

Analyse onkruidbestrijding op en langs het spoor ProRail



Deze versie is geredigeerd voor de Markt
consultatie. Prijzen zijn gezien de mogelijke
bedrijfsgevoeligheid verwijderd

4 december 2020
Rapportnummer PJ-2018027-2
Status: Definitief



Dactylis
Ecologisch onderzoek & educatie

Colofon

Titel: Analyse onkruidbestrijding op en langs het spoor

Projectnummer: PJ-2018027

Datum: 4 december 2020

Rapportnummer PJ-2018027-2

Auteur(s): E. Janse

Tweede lezer(s): M.C.E. Droog

Foto voorpagina: ProRail

Contactpersoon: M.C.E. Droog

Opdrachtgever: ProRail

Contactpersoon: Jeff Diks

Status: Definitief

Dit project is aangenomen en uitgevoerd door:

Vestigingsadres **Dactylis**
Brugakker 5216
3704 MG, Zeist

Post- en bezoekadres Europalaan 20
3526 KS, Utrecht

T: +31619645176

E: info@dactylis.nl

I: www.dactylis.nl

© Dactylis (2020)

Alles uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt mits onder vermelding van de bron:

Dactylis (2020). Analyse onkruidbestrijding op en langs het spoor. In opdracht van ProRail. Utrecht. Rapportnummer PJ-2018027-2.

Inhoud

1. Inleiding	1
1.1. Context	1
1.2. Vraag	1
1.3. Doel en aanpak	1
2. Spoorzones en regels	2
2.1. Indeling spoorzones	2
2.2. Spoorligging, verhard/onverhard	2
3. Toelichting onkruidbestrijdingmethoden	4
3.1. Aan- en uitvoerlocaties	4
3.2. Kosten	5
3.3. Omgang met probleemsoorten	6
3.4. Nuance gebruik Glyphosaat	6
4. Factsheets	7
5. Bronvermelding	

1. Inleiding

1.1. Context

Om de veiligheid en de toegankelijkheid op en rond de spoorwegen te waarborgen heeft ProRail de plicht om deze (nagenoeg) onkruidvrij te houden. Conventionele onkruidbestrijdingsmethoden zijn dikwijls ongeschikt voor gebruik op en rond het spoor. Dat komt door de extra veiligheidseisen voor werken rond het spoor, de toegankelijkheid of door (kwetsbare) spooronderdelen. Om het ballastbed en schouwpaden onkruidvrij te houden wordt tot op heden glyfosaat ingezet. Dit is een chemisch middel dat schadelijke effecten heeft op milieu en gezondheid. Het reguliere en particuliere gebruik van glyfosaat is verboden, maar het mag wel worden toegepast in uitzonderlijke omstandigheden, waarvan de zogenaamde spoorse context er één is. In de EU werd eind 2017 besloten dat glyfosaat in deze situaties nog vijf jaar niet te verbieden [1]. ProRail wil het gebruik van glyfosaat zo veel mogelijk beperken en wil in deze context een goed overzicht van beschikbare en toepasbare alternatieve (niet-chemische) onkruidbestrijdingsmethoden.

1.2. Vraag

ProRail heeft Dactylis gevraagd om alle onkruidbestrijdingsmethoden in kaart te brengen. Daarbij is de achterliggende wens om het huidige bestrijdingsmiddel, glyfosaat (ook bekend onder de merknaam Roundup, een omstreden chemische herbicide) waar mogelijk te vervangen door een milieuvriendelijke methode. Dactylis voert daartoe een literatuurstudie uit van door ProRail aangeleverde literatuur en op basis van een studie naar aanvullende kennis en methoden.

1.3 Doel en aanpak

Het doel van deze rapportage is om een helder overzicht te verschaffen van beschikbare onkruidbestrijdingsmethoden, die op basis van toepasbaarheid, kosten enzovoorts afgewogen kunnen worden. Het product van de analyse is een matrix (in Excel) en deze begeleidende rapportage. Alle methoden worden behandeld in de spoorse context. Dat wil zeggen dat wordt gekeken naar de inzetbaarheid op en rond het spoor.

Er wordt begonnen met definiëring van spoorzones, spoorligging en varianten van toepassing. Daarmee kan in de analyse onderscheid worden gemaakt tussen deze factoren. Zo kan bijvoorbeeld blijken dat een methode niet geschikt is op ballastbedden, maar wel voor schouwpaden.

Per onkruidbestrijdingsmethode wordt een factsheet opgesteld waarin beknopt wordt beschreven:

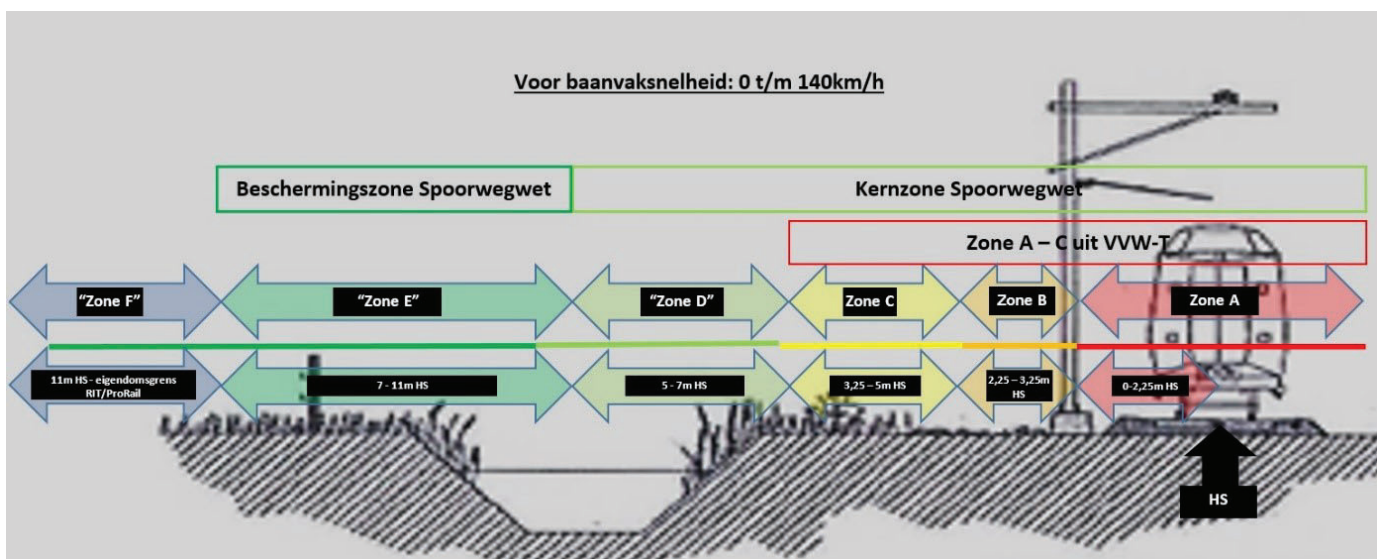
- wat de methode inhoudt;
- wat de (verwachte) werksnelheid en kosten zijn;
- wat de beperkingen en risico's zijn;
- wat de specifiek invloed op probleemplanten zoals invasieve exoten is;
- de bronnen van de informatie.

Deze factsheet wordt vervolgens gebruikt voor het invullen van de matrix. Niet alle factsheets kunnen even volledig worden ingevuld, omdat niet voor alle methoden dezelfde kennis beschikbaar is. Juist in deze gevallen dienen de factsheets om ook het ontbreken van informatie in beeld te brengen.

2. Spoorzones en regels

2.1. Indeling spoorzones

ProRail onderscheidt zes spoorzones in haar onderhoudsgebied, A t/m F (afbeelding 1). Voor alle zones gelden bepaalde veiligheids- en onderhoudsregels (tabel 1). Zone A betreft het ballastbed, zone B betreft de schouwpaden en rangeerterreinen en zone C betreft de o.a. calamiteitenwegen en spoorgebonden-elementverhardingen. Voor spoorzones A, B en C zijn deze regels strenger dan in D, E en F, omdat deze dicht bij het spoor liggen. Zone D, E, en F zijn onderling minder verschillend qua veiligheids- en onderhoudsregels. In overeenstemming met ProRail is ervoor gekozen om deze zones gezamenlijk te behandelen in de analyse. Er worden dus vier varianten bekeken, te weten A, B, C en DEF.



Afbeelding 1. Overzichtstekening van de verschillende spoorzones A - F op en rond het spoor.

2.2. Spoorligging, verhard/onverhard

Het spoor kan op verschillende manieren gelegen zijn. Er zijn spoorlichamen gelegen op maaiveldniveau, en met een helling (afbeelding 2). De laatste zijn bijvoorbeeld gelegen op spoordijken (op ophoging), of juist in een afgraving ligt (in afgraving). Werken op een helling brengt gevaren met zich mee. Zo kan materieel kantelen of wegglijden - dit geldt voornamelijk voor (zware) machines met een hoog zwaartepunt - waardoor dit materieel op een helling ongeschikt is. De spoorligging wordt zodoende als variabele meegenomen in de analyse.

Naast de spoorligging is het ook van belang rekening te houden met de ondergrond van verschillende spoorzones. Het is bijvoorbeeld contraproductief om te gaan borstelen om een onverharde ondergrond. Binnen deze analyse onderscheiden we onverharde zones en verhardingen. Verhardingen, bijvoorbeeld schouwpaden en calamiteitenwegen, zijn aangelegd om toegang te bieden aan spoorgebonden elementen. De functie bepaalt dus of de ondergrond van de spoorzones verhard of onverhard is. Voor onverharde (delen van) spoorzones is het wenselijk dat er enige vorm van begroeiing is om erosie te voorkomen. Dan zijn er ook nog half-verhardingen, meestal bestaande uit zand, grind of gebroken steen

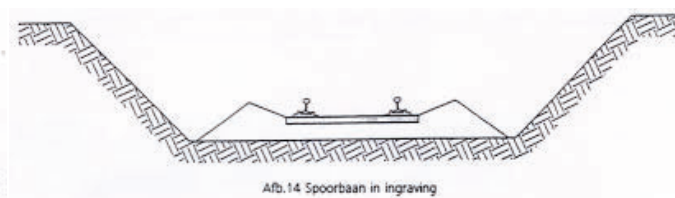
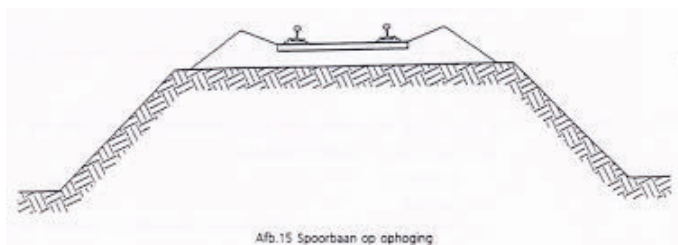
Tabel 1. Overzicht van de kenmerken en criteria van de verschillende spoorzones.

	Max hoogte	Hoofdsporen	Zijsporen	Emplacementen, rangeersporen	waterwingebieden
Zone A	< 0,15 m	< 2%	< 4%	< 10%	< 4%
Zone B	< 0,15 m (buiten mei-september)	< 8%	< 8%	< 12,5%	< 15%
Zone C	< 0,5 m	< 15% per 100 m ² elementverharding			
		< 100 pollen per 100 m ² elementverharding			
Zone D-E-F (half-) verhard	Onbekend	< 15% per 100 m ² elementverharding			
		< 100 pollen per 100 m ² elementverharding			
Zone D-E-F onverhard	Onbekend				

(porfier). Half-verhardingen hebben dezelfde functie als verhardingen en dienen ook nagenoeg onkruidvrij te blijven. Ze worden gezamenlijk beschouwd in deze analyse. Wanneer het noodzakelijk is dat er onderscheid wordt gemaakt, zal dat gedaan worden in de vorm van een opmerking.

De volgende aannames worden gedaan voor de uiteenzetting van verschillende spoorzones, spoorliggingen en verhardingen:

- Spoorzones D, E en F, zijn nagenoeg gelijk in functie en inrichting en worden samen behandeld in deze analyse;
- De ondergrond van spoorzone A bestaat uit het ballastbed, hier wordt geen onderscheid gemaakt tussen verhard en onverhard. Voor de andere spoorzones geldt wel dat deze verhard of onverhard kunnen zijn;
- Zone B omvat het schouwpad dat altijd (half-) verhard is;
- Hoewel spoorzone A en B zelf nooit op een steile helling liggen wordt in de analyse wel rekening gehouden met de helling van de naastgelegen spoorzones, omdat dit van invloed is op de keuze voor bestrijdingsmethode;
- Voor (half-) verharde spoorzones C t/m F wordt aangenomen dat deze dienen ten behoeve van toegankelijkheid voor rijdend materieel, en zodoende niet een gevaarlijke helling bevatten (< 5%). We nemen aan dat de helling geen beperkende factor binnen spoorzones C t/m F.



Afbeelding 2. spoorligging op ophoging en in afgraving, ter illustratie van hellingen om het spoor. Bron: Spoorwegenbouw (2010) Rollend materiaal. Hoofdstuk 3

3. Toelichting onkruidbestrijdingsmethoden

In dit hoofdstuk wordt aanvullende informatie beschreven met betrekking tot de invulling van de Factsheets (hoofdstuk 4). Een overzicht van de bestrijdingsmethoden is weergegeven in tabel 2. Eerst komen de verschillen in aan- en uitvoerlocaties aan bod, vervolgens een toelichting op de kosten en tot slot de omgang met probleemsoorten.

Tabel 2. Overzicht van gevonden onkruidbestrijdingsmethoden.

1	Glyfosaat	16	UV-licht (Cleanlight)
2	Toki	17	Maaien/klepelen
3	Elasto G5	18	Bosmaaier
4	Azijzuur	19	Robotmaaier
5	Branden (Contact-, Stoot- of Infraroodbrander)	20	Gras inzaaien + maaien
6	Heet water (WAVE)	21	Borstelen/vegen
7	Heet water (Weedfree)	22	Schoffelen/uitthakken
8	Hete lucht (HOB)	23	Schimmels (Biobeer)
9	Stoom	24	Snijden met waterstraal
10	Combinatie: Hete lucht, infrarood, stoom (Weedsteam)	25	Vloeibaar stikstof
11	Heetwaterschuim (IproGreen)	26	Afdekken
12	Microgolven (Agritron)	27	Antivegetatiemat (rubbergranulaat)
13	Elektriciteit (Rootwave)	28	Voegmiddel
14	Elektricide (Zasso)	29	Poreus beton
15	Combinatie: Heet-water (Weedfree) & Electricide (RootWave)	30	Niets doen

3.1. Aan- en uitvoerlocaties

De aan- en uitvoer van veel methoden kan op meerdere manieren plaatsvinden. Grofweg is aan- en uitvoer mogelijk met de hand (manueel), met een voertuig over de weg (wegvoertuig) en met een voertuig over het spoor (spoorvoertuig).

- Manueel: dit kan zijn dat een methode handmatig wordt toegepast zoals uittrekken of wieden. Of het kan zijn dat de methode wordt toegepast door personen te voet met (rijdend) materieel, zoals een gifspuit, motormaaier of branden;
- Wegvoertuig: onder wegvoertuig wordt elke methode van gemotoriseerde voertuigen bedoeld die niet over de spoorrails rijden. Zoals: Wagentje, traktor, quad of truck;
- Spoorvoertuig: met een spoorvoertuig wordt bedoeld dat een voertuig zich over de spoorrails voortbeweegt. Dit kan zijn in de vorm van een treinwagon, zoals een spuittrein, figuur 3 A. Ook zijn veel wegvoertuigen middels modificaties in te zetten als spoorvoertuig, afbeelding 3 (B, C en D). Spoorvoertuigen kunnen opereren binnen spoorzones A en B (bijvoorbeeld middels sproei-ers of werkarmen) [2], maar niet binnen zones C t/m F (doordat deze te ver van het spoor zijn gelegen). Onkruidbestrijding vanaf spoorvoertuigen kan niet met 80 km/u worden toegepast, en is dus niet in dienstregeling inpasbaar [2].



Afbeelding 3. Overzicht van verschillende typen (hybride) spoorvoertuigen.

3.2. Kosten

De kosten van de methodes worden allemaal uitgedrukt in m2/jaar. Van een aantal reeks gebruikte methoden maakt ProRail onderscheidt tussen PGO-kosten (prestatiegericht onderhoud) en OPC-kosten (output-proces-contracten). ProRail beoogt voor de toekomst overal PGO, onder andere omdat het vaak goedkoper is (ProRail, 2017), daarom zijn indien beschikbaar altijd deze kosten overgenomen. In de factsheets wordt aangegeven of de kosten PGO-kosten betreffen. Wanneer onbekend is in wat voor contract-vorm de kosten zijn geraamd, dan worden deze overgenomen zonder de aanmerking dat dit PGO- of OPC-kosten betreft.

3.3. Omgang met probleemsoorten

Een aantal specifieke plantensoorten wordt beschouwd als probleemsoort. Deze soorten woekeren, zijn invasieve exoot, zijn resistent tegen bestrijding en/of groeien snel terug, waardoor bestrijding ervan speciale aandacht vraagt. In de meeste gevallen betreft de aangepaste bestrijding een verhoogde frequentie en het nauwkeuriger volgen van de teruggroei. De probleemsoorten zijn niet apart in de matrix opgenomen, omdat de aangepaste bestrijding maatwerk is. In plaats daarvan wordt hieronder kort de lijst met belangrijkste probleemsoorten toegelicht:

- (Japanse) duizendknoop (*Fallopia japonica*); dit is een hardnekkige invasieve exoot (eigenlijk drie soorten, ook *Fallopia sachalinensis* en *Fallopia x bohemica*) die woekert en moeilijk te verdrijven is door de grote ondergrondse biomassa in de wortels. Over deze soort is door Dactylis eerder dit jaar een apart document met bestrijdingsmethoden opgesteld (Dactylis, 2018);
- Heermoes (*Equisetum arvense*): deze soort woekert en is problematisch vanwege de hoge resistentie. Een extra intensieve aanpak is nodig om de soort terug te dringen;
- Reuzenberenklauw (*Heracleum mantegazzianum*): dit is een invasieve exoot die in hoog tempo woekert en waarvan contact bovendien tot ernstige brandblaren en zichtbeschadiging kan leiden. Door de snelle groei is intensiever onderhoud nodig, waarbij op woekerlocaties de teruggroei nauwkeurig moet worden gevolgd;
- Amerikaanse vogelkers (*Prunus serotina*): dit is een invasieve exoot die relatief rustig maar gestaag groeit en inheemse soorten verdringt. De soort vraagt geen specifieke bestrijding maar afvoer van restmateriaal is wel noodzakelijk om verspreiding tegen te gaan.
- Bezemkruiskruid (*Senecio inaequidens*): deze soort woekert en kan op grote oppervlakken in compacte structuur voorkomen. Intensievere verwijdering is nodig om overlast tegen te gaan, en groei in zone A, B en C moet nauwkeurig worden gevolgd om overlast te minimaliseren;
- Klein springzaad (*Impatiens parviflora*): deze soort groeit makkelijk in verschillende habitats en komt veel voor in zones A en B (bijvoorbeeld op het ballastbed). Extra aandacht is nodig omdat de soort op deze ongewenste plekken groeit, maar reguliere bestrijdingsmethoden volstaan.

3.4 Nuance gebruik Glyfosaat

Glyfosaat wordt in de regel verdund toegepast, dat wil zeggen in een oplossing die met een spuit aspecifiek over de vegetatie wordt gespreid. In de berekeningen is dan ook uitgegaan van deze vorm van toepassing. In de praktijk worden ook alternatieven toegepast waarbij minder glyfosaat wordt verbruikt. Zo past Mantis bijvoorbeeld het product Mankar toe, dit is een onverdunde toepassing, waarbij met een vernevelaar in plaats van een spuit wordt gewerkt, waardoor netto minder vloeistof nodig is. Daarnaast is er een onderscheid in het volvelds toepassen van de bestrijding, versus selectief (bijvoorbeeld manueel of sensorgestuurd). Deze glyfosaatbesparende varianten zijn interessant vanuit milieu-oogpunt en kunnen interessant zijn bij het uifaseren van de toepassing. Hierbij is belangrijk dat aantoonbaar wordt gemaakt dat met dergelijke alternatieven daadwerkelijk minder glyfosaat wordt gebruikt. Hoewel in de factsheets en de matrix dus van standaardgebruik wordt uitgegaan, is het goed deze nuance nader te verkennen, vooral op plekken waar alternatieve bestrijdingsmethoden lastig of niet toepasbaar zijn.

4. Factsheets

In dit hoofdstuk komen de factsheets van de verschillende bestrijdingsmethoden aan bod. De resultaten van de factsheets zijn verwerkt in de matrix, die als los Excel-bestand is aangeleverd.

1. Glyfosaat

Beschrijving:

- 'Uit de informatie van ProRail is gebleken dat onkruidbestrijding enkel plaats vindt op de schouwpaden. In het ballastbed wordt nauwelijks onkruid bestreden. Voor de onkruidbestrijding op de schouwpaden wordt een quad gebruikt, uitgerust met spuitapparatuur en reservoirs voor bestrijdingsmiddelen.' [2]
- 'De elementverhardingen rond de spoorgebonden voorzieningen worden over het algemeen behandeld bij het spuiten van de schouwpaden.' [2]
- Dit middel mag enkel selectief worden toegepast, dat gebeurt nu voornamelijk op schouwpaden en spoorgebonden elementverhardingen [2].
- Chemisch
- Merknaam: o.a. Roundup

Frequentie: 2 maal per jaar

Toepasbaarheid: Varianten & Spoorzones:

	Spoorligging	Verharding	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
A	Maaiveld		goed	goed	goed
	Helling		goed	slecht	goed
B	Maaiveld	(half-) verhard	goed	goed	goed
	Helling	(half-) verhard	goed	slecht	goed
C	Maaiveld	(half-) verhard	goed	goed	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.
	Helling	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.
D-E-F	Maaiveld	(half-) verhard	goed	goed	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.
	Helling	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.



Risico's en opmerkingen

- Glyfosaat is een chemisch middel dat schadelijk is voor milieu en gezondheid, mede daarom wordt dit middel waarschijnlijk na 2022 verboden;
- Werkt minder goed bij nat weer [2];
- Kan worden ingezet vanaf spuitrein [2];
 - o Kosten voor toepassing m.b.v. spoorvoertuig zijn overgenomen van Toki-toepassing.
- Deze methode doodt de gehele plant;
- Toepassing vanaf een wegvoertuig is niet geschikt op hellingen;
- Deze methode is werkzaam tegen alle aanwezige planten en dood ook de eventueel graszode → niet geschikt voor onverharde (delen van) zones B t/m F;
- Werkt efficiënter in combinatie met Elasto G5, waardoor minder glyfosaat nodig is.

Snelheid & Kosten

Bronnen:	Manueel [4]	Wegvoertuig [4]	Spoorvoertuig [2]
Snelheid	8000 m ² /dag	36.000 m ² /dag	Gem. 50.000 m ² /dag
Kosten			

Kosten zijn uit deze en de volgende tabellen verwijderd omdat deze niet meer actueel zijn en mogelijk bedrijfsgevoelig

Bronnen

- ProRail (2015) Delta kosten COB en alternatieven
- ProRail (2011) Alternatievenstudie onkruidbestrijding – Definitief 7 april 2011

2. Toki

Beschrijving:

- 'Toki is een chemisch alternatief voor glyfosaat, met Flumioxazin als werkzame stof. Toki is een bodemherbicide met een geringe contactwerking.' [2];
- Aan Toki worden mogelijk, net als glyfosaat, in de toekomst beperkingen of verboden verbonden [2];
- Kan worden ingezet vanaf spuittrein [2];
- Chemisch;
- Reactief.

Frequentie: ± 1 maal per jaar [2]

Toepasbaarheid: Varianten & Spoorzones:

	Spoorligging	Verharding	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
A	Maaiveld		goed	goed	goed
	Helling		goed	slecht	goed
B	Maaiveld	(half-) verhard	goed	goed	goed
	Helling	(half-) verhard	goed	slecht	goed
C	Maaiveld	(half-) verhard	goed	goed	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.
	Helling	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.
D-E-F	Maaiveld	(half-) verhard	goed	goed	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.
	Helling	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.



Risico's en opmerkingen

- Werkt minder goed bij nat weer [2]
- Deze methode doodt de gehele plant
- Toepassing vanaf een wegvoertuig is niet geschikt op hellingen.
- Deze methode is werkzaam tegen alle aanwezige planten en doodt ook de eventueel graszode → niet geschikt voor onverharde (delen van) zones C t/m F
- Verwachte kosten zijn ongeveer gelijk aan de kosten voor Glyfosaat
 - o Kosten voor manuele en wegvoertuig toepassing zijn overgenomen van Glyfosaat-toepassing.

Snelheid & Kosten

Bronnen: [*]	Manueel [4]	Wegvoertuig [4]	Spoorvoertuig [2]	➔ omrekening
Snelheid	8000 m²/dag	36.000 m²/dag	2500 – 10000 m²/uur	Gem. 50.000 m²/dag
Kosten				

Bronnen

- ProRail (2011) Alternatievenstudie onkruidbestrijding – Definitief 7 april 2011

3. Elasto G5

Beschrijving:

- Elasto G5 is geen bestrijdingsmiddel, maar een hulpstof dat gebruikt wordt om glyfosaat efficiënter toe te passen, waardoor minder glyfosaat nodig is voor dezelfde werking. Elasto G5 heeft zelf geen onkruidbestrijdende werking [2];
- Chemisch;
- Reactief.

Frequentie: 1 – 2 maal per jaar samen met glyfosaat, de frequentie verandert niet door Elasto G5 [2]

Toepasbaarheid: Varianten & Spoorzones:

	Spoorligging	Verharding	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
A	Maaiveld		goed	goed	goed
	Helling		goed	slecht	goed
B	Maaiveld	(half-) verhard	goed	goed	goed
	Helling	(half-) verhard	goed	slecht	goed
C	Maaiveld	(half-) verhard	goed	goed	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.
	Helling	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.
D-E-F	Maaiveld	(half-) verhard	goed	goed	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.
	Helling	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.



Risico's en opmerkingen

- Dit middel kan in combinatie met glyfosaat worden ingezet; ook m.b.v. spuitrein.
 - o Kosten voor manuele en wegvoertuig toepassing zijn overgenomen van Glyfosaat-toepassing.
- Toepassing vanaf een wegvoertuig is niet geschikt op hellingen;
- Werkt minder goed bij nat weer [2];
- Deze methode is werkzaam tegen alle aanwezige planten en dood ook de eventueel graszode → niet geschikt voor onverharde (delen van) zones C t/m F.

Snelheid & Kosten

Bronnen:	Manueel [4]	Wegvoertuig [4]	Spoorvoertuig [2]	➔ omrekening
Snelheid	8000 m ² /dag	36.000 m ² /dag	2500 – 6250 m ² /uur	Gem. 35.000 m ² /dag
Kosten				

Bronnen

- ProRail (2011) Alternatievenstudie onkruidbestrijding – Definitief 7 april 2011

4. Azijnzuur

Beschrijving:

- Herbiciden met azijnzuur als het werkzame bestandmiddel zijn bekend onder de merknamen 'Cito global herbicide' en 'Paveclean', en doden bovengrondse plantdelen;
- Op azijnzuur gebaseerde herbiciden mogen alleen pleksgewijs worden toegepast. [5];
- Er zijn geen bronnen gevonden voor toepassing van azijnzuur in de spoorse context.
- Chemisch;
- Reactief.

Frequentie: 4 maal per jaar [5]

Toepasbaarheid: Varianten & Spoorzones:

	Spoorligging	Verharding	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
A	Maaiveld		goed	goed	goed
	Helling		goed	slecht	goed
B	Maaiveld	(half-) verhard	goed	goed	goed
	Helling	(half-) verhard	goed	slecht	goed
C	Maaiveld	(half-) verhard	goed	goed	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.
	Helling	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.
D-E-F	Maaiveld	(half-) verhard	goed	goed	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.
	Helling	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.



Risico's en opmerkingen

- **Let op:** Alleen via het CTGB toegelaten gewasbeschermingsmiddel o.b.v. azijnzuur mogen professioneel als dusdanig worden toegepast. Ondanks dat dit soort middelen als biologisch worden aangeduid zijn deze zuren wel degelijk schadelijk voor flora én fauna!!
- 'Randvoorwaarden: Niet te gebruiken op bloeiend onkruid omdat bijen en hommels schade kunnen oplopen door contact met azijnzuur.' [5];
- Kan stankoverlast veroorzaken [5];
- Toepassing vanaf een wegvoertuig is niet geschikt op hellingen;
- Deze methode is werkzaam tegen alle aanwezige planten en doodt ook de eventueel graszode → niet geschikt voor onverharde (delen van) zones C t/m F;
- Kosten van toepassing m.b.v. wegvoertuig [5]
 - o Overige kosten en snelheden zijn overgenomen van Glyphosaat- en Toki- toepassing, deze worden nagenoeg gelijk geschat.

Snelheid & Kosten

Bronnen:	Manueel [4]	Wegvoertuig [5, 4]	Spoorvoertuig [2]
Snelheid	8000 m ² /dag	36.000 m ² /dag	Gem. 50.000 m ² /dag
Kosten			

Bronnen

- Tauw (2013) Inventarisatie onkruidbestrijding

5. Branden (Contact-, stoot- of infraroodbrander)

Beschrijving:

- Deze drie methoden zijn zeer vergelijkbaar in zowel middel, als effectiviteit, daarom worden ze samen behandeld;
- Bij een contact-, of stootbrander staat de vlam direct op de vegetatie gericht en verhit de bovengrondse plantendelen. De werking van een infraroodbrander is vergelijkbaar met die van een straalkachel, een stralingsrooster verwarmt wordt verwarmt met een vlam, dat straalt de warmte gelijkmatig uit;
- Niet-chemisch;
- Reactief;

Frequentie: ± 6 - 12 maal per jaar [2]

Toepasbaarheid: Varianten & Spoorzones:

	Spoorligging	Verharding	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
A	Maaiveld		slecht	slecht	slecht
	Helling		slecht	slecht	slecht
B	Maaiveld	(half-) verhard	slecht	slecht	slecht
	Helling	(half-) verhard	slecht	slecht	slecht
C	Maaiveld	(half-) verhard	slecht	slecht	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.
	Helling	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.
D-E-F	Maaiveld	(half-) verhard	goed	goed	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.
	Helling	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.



Risico's en opmerkingen

- Werkt minder goed bij nat weer
- Brandgevaar voor kabels en leidingen → niet geschikt voor zone A, B en C
- Brandgevaar van droge planten en afval (bermbrand) → niet geschikt voor onverharde (delen van) zones
- Deze methode doodt alleen bovengrondse plantdelen
- Deze methode is werkzaam tegen alle aanwezige planten en doodt ook de eventueel graszode → niet geschikt voor onverharde (delen van) zones C t/m F
- Geen gegevens bekend voor toepassing m.b.v. een spoorvoertuig

Snelheid & Kosten

Bronnen: [4]	Manueel [6]	Wegvoertuig [4]	Spoorvoertuig
Snelheid	3000 m ² /dag	9000 m ² /dag	Onbekend
Kosten			

Bronnen

- ProRail (2015) Delta kosten COB en alternatieven (excel-bestand)
- ProRail (2011) Alternatievenstudie onkruidbestrijding – Definitief 7 april 2011 [6]
- www.ecopedia.be/encyclopedie/onkruidbranders (geraadpleegd op 19-11-2018)
- Lankhaartechniek (2018) Brochure Infraweeder, Onkruidverwijderen met infrarood

6. Heet water (WAVE)

Beschrijving:

- Bij deze methode wordt water verwarmd tot heet water of stoom en vervolgens op het onkruid gespoten. De techniek is sensorgestuurd, waardoor alleen daar waar daadwerkelijk onkruid staat gespoten wordt. [2];
- Mogelijk effectief voor toepassing op (kleine) haarden van probleemsoorten:
- Niet-chemisch;
- Reactief.

Frequentie: 2 – 4 maal per jaar [2, 4]

Toepasbaarheid: Varianten & Spoorzones:

	Spoorligging	Verharding	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
A	Maaiveld		n.v.t.	slecht	slecht
	Helling		n.v.t.	slecht	slecht
B	Maaiveld	(half-) verhard	n.v.t.	slecht	slecht
	Helling	(half-) verhard	n.v.t.	slecht	slecht
C	Maaiveld	(half-) verhard	n.v.t.	goed	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	n.v.t.	slecht	n.v.t.
	Helling	onverhard	n.v.t.	slecht	n.v.t.
D-E-F	Maaiveld	(half-) verhard	n.v.t.	goed	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	n.v.t.	slecht	n.v.t.
	Helling	onverhard	n.v.t.	slecht	n.v.t.



Beperkingen en risico's

- Gebruikt veel water waardoor risico is op erosie en/of baaninstabiliteit bij onverharde (delen van) spoorzones; → niet geschikt voor spoorzones A en B
- Veel schoon water nodig en dat is langs de baan weinig voorradig
- Doordat er veel schoon water nodig is, is het wegvoertuig erg zwaar (en topzwaar). Niet geschikt voor ballastbed wegens ontbreken geschikte machine en slechts zeer plaatselijk voor inspectie-/schouwpaden door breedte en gewicht machines. [4] → niet geschikt voor toepassing hellingen, tenzij toegepast vanaf spoorvoertuig;
- Risico's voor de gevoelige elektronische techniek rond het spoor zijn niet bekend, dit dient in een vervolgetraject onderzocht te worden. [2] → mogelijk geschikt voor spoorzones A t/m C;
- Deze methode is werkzaam tegen alle aanwezige planten en dood ook de eventueel graszode → niet geschikt voor onverharde (delen van) zones C t/m F;
- Geen gegevens bekend voor toepassing m.b.v. een spoorvoertuig

Snelheid & Kosten

	Manueel	Wegvoertuig [4]	Spoorvoertuig
Snelheid	n.v.t.	12.000 m ² /dag	Onbekend
Kosten			

Bronnen

- ProRail (2015) Delta kosten COB en alternatieven (excel-bestand)
- Tauw (2013) Inventarisatie onkruidbestrijding
- www.waterkracht.nl/reinigingsgebieden/onkruidbestrijding
- www.waveonkruidbestrijding.nl/

7. Heet-water (Weedfree)

Beschrijving:

- De methode van Weedfree (en Donkergroen) maakt gebruik van heet water (100°C) dat onder druk in (of op) bodem wordt aangebracht, hiermee bestrijdt het planten (niet-selectief) zowel boven- als ondergronds.
- Enkel manuele toepassing tot op heden.
- Mogelijk effectief voor toepassing op (kleine) haarden van probleemsoorten:
- Niet-chemisch;
- Reactief

Frequentie: 4 maal per jaar

Toepasbaarheid: Varianten & Spoorzones:

	Spoorligging	Verharding	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
A	Maaiveld		slecht	onbekend	onbekend
	Helling		slecht	onbekend	onbekend
B	Maaiveld	(half-) verhard	slecht	onbekend	onbekend
	Helling	(half-) verhard	slecht	onbekend	onbekend
C	Maaiveld	(half-) verhard	goed	onbekend	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	goed	onbekend	n.v.t.
	Helling	onverhard	matig	onbekend	n.v.t.
D-E-F	Maaiveld	(half-) verhard	goed	onbekend	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	goed	onbekend	n.v.t.
	Helling	onverhard	matig	onbekend	n.v.t.



Beperkingen en risico's

- Gebruikt veel water waardoor risico is op erosie en/of baaninstabiliteit bij onverharde (delen van) spoorzones;
 - o Niet geschikt voor spoorzones A en B
 - o Matig geschikt voor toepassing op onverharde hellingen
- Veel schoon water nodig en dat is langs de baan weinig voorradig;
- Voertuig nodig voor apparatuur, ook bij manuele toepassing;
- Risico's voor de gevoelige elektronische techniek rond het spoor zijn niet bekend, dit dient in een vervolgetraject onderzocht te worden. [2] ;
- Deze methode is werkzaam tegen alle aanwezige planten en dood ook de eventueel graszode → niet-selectief;
- Bij manuele toepassing is er een voertuig nodig voor de apparatuur

Snelheid & Kosten

	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
Snelheid	400 m ² /dag	Onbekend	Onbekend
Kosten			

Bronnen

- [7] '20201019_concept_aanvullende info_toepassingsmatrix' (excel bestand)
- weedfreeservice.nl

8. Hete lucht (HOB)

Beschrijving:

- 'De hete lucht onkruid bestrijdingsmethode (HOB): in een afzonderlijke brander worden grote hoeveelheden lucht opgewarmd en daarna door een ventilator doorgestuurd naar de schroei-kamer. In de schroei-kamer wordt onkruid door de wervelende hete lucht verhit aan alle zijden. Het onkruid bereikt snel een temperatuur van 70°C waardoor, net als bij andere thermische methoden de eiwitten stollen, de celwanden barsten en het onkruid verwelkt.' [2];
- Niet-chemisch;
- Reactief

Frequentie: 3-6 maal per jaar [2, 4]

Toepasbaarheid: Varianten & Spoorzones:

	Spoorligging	Verharding	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
A	Maaiveld		onbekend	matig	onbekend
	Helling		onbekend	matig	onbekend
B	Maaiveld	(half-) verhard	onbekend	matig	onbekend
	Helling	(half-) verhard	onbekend	matig	onbekend
C	Maaiveld	(half-) verhard	matig	goed	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	matig	slecht	n.v.t.
	Helling	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.
D-E-F	Maaiveld	(half-) verhard	matig	goed	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	matig	slecht	n.v.t.
	Helling	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.



Beperkingen en risico's

- Vermoedelijk onschadelijk voor elektrotechnische voorzieningen rond het spoor, nader onderzoek noodzakelijk [2], [4] → niet geschikt voor spoorzones A t/m C;
- Negatieve RAMSHE-effecten door mogelijke noodzaak TVP's en onbekend of negatieve gevolgen voor elektrotechnische voorzieningen rond het spoor [4] → niet geschikt voor spoorzones A t/m C;
- Zondermeer niet geschikt voor ballastbed wegens ontbreken geschikte machine en slechts zeer plaatselijk voor inspectie-/schouwpaden door breedte en gewicht machines. [4] niet geschikt voor hellingen tenzij toegepast vanaf spoorvoertuig;
- Deze methode is werkzaam tegen alle aanwezige planten en dood ook de eventueel graszode → niet geschikt voor onverharde (delen van) zones C t/m F;
- Werkt minder goed bij nat weer;
- Manuele toepassing is arbeidsintensief en daardoor erg duur;
- Geen gegevens bekend voor toepassing m.b.v. een spoorvoertuig

Snelheid & Kosten

Bronnen:	Manueel	Wegvoertuig [4]	Spoorvoertuig
Snelheid	n.v.t.	12.000 m ² /dag 8 km/u	Onbekend
Kosten			

Bronnen

- ProRail (2015) Delta kosten COB en alternatieven (excel-bestand)
- ProRail (2011) Alternatievenstudie onkruidbestrijding – Definitief 7 april 2011
- www.weedcontrol.nl/nl/

9. Stoom

Beschrijving:

- Stoom als onkruidbestrijdingsmethode wordt voor zover bekend alleen gebruikt op zeer kleine schaal (voor particulieren). De markt hiermee gestopt met toepassing op grotere schaal. Reden: 'niets effectief', 'Stoom koelt te snel af', bovendien is aanvoer water op het spoor een probleem;
 - o Werksnelheden en kosten zijn hierdoor onbekend;
- Wordt wel in combinatie met heet water en lucht toegepast, zie volgende bestrijdingsmethode;
- Geen brandgevaar;
- Mogelijk effectief voor toepassing op (kleine) haarden van probleemsoorten;
- Niet-chemisch;
- Reactief

Frequentie: onbekend

Toepasbaarheid: Varianten & Spoorzones:

	Spoorligging	Verharding	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig	
A	Maaiveld		slecht	slecht	matig	
	Helling		slecht	slecht	matig	
B	Maaiveld	(half-) verhard	slecht	slecht	matig	
	Helling	(half-) verhard	slecht	slecht	matig	
C	Maaiveld	(half-) verhard	slecht	slecht	n.v.t.	
	Maaiveld	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.	
	Helling	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.	
D-E-F	Maaiveld	(half-) verhard	slecht	slecht	n.v.t.	
	Maaiveld	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.	
	Helling	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.	

Beperkingen en risico's

- Bij harde wind verwaait stoom waardoor de effectiviteit afneemt [5];
- Slechtere warmteoverdracht dan branders of heet water, daardoor minder effectief
- Manuele toepassing alleen mogelijk wanneer er een voertuig met water en apparatuur meerijdt.

Snelheid & Kosten

	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
Snelheid	onbekend	onbekend	onbekend
Kosten			

Bronnen

- Tauw (2013) Inventarisatie onkruidbestrijding
- Knuttel Advies (2014) Niet-chemisch onkruidbeheer op verhardingen

10. Combinatie: Hete lucht, infrarood en stoom (Weedsteam)

Beschrijving:

- 'Combinatie van bestaande thermische methoden. Door een unieke combinatie van infraroodstraling, stoom en hete lucht toe te dienen wordt het onkruid op verhardingen bestreden.' [2];
- Relatief weinig water nodig, waardoor het gewicht van het voertuig beperkt blijft [7];
- Niet-chemisch;
- Reactief

Frequentie: 3 tot 4 maal per jaar [2]

Toepasbaarheid: Varianten & Spoorzones:

	Spoorligging	Verharding	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
A	Maaiveld		n.v.t.	slecht	slecht
	Helling		n.v.t.	slecht	slecht
B	Maaiveld	(half-) verhard	n.v.t.	slecht	slecht
	Helling	(half-) verhard	n.v.t.	slecht	slecht
C	Maaiveld	(half-) verhard	n.v.t.	matig	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	n.v.t.	slecht	n.v.t.
	Helling	onverhard	n.v.t.	slecht	n.v.t.
D-E-F	Maaiveld	(half-) verhard	n.v.t.	goed	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	n.v.t.	slecht	n.v.t.
	Helling	onverhard	n.v.t.	slecht	n.v.t.



Beperkingen en risico's

- Er is geen manuele toepassing bekend voor deze methode;
- 'De infraroodbrander levert brandgevaar op, waardoor deze methode niet gewenst is om toe te passen in de spoorse omgeving.' [2] → niet geschikt voor toepassing binnen spoorzones A t/m C; en niet geschikt voor onverharde (delen van) zones C t/m F;
- Mogelijke schade aan elektrische systemen;
- Gas en/of elektriciteit benodigd;
- Geen gegevens bekend voor toepassing m.b.v. een spoorvoertuig

Snelheid & Kosten

	Manueel	Wegvoertuig	→ Omrekening [5]	Spoorvoertuig
Snelheid	n.v.t.	Gem. 3000 m ² /u	24.000 m ² /dag	Onbekend
Kosten				

Bronnen

- ProRail (2011) Alternatievenstudie onkruidbestrijding – Definitief 7 april 2011
- Tauw (2013) Inventarisatie onkruidbestrijding
- Jean Heybroek (2018) Brochure WeedSteam onkruidbestrijdingsmachine
- www.wur.nl/upload_mm/c/f/9/6df4d73b-74fb-4136-a567-9ba2824e5717_Weedsteam.pdf
- <http://edepot.wur.nl/338463>

11. Heetwaterschuim (IproGreen)

Beschrijving:

- Bij deze methode wordt schuim verkregen door het gebruik van suikers uit maïs en kokosnoten. Dit schuim wordt gebruikt om de hitte van heet water (95°C - 98°C) langer bij de plant te houden. Ook is er minder water en energie nodig dan bij de heetwater-methode [5, 8];
- 'Het schuim zorgt ervoor dat de warmte minstens een paar minuten behouden blijft in de grond, waardoor niet alleen de bovengrondse plantdelen, maar ook de wortel en de verder aanwezige ondergrondse zaden worden beschadigd door het hete water' [9];
- Lager water en energieverbruik dan warmwater-methode [8]
- Niet-chemisch;
- Reactief

Frequentie: ± 3 maal per jaar [5]

Toepasbaarheid: Varianten & Spoorzones:

	Spoorligging	Verharding	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
A	Maaiveld		goed	goed	goed
	Helling		slecht	slecht	goed
B	Maaiveld	(half-) verhard	matig	matig	matig
	Helling	(half-) verhard	slecht	slecht	matig
C	Maaiveld	(half-) verhard	goed	goed	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	matig	matig	n.v.t.
	Helling	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.
D-E-F	Maaiveld	(half-) verhard	goed	goed	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	matig	matig	n.v.t.
	Helling	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.



Beperkingen en risico's

- In Oostenrijk heeft Iprogreen heetwaterschuim ingezet langs het spoor [9], resultaten zijn onbekend.
- Bij manuele toepassing is er een voertuig nodig voor de apparatuur
- Veel schoon water nodig en dat is langs de baan weinig voorradig;
- Niet toe te passen bij regen (schuim slaat dood) [5];
- Deze methode kan gladheid veroorzaken op verhardingen [5] → matig geschikt voor spoorzone B;
- Doordat er veel water nodig is, is het wegvoertuig erg zwaar (en topzwaar). → Niet geschikt voor toepassing hellingen, tenzij toegepast vanaf spoorvoertuig;
- Deze methode is werkzaam tegen alle aanwezige planten en dood ook de eventueel graszode → niet geschikt voor onverharde (delen van) zones C t/m F.

Snelheid & Kosten

	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
Snelheid	2000 m ² /dag	5200 m ² /dag	Onbekend
Kosten			

Bronnen

- Stad-en-Groen (2017) Iprogreen claimt dat zijn nieuwe onkruidverdelger ook een deel van de wortel doodt.
- Knuttel Advies (2014) Niet-chemisch onkruidbeheer op verhardingen
- Tauw (2013) Inventarisatie onkruidbestrijding
- www.boesheide.com/boesheidegreen
- www.weedingtech.com/foamstream-weed-control/
- www.iprogreen.de/

12. Microgolven (Agritron)

Beschrijving:

- “De agritron is een apparaat waarmee op een goedkope, snelle en milieuvriendelijke manier land- en tuinbouwgrond kan worden ontdaan van ongewenste vervuilingen als schimmels, onkruid of aaltjes.”
- Voornamelijk bedoelt voor de ontsmetting van grond tuinbouw, (nog) minder geschikt voor onkruidbestrijding;
- ontsmetting tot 15cm diep, nog niet ‘bewezen in praktijk’ [10];
- Mogelijk effectief voor toepassing op (kleine) haarden van probleemsoorten
- Niet-chemisch;
- Reactief

Frequentie: ± 6 maal per jaar

Toepasbaarheid: Varianten & Spoorzones:

	Spoorligging	Verharding	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
A	Maaiveld		n.v.t.	slecht	slecht
	Helling		n.v.t.	slecht	slecht
B	Maaiveld	(half-) verhard	n.v.t.	slecht	slecht
	Helling	(half-) verhard	n.v.t.	slecht	slecht
C	Maaiveld	(half-) verhard	n.v.t.	goed	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	n.v.t.	slecht	n.v.t.
	Helling	onverhard	n.v.t.	slecht	n.v.t.
D-E-F	Maaiveld	(half-) verhard	n.v.t.	goed	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	n.v.t.	slecht	n.v.t.
	Helling	onverhard	n.v.t.	slecht	n.v.t.



Beperkingen en risico's

- oppervlakkig materiaal kan ontbranden;
- Mogelijk schade aan elektrische systemen, ook in de bodem tot mogelijk 60cm diepte → niet geschikt voor toepassing binnen zone A en B
- Deze methode is werkzaam tegen alle aanwezige planten en dood ook de eventueel graszode → niet geschikt voor onverharde (delen van) zones C t/m F;
- Werkt minder goed bij nat weer;
- Er is geen manuele toepassing bekend voor deze methode;
- Geen gegevens bekend voor toepassing m.b.v. een spoorvoertuig

Snelheid & Kosten

	Manueel	Wegvoertuig [10]	Spoorvoertuig
Snelheid	n.v.t.	Max 400 m²/dag	Onbekend
Kosten			

Bronnen

- Agritron (2007) Tussenverslag_12519-02 Agrottron
- Koppert machines (2010) Agritron
- Tauw (2013) Inventarisatie onkruidbestrijding
- KEMA (2010) Diëlektrisch ontsmetten van kasgrond, Een goed alternatief voor stomen
- www.cobouw.nl/bouwbreed/nieuws/2006/08/schone-grond-met-supermagnetron-10138390 (2006)
- www.groentennieuws.nl/artikel/73720/Veelbelovende-proefresultaten-Agritron/

13. Elektricide (Rootwave)

Beschrijving:

- Deze methode maakt gebruik van elektriciteit voor het doden van onkruid. 'Bovengrondse plantendelen worden aangeraakt door een elektrode onder hoge spanning, waardoor in de plant een stroom naar aarde gaat lopen en de plant verhit wordt [11];
- Tot nu tot enkel manuele toepassing waarbij een elektrische lans wordt gebruikt om selectief onkruid te bestrijden
- Mogelijk effectief voor toepassing op (kleine) haarden van probleemsoorten;
- Niet-chemisch;
- Reactief

Frequentie: 5 maal per jaar

Toepasbaarheid: Varianten & Spoorzones:

	Spoorligging	Verharding	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
A	Maaiveld		slecht	Onbekend	Onbekend
	Helling		slecht	Onbekend	Onbekend
B	Maaiveld	(half-) verhard	Onbekend	Onbekend	Onbekend
	Helling	(half-) verhard	Onbekend	Onbekend	Onbekend
C	Maaiveld	(half-) verhard	goed	Onbekend	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	goed	Onbekend	n.v.t.
	Helling	onverhard	goed	Onbekend	n.v.t.
D-E-F	Maaiveld	(half-) verhard	goed	Onbekend	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	goed	Onbekend	n.v.t.
	Helling	onverhard	goed	Onbekend	n.v.t.



Beperkingen en risico's

- Mogelijke schade aan elektrische systemen → niet geschikt voor toepassing binnen zone A en B
- Gebruik hoogspanning (5000V)

Snelheid & Kosten

	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
Snelheid	60 m ² /dag	Onbekend	Onbekend
Kosten			

Bronnen

- Wageningen UR (2002) Toepassingsmogelijkheden van niet-chemische technieken voor onkruidbestrijding op verhardingen
- bestrijdingduizendknoop.nl/bestrijding/methoden/electricide/
- rootwave.com/

14. Elektricide (Zasso)

Beschrijving:

- Ook deze methode maakt gebruik van hoogspanning en is daardoor vergelijkbaar met voorgaande methode (Rootwave);
- Deze methode wordt vlakdekkend, in tegenstelling tot Rootwave niet selectief.
- Uit ervaring van Zasso (Certis) lijkt toepassing op spoorzones A en B mogelijk, vanaf spoorvoertuig.
 - o Risico's voor elektronische spoorcomponenten is onbekend
- Wegvoertuig: tractor
- Spoorvoertuig: kraan op lorries, of Unimog op lorries
- Mogelijk effectief voor toepassing op (kleine) haarden van probleemsoorten;
- Niet-chemisch;
- Reactief

Frequentie: 5 maal per jaar

Toepasbaarheid: Varianten & Spoorzones:

	Spoorligging	Verharding	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
A	Maaiveld		slecht	Onbekend	Onbekend
	Helling		slecht	Onbekend	Onbekend
B	Maaiveld	(half-) verhard	Onbekend	Onbekend	Onbekend
	Helling	(half-) verhard	Onbekend	Onbekend	Onbekend
C	Maaiveld	(half-) verhard	Onbekend	Onbekend	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	Onbekend	Onbekend	n.v.t.
	Helling	onverhard	Onbekend	Onbekend	n.v.t.
D-E-F	Maaiveld	(half-) verhard	Onbekend	Onbekend	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	Onbekend	Onbekend	n.v.t.
	Helling	onverhard	Onbekend	Onbekend	n.v.t.



Beperkingen en risico's

- Gebruik hoogspanning (5000V) [12]
- Draaibereik werkarm mobiele kraan of herder-arm [12]
- Mogelijk schadelijk voor kabels en leidingen in de buurt van het spoor → ongeschikt voor toepassing in spoorzone A en B (uit ervaring van Zasso lijkt toepassing vanaf spoorvoertuig mogelijk);
- Praktijkervaring ontbreekt grotendeels → daardoor zijn er geen gegevens bekend voor deze methode;
- Niet-selectief: De methode is vlakdekkend en daardoor minder geschikt voor spoorzones waar een graszode gewenst is.

Snelheid & Kosten

	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
Snelheid	Onbekend	26.400 m ² /dag	26.400 m ² /dag
Kosten			

Bronnen

- <https://www.certiseurope.nl/nieuws-media/article/news/certis-europe-trials-with-electroherbr-for-chemical-free-weed-control-1/>
- [12] '20201019_concept_aanvullende info_toepassingsmatrix' (excel bestand)

15. Combinatie: Heet-water (Weedfree) & Electricide (RootWave)

Beschrijving:

- Combinatie van heet-water (Weedfree) en electricide (RootWave) methoden; [12]
 - o **Methoden altemnerend toegepast;**
- Tot nu tot enkel manuele toepassing;
- niet-selectief, alle
- Mogelijk effectief voor toepassing op (kleine) haarden van probleemsoorten;
- Niet-chemisch;
- Reactief

Frequentie: 5 maal per jaar (alternerend heet water en electricide toepassen)

Toepasbaarheid: Varianten & Spoorzones:

	Spoorligging	Verharding	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
A	Maaiveld		slecht	Onbekend	Onbekend
	Helling		slecht	Onbekend	Onbekend
B	Maaiveld	(half-) verhard	Onbekend	Onbekend	Onbekend
	Helling	(half-) verhard	Onbekend	Onbekend	Onbekend
C	Maaiveld	(half-) verhard	Onbekend	Onbekend	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	Goed	Goed	n.v.t.
	Helling	onverhard	Goed	Goed	n.v.t.
D-E-F	Maaiveld	(half-) verhard	Onbekend	Onbekend	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	Goed	Goed	n.v.t.
	Helling	onverhard	Goed	Goed	n.v.t.

Beperkingen en risico's

- Mogelijk schadelijk voor kabels en leidingen in de buurt van het spoor → ongeschikt voor toepassing in spoorzone A en B;
- Erosie en/of baaninstabiliteit, daardoor waarschijnlijk slecht toepasbaar op hellingen;
- voertuig nodig voor apparatuur, ook bij manuele toepassing;
- veel schoon water nodig en dat is langs de baan weinig voorradig;
- Gebruik heet water (100°C) onder druk én/óf hoogspanning 5000V;
- Praktijkervaring ontbreekt grotendeels → daardoor zijn er geen gegevens bekend voor deze methode;
- Niet-selectief: De methode is vlakdekkend en daardoor minder geschikt voor spoorzones waar een graszode gewenst is.

Snelheid & Kosten

	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
Snelheid*	hw: 400/ Ec: 60 m ² /dag	hw: 400/ Ec: 60 m ² /dag	Onbekend
Kosten**			

* Werksnelheid is ingeschat op basis van gegevens vanuit de Proeftuin Japanse duizendknoop, omdat de methoden alternerend worden toegepast worden de separate snelheden van de methoden 'heet-water' en 'electricide' vermeld.

** Kosten op basis van de som van de twee methoden.

Bronnen

- [12] '20201019_concept_aanvullende info_toepassingsmatrix' (excel bestand)
- bestrijdingduizendknoop.nl/bestrijding/methoden/electricide/
- rootwave.com/

16. UV-licht (Cleanlight)

Beschrijving:

- Onkruid kan worden gedood met hoge doses UV licht. Er worden hiermee proeven gedaan, maar er is nog geen praktijkervaring [5];
- Leverancier 'Optocleaner' meent dat hoge werksnelheden mogelijk zijn bij een hoog vermogen (tot 80 km/u bij 800 kilowatt);
- Niet-chemisch;
- Reactief

Frequentie:

Toepasbaarheid: Varianten & Spoorzones:

	Spoorligging	Verharding	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
A	Maaiveld		Onbekend	Onbekend	Onbekend
	Helling		Onbekend	Onbekend	Onbekend
B	Maaiveld	(half-) verhard	Onbekend	Onbekend	Onbekend
	Helling	(half-) verhard	Onbekend	Onbekend	Onbekend
C	Maaiveld	(half-) verhard	Onbekend	Onbekend	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	Onbekend	Onbekend	n.v.t.
	Helling	onverhard	Onbekend	Onbekend	n.v.t.
D-E-F	Maaiveld	(half-) verhard	Onbekend	Onbekend	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	Onbekend	Onbekend	n.v.t.
	Helling	onverhard	Onbekend	Onbekend	n.v.t.



Beperkingen en risico's

- Praktijkervaring ontbreekt grotendeels → daardoor zijn er geen gegevens bekend voor deze methode;
- Eerste proeven wijzen nog niet op effectieve onkruidbestrijding [11];
- UV-licht kan "lasogen" veroorzaken zonder bescherming [11]
 - o Dit is alleen het geval als de lampen niet voldoende voor uitstraling naar de omgeving zijn afgeschermd en iemand er direct inkijkt.

Snelheid & Kosten

	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
Snelheid	Onbekend	Onbekend	Onbekend
Kosten			

Bronnen

- Tauw (2013) Inventarisatie onkruidbestrijding
- Wageningen UR (2002) Toepassingsmogelijkheden van niet-chemische technieken voor onkruidbestrijding op verhardingen
- www.optocleaner.com/
- www.publicspaceinfo.nl/media/uploads/files/CROW_2012_0002.pdf
- <https://cleanlight.nl/>

17. Maaien/klepelen

Beschrijving:

- Maaien of klepelen zijn conventionele methoden die vaak worden toegepast voor onderhoud van bermen en gazons.;
- Deze methode werkt niet door het direct doden of verwijderen van onkruid, maar is erop gericht graszode kort te houden waardoor onkruidgroei minder groeikans heeft;
- Niet-chemisch;
- Reactief

Frequentie: 2 – 4 maal per jaar

Toepasbaarheid: Varianten & Spoorzones:

	Spoorligging	Verharding	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
A	Maaiveld		slecht	slecht	n.v.t.
	Helling		slecht	slecht	n.v.t.
B	Maaiveld	(half-) verhard	slecht	slecht	n.v.t.
	Helling	(half-) verhard	slecht	slecht	n.v.t.
C	Maaiveld	(half-) verhard	slecht	slecht	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	goed	goed	n.v.t.
	Helling	onverhard	goed	goed	n.v.t.
D-E-F	Maaiveld	(half-) verhard	slecht	slecht	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	goed	goed	n.v.t.
	Helling	onverhard	slecht	goed	n.v.t.



Beperkingen en risico's

- Deze methode is gericht op onderhoud van graszode is niet bedoeld voor toepassing op verhardingen, ook levert het geen plantvrij resultaat. → ongeschikt voor spoorzones A en B; en ongeschikt voor verharde delen van zones C t/m F;
- Risico op rondvliegend vuil en steenslag;
- Manuele toepassing is denkbaar in de vorm van motormaaier (wordt ook cirkelmaaier genoemd)
- Uitgebreide toepassingsmogelijkheden, daardoor ook mogelijk op hellingen;
 - o manuele toepassing op hellingen is heeft veiligheidsrisico's
- Uitgegaan wordt van kosten voor bermbeheer met afvoer van maaisel, dat is duurder dan het laten liggen van maaisel;
- Deze methode wordt niet in zone A en B uitgevoerd en wordt dus niet toegepast m.b.v. spoorvoertuigen;
- Kosten voor veiligheid tijdens werken langs het spoor zijn geschat op ongeveer €0,12 /m², deze zijn opgenomen in de berekende kosten.

Snelheid & Kosten

	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
Snelheid	4000 m ² /dag	11.500 – 13.000 m ² /dag	n.v.t.
Kosten			

Bronnen

GWW-kosten - Maaien

18. Bosmaaier

Beschrijving:

- Deze methode maakt gebruik van een uitsluitend manueel bediende maaier. Onkruid kan tot de grond worden verwijderd. Deze methode wordt doorgaans vooral ingezet voor het verwijderen van onkruid rond obstakels, maar kan ook volvelds worden ingezet;
- Niet-chemisch;
- Reactief

Frequentie: 3 tot 4 maal per jaar

Toepasbaarheid: Varianten & Spoorzones:

	Spoorligging	Verharding	Manueel	
A	Maaiveld		matig	
	Helling		matig	
B	Maaiveld	(half-) verhard	matig	
	Helling	(half-) verhard	matig	
C	Maaiveld	(half-) verhard	goed	
	Maaiveld	onverhard	goed	
	Helling	onverhard	goed	
D-E-F	Maaiveld	(half-) verhard	goed	
	Maaiveld	onverhard	goed	
	Helling	onverhard	goed	

Beperkingen en risico's

- Deze methode is zeer arbeidsintensief en daardoor kostbaar.
- Kan op hellingen worden toegepast, wel trager.
- Werksnelheid is het hoogst wanneer de methode volvelds wordt ingezet
- Het is om veiligheidsredenen en kosten niet wenselijk om mensen langdurig te laten werken binnen spoorzones A en B → matig zone A en B
- Kosten voor veiligheid tijdens werken langs het spoor zijn geschat op ongeveer €0,12 /m², deze zijn opgenomen in de berekende kosten.

Snelheid & Kosten

	Manueel [5]	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
Snelheid	1.300 – 3.000 m ² /dag	n.v.t.	n.v.t.
Kosten			

Bronnen

- Tauw (2013) Inventarisatie onkruidbestrijding
- GWW-kosten bosmaaier

19. Robotmaaier

Beschrijving:

- Vergelijkbaar met manueel maaien, maar dan uitgevoerd door een autonomen robotmaaier, waardoor risico's op hellingen kleiner worden.
- Deze methode werkt niet door het direct doden of verwijderen van onkruid, maar is erop gericht graszode kort te houden waardoor onkruidgroei minder groeikans heeft;
- Geleidekabels kunnen voorkomen dat de robotmaaier het spoor op rijdt, deze dienen juist te worden gelegd. [12]
- Aanbieder: Wassingmaat, merk Husquvarna
- Niet-chemisch;
- Reactief

Frequentie: 3 tot 5 maal per jaar

Toepasbaarheid: Varianten & Spoorzones:

	Spoorligging	Verharding	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
A	Maaiveld		n.v.t.	slecht	n.v.t.
	Helling		n.v.t.	slecht	n.v.t.
B	Maaiveld	(half-) verhard	n.v.t.	matig	n.v.t.
	Helling	(half-) verhard	n.v.t.	matig	n.v.t.
C	Maaiveld	(half-) verhard	n.v.t.	matig	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	n.v.t.	goed	n.v.t.
	Helling	onverhard	n.v.t.	goed	n.v.t.
D-E-F	Maaiveld	(half-) verhard	n.v.t.	matig	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	n.v.t.	goed	n.v.t.
	Helling	onverhard	n.v.t.	goed	n.v.t.



Beperkingen en risico's

- Robotmaaier moet juist geïnstalleerd worden en er moet een oplaadpunt nabij zijn. [12]
- Diefstal mogelijk;
- robot die spoor in rijdt;
- deze methode is gericht op onderhoud van graszode is niet bedoeld voor toepassing op verhardingen, ook levert het geen plantvrij resultaat. → ongeschikt voor spoorzones A en B; en ongeschikt voor verharde delen van zones C t/m F;
- uitgebreide toepassingsmogelijkheden, daardoor ook mogelijk op hellingen

Snelheid & Kosten

	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
Snelheid	n.v.t.	onbekend	n.v.t.
Kosten			

* Snelheid en kosten zijn afhankelijk van merk en type robotmaaier.

Bronnen

- [12] '20201019_concept_aanvullende info_toepassingsmatrix' (excel bestand)

20. Gras zaaien + maaien

Beschrijving:

- Gras zaaien en maaien is een methode waarmee een graszode kan worden aangebracht en onderhouden op nieuwe of herstelde terreinen. Hiermee kan tegengegaan worden dat een terrein wordt overgroeid door onkruid;
- Door gras in te zaaien en te maaien krijgen onkruiden minder kans om talrijk en/of groot te groeien;
- Door langzaam groeiend gras in te zaaien is maaien minder vaak nodig;
- Niet-chemisch;
- preventief

Frequentie: 2 tot 3 maal per jaar

Toepasbaarheid: Varianten & Spoorzones:

	Spoorligging	Verharding	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
A	Maaiveld		slecht	slecht	n.v.t.
	Helling		slecht	slecht	n.v.t.
B	Maaiveld	(half-) verhard	slecht	slecht	n.v.t.
	Helling	(half-) verhard	slecht	slecht	n.v.t.
C	Maaiveld	(half-) verhard	slecht	slecht	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	goed	goed	n.v.t.
	Helling	onverhard	goed	goed	n.v.t.
D-E-F	Maaiveld	(half-) verhard	slecht	slecht	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	goed	goed	n.v.t.
	Helling	onverhard	slecht	goed	n.v.t.



Beperkingen en risico's

- Deze methode is enkel bedoeld voor onverharde (delen van) spoorzones en kan niet m.b.v. een spoorvoertuig worden uitgevoerd;
- Manuele toepassing van deze methode is arbeidsintensief;
- de kosten voor deze methode bestaan uit eenmalige kosten: het inzaaien van gras;
 - o eenmalige kosten → € 0,47 – 0,77 /m² (GWW-kosten voor gras inzaaien);
- daarnaast zijn er terugkomende kosten van het maaien, die zijn gelijk aan de normale kosten voor maaien;
- Deze methode wordt niet in zone A en B uitgevoerd en wordt dus niet toegepast m.b.v. spoorvoertuigen
- Kosten voor veiligheid tijdens werken langs het spoor zijn geschat op ongeveer €XX /m², deze zijn opgenomen in de berekende kosten.

Snelheid & Kosten

	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
Snelheid	4000 m ² /dag	11.500 – 13.000 m ² /dag	n.v.t.
Kosten			

Bronnen

- GWW-kosten inzaaien en maaien
- ProRail (2011) Alternatievenstudie onkruidbestrijding – Definitief 7 april 2011

21. Borstelen + vegen

Beschrijving:

- Bij borstelen verwijdert men onkruid oppervlakkig met schurende en draaiende borstels, alleen bovengrondse plantdelen worden verwijderd. De borstels worden als aanbouwtoestel bevestigd op wegvoertuigen op deze manier zijn ze goed inzetbaar op de spoorgebonden elementverhardingen. [2]
- Losgeborsteld (plant-) materiaal dient geveegd te worden voor een schoon resultaat.
- Niet-chemisch
- Reactief

Frequentie: 3-4 maal per jaar [2]

Toepasbaarheid: Varianten & Spoorzones:

	Spoorligging	Verharding	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
A	Maaiveld		n.v.t.	slecht	slecht
	Helling		n.v.t.	slecht	slecht
B	Maaiveld	(half-) verhard	n.v.t.	slecht	slecht
	Helling	(half-) verhard	n.v.t.	slecht	slecht
C	Maaiveld	(half-) verhard	n.v.t.	goed	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	n.v.t.	slecht	n.v.t.
	Helling	onverhard	n.v.t.	slecht	n.v.t.
D-E-F	Maaiveld	(half-) verhard	n.v.t.	Goed	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	n.v.t.	slecht	n.v.t.
	Helling	onverhard	n.v.t.	slecht	n.v.t.



Beperkingen en risico's

- Rondvliegend vuil en steenslag tijdens het borstelen;
- Verharding/bestrating raakt beschadigd door deze methode;
- Veiligheidsrisico's wegens rondgeslingerde objecten én zeer snel afnemende levensduur van halfverhardingen zoals ballastbed en inspectiepad.
 - o Niet geschikt voor toepassing op het schouwpad en het ballastbed (zone A en B).
 - o Enkel veilig toepasbaar op open of gesloten verhardingen, niet geschikt op halfverhardingen;
- Borstelen vaak stalen borstelharen vrijkomen die vervolgens op en in het schouwpad en ballastbed terecht komen is deze methode ongewenst. Stalen borstelharen die met hoge snelheid een passerende trein raken kunnen voor beschadigingen zorgen [2] ;
- Er is geen manuele toepassing bekend voor deze methode;
- In de praktijk wordt deze methode niet uitgevoerd m.b.v. spoorvoertuigen en dat gaat met alle waarschijnlijkheid ook niet gebeuren

Snelheid & Kosten

	Manueel	Wegvoertuig [4]	Spoorvoertuig
Snelheid	n.v.t.	12.000 m ² /dag	n.v.t.
Kosten			

Bronnen

- ProRail (2015) Delta kosten COB en alternatieven (excel-bestand)
- ProRail (2011) Alternatievenstudie onkruidbestrijding – Definitief 7 april 2011
- Tauw (2013) Inventarisatie onkruidbestrijding

22. Schoffelen/uitharken

Beschrijving:

- Het handmatig schoffelen, uitharken en/of uittrekken van onkruid is milieuvriendelijk, maar zeer arbeidsintensief en daardoor kostbaar. Bij deze methode wordt de plant in zijn geheel verwijderd waardoor hergroei onmogelijk is. [4];
- Mogelijk effectief voor toepassing op probleemsoorten;
- Niet-chemisch;
- Reactief.

Frequentie: 4 tot 5 maal per jaar [4]

Toepasbaarheid: Varianten & Spoorzones:

	Spoorligging	Verharding	Eén variant (manueel)	
A	Maaiveld		slecht	
	Helling		slecht	
B	Maaiveld	(half-) verhard	matig	
	Helling	(half-) verhard	matig	
C	Maaiveld	(half-) verhard	goed	
	Maaiveld	onverhard	slecht	
	Helling	onverhard	slecht	
D-E-F	Maaiveld	(half-) verhard	goed	
	Maaiveld	onverhard	slecht	
	Helling	onverhard	slecht	

Beperkingen en risico's

- Zeer arbeidsintensief;
 - o Zo goed als onmogelijk om te schoffelen in ballast;
- Binnen spoorzone A en B kan deze methoden alleen bij spoor uit dienst;
- Kan effectief zijn voor grondige verwijdering van probleemsoorten;
- 'door het verwijderen van de wortels de stabiliteit van het verhardingspakket wordt aangetast met als mogelijk gevolg een instabiel ballastbed.' [4]
- Kan ook worden toegepast op kleine oppervlaktes en rond obstakels

Snelheid & Kosten

Bronnen:	Manueel [4] [13]
Snelheid	400 tot 500 m ² /dag
Kosten	

Bronnen

- ProRail (2015) Delta kosten COB en alternatieven (excel-bestand)
- ProRail (2011) Alternatievenstudie onkruidbestrijding – Definitief 7 april 2011
- [13] '20180502 indexering kostenkengetallen LCM AVM' (excel-bestand)

23. Schimmels (Biobeer)

Beschrijving:

- Biologisch bestrijdingsmiddel specifiek tegen reuzenberenklauw (geproduceerd door Plant Biocontrol international). Dit middel bevat een schimmel die van nature in Nederland voorkomt, deze tast de wortels en zaden aan en zijn proeven meegedaan (Probos 2011), uitkomsten onduidelijk, nu ogenschijnlijk gestopt, daarom niks te vinden
- Niet-chemisch
- Reactief

Frequentie: 1 maal per jaar

Toepasbaarheid: Varianten & Spoorzones:

	Spoorligging	Verharding	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
A	Maaiveld		Onbekend	Onbekend	Onbekend
	Helling		Onbekend	Onbekend	Onbekend
B	Maaiveld	(half-) verhard	Onbekend	Onbekend	Onbekend
	Helling	(half-) verhard	Onbekend	Onbekend	Onbekend
C	Maaiveld	(half-) verhard	Onbekend	Onbekend	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	Onbekend	Onbekend	n.v.t.
	Helling	onverhard	Onbekend	Onbekend	n.v.t.
D-E-F	Maaiveld	(half-) verhard	Onbekend	Onbekend	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	Onbekend	Onbekend	n.v.t.
	Helling	onverhard	Onbekend	Onbekend	n.v.t.

Beperkingen en risico's

- Lijkt alleen effectief tegen reuzenberenklauw op zandgronden [12];
- is niet buitenom testen toegepast.
- Is niet verder ontwikkeld voor toepassing tegen andere onkruiden.

Snelheid & Kosten

	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
Snelheid	Onbekend	Onbekend	Onbekend
Kosten			

Bronnen

- Probos (2011) De bestrijding van invasieve uitheemse plantensoorten
- www.classiccat.net/_plantbiocontrol/biobeer_nl.php

24. Snijden met waterstraal

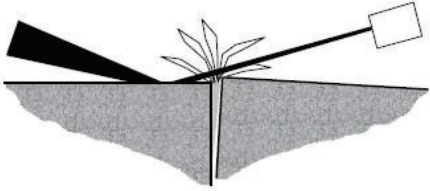
Beschrijving:

- 'Door water met een hoge druk door een kleine opening te spuiten kan een gerichte straal water worden gegenereerd die een plant direct bij de grond af kan snijden. Hiervoor is een zeer goede positionering nodig waardoor dit mechanisch zeer lastig toe te passen is. Handmatig zou dit kunnen werken doordat er beter gestuurd kan worden. In de praktijk leidt het echter tot vervuiling van de omgeving doordat straatvuil wordt opgespoten.' [5];
- Niet-chemisch
- Reactief

Frequentie: onbekend

Toepasbaarheid: Varianten & Spoorzones:

	Spoorligging	Verharding	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
A	Maaiveld		slecht	slecht	slecht
	Helling		slecht	slecht	slecht
B	Maaiveld	(half-) verhard	slecht	slecht	slecht
	Helling	(half-) verhard	slecht	slecht	slecht
C	Maaiveld	(half-) verhard	slecht	slecht	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.
	Helling	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.
D-E-F	Maaiveld	(half-) verhard	slecht	slecht	n.v.t.
	Maaiveld	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.
	Helling	onverhard	slecht	slecht	n.v.t.



Beperkingen en risico's

- Praktijkervaring ontbreekt grotendeels → daardoor zijn er geen gegevens bekend voor deze methode;
- Op bestratingen spoelen de voegen uit door de waterstraal [11];
- Veel water nodig, waardoor niet praktisch rond het spoor → niet geschikt voor toepassing op hellingen; erosiegevaar bij toepassing binnen spoorzones A en B;
- Er komt erg veel water onder redelijk hoge druk vrij;
- Beschadiging en uitspoeling van teelt-/wortellaag en daardoor vergroting erosiegevaar → niet geschikt voor toepassing binnen onverharde delen van spoorzones;

Snelheid & Kosten

	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
Snelheid	Onbekend	Onbekend	Onbekend
Kosten			

Bronnen

- Wageningen UR (2002) Toepassingsmogelijkheden van niet-chemische technieken voor onkruidbestrijding op verhardingen
- Tauw (2013) Inventarisatie onkruidbestrijding

25. Vloeibaar stikstof

Beschrijving:

- Bestrijden van onkruid met behulp van vloeibare stikstof (LN₂).
- Het gebruikte middel is niet giftig voor mens of omgeving
- Bij juist/voorgeschreven gebruik geen explosiegevaar.
- Voor zover bekend geen milieu- of inrichtingsvergunning nodig.
- Bijtanken kan binnen ongeveer 20min.
- De techniek is beschikbaar in 2 vormen, te weten:
 - o De handbediende lans voor bestrijding van o.a. invasieve exoten zoals de Aziatische Duizendknoop of Reuzenberenklauw. De lans heeft een werkdruk van 0,5-1 bar;
 - o Een voertuiggedragen (bijv. elektrische smalspoortractor met een breedte van 0,80m) machine voor vlakbehandeling. Die vlakbehandeling kan volvelds of sensorgestuurd worden uitgevoerd. De werkbreedte van de machine is 1,25m en de machinebreedte is 128,5cm. De voertuiggedragen uitvoering heeft een werkdruk van 4-6bar. Het verbruik en de werking van de machine wordt gemonitord en de gegevens kunnen via een PLC op afstand worden uitgelezen. Bij een werksnelheid van 4km/u kan een oppervlakte van 5.000m² worden behandeld
- Mogelijk effectief voor toepassing op (kleine) haarden van probleemsoorten;
- Niet-chemisch
- Preventief

Frequentie: 3 tot 5 maal per jaar

Toepasbaarheid: Varianten & Spoorzones:

	Spoorligging	Verharding	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig	 (stockfoto)
A	Maaiveld		onbekend	onbekend	onbekend	
	Helling		onbekend	onbekend	onbekend	
B	Maaiveld	(half-) verhard	goed	goed	onbekend	
	Helling	(half-) verhard	onbekend	onbekend	onbekend	
C	Maaiveld	(half-) verhard	goed	goed	n.v.t.	
	Maaiveld	onverhard	goed	goed	n.v.t.	
	Helling	onverhard	goed	onbekend	n.v.t.	
D-E-F	Maaiveld	(half-) verhard	goed	goed	n.v.t.	
	Maaiveld	onverhard	goed	goed	n.v.t.	
	Helling	onverhard	goed	onbekend	n.v.t.	

Beperkingen en risico's

- Explosiegevaar bij onjuist gebruik

Snelheid & Kosten

	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
Snelheid	480 m ² /dag	22.400 tot 36.400 m ² /dag	onbekend
Kosten			

Bronnen

- 'Kort verslag bedrijfsbezoek "CryoSoLinc" d.d. 19-6-2019'
- '20201012_concept_opzet verzameling kentallen proeftuin_CryoSoLinc

26. Afdekken

Beschrijving:

- Preventief of reactief afdekken van een spoorzone of een haard van een invasieve exoot.;
- Verschillende aanbieders/merken, Rootbarrier, Regupol anti-vegetatiemat, CU-TEX, Dupont Plantex;
- Mogelijk om bestrating of graszoden bovenop het afdek materiaal aan te brengen.
 - o Bovenstaande is moeilijk uitvoerbaar op hellingen
- Mogelijk effectief voor toepassing op (kleine) haarden van probleemsoorten:
- Probleemsoorten als Aziatische duizendknopen vereisen een voldoende stevig afdek materiaal dat minimaal drie of vier jaar blijft liggen. [15]
- Niet-chemisch;
- Preventief. (ook reactief bij invasieve exoten)

Frequentie: 1 maal aanbrengen, daarna regelmatige inspectie op doorgroei

Toepasbaarheid: Varianten & Spoorzones:

	Spoorligging	Verharding	Eén variant
A	Maaiveld		slecht
	Helling		slecht
B	Maaiveld	(half-) verhard	onbekend
	Helling	(half-) verhard	onbekend
C	Maaiveld	(half-) verhard	matig
	Maaiveld	onverhard	goed
	Helling	onverhard	goed
D-E-F	Maaiveld	(half-) verhard	matig
	Maaiveld	onverhard	goed
	Helling	onverhard	goed



Beperkingen en risico's

- Niet geschikt voor spoorzone A
 - o De toepasbaarheid verbetert mogelijk als het doek als een geovlies onder de ballast kan worden aangebracht.;
- Toepasbaarheid in spoorzone B is onbekend;
- Buitendienststelling noodzakelijk [13]
- Minder geschikt voor verharde spoorzones, omdat daar veilig over gereden en gelopen dient te worden.
 - o Eventueel onder bestrating aan te brengen, maar toepassing onbekend.

Snelheid & Kosten

	Investeringskosten
Snelheid	5.52 m/dag *
Kosten	

Bovenstaande kosten zijn afgeleid van de Proeftuin-Japanse duizendknoop, en betreffen de totaalkosten van materialen en arbeid.

- * totaal gemiddelde van alle werkzaamheden bij elkaar (adhv de proeftuin Japanse duizendknoop)
- ** hier is een relatief goedkoop afdek materiaal van €5,-/m² gebruikt → duurdere doeken zoals van Rootbarrier of Cu-TEX zullen ook tot een hogere prijs leiden
- ** Kosten per meter worden lager bij vergroting afdekvlak. [18]

Bronnen

- Kentallen anti vegetatiemat 4-06-2018 (pdf)
- '20201019_concept_aanvullende info_toepassingsmatrix' (excel bestand)

27. Antivegetatiemat (rubbergranulaat)

Beschrijving:

- Effectief voor schouwpaden en rond spoorgebonden obstakels, kan bovenop bestaande porfierverharding; [2]
- Antivegetatiematten worden al toegepast op schouwpaden, onder hekwerken en rond spoorgebonden elementen.
- Het biedt goede grip en blijft langer ijs- en sneeuwvrij door zwarte kleur.
- Al succesvol getest; [2]
- Niet-chemisch;
- Preventief.

Frequentie: 1 inspectie per jaar

Toepasbaarheid: Varianten & Spoorzones:

	Spoorligging	Verharding	Eén variant	
A	Maaiveld		slecht	
	Helling		slecht	
B	Maaiveld	(half-) verhard	goed	
	Helling	(half-) verhard	goed	
C	Maaiveld	(half-) verhard	goed	
	Maaiveld	onverhard	goed	
	Helling	onverhard	goed	
D-E-F	Maaiveld	(half-) verhard	goed	
	Maaiveld	onverhard	goed	
	Helling	onverhard	goed	

Beperkingen en risico's

- Aanschaf- en aanlegkosten zijn relatief hoog, maar de onderhoudskosten vervallen.;
 - o 'Binnen 3 jaar terugverdient t.o.v. chemische onkruidbestrijding';
 - o Aanschaf- en installatiekosten afhankelijk van locatie en hoeveelheid. Naar schatting is de levensduur 25 jaar, dus grote duurzaamheid.;
- Brandbaar materiaal;
- Niet toepasbaar op ballastbed of op onderhouds- en vluchtwegen.;
- Investeringskosten overgenomen uit kostentabel van ProRail;
 - o Kosten zijn lager wanneer een langere mat wordt aangelegd

Snelheid & Kosten

	Investeringskosten
Snelheid	tot 600 m/dag
Kosten	

Bronnen

- ProRail (2018) Kostentabel antivegetatiemat
- ProRail (2011) Alternatievenstudie onkruidbestrijding – Definitief 7 april 2011

28. Voegmiddel

Beschrijving:

- Voegmiddel tussen bestratingselementen (zoals tegels of klinkers) dat groei van onkruid tegengaat. Van belang is om de juiste combinatie van bestratingsmateriaal en voegmiddel te gebruiken om waterafvoer te behouden.
- Uit toetsing blijken de beste voegmiddelen voor onkruidpreventie (er zijn veel andere opties):
 - o 'slakkenzand', 'Dansand®' en 'Rompox®-easy' [13]
- Het voegpercentage (in oppervlakte) en het percentage organisch materiaal in de voegen zijn belangrijke factoren in onkruidpreventie [13];
 - o Lager het voegpercentage en organisch materiaal-percentage → minder onkruid
- Niet-chemisch
- Preventief

Frequentie: eenmalig

Toepasbaarheid: Varianten & Spoorzones:

	Spoorligging	Verharding	Eén variant
A	Maaiveld		slecht
	Helling		slecht
B	Maaiveld	(half-) verhard	slecht
	Helling	(half-) verhard	slecht
C	Maaiveld	(half-) verhard	goed
	Maaiveld	onverhard	slecht
	Helling	onverhard	slecht
D-E-F	Maaiveld	(half-) verhard	goed
	Maaiveld	onverhard	slecht
	Helling	onverhard	slecht

Beperkingen en risico's

- 'Grote oppervlakten half-open verharding krijgen een meer gesloten karakter waardoor water minder snel in de bodem zal trekken en daardoor mogelijk plaatselijk wateroverlast kan ontstaan.' [4];
- Alleen toepasbaar op verhardingen bestaande, niet bestaande uit ballast of porfier → niet geschikt voor zone A en B en niet geschikt voor onverharde (delen van) zone C t/m F
 - o Wel mogelijk in zone B wanneer schouwpad is betegeld i.p.v. porfier-verhard.
- Investeringskosten van deze methode zijn ingeschat aan de hand van de reconstructiekosten voor betegelde fietspaden
 - o Aanlegssnelheid en onderhoudskosten zijn niet bekend

Snelheid & Kosten

	Aanbrengen
Snelheid	onbekend
Kosten	

Bronnen

- Cement & BetonCentrum - Een weloverwogen fietspad is van beton
- Onderzoekscentrum voor de Wegenbouw (2011) Preventief onkruidbeheer op verhardingen

29. Poreus beton

Beschrijving:

- Poreus beton is een alternatief voor verhardingen. Doordat er nagenoeg geen voegen zijn wordt onkruidgroei voorkomen. In tegenstelling tot normaal beton laat poreus beton water door, afwatering is dus geen probleem.
- In Zwitserland gebruikt in plaats van porfier voor schouw- en inspectiepaden. In Nederland is dit niet gewenst, wel is het een optie voor vervoerpaden (binnen spoorzones C t/m F) [14]
- Niet-chemisch
- Preventief

Frequentie: n.v.t.

Toepasbaarheid: Varianten & Spoorzones:

	Spoorligging	Verharding	Eén variant
A	Maaiveld		slecht
	Helling		slecht
B	Maaiveld	(half-) verhard	slecht
	Helling	(half-) verhard	slecht
C	Maaiveld	(half-) verhard	Goed
	Maaiveld	onverhard	slecht
	Helling	onverhard	slecht
D-E-F	Maaiveld	(half-) verhard	Goed
	Maaiveld	onverhard	slecht
	Helling	onverhard	slecht



Beperkingen en risico's

- Niet geschikt voor spoorzones A en B
- Investeringskosten zijn waarschijnlijk hoog, maar onderhoudskosten vervallen grotendeels.
 - o Binnen een aantal jaar terugverdient t.o.v. chemische bestrijding
- Investeringskosten van deze methode zijn ingeschat aan de hand van de kosten voor betonnen fietspaden.
 - o Aanlegssnelheid en onderhoudskosten zijn niet bekend
-

Snelheid & Kosten

	Aanbrengen
Snelheid	onbekend
Kosten	

Bronnen

- Swiss SAEFL (2001) Vegetation control on the Railway tracks and grounds
- Cement & BetonCentrum - Een weloverwogen fietspad is van beton

30. Niets doen

Beschrijving:

- Bij niets doen zullen de verhardingen op den duur overwoekerd raken met onkruid. De kans op functieverlies is hierbij aanwezig. Indien men geen beheer op het schouwpad toepast zal door natuurlijke ontwikkeling ook houtige gewassen zoals berk en wilg gaan groeien.
- Niet-chemisch

Frequentie: n.v.t.

Toepasbaarheid: Varianten & Spoorzones:

	Spoorligging	Verharding	Eén variant	
A	Maaiveld		slecht	
	Helling		slecht	
B	Maaiveld	(half-) verhard	slecht	
	Helling	(half-) verhard	slecht	
C	Maaiveld	(half-) verhard	slecht	
	Maaiveld	onverhard	slecht	
	Helling	onverhard	slecht	
D-E-F	Maaiveld	(half-) verhard	slecht	
	Maaiveld	onverhard	slecht	
	Helling	onverhard	slecht	

Beperkingen en risico's

- Bij niets doen zullen de verhardingen op den duur overwoekerd raken met onkruid. Grote kans op functieverlies is hierbij aanwezig. [2] → voor geen enkele spoorzone geschikt
- Indien men geen beheer op het schouwpad toepast zal door natuurlijke ontwikkeling ook houtige gewassen zoals berk en wilg gaan groeien. [2];
- Alleen een optie wanneer natuurlijke ontwikkeling geen functieverlies of veiligheidsrisico's oplevert, zoals op onverharde (delen van) zones C t/m F.

Snelheid & Kosten

	Manueel	Wegvoertuig	Spoorvoertuig
Snelheid	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Kosten			

Bronnen

- ProRail (2011) Alternatievenstudie onkruidbestrijding – Definitief 7 april 2011

5. Bronvermelding

- [1] Stichting HOPE, „Onkruidbestrijding,” 12 november 2018. [Online]. Available: <https://www.publicspaceinfo.nl/onderwerpen/2014/01/30/onkruidbestrijding/samengevat/>.
- [2] ProRail, *Alternatievenstudie onkruidbestrijding - Definitief 7 april 2011*, 2011.
- [3] ProRail, „Jaarverslag 2017 - Verbindt. Verbetert. Verduurzaamt.,” 2017.
- [4] ProRail, *Delta kosten COB en alternatieven (excel bestand)*, 2015.
- [5] Tauw, „Inventarisatie onkruidbestrijding op verhardingen,” Deventer, 2013.
- [6] Lankhaartechneek, *Brochure infraweeder, Onkruid verwijderen met infrarood*, 2018.
- [7] J. Diks, „20201019_concept_aanvullende info_toepassingsmatrix,” Utrecht, oktober 2020.
- [8] Jean Heybroek, „Onkruidbestrijder WeedSteam,” Jean Heybroek, [Online]. Available: <https://www.jeanheybroek.com/groentechneek/producten/onkruidbestrijder-weedsteam/>. [Geopend 15 november 2018].
- [9] Knuttel Advies, *Niet-chemisch onkruidbeheer op verhardingen (verslag van 5 bijeenkomsten maart 2014)*, 2014.
- [10] Stad-en-Groen, *Iprogreen claimt dat zijn nieuwe onkruidverdelger ook een deel van de wortel doodt, Duitse machinebouwe komt met variant op heetwaterschuimmethode*, 2017.
- [11] Kema, „Diëlektrisch ontsmetten van kasgrond, Een goed alternatief voor stomen,” 2010.
- [12] Wageningen UR, *Toepassingsmogelijkheden van niet-chemische technieken voor onkruidbestrijding op verhardingen*, 2002.
- [13] H. Huising, „A13.06 UITVOEREN ALTERNATIEVE ONKRUIDBEHEERSING,” Utrecht, mei 2018.
- [14] Probos, *De bestrijding van invasieve uitheemse plantensoorten*, 2011.
- [15] Stichting Probos, „Praktijkproef bestrijding duizendknoop,” Wageningen, december 2017.
- [16] ProRail, „Kentallen anti vegetatiemat 4-06-2018,” Utrecht, 2018.
- [17] Onderzoekscentrum voor de Wegenbouw, *Preventief onkruidbeheer op verhardingen*, 2011.
- [18] Swiss SAEFL, *Vegetation control on the Railway tracks and grounds*, 2001.
- [19] G. Goeree-Overflakkee, *Evaluatie onkruidbeheersing op verhardingen 2016/2017*, 2017.
- [20] J. Diks, *Samenvatting en advies alternatief onkruidbeheer 2016*, 2017.
- [21] C. v. D. & C. K. (WUR), *Kosten onkruidbeheer op verhardingen*, 2012.
- [22] SAEFL, *Vegetation Control on Railway Tracks and Grounds*, 2001.
- [23] Canadian Pacific Railroads, *Integrated vegetation management plan*, 2010.