot.

Naar verwachting komt er 4.700 strekkende meter breedte aan stootplaten vrij in de periode tot 2030. Dit is minder dan de verwachte vraag naar stootplaten van 11.700 strekkende meter breedte. De stootplaten komen vooral vrij uit vervanging van bruggen met prefab liggers.

Technisch zijn stootplaten redelijk goed geschikt voor hergebruik.

Dit komt doordat stootplaten uniforme objecten zijn waarin de verschillen in geometrie beperkt zijn. Het grootste verschil is de kruisingshoek van de stootplaten, maar naar schatting is 43 % van de stootplaten (vrijwel) rechthoekig. De hergebruik potentie wordt momenteel beperkt door strengere huidige normen, waar stootplaten ontworpen vóór 2012 niet aan voldoen. Belangrijke aspecten om rekening mee te houden bij hergebruik zijn de geometrie, vermoeiing en de restlevensduur van herbruikbare stootplaten waardoor de daadwerkelijke hergebruikpotentie in de praktijk lastig te bepalen is.

De potentiële milieuwinst bij hergebruik van stootplaten is beperkt ten opzichte van de totale vraag.

Voor de periode tot 2030 is de potentiële milieuwinst bij hoogwaardig hergebruik van alle vrijkomende en herbruikbare objecten EUR 120 - 200 duizend MKI. Deze winst is vooral het gevolg van besparing van primaire grondstoffen en de productie van nieuw beton en wapeningsstaal. De besparing van massa primaire grondstoffen tot 2030 door het hergebruiken van stootplaten is gevonden als 9.000 - 16.000 ton gewapend beton.

De financiële haalbaarheid van hergebruik van stootplaten lijkt goed.

Eenzijds ontstaan er op de korte termijn meer kosten door benodigd onderzoek en het uitvoeren van pilots voor hergebruik. Anderzijds zijn er opbrengsten als gevolg van bespaarde aanschafkosten. De (potentiële) opbrengsten zijn in veel projecten groter dan de kosten. De huidige materiaal- en arbeidsprijzen (2022) leiden tot een haalbare financiële businesscase voor hergebruik. De huidige keten van stootplaten is sloop en nieuwbouw. Door gebrek aan normering, kennis en ervaring is hergebruik risicovoller en daardoor duurder, dus wordt in de huidige markt sloop en nieuwbouw gekozen. Deze keten focust zich momenteel op laagwaardig hergebruik of recycling van betonpuin.

Vanuit het markttransformatiemodel bevindt de markt zich voor hergebruik van stootplaten in fase 1.

Dit betekent dat er nog relatief weinig aandacht is voor hergebruik. Om volgende stappen te zetten naar meer hergebruik is het van belang om kennis en ervaring op te doen, mogelijk middels pilots om vervolgens regelgeving op te stellen. Momenteel vindt hergebruik van stootplaten niet plaats en is er dus ook niet echt een marktmodel. Het marktmodel 'ieder zijn eigen expertise' lijkt het meest geschikte marktmodel om hergebruik te faciliteren. Hierin schept RWS duidelijkheid middels het opzetten van pilots en uiteindelijk resultaten te verwerken in regelgeving. De markt kan hierbij zijn eigen kanalen gebruiken voor het opzetten van vraag en aanbod, waardoor hergebruik van stootplaten niet alleen op door RWS beheerde wegen plaatsvindt, maar ook op het onderliggend wegennet.

1

INLEIDING

1.1 Aanleiding

In de afgelopen eeuw is de wereldwijde vraag naar grondstoffen explosief gestegen. De verwachting is dat de vraag naar grondstoffen in de komende decennia verder toeneemt, door een groeiende wereldbevolking en toenemende consumptie. Dit gaat gepaard met een forse impact op het milieu. Hierdoor wordt het steeds belangrijker om het gebruik van (niet hernieuwbare) grondstoffen zoveel mogelijk terug te dringen en om de beschikbare grondstoffen zo efficiënt en hoogwaardig mogelijk te (her)gebruiken en uitstoot van broeikasgassen terug te dringen.

In september 2016 heeft het Rijk hiertoe het Rijks-brede programma Circulaire Economie (CE) gelanceerd. Hierin wordt het perspectief op een toekomstbestendige, duurzame economie en een leefbare aarde voor toekomstige generaties geschetst. De ambitie van het kabinet is om samen met maatschappelijke partners in 2030 een (tussen)doelstelling te realiseren van 50 % minder gebruik van primaire grondstoffen (mineraal, fossiel en metalen) en om in 2050 100 % hernieuwbare (gerecyclede en biobased) materialen toe te passen.

Rijkswaterstaat (hierna RWS) heeft zelf de doelstelling om al in 2030 circulair te werken. In 2017 is daarom het 'Impulsprogramma Circulaire Economie' gestart, dat tot en met eind 2021 loopt, om de kennis te ontwikkelen waarmee handen en voeten gegeven kan worden aan 'circulair werken in 2030'. Om de opgedane kennis ook daadwerkelijk te implementeren in de organisatie, is eind 2019 de strategie 'Naar klimaatneutrale en circulaire rijksinfrastructuurprojecten'(KCI) vastgesteld door het Ministerie van IenW, in samenwerking met RWS en ProRail. Deze strategie, die gericht is op het behalen van meetbare doelen, moet ertoe leiden dat in 2030 alle processen en werkwijzen zo zijn ingericht dat circulair wordt gewerkt, dat deze klimaatneutraal zijn en een reductie van 50 % minder primaire grondstoffen is behaald. Hergebruik van vrijkomende objecten en onderdelen wordt als een van de belangrijkste mogelijkheden gezien om de doelstellingen op korte termijn te realiseren. Rijkswaterstaat wil nadrukkelijk inzetten op hergebruik en hiervoor een organisatie brede hergebruikstrategie ontwikkelen. Als input voor deze strategie is de hergebruikpotentie bepaald voor zeven objecttypen, te weten betonnen prefab liggers, geleiderails, vaste stalen bruggen, stootplaten, oeverconstructies (damwanden), portalen en installaties. Deze rapportage beschrijft de resultaten van het onderzoek naar de hergebruikpotentie van stootplaten.

1.2 Doel van het onderzoek

Dit rapport beschrijft het onderzoek naar de hergebruikpotentie van stootplaten die vrijkomen in de periode 2022 - 2030. Doel van dit rapport is om inzicht te krijgen in de hergebruikpotentie: een schatting van het aantal stootplaten dat vrijkomt en de potentiële milieuwinst die met hergebruik te halen valt. Daarnaast worden praktische en financiële aspecten van het hergebruik onderzocht. Tot slot wordt het handelingsperspectief bekeken door het hergebruikproces, eventuele barrières en oplossingsrichtingen en consequenties te beschouwen. Uiteindelijk worden op basis van het bovenstaande conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan.

Dit rapport is onderdeel van het onderzoek 'strategie hergebruik' waarin in totaal 7 objecten worden onderzocht. Door het onderzoek wordt inzicht verkregen in de hergebruikpotentie van de verschillende objecten. Op basis van het verkregen inzicht kan RWS een onderbouwde strategie opstellen voor het hergebruik met focus op de objecten met hoge potentie van hergebruik.

Om het onderzoek 'strategie hergebruik' te structureren zijn door RWS per object de volgende vragen uitgezet:

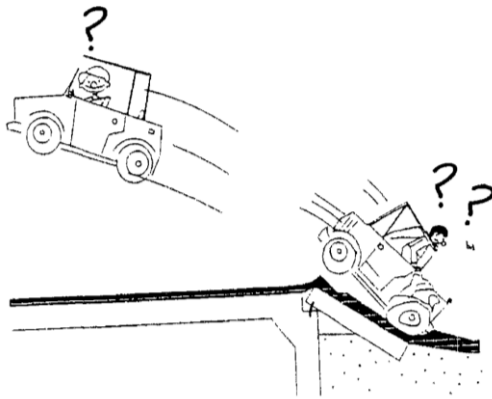
- hoeveel van het object komt op jaarbasis gemiddeld vrij, uitgaande van MIRT, VenR, en B&O opgave, met daarbij een gevoeligheidsanalyse van de betrouwbaarheid van de aangeleverde data. Dit wordt behandeld in paragraaf 2.1;
- wat gebeurt er momenteel met de vrijkomende onderdelen/objecten gebeurt in de keten. Dit wordt behandeld in paragraaf 3.1;
- potentie van hergebruik, inclusief scan behoefte/potentiële afnemers/markt, met daarbij de belangrijkste stappen/maatregelen die nodig zijn om hergebruik mogelijk te maken;
- de hergebruikpotentie (technisch, klimaat- en milieuaspect en kosten en baten) worden behandeld in hoofdstuk 2. De belangrijkste stappen in het hergebruikproces staan beschreven in paragraaf 3.1.2. De te nemen maatregelen worden toegelicht in de aanbevelingen in paragraaf 4.2;
- uitwerken milieu en klimaatwinst en vermeden grondstoffen verbruik bij hoogwaardig hergebruik vs. nieuw en recycling. Dit wordt behandeld in paragraaf 2.3;
- uitwerken gemiddelde kosten en baten hoogwaardig hergebruik vs. nieuw en recycling. Deze vergelijking wordt gemaakt in paragraaf 2.4;
- wet- en regelgeving die van toepassing/missend/belemmerend/in ontwikkeling zijn voor hergebruik. Dit wordt behandeld in paragraaf 2.2.1;
- algemene en object/onderdeel specifieke risico's en belemmeringen voor hergebruik, inclusief voorstellen en beheersmaatregelen. Dit wordt behandeld in paragraaf 3.3;
- impact van hergebruik op de RWS-organisatie. Dit wordt behandeld in 3.4;
- inzicht in de ketenpartners voor hergebruik en impact van hergebruik op de betreffende ketenpartners (leveranciers en opdrachtnemers). Dit wordt behandeld in paragraaf 3.2.

De resultaten van dit onderzoek vormen input voor de volgende onderzoekstap het verkennen van organisatiemodellen in relatie tot mogelijke business/value case voor hergebruik.

1.3 Wat is een stootplaat?

Stootplaten zijn betonnen plaalementen die zorgen dat er geen drempels ontstaan in het wegprofiel bij de overgang van wegdek op de (aarde)baan naar het, minder zettingsgevoelige, kunstwerk (bruggen, tunnels, onderdoorgangen, duikers en viaducten). Abrupte overgangen kunnen ontstaan als gevolg van zakkingen van de slappe bodem ten opzichte van de stijve, gefundeerde kunstwerken. Door het toepassen van stootplaten zakt het wegprofiel geleidelijk mee met onderliggende grond en dit voorkomt onaanvaardbare drempelvorming in het wegdek.

Afbeelding 1.1 'Discomfort door zakking van de stootconstructie' (bron: Handleiding Wegenbouw - Ontwerp Overgangsconstructies)



Bij vrijwel iedere onderdoorgang, brug of viaduct (hierna: brug) wordt een overgangsconstructie toegepast om verschil in zetting tussen kunstwerk en naastgelegen wegdek te ondervangen. Er zijn 2 soorten overgangsconstructies te onderscheiden, afhankelijk van de kruisingshoek (zie afbeelding 1.3):

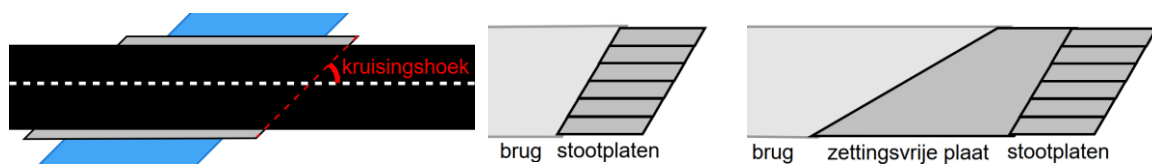
- **stootplaten**, toegepast bij relatief 'rechte' bruggen (een grote hoek met het overbrugde);
- **zettingsvrije plaat + stootplaten**, toegepast bij relatief 'scheve' bruggen (een kleine hoek met het overbrugde). De zettingsvrije plaat verkleint de hoek tussen de rand van het kunstwerk en de rand waarop de stootplaten worden geplaatst.

Afbeelding 1.2 Zijaanzicht van stootplaten (bron: <https://www.giverbo.nl/product-sort/4344/stootplaten>)



Stootplaten zijn door de jaren heen door RWS gestandaardiseerd, waarbij de standaard wel een aantal keer is gewijzigd. Daarnaast zijn vrijwel alle stootplaten op het bijhorend kunstwerk 'opgelegd': ze worden niet vast gestort, maar liggen er (zo goed als) los op. Daardoor zijn stootplaten naar verwachting relatief eenvoudig los te maken zonder deze te beschadigen, waarmee zij in potentie goed geschikt zijn voor hergebruik.

Afbeelding 1.3 Definitie kruisingshoek: hoek die de oplegrand maakt met de as van de weg



1.4 Keuze stootplaten

In totaal wordt van zeven objecten de hergebruikpotentie bepaald. Op basis van een verkenning van de technische eigenschappen, aantallen en potentiële milieu-impact is stootplaten 1 van deze zeven objecten. Door de hoge mate van standaardisatie en de geringe verwachte beperkingen qua technische levensduur zijn stootplaten waarschijnlijk goed geschikt voor hergebruik.

1.5 Aanpak

Bij het uitvoeren van dit onderzoek zijn de volgende stappen ondernomen:

- 1 bepalen van het aantal vrijkomende stootplaten op basis van beschikbare gegevens uit DISK. Hierbij is gebruik gemaakt van de analyse die is gedaan voor het onderzoek naar hergebruik van betonnen prefab liggers (document ref 129722/22-010.781, d.d. 19 juli 2022) om het aantal vrijkomende kunstwerken te bepalen;
- 2 onderzoeken van technische hergebruikpotentie, door te kijken naar verschillende type stootplaten die in het verleden zijn toegepast. Hierbij is gebruik gemaakt van voorbeelden uit eigen projectarchief;
- 3 onderzoeken hoe moet worden omgegaan met de restlevensduur van herbruikbare stootplaten. Hiervoor is onder andere gebruik gemaakt van ervaringen van collega's (ir. A. ten Voorde, ing. M.P.A. Janssen MSEng, P. Schoutens MSc, ir. L.M.R. Pronk);
- 4 uitvoeren van een MKI- en CO₂-analyse om de klimaat- en milieuwinst te bepalen. Hierbij is gekeken naar een kleine en grote maat stootplaat om een bandbreedte te kunnen bepalen;
- 5 bepalen van kosten en baten van hergebruik, met expertise van een bouwkostensdeskundige. Deze heeft, voor een klein en een groot formaat stootplaten, een vergelijking van kosten gemaakt voor sloop + aanschaf nieuwe stootplaat versus oogsten + hergebruik stootplaat;
- 6 verkennen van de impact op ketenpartners en de organisatie, wederom op basis van het onderzoek naar prefab betonnen liggers en de parallellen tussen dat onderzoek en stootplaten.

1.6 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 gaat in op de hergebruikpotentie van geleiderails en zoomt daarbij in op 4 aspecten: schatten van het aantal vrijkomende objecten en de technische, milieutechnische en financiële aspecten van de hergebruikpotentie. Hoofdstuk 3 gaat vervolgens in op het handelingsperspectief door het hergebruikproces te schetsen, eventuele barrières en oplossingsrichtingen te noemen en de consequenties aan te stippen (vooral op organisatorisch gebied). Tot slot worden in hoofdstuk 4 conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan.

2

HERGEBRUIKPOTENTIE STOOTPLATEN

2.1 Vrijkomende stootplaten t/m 2030

2.1.1 Inleiding

Om het aantal vrijkomende stootplaten t/m 2030 te bepalen wordt een aantal stappen genomen:

- schatting van het aantal relevante kunstwerken dat in de periode t/m 2030 wordt vervangen;
- schatting van het aantal stootplaten per kunstwerk.

2.1.2 Aantal vrijkomende kunstwerken

Om het aantal vrijkomende stootplaten t/m 2030 te bepalen, moet worden gekeken naar het aantal kunstwerken dat in deze periode vervangen wordt.

Uit het rapport **Onderzoek hergebruikpotentie Betonnen prefab liggers** [ref. 15] blijkt dat in de periode 2022 - 2030 139 bruggen en viaducten zullen worden vervangen en dat 120 nieuwe kunstwerken worden verwacht.

Voor deze analyse wordt met 139 te vervangen objecten verder gerekend, aangezien uit deze projecten, naast betonnen prefab liggers, ook stootplaten vrijkomen. Dit aantal is vastgesteld aan de hand van informatie uit MIRT-projecten, de VenR opgave en Beheer en Onderhoud. Hier moet wel de kanttekening bij worden geplaatst dat het aantal te vervangen en nieuwe bruggen waarschijnlijk niet compleet is een nauwkeurigere schatting is niet te maken. In het rapport **Onderzoek hergebruikpotentie Betonnen prefab liggers** [ref. 15] hoofdstuk 3.4 wordt hier nader op ingegaan.

Samenvatting rapport betonnen liggers over aantal te vervangen kunstwerken

In het rapport over onderzoek hergebruikpotentie betonnen liggers wordt de volgende opsomming gegeven om het totaal aantal te vervangen betonnen kunstwerken (met prefab betonnen liggers) te bepalen:

- vanuit de MIRT [ref. 2] onbekend. Hier worden opgaven benoemd in de trant van tracés, maar niet het specifieke aantal objecten welke daarmee gemoeid gaan;
 - vanuit Beheer en Onderhoud [ref. 14], excel vanuit RWS, wordt naar MIRT verwezen en volgt **vervangen van 41 bruggen** en aanleg 86 bruggen;
 - vanuit de prognose VenR opgave [ref. 3], **vervangen van 36 objecten** binnen betonnen bruggen en viaducten. Dit is tot 2040 en niet tot 2030;
 - vanuit CE Delft [ref. 4] referentie: **vervangen brug/viaduct 41 stuks**, aanleg nieuwe brug/viaduct 86 stuks. Dit is gelijk aan de hoeveelheden van beheer en onderhoud;
 - vanuit onze eigen validatieprojecten (niet zijnde VenR, zie [ref. 15]) komen wij uit op **21 prefab kunstwerken vervangen** en 34 nieuw aan te leggen kunstwerken. De onderbouwing hiervan is weergegeven in bijlage.
-

het totaal aantal te vervangen betonnen bruggen t/m 2030 komt daarmee op: $41 + 36 + 41 + 21 = 139$
het aantal nieuwe bruggen (vervanging + nieuwe aanleg) waaraan de vraag naar stootplaten kan worden gerelateerd is: $41 + 86 + 36 + 41 + 86 + 21 + 34 = 345$.

2.1.3 Aantal vrijkomende stootplaten

Definitie eenheid

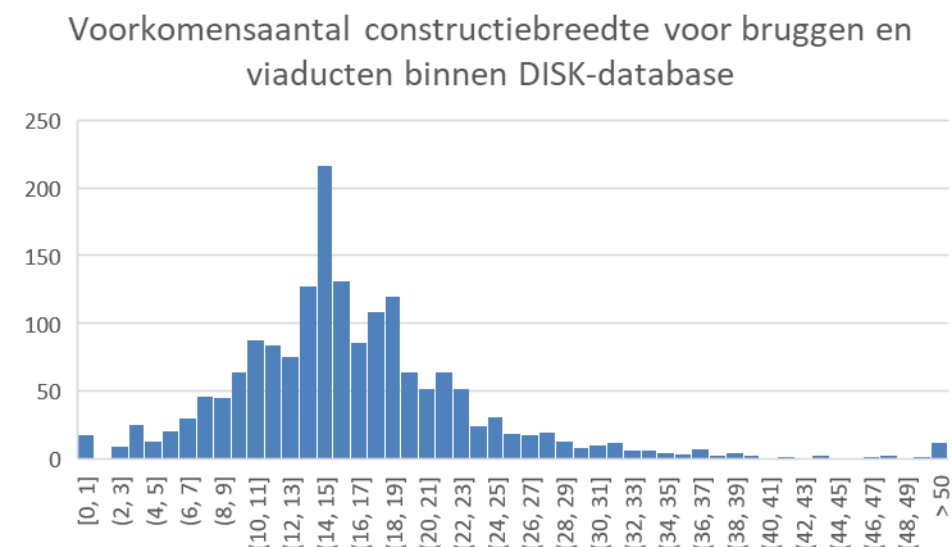
De stootplaten die zijn toegepast in huidige kunstwerken zijn niet uniform in afmeting, en hebben onder andere een variërende breedte. Een veelvoorkomende breedte is 1,0 m, maar ook platen van 2,0 m breed zijn in het verleden toegepast. Hier wordt nader op ingegaan in paragraaf 2.2.

Om tot een eenduidige berekening te komen wordt daarom gerekend met het aantal **streckende meter** aan (breedte) stootplaten. Dit aantal beschrijft dus het aantal stootplaten per eenheid van breedte, zijnde 1,0 m. Door het hanteren van deze definitie is één stootplaat van 1,0 m breed gelijk aan bijvoorbeeld 2 stootplaten van 0,5 m breed (want $2 \times 0,5 = 1,0$).

Schatting aantal stootplaten

Afbeelding 2.1 toont de spreiding in constructiebreedte van huidige kunstwerken in de DISK-database. Uit de DISK-database volgt dat de gemiddelde constructiebreedte voor bruggen en viaducten 17,2 m is. De meest voorkomende breedte is 15 m. Stootplaten worden aan beide brugzijden toegepast.

Afbeelding 2.1 Spreiding van maximale constructiebreedte binnen de DISK-database



Om het aantal stootplaten per brug te benaderen wordt daarom gerekend met een gemiddelde brugbreedte van 17 m. Uitgaande van 562 te vervangen objecten tot 2050 en een gemiddelde constructiebreedte van 17 m komt tot 2030 ongeveer 4.900 strekkende meters (breedte) stootplaat vrij. De vraag naar stootplaten t/m 2030 wordt geschat op 11.700 strekkende meters (breedte) aan stootplaat, gebaseerd op 345 kunstwerken die worden vervangen of opnieuw worden aangelegd.

Naar verwachting is in een klein percentage van de kunstwerken een zogenaamde stootvloer toegepast. Dit betreft een monoliete (bestaand uit 1 geheel) plaat over de gehele breedte van het kunstwerk. Vanwege het beperkte aantal kunstwerken waarop dit het geval is, is dit voor deze verkenning verwaarloosd.

2.2 Hergebruikpotentie: technisch

In algemene zin kan zijn stootplaten relatief uniforme objecten , die zich daarom in potentie goed lenen voor hergebruik. Voor het hergebruik van stootplaten is technisch gezien een aantal zaken van belang:

- de staat (technische restlevensduur) van de stootplaat;
- de vorm (geometrie) van de stootplaat (met name kruisingshoek);
- het type oplegging (losmaakbaarheid).

2.2.1 Restlevensduur van stootplaten

Bij het hergebruiken van een stootplaat is het belangrijk om inzicht te krijgen in de staat van de stootplaat. De staat van de stootplaat kan worden omschreven met de restlevensduur. De restlevensduur is volgens de NEN 8700 (norm voor beoordeling van constructieve veiligheid van een bestand bouwwerk bij verbouw en afkeuren) als volgt omschreven:

‘Veronderstelde periode gedurende welke een bestaande of verbouwde constructie of een deel ervan is te gebruiken voor het beoogde doel’.

Met andere woorden: de restlevensduur van een stootplaat is het aantal jaar dat een stootplaat zijn functie nog kan vervullen.

Voor het beoordelen van constructies is door RWS de RBK (**Richtlijn Beoordeling Kunstwerken**) ingesteld. Volgens de RBK kan bij beschouwing van een bestaand kunstwerk de betrouwbaarheidsindex en het veiligheidsniveau worden verlaagd, indien de restlevensduur van het kunstwerk korter is dan de ontwerplevensduur (vaak 100 jaar). Formeel gezien geldt de richtlijn nog niet voor hergebruik van componenten op een nieuwe locatie, maar alleen voor het beschouwen en verlengen van de levensduur van bestaande kunstwerken. Momenteel geldt dat bij hergebruik van een kunstwerk op een andere locatie, het veiligheidsniveau en bijhorende strenge eisen van nieuwbouw moeten worden aangetoond. Aan de hand van onderzoeken en berekeningen kan dit waarschijnlijk aangetoond worden. Mogelijk kunnen stootplaten dan in een object met een lagere verkeersintensiteit of ander risicoprofiel (CC2 i.p.v. CC3) opnieuw worden toegepast.

De te verwachten restlevensduur is niet direct zichtbaar of meetbaar, maar moet worden bepaald voor de situatie waarin de stootplaat hergebruikt gaat worden. De restlevensduur wordt enerzijds bepaald door de capaciteit (eigenschappen) van de stootplaat, anderzijds door de externe invloeden (belasting, milieu). De belangrijkste vragen hierbij zijn:

- wat zijn de materiaaleigenschappen van de stootplaat?
 - is het beton beschadigd bij het demonteren?
 - is er andere schade aan het beton? Mogelijke schademechanismen zijn onder andere:
 - afbrokkeling;
 - sulfaten;
 - zuren;
 - carbonatie;
 - ASR (Alkali-silica reactie);
 - chemische aantasting;
 - is het wapeningsstaal gecorrodeerd?
 - wat is de betonsterkte (deze neemt toe in de tijd. Een herbruikbare stootplaat heeft waarschijnlijk een hogere betonsterkteklasse en daarmee vooral gunstigere eigenschappen dan waar deze op is ontworpen):
- hoe zwaar wordt de stootplaat belast (heeft de stootplaat voldoende draagvermogen)?
 - wordt de stootplaat in nieuwe situatie gelijkwaardig, lichter of juist zwaarder belast?
 - het is in het verleden, vóór de introductie van de Eurocodes in 2012, niet verplicht gesteld dat alle verkeersbruggen (en bijhorende stootplaten) worden berekend op de zwaarste verkeersbelasting volgens belastingsmodel LM1, waarbij de as-lasten vrij dicht op elkaar staan;

- bij stootplaten ontworpen vóór het jaar 2012, kan het zijn dat deze ontworpen zijn op lagere belasting omdat de as-lasten in eerdere belastingsmodellen (verkeersklasse 60 uit de norm VOBB) verder uit elkaar stonden, en daardoor niet gelijktijdig op 1 stootplaat konden staan. Het kan hierdoor voorkomen dat vrijkomende stootplaten (theoretisch) niet voldoende sterkte hebben om in het hoofdwegennet te worden toegepast;
- betonconstructies worden sinds 1974 (VB 1974/1984 of NEN3880) getoetst en ontworpen op dwarskracht. De dwarskrachttoetsing is in de loop der jaren gewijzigd, waardoor het dus kan zijn dat bestaande stootplaten niet voldoende dwarskrachtcapaciteit hebben;
- hoe vaak wordt de stootplaat (zwaar) belast (heeft de stootplaat voldoende weerstand tegen vermoeiing?)
 - het beton, zeker in vergelijking met wapeningsstaal, is beperkt vermoeiingsgevoelig;
 - het wapeningsstaal is wel vermoeiingsgevoelig. Vaak is, ten opzichte van het ontwerpjaar van de stootplaat, zowel de belasting zelf als het aantal lastwissels in de tijd toegenomen. Met andere woorden: er rijden meer, en zwaardere vrachtwagens over de Nederlandse wegen;
 - in 1995 werd het rekening houden met vermoeiingsbelasting ingesteld voor betonnen en stalen bruggen. Bij stootplaten die ontworpen zijn voor 1995 is vermoeiingsbelasting niet meegenomen in het ontwerp, waardoor kans bestaat dat (het wapeningsstaal in) stootplaten van voor 1995 niet voldoende bestand zijn tegen vermoeiingsbelasting;
 - vermoeiingsschade werkt cumulatief: het is een optelsom waarbij zowel het aantal belastingscycli als de grootte van deze belastingscycli van belang zijn. Een element (ligger, stootplaat of steunpunt) die onder de vluchtstrook heeft gelegen, zal minder vermoeiingsschade hebben in vergelijking met een stootplaat onder de meest rechter rijstrook met vrachtwagens. Iedere weg heeft een andere verkeersintensiteit, waarmee ook per kunstwerk de vermoeiing wijzigt. Rekenkundig dient aangetoond te worden dat de voorgeschreven vermoeiingsbelasting opneembaar is gedurende levensduur.
- in welk milieu wordt de stootplaat toegepast (heeft de stootplaat voldoende weerstand tegen milieu-invloeden?)
 - in richtlijnen die golden vóór 2017 wordt een betondekking op het wapeningsstaal van minimaal 35 mm of zelfs minimaal 30 mm voorgeschreven (en dus waarschijnlijk ook toegepast). Volgens de Eurocode die momenteel van toepassing is (met name NEN-EN 1992-1-1), op basis van de milieu-omstandigheden, minimaal 60 mm betondekking nodig aan bovenzijde en 55 mm aan onderzijde. Dit houdt in dat veel van de stootplaten die vóór 2017 zijn toegepast, niet voldoen aan de huidige Eurocode. **Daarmee kan dus, zonder afwijking van de huidige normen, de vereiste technische restlevensduur van een hergebruikte stootplaat niet zonder meer worden aangetoond.** Dit dient met proeven aangetoond te worden.

Hoe de bovenstaande vragen kunnen worden beantwoord, wordt verder toegelicht in paragraaf 3.1. Het is dus waarschijnlijk dat bij hergebruik van veel stootplaten een veiligheidsniveau van nieuwbouw met bijhorende 100 jaar restlevensduur niet zondermeer kan worden aangetoond. Een kortere levensduur is dan een uitwijkmogelijkheid, waarbij een lager veiligheidsniveau geldt. De restlevensduur zal daardoor rekenkundig makkelijker aan te tonen zijn. Echter zal de stootplaat hierdoor wel op kortere termijn vervangen moeten worden. Advies is om dit dan gelijk te stellen aan het vervangen van de voegovergangen, aangezien stootplaten en voegovergangen in locatie van de brug bij elkaar liggen en hinder veroorzaken in het wegennet bij vervanging. Het vervangen van voegovergangen is altijd een impactvolle activiteit (veroorzaakt veel hinder, aangezien complete rijbaan afgesloten dient te worden), zeker in verkeer intensieve trajecten. Dit zal voor stootplaten gelijk zijn.

2.2.2 Functie bij hergebruik

Hergebruik in dezelfde functie van stootplaten geniet de voorkeur. Stootplaten in het hoofdwegennet worden dus bij voorkeur weer in het hoofdwegennet toegepast. Daarbij ligt het voor de hand dat bij vervanging van een kunstwerk eerst wordt gekeken of de stootplaten kunnen blijven liggen of kunnen worden hergebruikt binnen hetzelfde kunstwerk. Wanneer bij hergebruik van stootplaten in dezelfde functie (in hoofdwegennet) lastig blijkt of een kortere levensduur niet wenselijk (economisch, verkeershinder), kan

ook worden gekeken naar toepassen van stootplaten in een andere functie. De meest voor de hand liggende optie is dan om de stootplaten toe te passen in het onderliggend wegennet. Hierdoor worden de stootplaten minder vaak zwaar belast, waardoor ze langer mee kunnen gaan. Daarnaast zijn er ook toepassingen denkbaar waarbij de stootplaten minder zwaar worden belast: toepassing in gebouwen, als tijdelijke bestrating of rijplaten (vergelijkbaar met Stelconplaten), als onderdeel van een fiets of voetgangersbrug, onderdeel van een gebouw et cetera Deze alternatieve opties worden in dit rapport verder niet behandeld.

2.2.3 Geometrie van stootplaten

Verscheidenheid in geometrie

De eisen aan een stootplaat zijn sinds 1992 vastgelegd in verschillende documenten. In eerste opzicht lijken stootplaten vrij homogene objecten. In de tijd zijn echter verschillende afmetingen en principes toegepast, en daarnaast is de vorm van de stootplaat afhankelijk van de kruisingshoek. Hieronder worden ter illustratie een aantal verschillende concepten van stootplaten getoond, afkomstig uit eigen projectarchief en documenten van RWS.

Tabel 2.1 Overzicht van verschillende principes bij stootplaten

<p>3 verschillende oplegprincipes bij het landhoofd, volgens richtlijn RWS uit 1988:</p> <ul style="list-style-type: none"> - rechte oplegging met stalen pen (doek) - oplegging met haakvormig einde, zonder stalen pen - tandoplegging met stalen pen 	<table border="1" data-bbox="1157 864 1356 1019"> <thead> <tr> <th>h</th> <th>a</th> <th>b</th> <th>L</th> <th>WAP. A</th> <th>WAP. B</th> <th>WAP. C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,20</td> <td>0,5</td> <td>2,00</td> <td>5 Ø 16</td> <td>3 Ø 12</td> <td>Ø 10-200</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0,25</td> <td>0,5</td> <td>3,00</td> <td>5 Ø 20</td> <td>4 Ø 12</td> <td>Ø 10-200</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0,30</td> <td>0,5</td> <td>4,00</td> <td>4 Ø 25</td> <td>3 Ø 16</td> <td>Ø 10-200</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0,35</td> <td>0,5</td> <td>5,00</td> <td>4 Ø 25</td> <td>3 Ø 16</td> <td>Ø 10-200</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0,40</td> <td>0,5</td> <td>6,00</td> <td>5 Ø 25</td> <td>4 Ø 16</td> <td>Ø 10-200</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0,45</td> <td>1,0</td> <td>8,00</td> <td>11 Ø 25</td> <td>6 Ø 20</td> <td>Ø 12-175</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0,50</td> <td>1,0</td> <td>10,00</td> <td>9 Ø 32</td> <td>1 Ø 20</td> <td>Ø 12-200</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0,55</td> <td>1,0</td> <td>12,00</td> <td>10 Ø 32</td> <td>6 Ø 20</td> <td>Ø 12-225</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>WAP. A HEG VOLGENDE ONDERSTAAND NEDER GEREDELEERD WORDEN.</p> <p>Ø 20-MIN. 50t WAP. A Ø 25-MIN. 50t WAP. A</p>	h	a	b	L	WAP. A	WAP. B	WAP. C	0,20	0,5	2,00	5 Ø 16	3 Ø 12	Ø 10-200		0,25	0,5	3,00	5 Ø 20	4 Ø 12	Ø 10-200		0,30	0,5	4,00	4 Ø 25	3 Ø 16	Ø 10-200		0,35	0,5	5,00	4 Ø 25	3 Ø 16	Ø 10-200		0,40	0,5	6,00	5 Ø 25	4 Ø 16	Ø 10-200		0,45	1,0	8,00	11 Ø 25	6 Ø 20	Ø 12-175		0,50	1,0	10,00	9 Ø 32	1 Ø 20	Ø 12-200		0,55	1,0	12,00	10 Ø 32	6 Ø 20	Ø 12-225	
h	a	b	L	WAP. A	WAP. B	WAP. C																																																										
0,20	0,5	2,00	5 Ø 16	3 Ø 12	Ø 10-200																																																											
0,25	0,5	3,00	5 Ø 20	4 Ø 12	Ø 10-200																																																											
0,30	0,5	4,00	4 Ø 25	3 Ø 16	Ø 10-200																																																											
0,35	0,5	5,00	4 Ø 25	3 Ø 16	Ø 10-200																																																											
0,40	0,5	6,00	5 Ø 25	4 Ø 16	Ø 10-200																																																											
0,45	1,0	8,00	11 Ø 25	6 Ø 20	Ø 12-175																																																											
0,50	1,0	10,00	9 Ø 32	1 Ø 20	Ø 12-200																																																											
0,55	1,0	12,00	10 Ø 32	6 Ø 20	Ø 12-225																																																											
<p>stootplaat uit 1992 onder rijksweg A4 Afmeting $l \times b \times h = 5,0 \times 0,5 \times 0,35$ m bevestiging middels stalen pen</p> <p>hoek tussen onderzijde en voorzijde stootplaten niet 90°</p>																																																																
<p>stootplaat uit 1992 onder rijksweg A4 afmeting $l \times b \times h = 5,0 \times 0,5 \times 0,35$</p> <p>bevestiging middels haakvormig einde</p>																																																																

De door jaren heen verschillende richtlijnen met daarin verschillende principes van stootplaten deze zijn toegelicht in het tekstkader hieronder.

Overzicht normen, richtlijnen en handboeken over stootplaten

1	vanaf maart 1988:	rapport nr. 7 Richtlijn overgangsconstructies (stootplaten);
2	vanaf 1992:	NBD00730 Standaarddetails betonnen bruggen versie 1.0 (horend bij ROBK3);
3	vanaf april 1996:	Handleiding Wegenbouw - Ontwerp Overgangsconstructies;
4	vanaf februari 2006	NBD00750 Richtlijn overgangsconstructies (stootplaten) (horend bij ROBK 6);
5	vanaf april 2009	NBD00730 Standaarddetails betonnen bruggen versie 1.1;
6	vanaf maart 2014	RTD 1011 Eisen stootplaten (onderdeel van ROK 1.1);
7	vanaf april 2017	RTD 1010 standaarddetails RWS (onderdeel van ROK 1.4)

Door het ontbreken van verdere data over de aantallen toegepaste stootplaten per principe is het lastig om vast te stellen hoe het gebruik van stootplaten door de jaren heen is geweest, en daarmee dus ook welke vorm de vrijkomende stootplaten in de periode t/m 2030 zullen hebben. Wel zijn in het verleden veel stootplaten met een breedte van 0,5 m werden toegepast, waar tegenwoordig een breedte van 1,0 m standaard is.

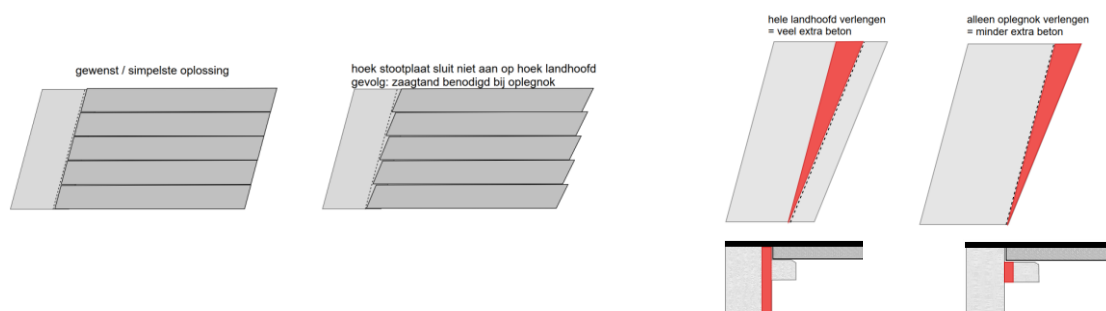
Geometrie en hergebruik

De vorm van stootplaten is in de basis rechthoekig, met daarin een afwijking afhankelijk van de toegepaste kruisingshoek (zie afbeelding 1.3).

Om een stootplaat te kunnen hergebruiken mag het verschil in kruisingshoek van de stootplaat en het nieuwe kunstwerk niet te groot zijn.

Dit wordt hieronder in afbeelding 2.2 geïllustreerd.

Afbeelding 2.2 Situatieschets bij verschil in kruisingshoek van landhoofd (kunstwerk) en stootplaat



Definitie kruisingshoek in gon

Binnen RWS wordt de eenheid gon gebruikt voor het aanduiden van een hoek. In dit rapport gaat gon over de kruisingshoek van het kunstwerk en de oplegrand met bijhorende stootplaten, vaak parallel aan onderliggend obstakel (weg, rivier, et cetera). De kruisingshoek is afgebeeld in afbeelding 1.3.

Er geldt: $\text{hoek in gon} = \text{hoek in graden} * 0.9$, dus:

- 100 gon = 90 graden = haakse kruising dus een rechte brug en rechthoekige stootplaten;
 - 50 gon = 45 graden = schuine kruising dus een schuine brug en schuine stootplaten
-

Wanneer het verschil tussen de kruisingshoek van de stootplaat en van het landhoofd (kunstwerk) te groot is, sluit de stootplaat niet goed aan op het kunstwerk. Bovendien kan de punt van de stootplaat gaan opwippen. Beide effecten hebben tot gevolg dat een drempel ontstaat in het wegdek, iets wat de stootplaat juist dient te voorkomen. Het verschil in kruisingshoek tussen stootplaat en landhoofd kan worden opgelost door het aanpassen van de rand van het landhoofd. Dit vergt wel extra materiaal (beton, staal), waarbij goed moet worden gekeken of dit extra materiaalgebruik wel opweegt tegen de besparing (besparing materiaal nieuwe stootplaat).

Het aanpassen van het landhoofd kan op 2 manieren:

- aanpassen landhoofd over volledige hoogte (afwijkend van ROK2.0);
- aanpassen oplegnok (afwijkend van ROK2.0).

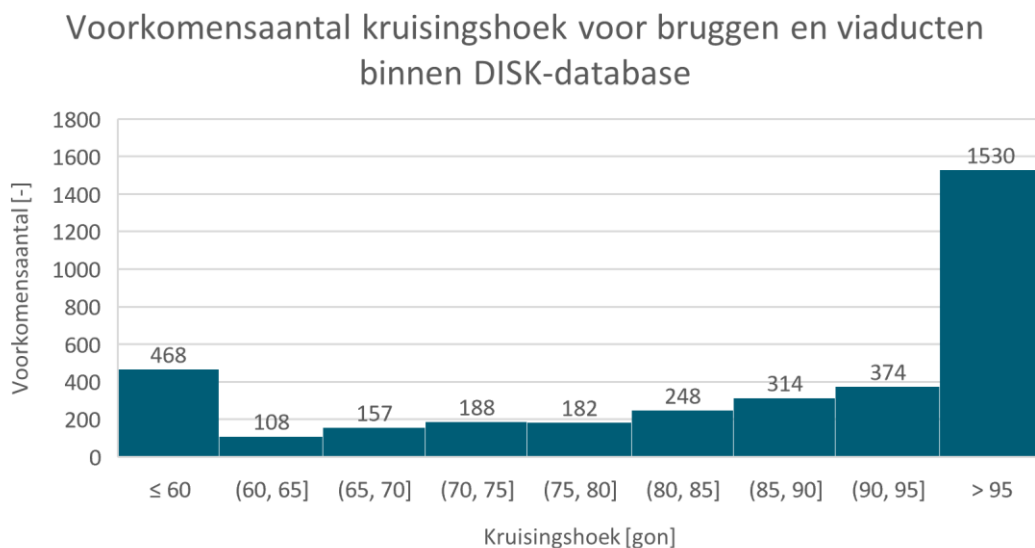
Het aanpassen (lees: verbreden) van het landhoofd vergt relatief veel materiaal, maar is wel eenvoudig. Het aanpassen van de oplegnok vergt relatief weinig materiaal, maar is constructief gezien lastiger. Het is lastig vast te stellen welk hoekverschil tussen landhoofd en stootplaat en bijhorende benodigde aanpassing nog aanvaardbaar is.

De werkhypothese die hiervoor wordt aangehouden is dat stootplaten zonder belemmeringen kunnen worden ingezet als het verschil in kruisingshoek tussen de oude en nieuwe situatie minder dan 5 gon afwijkt.

Wanneer het verschil groter is dan 5 gon, zal bij het ontwerpen van de nieuwe constructie rekening moeten worden gehouden met dit verschil. Uit de DISK-database blijkt dat 43 % van de bruggen een kruisingshoek tussen de 95 en 100 gon heeft, waarbij 100 gon overeenkomt met een loodrechte kruising. De verdeling in kruisingshoeken wordt getoond in afbeelding 2.3. De overige kruisingshoeken (dus 95 gon en lager) en kunstwerken met dezelfde hoek komen relatief minder vaak voor. Het is daardoor voor stootplaten met een kruisingshoek lager dan 95 gon lastiger om te worden gematched met een kunstwerk van vergelijkbare kruisingshoek omdat deze minder voorkomen.

Ook wordt in de DISK-database geen onderscheid gemaakt in de richting van kruisen, slechts in de absolute hoek. Een kruisingshoek van 110 gon wordt dus genoteerd als 90 gon. **Aangezien stootplaten niet symmetrisch zijn in hun boven- en onderwapening (hoeveelheid en dekking), kunnen stootplaten niet ondersteboven en gespiegeld worden toegepast.** Met andere woorden: stootplaten uit een kruising van noord-oost naar zuid-west kunnen niet worden toegepast op een kunstwerk met dezelfde kruisingshoek met een kruising van noord-west naar zuid-oost. Hierdoor wordt het aantal geschikte hergebruiklocaties wederom kleiner, bij toepassing van een andere voorkeurs kruisingshoek.

Afbeelding 2.3 Kruisingshoeken voor bruggen en viaducten in de DISK-database. Let op: de kruisingshoek is weergegeven in de eenheid gon, niet in graden. De maximale kruisingshoek van 100 gon komt overeen met 90 graden: een loodrechte kruising van weg met onderliggend obstakel

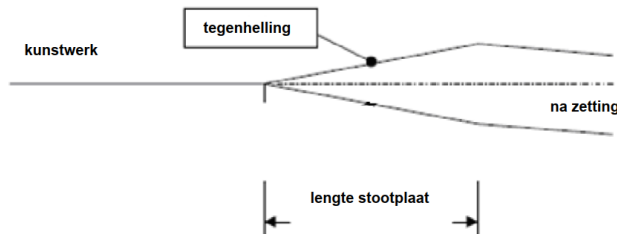


Lengte in relatie tot restzettingsverschillen

In het document *RTD 1011 Eisen stootplaten* wat momenteel van kracht is, worden eisen gesteld aan hellingsverschil (de knik) tussen wegdek op de stootplaat en wegdek op het kunstwerk, zie afbeelding 2.4. Het hellingsverschil moet kleiner zijn dan 1 gedeeld door 'ontwerpsnelheid in km/uur' (dus voor 100 km/uur

mag dit 1:100 zijn). Het toelaatbare verschil kan worden omgerekend naar een toelaatbare restzetting die optreedt na het openstellen van het wegdek over de stootplaat. Daardoor geldt dat kortere platen bij een gelijk hellingsverschil een kleinere restzetting mogen ondergaan. Vrijkomende stootplaten die relatief kort zijn, zouden door deze eis in bepaalde situaties met grote restzettingen niet toepasbaar zijn. Het grootste deel van de stootplaten dat vrijkomt heeft een lengte van 4,0, 5,0 of 6,0 m.

Afbeelding 2.4 Hellingsverschillen volgens RTD 1011



2.2.4 Losmaakbaarheid

Losmaakbaarheid van stootplaten

Voor de bevestiging van stootplaten zijn grofweg 2 principes te onderscheiden, zie hiervoor ook de afbeeldingen in tabel 2.1:

- stootplaten met een haakvormig uiteinde;
- stootplaten verbonden met een dook.

De stootplaten met haakvormig uiteinde worden op hun plek gehouden doordat de haak in een vlakke holte (sponning) van het landhoofd ligt. Omdat deze stootplaten verder niet verbonden zijn met het landhoofd, kunnen ze eenvoudig worden verwijderd, met kleine kans op beschadiging.

Het merendeel van de stootplaten wordt naar verwachting op zijn plaats gehouden door stalen pen (dook) uit het landhoofd, die in een sparing in de stootplaat valt (pen-gat verbinding). Om te zorgen dat de stootplaat nog wel kan roteren, is de stalen pen meestal omwikkeld met elastisch materiaal (vetband, densoband). Daarnaast is de sparing in de stootplaat vaak een stuk groter dan de stalen pen. Het is tegenwoordig gebruikelijk om de ruimte in de sparing na het plaatsen van de stootplaat aan te vullen met gietmortel of bitumen. Als de sparing is opgevuld, dient het vulmateriaal te worden verwijderd om de stootplaat los te maken. Als dit voor het uithijzen van stootplaten gebeurt, komt de stootplaat makkelijker los. Het vulmateriaal kan echter ook na het hijsen worden verwijderd.

Voor beiden typen valt te verwachten dat de stootplaat vrij gemakkelijk verticaal van de pen kan worden gehesen. Het verwijderen moet wel voorzichtig gebeuren om beschadiging aan de stootplaat te voorkomen.

Hijzen stootplaten

Stootplaten zijn relatief lichte voorwerpen (2 tot 7,5 ton gewicht, zie 2.3 voor uitgangspunten afmetingen) en kunnen daardoor met licht materieel worden opgetild. In stootplaten zijn oorspronkelijk vaak hijsvoorzieningen opgenomen, deze zijn mogelijk niet meer bruikbaar, waardoor vervangende voorzieningen aangebracht/toegepast moeten worden.

2.3 Hergebruikpotentie: klimaat- en milieuwinst

In deze paragraaf wordt de potentiële klimaat- en milieuwinst onderzocht die behaald kan worden door hergebruik van stootplaten. Deze winst ontstaat doordat door bij hergebruik bepaalde activiteiten en bijhorende impact uit het conventionele proces worden voorkomen. In paragraaf 2.3.1 wordt een opsomming gemaakt van de activiteiten in het conventionele proces en het proces van hergebruik. In paragraaf 2.3.2

wordt de MKI per levensfase omschreven en bepaald. Paragraaf 2.3.3 toont de gecombineerde milieu-impact voor de activiteiten van hergebruik en sloop-nieuwbouw. Paragraaf 2.3.4 gaat in op de besparing aan primaire grondstoffen.

2.3.1 Omschrijving activiteiten conventioneel- en hergebruikproces

Onderstaande tabel geeft een overzicht met daarin een vergelijking in activiteiten die nodig zijn in het conventionele proces en het proces van hergebruik. De milieu-impact gerelateerd aan de combinatie van de verschillende activiteiten van het hergebruikproces moet opwegen tegen de milieu-impact van het slopen, verwerken en het produceren van een nieuwe stootplaat, oftewel het conventionele proces.

Tabel 2.2 Overzicht van activiteiten in conventioneel proces en proces van hergebruik.

Activiteit:	Conventioneel proces	Hergebruik van hergebruik
productie nieuw beton	ja	-
productie nieuw wapeningsstaal	ja	-
fabrikage van de stootplaat	ja	-
vervoer naar te bouwen kunstwerk	ja	ja
installatie stootplaat in kunstwerk	ja	ja
onderhoud	n.v.t.	n.v.t.
slopen van stootplaat (in-situ)	ja	-
hijzen stootplaat uit kunstwerk	-	ja
vervoer vrijgekomen ligger naar depot	-	ja
vervoer betonpuin naar verwerker	ja	-
matching	-	ja
aanpassingen/reparaties aan stootplaat	-	mogelijk
wachttijd in depot	-	ja
verwerking van betonpuin	ja	-

2.3.2 MKI per levensfase

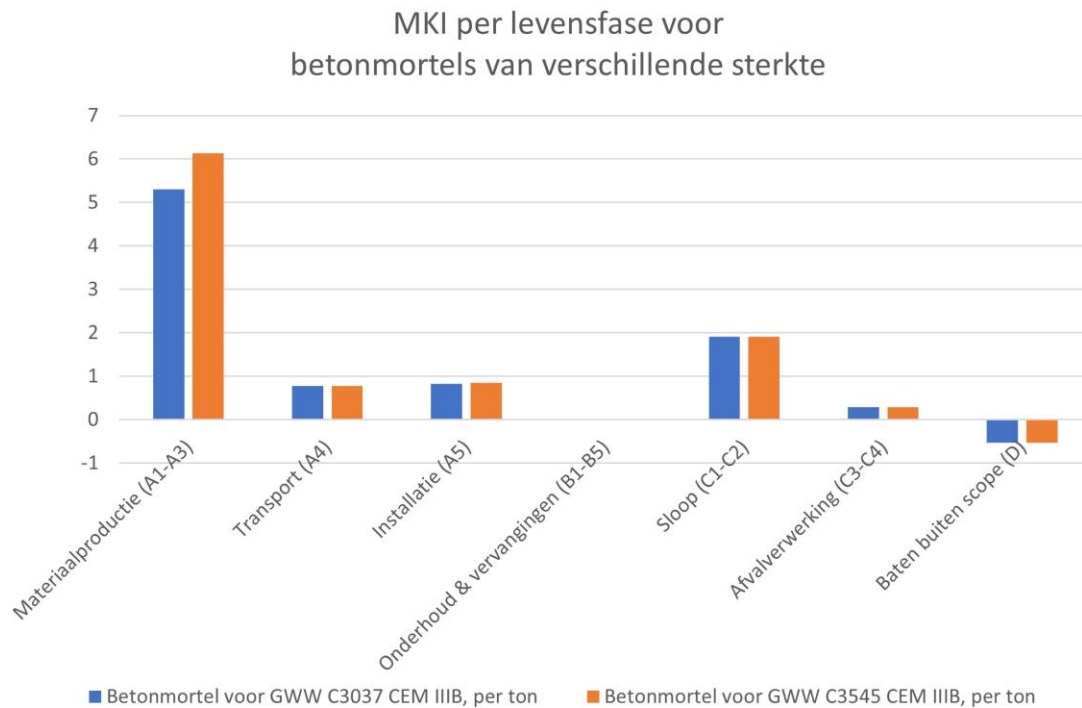
In de milieukosten indicatie (MKI) wordt de milieu-impact van de gehele levenscyclus van een product beschouwt. Om inzicht te krijgen in het aandeel MKI dat wordt bespaard door hergebruik is het belangrijk inzicht te krijgen in het aandeel MKI dat wordt toegeschreven aan het produceren van de stootplaten (A1-A3), het transport (A4) en de installatie op locatie (A5). Wanneer stootplaten worden hergebruikt wordt namelijk bespaard op de materiaalproductie (A1-A3). In de levensfasen (gecontroleerde) sloop (C1), transport naar de nieuwe locatie (C2) en herinstallatie (A5) vindt beperkt extra milieu-impact plaats, mede door de vaak goede losmaakbaarheid van de stootplaten. In het deelrapport Betonnen prefab liggers is de MKI voor de verschillende activiteiten behorend bij het conventionele en hergebruikproces beschreven. Veel van de uitgangspunten met betrekking tot het bepalen van de milieu-impact van stootplaten komen hiermee overeen. Verschillen zijn echter te vinden in vaak toegepaste betonsterktes, de objectgrootte, het sloopproces en aanpassingen/reparaties van beide objecten.

Productie van nieuw beton

Productie van nieuw beton is nodig in het conventionele proces: bestaande stootplaten slopen en nieuwe stootplaten produceren. Voor betonnen stootplaten wordt in het algemeen beton van sterkteklasse C30/35 of C35/45 toegepast. De milieu-impact van de betonproductie is grotendeels afhankelijk van de cementproductiemethode en de hoeveelheid die wordt toegepast in het betonmortel. In Nederland wordt CEM III veel toegepast. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in type A en B. Voor stootplaten wordt

aangenomen dat deze veelal worden vervaardigd van cementtype CEM III B. Afbeelding 2.5 geeft de MKI per levensfase weer voor 2 NMD-productkaarten voor beton van de 2 beschouwde sterkteklassen. Uit de figuur volgt dat het grootste deel van de milieu-impact vindt plaats tijdens de materiaalproductiefase. Het grootste verschil tussen de producten onderling is ook te zien in de materiaalproductiefase. Dit verschil is verklaarbaar door de toename van de cementverhouding bij hogere betonsterktes. Voor de materiaalproductie (A1-A3) van nieuw beton wordt het gemiddelde van de 2 NMD-producten gebruikt. Dit komt overeen met EUR 5,4 MKI/ton beton.

Afbeelding 2.5 Overzicht van de milieu-impact per levensfase voor betonmortel van verschillende sterkte.



Productie van wapeningsstaal

Voor het productieproces van wapeningsstaal worden dezelfde NMD-producten in acht genomen als bij het prefab liggers, namelijk Betonwapeningsnet Gepuntlast en Voorspanstaal ligger. Een wapeningspercentage van 1,5 opp.% is in acht genomen. Dit komt overeen met 120 kg staal/m³ beton en EUR 8 MKI/ton gewapend beton.

Fabricage van de stootplaat

Voor de fabricage van de stootplaat wordt de MKI van de beton- en wapeningproducten toegepast overeenkomend met levensfase A5 van beide NMD-producten zoals weergegeven in Afbeelding 2.5, geschaald naar de massaverhouding beton en staal per ton gewapend beton. Dit komt overeen met EUR 1,5 MKI/ton gewapend beton.

Vervoer naar te bouwen kunstwerk

Voor het vervoer naar het te bouwen kunstwerk wordt de MKI van levensfase A4 van de betonproducten aangehouden. Dit komt overeen met EUR 0,8 MKI/ton prefab ligger.

Installatie van ligger in kunstwerk

Voor de installatie van de liggers in het nieuw te bouwen kunstwerk wordt uitgegaan van installatie met een telekraan. Het NMD-product Telekraan (hybride) is hiervoor aangehouden. In dit product wordt een productiecapaciteit van 4 ton/uur aangehouden. Dit komt overeen met EUR 3,6 MKI/ton stootplaat.

Onderhoud en vervangingen

Aangenomen wordt dat de stootplaten geen onderhoud vereisen nadat deze in een nieuw kunstwerk zijn verwerkt. Daarbij is het zeer onwaarschijnlijk dat stootplaten worden vervangen voor de eindelevensduur van het kunstwerk, omdat deze zich onder het wegdek bevinden. Daarom wordt geen noemenswaardige milieu-impact verwacht voor onderhoud en vervangingen en gerekend met EUR 0 MKI/ton.

Slopen van ligger in-situ (conventioneel proces)

Het slopen van een kunstwerk wordt vaak geoptimaliseerd om verkeers hinder zo veel mogelijk te reduceren. Deze fase omvat het afbreken van het breken van de stootplaat en het laden van het puin voor transport. Voor de sloop van de stootplaat wordt de MKI van de beton- en wapeningproducten toegepast overeenkomend met levensfase C1 van de NMD-producten zoals weergegeven in afbeelding 2.5 en het NMD-product Betonwapeningsnet Gepuntlast. Dit is vervolgens geschaald naar de massaverhouding tussen staal en beton en komt overeen met EUR 1,1 MKI/ton stootplaat.

Hijzen stootplaat uit kunstwerk (hergebruikproces)

Om de stootplaat in goede staat uit het kunstwerk te hijsen moet het vulmateriaal in het pen-gat worden verwijderd. Het is verwacht dit hier klein handmateriaal voor wordt ingezet en dat dit geen noemenswaardige milieu-impact teweeg brengt. Na het penmateriaal verwijderd te hebben wordt de stootplaat uit het kunstwerk gehesen, waarvoor het NMD-product Telekraan (Hybride) als representatieve productkaart wordt toegepast. Dit komt overeen met EUR 3,6 MKI/ton stootplaat.

Vervoer vrijkomende stootplaten naar depot (hergebruikproces)

Voor het vervoer van de stootplaten naar het depot wordt een EURO5 dieselvrachtwagen aangehouden. Daarnaast is een transportafstand van 100 km, overeenkomend met de forfaitaire waarden binnen de bepalingmethode, aangehouden. Dit komt overeen met EUR 0,9 MKI/ton stootplaat.

Vervoer betonpuin naar verwerker (conventioneel proces)

Voor het vervoer van betonpuin naar het depot wordt een EURO5 dieselvrachtwagen aangehouden. Daarnaast is een transportafstand van 50 km, overeenkomend met de forfaitaire waarden binnen de bepalingmethode, aangehouden. Dit komt overeen met EUR 0,9 MKI/ton stootplaat.

Matching (hergebruikproces)

De milieu-impact voor matching wordt verwaarloosbaar geacht. Daarom wordt gerekend met EUR 0 MKI/ton stootplaat.

Aanpassingen aan stootplaten (hergebruikproces)

In tegenstelling tot bij betonnen liggers, kan aan een stootplaat weinig reparatie worden uitgevoerd. Waar bijvoorbeeld voor een ligger de hoek van het liggereinde kan worden aangepast door een stuk van de ligger af te zagen, wordt dit voor stootplaten niet realistisch geacht. Reparaties aan een stootplaat zullen zich waarschijnlijk beperken tot het opnieuw afsmeren van de hijs- en pengaten. De milieu impact hiervoor wordt verwaarloosbaar geacht, daarom wordt gerekend met EUR 0 MKI/ton stootplaat.

Wachttijd in depot (hergebruikproces)

De milieu-impact voor wachttijd van de stootplaten in een depot wordt verwaarloosbaar geacht. Mogelijk worden de stootplaten binnen het depot verplaatst, maar de onzekerheid hierover is groot en slecht voorspelbaar. Daarom is besloten dit niet verder te beschouwen in deze analyse en wordt gerekend met EUR 0 MKI/ton stootplaat.

Verwerking van betonpuin (conventioneel proces)

Voor de verwerking van het beton en staal uit de stootplaat wordt de MKI van de beton- en wapeningproducten toegepast overeenkomend met levensfase C3-C4 van beide NMD-producten zoals weergegeven in afbeelding 2.5 en geschaald naar de massaverhouding tussen staal en beton. Dit komt overeen met EUR 0,4 MKI/ton gewapend beton.

2.3.3 Milieu-impact hergebruik en sloop-nieuwbouw

In paragraaf 2.1.3 is het aantal vrijkomende stootplaten tot 2030 vastgesteld, namelijk 4900 strekkende meter. In paragraaf 2.2.3 is de geometrie van de stootplaten beschreven. Doordat stootplaten in verschillende afmetingen worden toegepast, en dus de massa per strekkende meter stootplaat verschilt, wordt in deze analyse gerekend met kleine en grote stootplaten. Voor kleine stootplaten wordt uitgegaan van 0,35 meter hoogte, 0,5 meter breedte en 5 meter lengte. De massa van een kleine stootplaat bij deze afmetingen is dan 2,2 ton/stootplaat, of 4,4 ton/m¹ stootplaat. Voor grote stootplaten wordt uitgegaan van 0,5 meter hoogte, 1,0 meter breedte en 6 meter lengte. De massa van een grote stootplaat is dan 7,4 ton/m¹ stootplaat.

Zoals beschreven in paragraaf Aanpassingen aan stootplaten (hergebruikproces) is het niet realistisch geacht dat de kruisingshoek van stootplaten wordt aangepast. Uit paragraaf 2.2.3 blijkt verder dat 43% van de stootplaten een kruisingshoek heeft kleiner dan 5 gon. Dit percentage wordt toegepast om de technische herbruikbaarheid van de stootplaten te benaderen. In combinatie met 4.900 strekkende meter vrijkomende stootplaat is de hoeveelheid herbruikbare stootplaat tot 2030 dan 2.100 meter. De overeenkomende massa stootplaat o.b.v. kleine of grote stootplaten is respectievelijk 9.200 ton en 15.800 ton.

Op basis van deze aantallen en de uitgangspunten zoals beschreven in paragraaf 2.3.2 kan de milieu-impact van het hergebruiken van de stootplaten worden ingeschat. Een overzicht van de milieu-impact per activiteit is weergegeven in onderstaande tabel 2.3. Voor conventionele sloop-nieuwbouw wordt de milieu-impact gevonden als EUR 200 - 340 duizend MKI en 1,8 - 3,2 miljoen kg CO₂-eq. In het geval van hergebruik wordt de milieu-impact gevonden als EUR 80 - 140 duizend MKI en 0,9 - 1,5 miljoen kg CO₂-eq. Door te hergebruiken kan tot 2030 dus EUR 120 - 200 duizend MKI en 0,9 - 1,7 miljoen kg CO₂-eq worden bespaard.

Tabel 2.3 Overzicht van milieu-impact per activiteit voor conventionele sloop-nieuwbouw

Activiteit:	MKI conventioneel (tot 2030) laag / hoog		MKI hergebruik (tot 2030) laag / hoog	
Productie nieuw beton	50.024	85.755	-	-
Productie nieuw wapeningsstaal	74.607	127.898	-	-
Fabricage van de stootplaat	11.557	19.812	-	-
Vervoer naar te bouwen kunstwerk	7.462	12.792	7.462	12.792
Installatie stootplaat in kunstwerk	33.386	57.233	33.386	57.233
Onderhoud	-	-	-	-
Slopen van stootplaat (in-situ)	10.572	18.123	-	-
Hijzen stootplaat uit kunstwerk	-	-	33.386	57.233
Vervoer vrijgekomen ligger naar depot	-	-	8.730	14.966
Vervoer betonpuin naar verwerker	4.365	7.483	-	-
Matching	-	-	-	-
Aanpassingen/reparaties aan stootplaat	-	-	-	-
Wachttijd in depot	-	-	-	-
Verwerking van betonpuin	4.736	8.120	-	-
Totaal	196.710	337.217	82.964	142.224

2.3.4 Besparing in primaire grondstoffen

Door het beton en staal in de stootplaten te hergebruiken wordt productie van nieuwe bouwmaterialen voorkomen. Uitgaande van 2.100 strekkende meter herbruikbare stootplaat is de bespaarde massa primaire grondstoffen 9.000 - 16.000 ton gewapend beton. De uiteindelijke hoeveelheid hangt echter af van het herbruikbaarheidspercentage van vrijkomende stootplaten, welke in deze analyse is gebaseerd op de

voorkomingsfrequentie van stootplaten met een kruisingshoek <5 gon. Het herbruikbaarheidspercentage is niet eerder onderzocht en ook niet bekend uit eerdere ervaringen.

2.4 Hergebruikpotentie: kosten & baten

Voor het bepalen van de kosten en baten voor hergebruik van stootplaten worden de kosten voor hergebruik (voor klein en groot formaat stootplaat, zie tabel 2.3 ,vergeleken met de kosten voor het slopen van stootplaten + aanschaf van nieuwe stootplaten.

De kosten voor het hergebruik van stootplaten zijn opgebouwd uit 3 onderdelen:

- 1 oogsten;
- 2 transport, opslag, inspectie technische staat en reparaties (reviseren);
- 3 transport en plaatsen stootplaten op nieuwe locatie.

Uitgaande van de vergelijking met prefab stootplaten zijn de eerste 2 onderdelen onderscheidend. Er wordt aangenomen dat transport en plaatsen van nieuwe stootplaten qua kosten ongeveer gelijk is aan transport en plaatsen van herbruikbare stootplaten. Daarom worden deze kosten buiten beschouwing gelaten. De navolgende kostenschattingen in paragraaf 2.4.1 en 2.4.2 nemen alleen kosten voor activiteiten en materiaal mee. Extra kosten door risico's, onzekerheden en extra onderzoek zijn niet meegenomen, deze worden wel benoemd in paragraaf 2.4.3.

2.4.1 Sloop + aanschaf nieuwe stootplaten

De kosten voor sloop + aanschaf van stootplaten per strekkende meter worden als volgt ingeschat:

- kleine maat 5,0 x 0,5 x 0,35 m EUR 700,00 tot EUR 963,00;
- grote maat 6,0 x 1,0 x 0,5 m EUR 1.200,00 tot EUR 1.650,00.

Tabel 2.4 Kosten bij activiteiten van sloop + aanschaf nieuwe stootplaten

Activiteit	Kosten in EUR	Kleine plaat	Grote plaat
		5,0 x 0,5 x 0,35 m 5,0 x 0,5 x 0,35 m in EUR	6,0 x 1,0 x 0,5 m in EUR
sloop + afvoer	50,00/ m ³	43,80	150,00
aanschaf nieuw inclusief vervoer	350,00 ~ 500,00/ m ³	306,00 ~ 438,00	1.050,00 ~ 1.500,00
totaal		350,00 ~ 482,00	1.200,00 ~ 1.650,00
totaal/m		700,00 ~ 963,00	1.200,00 ~ 1.650,00

Gehanteerde uitgangspunten voor de berekening:

- de gebruikte getallen zijn aangeleverd door kostenramers van Witteveen+Bos, en zijn opgesteld op basis van kennis, ervaring en informatie uit andere projecten;
- de kostenschattting neemt alleen kosten voor activiteiten en materiaal mee, extra kosten door risico's, onzekerheden en extra onderzoek zijn niet meegenomen;
- indien het kunstwerk gesloopt wordt, zal een sloophamer naast de landhoofden in 1 werkgang de stootplaten meenemen. Kosten voor het slopen van grotere hoeveelheden beton inclusief afvoer van de materialen is ingeschat op 50,00 EUR/m³;
- per strekkende meter stootplaat komt dit neer op ongeveer EUR 87,50 (kleine stootplaat) tot EUR 150,00 (grote stootplaat);
- voor de kosten van een nieuwe stootplaat wordt uitgegaan van EUR 350,00 tot EUR 500,00 per m³. Per strekkende meter stootplaat komt dit neer op EUR 613,00 tot EUR 875,00 (kleine stootplaat) en EUR 1.050 tot EUR 1.500,00 (grote stootplaat).

2.4.2 Hergebruik stootplaten

Hieronder in tabel 2.5 wordt een kostenschattting gemaakt van de praktische handelingen bij het hergebruik van de stootplaten, op basis van volgende aannames. Resultaat van de kostenschattting is EUR 300,00 per stootplaat, dus per strekkende meter EUR 600,00 voor kleine maat en EUR 300,00 voor grote maat stootplaat. De kostenschattting is als volgt opgebouwd.

Tabel 2.5 Kosten voor activiteiten bij hergebruik stootplaat

Activiteit per stootplaat	Kosten in EUR
opnemen platen met wiellader en plaatsen op transportwagen	45,00
transport naar opslag/revisie locatie	35,00
schoonmaken/herstel kleine schades	110,00
opslag	10,00
transport naar nieuwe locatie	35,00
plaatsen stootplaten met kraan	45,00
backoffice werk (administratie, facturering et cetera)	20,00
totaal	300,00

Gehanteerde uitgangspunten voor de berekening:

- de gebruikte getallen zijn aangeleverd door kostenramers van Witteveen+Bos, en zijn opgesteld op basis van kennis, ervaring en informatie uit andere projecten;
- de kostenschattting neemt alleen kosten voor activiteiten en materiaal mee, extra kosten door risico's, onzekerheden en extra onderzoek zijn niet meegenomen;
- de platen zijn herbruikbaar in voldoende aantal (sterkte en afmetingen);
- de transport afstand relatief klein, circa 100 km;
- huur terrein is beperkt ook over meerdere jaren heen;
- om de stootplaten te oogsten, zal er een moment in de sloop komen om de platen 1 voor 1 weg te halen. Vervolgens worden de stootplaten per vrachtwagen afgevoerd naar een werkplaats om te worden gereviseerd. Uitgaande van het kleinste formaat (0,5 x 0,35 x 5,0 m) betekent dit werken met een onderdeel van ~ 2.200 kg. Dit betekent dat voor zowel de kleine als de grote stootplaten gewerkt moet worden met kranen om de stootplaten te verplaatsen. Omdat de kleine maat stootplaten half zo breed zijn als de grote maat, vergen kleine stootplaten per strekkende meter 2x zoveel handelingen bij het verwijderen en het heffen of hijsen;

- het schoonmaken en herstellen neemt per plaat een paar uur in beslag, waarna deze in de opslag bij de locatie worden geplaatst. Vandaar kunnen de platen weer opgeladen worden en naar de nieuwe locatie worden gebracht;
- de kostenschatting is een grove benadering waarbij voor de activiteiten geen onderscheid is gemaakt in de maat van de stootplaat, daarom komen kosten voor grote en kleine maat op een gelijk getal uit. De activiteiten voor grote en klein maat stootplaat hebben bij benadering dezelfde kosten. In werkelijkheid zullen sommige activiteiten voor grote stootplaten iets duurder uitvallen, bijvoorbeeld omdat iets meer opslagruimte nodig is.

2.4.3 Vergelijking sloop + aanschaf nieuw vs. hergebruik

Kostenvergelijking materiaal en activiteiten

In tabel 2.6 wordt de kostenschatting van materiaal en activiteiten uit voorgaande 2 paragrafen samengevat. Deze vergelijking laat zien dat de kosten (hergebruik) in potentie lager zijn dan de baten (bespaarde kosten sloop + aanschaf nieuwe stootplaat). Daarmee is hergebruik van stootplaten in potentie goedkoper dan het huidige proces van sloop en aanschaf van nieuwe stootplaten.

Tabel 2.6 Samenvatting kostenschatting voor sloop + aanschaf en oogsten + hergebruik stootplaten

Type stootplaat	Kosten bij sloop + aanschaf nieuwe stootplaat in EUR	Kosten bij hergebruik stootplaat in EUR
klein formaat (5,0 x 0,5 x 0,35 m)	350,00 tot 480,00	300,00
groot formaat (6,0 x 1,0 x 0,5 m)	1.200,00 tot 1.650,00	300,00

Zoals tabel 2.6 laat zien zijn de kosten voor hergebruik (bij benadering) gelijk voor grote en kleine maat stootplaat, omdat deze vooral afhankelijk zijn van bepaalde handelingen. Voor sloop en aanschaf nieuwe stootplaat zijn kosten in grote mate afhankelijk van het volume van de stootplaat, waardoor de kosten voor de grote maat stootplaat hoger zijn dan voor lage stootplaat.

Dit verschil in herkomst kosten voor hergebruik (activiteiten) en sloop + aanschaf (volume) zorgt ervoor dat hergebruik van grote stootplaten relatief gunstiger uitvalt dan hergebruik van kleinere stootplaten. Voor kleinere stootplaten zijn per strekkende meter immers meer handelingen nodig voor hergebruik. Indien van de nieuwe stootplaten niet aangetoond kan worden dat deze op nieuwbouwniveau (100 jaar) toegepast kunnen worden, heeft dit impact op de LCC, aangezien dan vervanging van de stootplaten meegenomen moet worden, waar dit bij nieuwbouw niet noodzakelijk is.

Kosten milieu impact

Naast de potentiële kostenbesparing zit de winst in de klimaat- en milieuaspecten zoals bepaald in paragraaf 2.3. De extra kosten voor milieu impact bij nieuwbouw + sloop worden in de huidige praktijk nog niet altijd volledig meegenomen in projecten. De verwachting is dat dit in de toekomst steeds meer zal worden gedaan, waardoor nieuwbouw + sloop duurder uitvalt en hergebruik relatief goedkoper wordt.

Kosten in huidige situatie

Uit bovenstaande kostenvergelijking volgt dat hergebruik van stootplaten in potentie goedkoper is. Hergebruik van stootplaten komt momenteel echter niet of nauwelijks voor. Dat komt onder andere omdat gebrek aan normering, kennis en ervaring voor risico's zorgen die extra kosten met zich meebrengen. Marktpartijen die hier zelf mee starten zullen in eerste instantie 'leergeld' betalen omdat het zelf opzetten van pilotprojecten kostbaar is. Dit is een van de redenen dat hergebruik van stootplaten momenteel niet van de grond komt.

3

HANDELINGSPERSPECTIEF

3.1 Hergebruikproces

3.1.1 Conventionele levensloop stootplaten

In de huidige (conventionele) levensloop van stootplaten worden deze aan het einde van de levensduur verwijderd en als afval gezien. De stootplaat als product heeft daardoor geen speciale waarde meer, en alleen het materiaal in de stootplaat is nog van enige waarde. De stootplaat wordt daardoor vernalen tot betonpuin waarbij het staalschroot apart wordt verwerkt.

3.1.2 Potentie en proces bij hergebruik

Indien stootplaten worden geogst en hergebruikt wordt de sloopfase, zoals in vorige paragraaf omschreven, vervangen door een aantal fases die nodig zijn voor het hergebruik. Hierin zijn voor een stootplaat grofweg 5 belangrijke stappen te onderscheiden:

- 1 oogsten stootplaat (ontmantelen van de constructie en non-destructief verwijderen van stootplaat);
- 2 transporteren en opslaan van de stootplaat;
- 3 restlevensduur van de stootplaat onderzoeken, eventueel schoonmaken of repareren kleine schades;
- 4 geschikte nieuwe bestemming vinden voor stootplaat (matchen vraag en aanbod);
- 5 toepassen stootplaat in nieuwe bestemming:
 - 1 toepassen op gelijkwaardige bestemming (Rijksweg);
 - 2 toepassen op onderliggend wegennet (Provinciale- of regionale weg), of bij gebouwen.

Voor stootplaten ligt de uitdaging voornamelijk bij stap 3 en 4. De stappen worden hieronder verder behandeld.

Oogsten stootplaat

Stootplaten zijn in principe vrij opgelegd op het landhoofd van naastgelegen constructie, en kunnen daarom goed worden verwijderd zonder deze te beschadigen. De technische details van het verwijderen van de stootplaten zijn reeds in paragraaf 2.3.1 behandeld.

Verplaatsen en opslaan van stootplaat

De maximaal te verwachten afmetingen van vrijwel alle stootplaten is 6,0 m lang, 1,0 m breed en 0,5 m hoog. Het verplaatsen (vervoeren) van stootplaten is geen grote uitdaging, gezien de geringe afmetingen. Deze kunnen op een reguliere vrachtwagen worden gehesen en daarmee worden vervoerd naar een opslagplaats. Door de beperkte afmetingen van stootplaten is ook opslag in principe vrij eenvoudig. Er dient wel een beschikbare locatie voor te zijn. Zoals in het onderzoeksrapport van liggers reeds is aangestipt kan dit een opslagplaats of bouwhub zijn van een aannemer, van opdrachtgevers (voornamelijk RWS) of van een derde partij.

Het oogsten, verplaatsen en opslaan kan worden gecombineerd met liggers, omdat hierbij dezelfde stappen nodig zijn. Wanneer materieel aanwezig is voor het demonteren van liggers, kunnen ook de stootplaten worden verwijderd. Vervolgens kunnen de stootplaten gelijktijdig met liggers worden vervoerd en op dezelfde plaats worden opgeslagen.

Restlevensduur stootplaat onderzoeken

Een eerste stap bij het onderzoeken van de restlevensduur van vrijgekomen stootplaten is een visuele inspectie. Een visuele inspectie kan geen restlevensduur vaststellen, maar wel eventueel opgetreden schademechanismes vaststellen en de stootplaat op basis daarvan afkeuren.

Voor uitgebreider onderzoek zijn 3 richtingen denkbaar:

- bureauonderzoek:
 - rekenkundig de restlevensduur van de stootplaten bepalen. Hierbij geldt dat hoe meer gegevens beschikbaar zijn, des te nauwkeuriger de restlevensduur bepaald kan worden. Vooral (historische) data over de verkeersbelasting op de stootplaat (onder behoud van bouwjaar en destijds geldende normenkader) is hierbij van waarde;
- materiaalonderzoek naar technische staat:
 - onderzoeken betonkwaliteit;
 - onderzoeken staalkwaliteit;
- proeven doen:
 - sterkte van stootplaten bepalen;
 - vermoeiingsschade/restlevensduur op basis van vermoeiing bepalen.

Gezien de verhouding tussen de kosten en tijdsduur van intensief onderzoek en de kosten voor het produceren van nieuwe stootplaten (relatief goedkoop) wordt het economisch gezien niet rendabel geacht om individuele stootplaten te onderzoeken.

Voor het grootschalig hergebruiken van stootplaten zal een generieke methode met bijhorend stappenplan moeten worden opgesteld. Het is hierbij denkbaar dat er onderzoek wordt gedaan naar een beperkt aantal representatieve stootplaten uit verschillende bouwjaren, van verschillende afmetingen en met verschillende principes (met- en zonder stalen pen verbinding), om tot generieke conclusies te komen over de restlevensduur van vrijgekomen stootplaten.

Matchen vraag en aanbod

Na het bepalen van de restlevensduur van de stootplaat kan deze worden toegepast op een gelijkwaardige bestemming (Rijksweg) of op een laagwaardige bestemming (provinciale of regionale weg). Het geniet hierbij vanzelfsprekend de voorkeur om, indien mogelijk, de stootplaten of een gelijkwaardige bestemming toe te hergebruiken.

Als het type bestemming is vastgesteld, moeten vraag en aanbod met elkaar in contact worden gebracht. Het is hierbij essentieel dat er voor de vragende partij (aannemers) een motivatie is voor het toepassen van herbruikbare stootplaten in plaats van nieuwe stootplaten.

Toepassen stootplaat in nieuwe bestemming

Als eenmaal een bestemming is gevonden voor de nieuwe stootplaten, is het toepassen vrij eenvoudig. De stootplaat moet van de opslagplaats naar de plaats van nieuwe bestemming worden vervoerd, en kan daar vervolgens worden geplaatst. Het plaatsen van een herbruikbare stootplaat gaat op eenzelfde manier als bij een nieuwe stootplaat.

Standaardiseren nieuwe stootplaten

Voor stootplaten die in de toekomst worden ontworpen is het raadzaam om in te zetten op hoogwaardige standaardisering. Zoals in paragraaf 2.2.3 wordt vermeld, is 43 % van de kunstwerken (en bijhorende stootplaten) 'recht of nagenoeg recht' (kruisingshoek tussen 95 en 100 gon, zie kader in paragraaf 2.2.3 voor definitie). Deze stootplaten zijn goed geschikt voor standaardisering, zodat deze ook in de toekomst eenvoudig kunnen worden hergebruikt.

Voor stootplaten met een 'schevere kruising' (< 95 gon) is standaardisering wat lastiger, maar kan bijvoorbeeld worden ingezet op standaardisering in stappen van 5, 7,5 of 10 graden. Daarbij geldt dat hoe schever de kruising (lagere kruisingshoek gon), des te minder deze voorkomen. Door bijvoorbeeld te standaardiseren voor kruisingshoeken tussen 100 en 70 gon in stappen van 5 graden (dus 100, 95, 90, 85, 80, 75, 70), kan met $2 \times 7 = 14$ type standaard-stootplaten (stootplaten zijn niet symmetrisch, zie paragraaf 2.2.3) worden volstaan die bij 80 % van de kunstwerken kunnen worden toegepast. Wanneer de boven- en onderwapening gelijk wordt uitgevoerd, eventueel met toepassing van voorspanning, kunnen stootplaten ook ondersteboven worden gebruikt. Daardoor is spiegelen wel mogelijk is en zijn slechts 7 type standaard-stootplaten nodig. Dit aantal kan nog verder omlaag worden gebracht door stappen van 7,5 of zelfs 10 graden toe te passen.

3.2 Inzicht in ketenpartners

In de tabel hieronder wordt een beknopt overzicht gegeven van de ketenpartners en hun rol in de 'oude' (huidige) keten en nieuwe keten. Een aantal ketenpartners hebben een aanzienlijk kleinere of zelfs geen rol in de keten van hergebruik: voornamelijk leveranciers van grondstoffen en producenten van prefab stootplaten. Daarnaast zijn er een aantal ketenpartners die in de keten van hergebruik juist een nieuwe of grotere rol krijgen: dit geldt vooral voor beheerders van opslaglocaties (eventueel RWS) en betonreparateurs/bewerkingsbedrijven.

Tabel 3.1 Ketenpartners

Ketenpartner	Rol in oude keten	Rol in keten van Hergebruik
leveranciers grondstoffen (cement, grind, staal en dergelijke)	leveren materiaal aan producent	geen
producenten prefab stootplaten	leveren prefab stootplaten	geen (potentieel het als product opnemen)
aannemers (producent stootplaten op locatie), plaatsen stootplaten	produceren/inkopen stootplaat plaatsen stootplaat	plaatsen stootplaat
sloopbedrijven	slopen oude stootplaten	non-destructief verwijderen stootplaten (oogsten)
transporteurs (inclusief hijswerkzaamheden)	hijsen + verplaatsen stootplaten (1x)	hijsen + verplaatsen stootplaten (2x)
opslaglocaties	geen	opslaan geogoste stootplaten
betonreparateurs/bewerkingsbedrijven		afhankelijk van de staat van de plaat
adviesbureaus	ontwerpen stootplaat	herberekenen stappenplan opstellen voor hergebruik onder behoud van bouwjaar
opdrachtgevers (RWS)	eisen stellen aan stootplaten	eisen stellen in de contracten eisen stootplaten herzien opstellen Richtlijn hergebruik componenten (bijvoorbeeld addendum RBK1.2)

Leveranciers grondstoffen

Bij het hergebruik van stootplaten vallen leveranciers van grondstoffen uit de keten.

Producenten prefab stootplaten

Bij het hergebruik van stootplaten vallen producenten van prefab stootplaten waarschijnlijk uit de keten. Het is echter mogelijk de prefab producenten een rol vervullen als opslagplaats, waardoor ze ook herbruikbare stootplaten kunnen gaan aanbieden.

Stootplaten worden zowel door de grotere als de kleinere prefab leveranciers gemaakt. Dit betekent dat er meerdere partijen zijn dan voor het prefab liggers. Denk bijvoorbeeld aan de volgende partijen:

- Efko beton;
- Giverbo;
- Nigtevecht;
- Benoton;
- Stelcon;
- MBS infra.

Aannemers (opdrachtnemers)

Aannemers kunnen de stootplaten inkopen, of deze zelf produceren. Als de aannemer de stootplaten zelf maakt, wordt het beton en wapening apart aangeleverd en wordt dit op de bouwlocatie verwerkt. Hierbij geldt dat in de wat grotere projecten vaak het beton wordt gebruikt dat overblijft bij het storten van andere constructieonderdelen. De stootplaten kunnen daarom relatief goedkoop worden gefabriceerd.

Sloopbedrijven

De sloopaannemer sloopt na het verwijderen van het asfalt de stootplaten tegelijk met het dek, ongeacht het materiaal van het dek.

Transporteurs

Transporteren eventueel prefab stootplaten naar de bouwplaats. In keten van hergebruik hebben ze een grotere rol omdat er meer transport van stootplaten plaatsvindt (maar minder van nieuwe grondstoffen).

Opslaglocaties/bouwhubs

Bij tijdelijke opslag van stootplaten voor hergebruik zijn opslaglocaties nodig. Opslaglocaties kunnen in beheer van RWS zijn, maar ook in beheer van marktpartijen. Aansluiting kan worden gezocht bij op te zetten bouwhubs voor prefab betonnen liggers (zie hiervoor rapportage 'onderzoek hergebruik prefab betonnen liggers' (ref. 129722/22-010.781, d.d. 19 juli 2022).

Betonreparateurs/bewerkingsbedrijven

In de keten van hergebruik kunnen betonreparateurs een rol spelen, omdat stootplaten voor hergebruik indien nodig worden gerepareerd.

Adviesbureaus

Voeren in huidige keten een vaak gestandaardiseerde berekening/ontwerp van stootplaten uit. In nieuwe keten van hergebruik kunnen ze een rol spelen bij herberekening (bepalen van restlevensduur) en het opstellen van een generiek stappenplan voor hergebruik.

3.3 Barrières en oplossingsrichtingen

Normering

Barrière

Stootplaten ontworpen volgens richtlijnen van vóór 2012 voldoen niet aan de Eurocode. Deze stootplaten zullen na herberekening volgens huidige normen worden afgekeurd en daardoor niet in dezelfde functie (hoofdwegennet) kunnen worden toegepast.

Oplossingsrichting

Onderzoek naar restlevensduur kan aantonen dat de stootplaten toch op gelijkwaardig niveau kunnen worden hergebruikt. Opstellen stappenplan voor hergebruik stootplaten o.b.v. onderscheidend bouwjaar en destijds geldend normenkader. Opstellen richtlijn RWS (bijvoorbeeld een addendum bij RBK1.2, de Richtlijn Beoordeling Kunstwerken) voor hergebruik betoncomponenten.

In deze richtlijn kunnen eventueel afwijkingen worden toegevoegd op bepaalde eisen (bijvoorbeeld dekking) als blijkt dat oude en geogste stootplaten nog in goede staat zijn. Er liggen immers in het huidige hoofdwegennet ook veel stootplaten die niet voldoen aan de Eurocode maar wel goed functioneren.

Risico's

Barrière

In de huidige situatie zijn er risico's verbonden aan hergebruik door gebrek aan normering, kennis en ervaring. Om deze risico's deels af te dekken is onderzoek naar restlevensduur, inspectie en controle van de stootplaat op projectniveau nodig. Daarmee zal hergebruik aanzienlijk duurder worden en ook langer duren dan aanschaf van nieuwe stootplaten. Het is momenteel dus zowel goedkoper als risicoarmer om stootplaten te slopen en nieuwe aan te schaffen.

Oplossingsrichting

Zoals in de oplossingsrichting bij barrière nummer 1 al werd gesteld: het is raadzaam om onderzoek naar stootplaten project overstijgend aan te pakken, anders zijn de kosten per project te hoog. Daarnaast helpt het opzetten van pilots voor hergebruik om kennis en ervaring op te doen, waardoor de risico's in navolgende projecten omlaag worden gebracht.

Kosten

Barrière

Uit een eerste kostenschattting (op basis van materialen en activiteiten) lijkt het hergebruik van stootplaten goedkoper dan het slopen en aanschaffen van nieuwe stootplaten (zie paragraaf 2.4). Echter zijn er, zoals hierboven reeds gesteld, in de huidige situatie risico's verbonden aan hergebruik door gebrek aan normering, kennis en ervaring.

Oplossingsrichting

Het hergebruik van stootplaten stimuleren kan op verschillende manieren. Belangrijk hierbij is dat hergebruik een financieel aantrekkelijk alternatief wordt: het moet goedkoper zijn om herbruikbare stootplaten toe te passen dan om nieuwe in te kopen. Dit kan door de herbruikbare stootplaten goedkoper aan te bieden dan de kostprijs voor nieuwe stootplaten, maar ook door in aanbestedingen (EMVI) korting toe te kennen bij het gebruik van stootplaten. Daarnaast kan het gebruik van nieuw materiaal duurder worden gemaakt door bijvoorbeeld het in rekening brengen van MKI kosten, waardoor hergebruik relatief goedkoper wordt. Een mogelijkheid is ook, net als bij geleiderail, dat het door de markt zelf wordt opgepakt (bij stijgende grondstofprijzen) waardoor partijen zelf overgaan tot hergebruik en reviseren van stootplaten.

Vermoeiingsbelasting

Barrière

Stootplaten die grote vermoeiingsbelasting hebben ondergaan, kunnen een lage restlevensduur hebben.

Oplossingsrichting

Stootplaten die langdurig zwaar zijn belast kunnen worden toegepast op een onderliggend wegennet, dus op provinciale of regionale wegen en niet op rijkswegen. Hier rijdt in de regel minder zwaar verkeer overheen, waardoor de levensduur van de stootplaten relatief groter kan zijn dan op een rijksweg. Daarnaast kunnen de relatief vermoeide stootplaten ook worden toegepast in gebouwen: denk aan werkplaatsen, parkeergarages en stallinten. Daar worden deze relatief weinig belast.

Matching

Barrière

Vrijkomende stootplaten hebben een verscheidenheid in geometrie. Bij het toepassen van herbruikbare stootplaten dient een goede match te zijn tussen voornamelijk de kruisingshoek van de stootplaat en het kunstwerk, alsmede vereisten aan de lengte vanwege optredende restzettingen bij het nieuwe kunstwerk.

Oplossingsrichting

Voor het matchen van vraag en aanbod naar herbruikbare stootplaten kan een database worden opgezet, vergelijkbaar met bijvoorbeeld de Nationale Bruggenbank van RWS. Als alternatief kunnen de herbruikbare stootplaten ook door een marktpartij worden aangeboden, bijvoorbeeld door prefab leveranciers.

Bij oogsten van prefab liggers kunnen bijhorende stootplaten ook worden geoogst. De afschuining in liggers en stootplaten uit hetzelfde kunstwerk komen vaak overeen. Indien liggers en stootplaten beide goed herbruikbaar zijn, kunnen deze samen worden aangeboden bij het proces van matching.

Aanbod

Barrière

Er is geen aanbod en geen inzicht in eventueel aanbod van herbruikbare stootplaten. Wanneer in een nieuw project herbruikbare stootplaten ingepast kunnen worden, moet dus gezocht worden naar een project met vervanging of sloop waarbij stootplaten vrijkomen.

Oplossingsrichting

Door het opbouwen van een aanbod aan herbruikbare stootplaten en dit aanbod inzichtelijk maken (zie oplossingsrichting bij matching) wordt het makkelijker om herbruikbare stootplaten te vinden voor hergebruik. Het opbouwen van een aanbod kan door bijvoorbeeld door in projecten het oogsten van stootplaten verplicht te stellen. Er kan worden gekozen om de stootplaten in eigendom van RWS te houden, of om van aannemers te eisen dat zij de herbruikbare stootplaten hergebruiken of te koop aanbieden.

3.4 Impact op organisatie RWS

RWS is werkgever, opdrachtgever en beheerder en heeft daarom grote invloed op de potentie van hergebruik. De belangrijkste impact op de RWS organisatie:

- RWS is in staat hergebruik van stootplaten financieel aantrekkelijk te maken:
 - RWS kan in projecten het hergebruik van stootplaten stimuleren door gebruik van EMVI-criteria;
 - RWS kan gebruik van nieuwe stootplaten duurder maken of herbruikbare stootplaten goedkoper aanbieden;
- RWS kan een beleidsregel instellen waardoor herbruikbare stootplaten worden opgeslagen in plaats van gesloopt;
- RWS kan mogelijk opslag van stootplaten faciliteren: door zelf opslaglocaties aan te bieden of dit uitbesteden;
- RWS dient rekening te houden met aanpassingen in het ontwerp proces wanneer herbruikbare stootplaten worden toegepast:
 - hergebruik van stootplaten heeft, zeker in begin, impact op tijd, scope en geld;
 - het aanbod en matchingsproces kan impact hebben op de benodigde werkzaamheden in een project;
 - In aanbesteding kan de mogelijkheid worden ingebouwd voor het oogsten van stootplaten en daarbij horende extra tijd, scope en geld;
 - In aanbesteding kan de mogelijkheid worden ingebouwd voor het toepassen van herbruikbare stootplaten en de daarvoor benodigde extra tijd, scope en geld;
- RWS heeft er baat bij zo volledig mogelijke informatie over de stootplaten te verzamelen en beschikbaar te stellen volgens het principe ABC: actueel, betrouwbaar en compleet;

- RWS kan een stappenplan (richtlijn) opstellen voor het hergebruik van stootplaten, en deze bijvoorbeeld als addendum toevoegen aan de RBK1.2;
- RWS kan samenwerking zoeken met lagere overheden om herbruikbare stootplaten aan te bieden en te hergebruiken in onderliggend wegennet;
- gezien de verhouding tussen de kosten van intensief onderzoek (relatief duur) en de kosten voor het produceren van nieuwe stootplaten (relatief goedkoop) is het economisch gezien niet rendabel om individuele stootplaten te onderzoeken. RWS kan daarom een richtlijn op te stellen, zodat een goedkope en snelle generieke benadering kan worden toegepast die de kosten per individuele stootplaat slechts beperkt verhoogt.

3.5 Fase markttransformatie

Structureel hergebruik van objecten, onderdelen en materialen vraagt om een andere manier van werken dan de manier die lange tijd gebruikelijk was. Het toewerken naar deze nieuwe manier is te zien als een 'markttransformatie'. Ieder van de 4 fasen van markttransformatie¹ heeft daarbij eigen kenmerken en vraagt een specifieke inzet van RWS. De 4 fasen zijn toegelicht in kader Fasering markttransformatie.

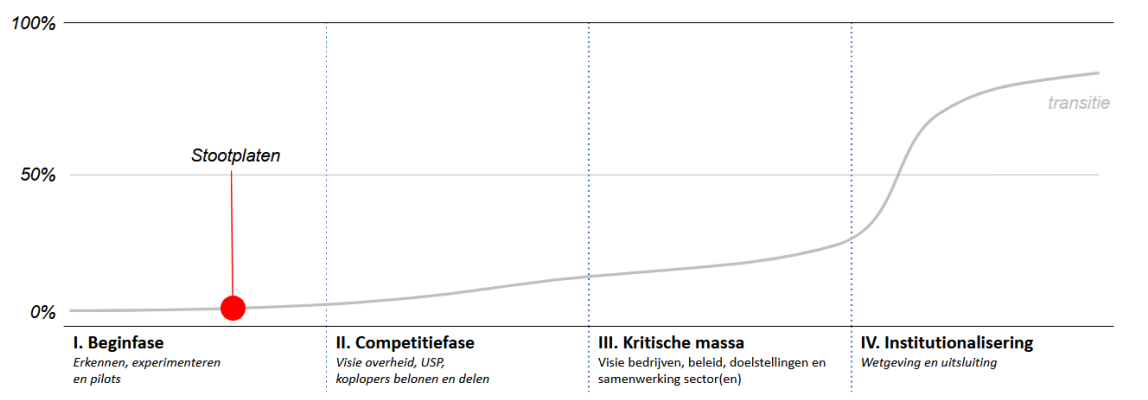
Fasering markttransformatie

De 4 fasen van markttransformatie volgens het model van Simons & Nijhof:

- fase 1: Beginfase: In deze eerste fase wordt gewerkt aan een gezamenlijke erkenning van het probleem. Ook vinden de eerste experimenten en pilots plaats, waarmee duidelijk wordt welke oplossingsrichtingen mogelijk zijn;
- fase 2: Competitiefase: In deze tweede fase zien meerdere partijen kansen om bij te dragen aan de oplossing, en ontstaat competitief voordeel vanuit koplopers. Daarbij hoort een heldere visie vanuit de overheid over de richting die wordt ingezet;
- fase 3: Kritische massa: In deze derde fase gaan steeds meer partijen met oplossingen aan de slag, waarbij zij ook pre-competitief samenwerken. Daarbij stellen partijen meetbare doelstellingen en ontwikkelen zowel overheid als bedrijven beleid en strategie;
- fase 4: Institutionalisering: In deze vierde fase worden de oplossingen het 'nieuwe normaal'. Daarbij worden zaken gevat in wetgeving en richtlijnen. Ook vindt uitsluiting van partijen plaats die niet op deze nieuwe manier werken

Door per objecttype te bepalen in welke fase van markttransformatie deze zich bevindt, wordt duidelijk welke interventies en inzet hier vanuit Rijkswaterstaat bij horen om versnelling van het transitieproces te realiseren.

Afbeelding 3.1 De positie van stootplaten in het 4-fasen model voor markttransformaties



¹ Simons & Nijhof (2020) *Changing the Game: duurzame markttransformaties*.

Stootplaten

Hergebruik van stootplaten bevindt zich momenteel in **fase 1**. Hier is nog relatief weinig aandacht voor. In potentie ligt dit hergebruik op hetzelfde niveau als liggers, maar er zijn nog geen bekende initiatieven of experimenten. Ook moet de gezamenlijke erkenning dat hergebruik mogelijk, kansrijk en belangrijk is, nog plaatsvinden.

3.6 Organisatiemodellen

Op dit moment worden er nauwelijks stootplaten hergebruikt. Er is dus nog geen marktorganisatie. Bij de stap naar 'hergebruik, tenzij' is het daarom belangrijk om te bepalen wat hiervoor het best passende marktorganisatiemodel is.

Mogelijke organisatiemodellen

Op hoofdlijnen zijn er 3 organisatiemodellen te onderscheiden in de relatie tussen Rijkswaterstaat en uitvoerende partijen, wanneer we kijken naar rollen en verantwoordelijkheden:

- 1 'markt aan het stuur', waarin in het realiseren van de ambities en projecten van Rijkswaterstaat naar marktpartijen wordt gekeken voor de innovatieve ideeën, inhoudelijke expertise en uitvoeringscapaciteit. Daarmee bepalen marktpartijen in feite op welke manier de circulaire ambities in de praktijk worden gebracht;
- 2 'ieder zijn eigen expertise', waarin de rollen en verantwoordelijkheden gelijkmatig zijn verdeeld tussen Rijkswaterstaat en marktpartijen. Daarbij neemt Rijkswaterstaat initiatief voor zaken op ketenniveau en werken marktpartijen op projectniveau;
- 3 'Rijkswaterstaat organiseert', waar Rijkswaterstaat een sterke verantwoordelijkheid naar zich toetrekt om de ambities te realiseren. Daarbij gaat het onder meer om het organiseren van de keten van hergebruik, van opslag, matchmaking, renovatie/replicatie en logistiek tot her-inzet

De theoretische hergebruikpotentie van stootplaten is groot. De praktische hergebruikpotentie is echter onbekend, omdat deze stootplaten grotendeels onder de deklaag van een brug of viaduct liggen. Een belangrijke barrière voor hergebruik (zie paragraaf 3.3) zijn de hoge kosten van inspectie en controle in relatie tot het produceren van een nieuwe stootplaat. Dat is immers een relatief eenvoudig product, dat geen specifieke expertise vraagt in de productie. Vanwege de vroege fase van markttransformatie naar hergebruik (zie paragraaf 3.5) bepaalt de inzet op korte termijn mede het marktorganisatiemodel op langere termijn.

Korte-termijnperspectief (1-4 jaar)

In het toewerken naar 'hergebruik, tenzij' voor stootplaten is een eerste stap om ervaring op te gaan doen met daadwerkelijk hergebruik. De verwachting is dat dit technisch goed haalbaar is, maar dat economische haalbaarheid aandacht vraagt. Een stootplaat is een minder kostbaar element dan een ligger, waardoor bij benodigde herstelwerkzaamheden eerder impact hebben op het verdienmodel en mogelijk eerder overgegaan zal worden naar een nieuw product. Daar is in de opstartfase dus een sterke sturing vanuit Rijkswaterstaat op nodig. Daarbij zullen marktpartijen willen dat er risico's worden weggenomen, bijvoorbeeld wanneer **expert judgement** is dat een stootplaat voldoet maar technische inspectie te kostbaar is. Op de korte termijn lijkt een hybride model – 'ieder zijn eigen expertise' – daarom het meest kansrijk. Stootplaten zijn generieke elementen, zoals geleiderails en damwanden, waardoor ook de markt over kan gaan tot hergebruik. Bij prefab liggers, welke specifiek zijn dan stootplaten, RWS zelf een belangrijker rol heeft om hergebruik op te starten en te bevorderen.

Langere-termijnperspectief (5-8 jaar)

Gezien het grote aantal partijen dat stootplaten kan produceren – dit vraagt geen technische expertise – raakt hergebruik alle betrokken partijen in de markt. Door de relatief hoge mate van standaardisatie – niet alleen voor RWS-objecten, maar ook voor objecten van andere overheden – lijkt de organisatie van hergebruik voor dit objecttype goed door de markt te kunnen worden opgepakt. De belangrijkste stap naar een volgende fase (fase 2) van markttransformatie lijkt te liggen in het aantonen dat hergebruik technisch en economisch haalbaar is.

4

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

4.1 Conclusies

Om het onderzoek 'strategie hergebruik' te structureren zijn door RWS voor verscheidene objecten/componenten vragen uitgezet die inzicht geven in de hergebruik potentie. In totaal betreft het 7 objecten. Onderstaand worden de conclusies van het onderzoek naar de hergebruikpotentie van de stootplaten gepresenteerd. De conclusies zijn verdeeld in conclusies op technisch vlak, klimaat- en milieuwinst, en financieel gebied.

4.1.1 Technische hergebruikpotentie

Hieronder worden de conclusies met betrekking tot de technische hergebruikpotentie uiteengezet:

- stootplaten zijn qua concept en vorm relatief uniforme objecten, en lenen zich daarom in potentie goed voor hergebruik. De stootplaten die in het verleden zijn toegepast verschillen in geometrie, onder andere op lengte, breedte, dikte, kruisingshoek, type oplegging. Bij hergebruik is vooral de kruisingshoek belangrijk. Er moet een goede match zijn tussen kruisingshoek van het te realiseren kunstwerk en de kruisingshoek van de geogoste stootplaat. Daarbij moet ook worden gelet op de oriëntatie van de boven- en onderkant van de stootplaat, omdat deze van elkaar verschillen en niet zomaar kunnen worden omgedraaid. Ook dient de lengte van de stootplaat aan te sluiten bij de restzettingseisen van het nieuwe kunstwerk;
- door het ontbreken van data is het vooraf lastig vast te stellen welke geometrie vrijkomende stootplaten hebben. Beschikbaarheid van ontwerpdocumenten kan hierbij op het niveau van project of kunstwerk helpen, maar het is lastig hier op grote schaal iets over te zeggen;
- stootplaten kunnen grote vermoeiingsbelasting hebben ondergaan, en daardoor een geringe constructieve restlevensduur hebben. Het is erg duur om de constructieve levensduur van stootplaten per project, per kunstwerk (of zelfs per plaat) bepalen;
- de technische restlevensduur van stootplaten is lastig aan te tonen. Stootplaten ontworpen voor 2012 hebben vaak lagere betondekking (30 of 35 mm), terwijl huidige eisen volgens Eurocode strenger zijn (60 mm bovenzijde, 55 mm onderzijde). De stootplaten die voor 2012 zijn toegepast voldoen dus niet aan de huidige Eurocode en daardoor kan de vereiste restlevensduur zonder afwijking (of aanpassing) van de huidige normen niet zonder meer worden gehaald. Er is door de lager toegepaste dekking tevens kans dat de stootplaten zijn aangetast door omgevingsinvloeden als dooizouten of carbonatie, waardoor de technische restlevensduur beperkt is. Onderzoek naar vrijkomende stootplaten moet dit uitwijzen;
- de verwachting is dat stootplaten goed demontabel zijn en daardoor zonder verdere schade op te lopen kunnen worden geogost. De praktijk moet dit uitwijzen.

4.1.2 Klimaat- en milieuwinst bij hergebruik

Bij het hergebruiken van stootplaten wordt het grootste gedeelte van de impact van het produceren van een nieuwe stootplaat voorkomen. Uit de analyse blijkt dat er mogelijk 4.900 strekkende meter stootplaat vrijkomt tot 2030, waarvan 2.100 strekkende meter stootplaat herbruikbaar kan zijn.

Op basis van deze analyse wordt gesteld dat door te hergebruiken tot 2030 dus EUR 120 - 200 duizend MKI en 0,9 - 1,7 miljoen kg CO₂-eq kan worden bespaard. De besparing van massa primaire grondstoffen tot 2030 door het hergebruiken van stootplaten is gevonden als 9.000 - 16.000 ton gewapend beton.

4.1.3 Kosten en baten bij hergebruik

De kosten en baten van hergebruik ten opzichte van het huidige proces van sloop en nieuwbouw van stootplaten is met elkaar vergeleken in paragraaf 2.4. De conclusies uit die paragraaf worden hieronder opgesomd:

- voor klein formaat stootplaat ($l \times b \times h = 5,0 \times 0,5 \times 0,35$ m) worden de kosten voor sloop + aanschaf nieuw geschat op EUR 350,00 tot EUR 480,00, en de kosten voor oogsten + hergebruik op EUR 300,00 per stootplaat;
- voor groot formaat stootplaat ($l \times b \times h = 6,0 \times 1,0 \times 0,5$ m) worden de kosten voor sloop + aanschaf nieuw geschat op EUR 1.200,00 tot EUR 1.650,00, en de kosten voor oogsten + hergebruik op EUR 300,00 per stootplaat;
- bovenstaande vergelijkingen van kostenschattingen laten zien dat de kosten van hergebruik (oogsten + hergebruik) lager zijn dan de baten (bespaarde kosten voor sloop + aanschaf nieuwe stootplaat). In deze kostenschatting zijn alleen materialen en activiteiten meegenomen;
- naast de potentiële kostenbesparing zit er ook (verborgen) winst in de klimaat- en milieuaspecten: Voor kleine stootplaten komt dit neer op EUR 32,00 (EUR 50,00 - EUR 18,00) en voor grote stootplaten op EUR 112,00 (EUR 174,00 - EUR 62,00), zie tabel 2.3;
- gezien de verhouding tussen de kosten van intensief onderzoek naar restlevensduur (relatief duur) en de kosten voor het produceren van nieuwe stootplaten (relatief goedkoop) wordt het economisch gezien niet rendabel geacht om individuele stootplaten te onderzoeken, ook niet als dit per kunstwerk of project wordt aangepakt;
- in de huidige situatie vindt hergebruik niet plaats waardoor de eerste projecten 'leergeld' zullen betalen. Gebrek aan kennis en ervaring zorgen voor risico's die extra kosten met zich meebrengen.

4.2 Aanbevelingen

Op basis van de conclusies worden hieronder een aantal aanbevelingen gedaan om het hergebruik van stootplaten op te zetten en te faciliteren:

- stel een beleidsregel in waardoor alle (herbruikbare) stootplaten vanaf heden worden geoogst. Dit kan door de stootplaten in beheer van RWS te houden of door aannemers de stootplaten te laten opslaan en aanbieden;
- faciliteer opslaglocaties voor herbruikbare stootplaten. Hierbij kan aansluiting worden gezocht bij op te zetten bouw hubs voor prefab betonnen liggers (zie hiervoor rapportage 'onderzoek hergebruik prefab betonnen liggers' (ref. 129722/22-010.781, d.d. 19 juli 2022));
- stel voor herbruikbare stootplaten zoveel mogelijk informatie beschikbaar volgens het principe ABC: actueel, betrouwbaar en compleet;
- database opzetten voor matching vraag en aanbod. Hierbij kan bijvoorbeeld aansluiting worden gezocht bij de Nationale Bruggenbank van Rijkswaterstaat. Verder geldt dat geschikte stootplaten kunnen worden gekoppeld aan vrijkomende prefab liggers uit dezelfde kunstwerken, en dat deze gezamenlijk kunnen worden aangeboden;
- zet een pilot op voor hergebruik stootplaten om te onderzoeken welke praktische problemen er zijn bij hergebruik (en zoek daar oplossingen voor);
- maak het hergebruik van stootplaten financieel aantrekkelijk:
 - dit kan door hergebruik van stootplaten in projecten te stimuleren door gebruik van EMVI-criteria;
 - dit kan ook door gebruik van nieuwe stootplaten duurder te maken of herbruikbare stootplaten goedkoper aanbieden;
- opstellen normen/richtlijnen kader voor hergebruik van componenten vergelijkbaar met RBK1.2, maar dan voor geoogste stootplaten (en andere herbruikbare objecten). De norm/richtlijn moet er voor zorgen dat stootplaten die volgens de geldende Eurocode niet voldoen, toch hergebruikt kunnen worden;

- stel een stappenplan op met generieke methodiek voor bepaling restlevensduur. Dit kan op basis van bouwjaar en destijds geldende normen/richtlijnenkader. Met daarbij vooral aandacht voor de vermoeiingsschade, en de dekking op wapening die in het verleden werd toegepast;
- stel hoogwaardige standaardisering in voor nieuwe stootplaten zodat deze in de toekomst gemakkelijk kunnen worden hergebruikt.

Bijlage(n)

BIJLAGE: BRONNENLIJST

I.1 Literatuur

Voor het opstellen van het onderzoek naar het hergebruik van stootplaten is gebruik gemaakt van de bronnen en gegevens zoals vermeld in tabel I.1.

Tabel I.1 Referentielijst

	Naam	Omschrijving
[ref. 1]	RWS, ROK	Rijkswaterstaat Technisch Document (RTD) over de Richtlijnen Ontwerp Kunstwerken. Bijlagedocument deel B. Versie 1.4, datum 20 april 2017
[ref. 2]	MIRT Overzicht 2021	MIRT rapportage over overheidsprojecten de komende jaren
[ref. 3]	Prognoserapport_VenR_2021 (definitief 26102021)	vervanging en Renovatie prognose voor de periode 2021 tot en met 2050
[ref. 4]	CE Delft Zwaartepuntenanalyse (2021)	zwaartepuntenanalyse MKI en klimaatimpact transitiepad kunstwerken RWS 2021-2030
[ref. 5]	DISK (Data Informatie Systeem Kunstwerken)	database van RWS met gegevens over kunstwerken
[ref. 6]	CUR-aanbeveling 127	adviesrapport: Beton met betongranulaat en of grof toeslagmateriaal
[ref. 7]	Rapport nr. 7 Richtlijn overgangconstructies (stootplaten)	eerste richtlijn (1988) over overgangconstructies
[ref. 8]	NBD00730 Standaarddetails betonnen bruggen versie 1.0 (horend bij ROB3)	bundel uit 1992 met standaarddetails voor betonnen bruggen
[ref. 9]	Handleiding Wegenbouw - Ontwerp Overgangconstructies	tweede richtlijn (1996) over overgangconstructies
[ref. 10]	NBD00750 Richtlijn overgangconstructies (stootplaten) (horend bij ROB 6)	derde richtlijn (2006) overgangconstructies
[ref. 11]	NBD00730 Standaarddetails betonnen bruggen versie 1.1	update (2009) bundel met standaarddetails betonnen bruggen
[ref. 12]	RTD 1011 Eisen stootplaten (onderdeel van ROK 1.1)	document met eisen voor stootplaten (2014)
[ref. 13]	RTD 1010 standaarddetails RWS (onderdeel van ROK 1.4)	meest recente (2017) bundel met standaarddetails RWS
[ref. 14]	RWS bruggen en viaducten tot 2030	excel-bestand ontvangen van RWS, 2 juni 2022
[ref. 15]	Onderzoek hergebruikpotentie Betonnen prefab liggers, concept 01	ref. 129722/22-010.781, d.d. 19 juli 2022

I.2 Interviews

Voor het opstellen van het onderzoek naar het hergebruik van betonnen prefab liggers is gebruik gemaakt van kennis binnen Witteveen+Bos. De experts die geïnterviewd zijn staan in tabel I.2.

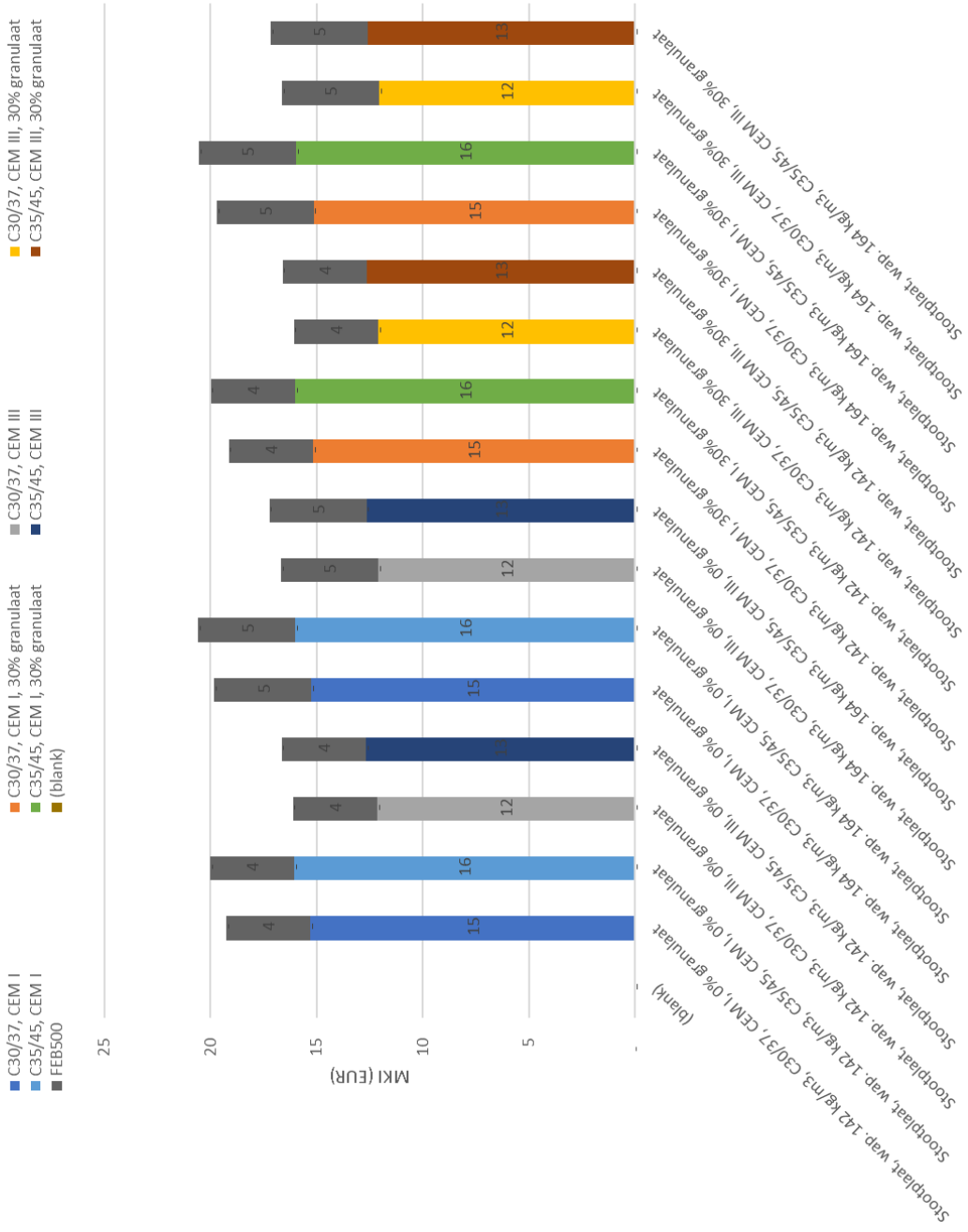
Tabel I.2 Geïnterviewde experts Witteveen+Bos

Naam	Ervaring
ir. A. (Arjan) ten Voorde	senior constructeur, afdeling Vervanging en Renovatie van Kunstwerken
ing. M.P.A. (Marcel) Janssen MSEng	senior constructeur, afdeling Vervanging en Renovatie van Kunstwerken
P. Schoutens MSc	senior constructeur, afdeling Infra Constructies
ir. L.M.R. Pronk	senior constructeur, afdeling Circulair infraontwerp en redesign



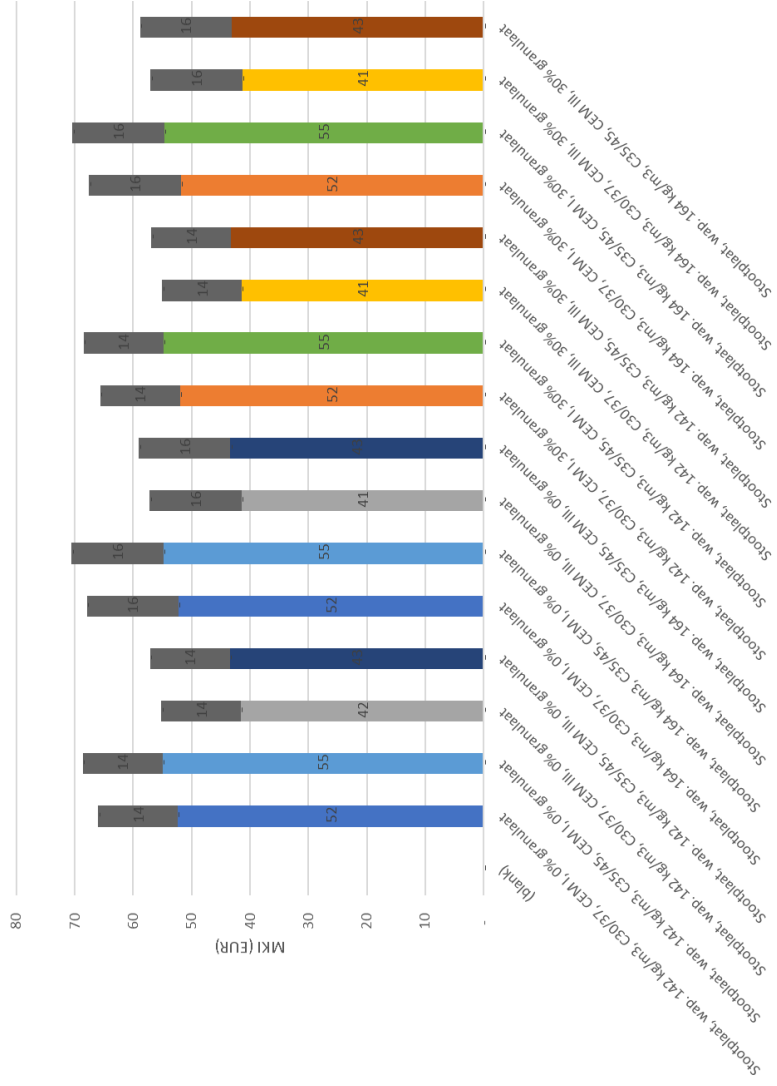
BIJLAGE: ZWAARTEPUNTANALYSE MKI PER MATERIAAL

Zwaartepuntanalyse MKI voor een hergebruikte stootplaat van klein formaat, o.b.v. verschillende betonsterktes, cementtypes, wapeningspercentages en volume granulaat



Zwaartepuntanalyse MKI voor een hergebruikte stootplaat van groot formaat, o.b.v. verschillende betonsterktes, cementtypes, wapeningspercentages en volume granulaat

- C30/37, CEM I
- C30/37, CEM I, 30% granulaat
- C35/45, CEM I
- C30/37, CEM III
- C35/45, CEM I, 30% granulaat
- C35/45, CEM III
- FEB500
- (blank)
- C30/37, CEM III, 30% granulaat
- C35/45, CEM III, 30% granulaat



Zwaartepuntanalyse MKI voor een nieuwe stootplaat van groot formaat, o.b.v. verschillende betonsterktes, cementtypes, wapentypes, wapeningspercentages en volume granulaat

