



Insteekhaven Waalwijk

Nautische aspecten en bodembescherming

projectnummer 435444.00
definitief revisie 2.0
7 september 2018

Insteekhaven Waalwijk

Nautische aspecten en bodembescherming

projectnummer 435444.00
documentnummer 435444-RAP-HYD-001
definitief revisie 2.0
7 september 2018

Auteurs

ir. M. (Mark) de Kloet

Opdrachtgever

Gemeente Waalwijk
Postbus 10150
5140 GB Waalwijk

datum vrijgave	beschrijving revisie 2.0	goedkeuring	vrijgave
	definitief	ir. C. (Christiaan) Tenthof	ing. G.J. (Jos) Rozema



Inhoudsopgave

Blz.

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doel van het rapport	2
1.3	Leeswijzer	2
2	Randvoorwaarden	3
2.1	Schepen	3
2.2	Bathymetrie	3
2.3	Steenklassen	4
3	Nautische aansluiting Bergsche Maas	5
4	Oever- en bodembescherming	7
4.1	Rekenmethode	7
4.2	Resultaten	10
4.3	Aansluiting met haven	12
5	Conclusies en aanbevelingen	14
5.1	Nautische aansluiting	14
5.2	Oever- en bodembescherming	14
6	Referentiedocumenten	16

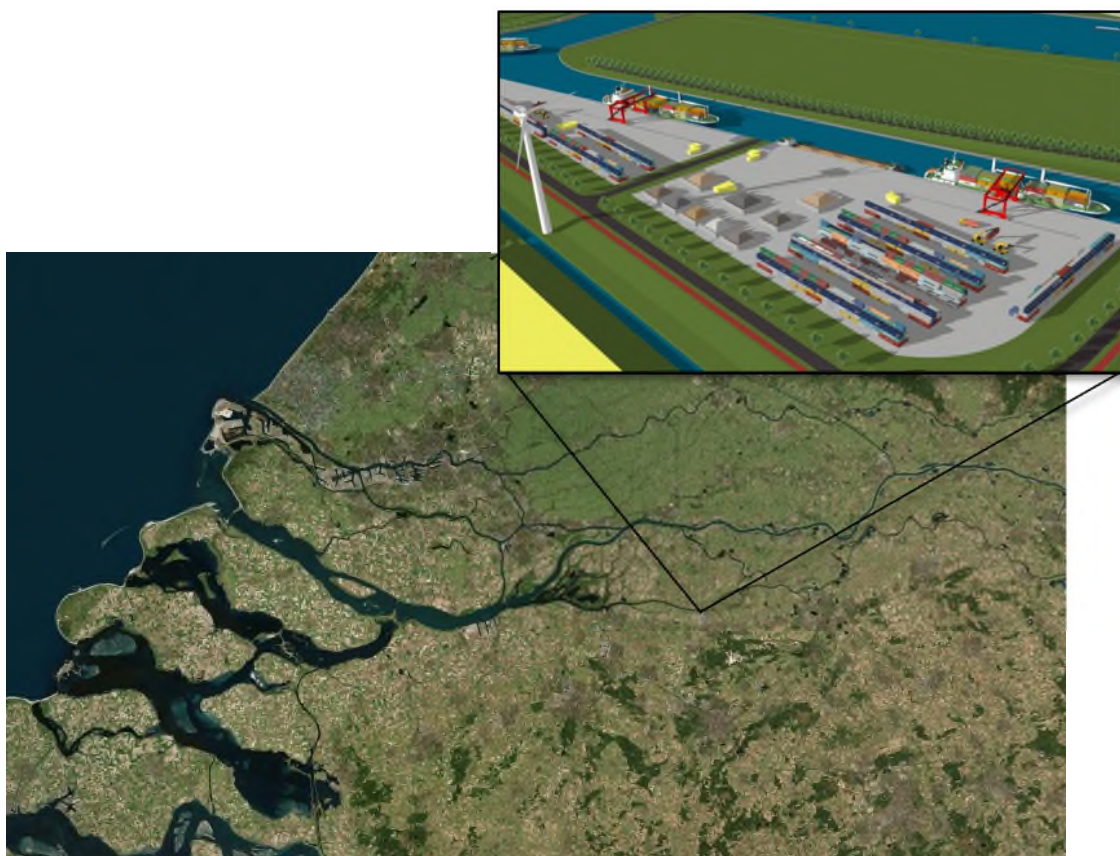
1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Aan de noordkant van de gemeente Waalwijk, ten noorden van de A59, bevindt zich een havengebied. Het havengebied ligt binnendijs en wordt, uit het oogpunt van hoogwaterveiligheid, afgesloten van de Bergsche Maas middels een sluiscomplex. Door de beperkte grootte van de sluisen is de haven momenteel bereikbaar voor schepen tot klasse CEMT-III. Om de economische groei van de regio Hart van Brabant te stimuleren, is het wenselijk dat de haven van Waalwijk toegankelijk wordt gemaakt voor de grotere CEMT-Va klasse.

Omdat het ruimtelijk en financieel niet haalbaar is om de sluis te vergroten, is er voor gekozen om de buitendijkse jachthaven om te bouwen tot een volwaardige binnenvaarthaven geschikt voor CEMT klasse V schepen. Hierbij wordt een nieuw havenbekken ontwikkeld op de locatie van de oude jachthaven, waarbij de oevers uitgevoerd worden als damwandconstructies. Tevens dient de vaarweg conform de vigerende nautische richtlijnen vormgegeven te worden en aangesloten te worden op de Bergsche Maas en de vaarroute richting de sluis.

De locatie van de haven, en een impressie van de haven, is gegeven in Figuur 1.1.



Figuur 1.1: Locatie en artist impression Insteekhaven Waalwijk

1.2 Doel van het rapport

Onderdeel van het project is de aansluiting van het nieuwe havengebied op de bestaande Bergsche Maas. Hierbij sluiten de bestaande vaarweg op de Bergsche Maas en het nieuwe havenbekken op elkaar aan. Het raakvlak tussen de bestaande en de nieuwe situatie is momenteel onvoldoende uitgewerkt. Dit document dient ter verduidelijking van de benodigde werkzaamheden om de aansluiting tussen de Bergsche Maas en het nieuwe havenbekken te verzorgen. Hierbij worden zowel het nautisch ontwerp als de stabiliteit van de bodem- en oeverbescherming beschouwd.



Figuur 1.2: Ruimtelijke scope van deze notitie (zwart vierkant)

1.3 Leeswijzer

Het document is opgedeeld in zes hoofdstukken, de volgende onderwerpen worden hierin aangesneden:

1. **Inleiding** – Een schets van de aanleiding en het doel van het document;
2. **Randvoorwaarden** – De randvoorwaarden die benodigd zijn voor het uitvoeren van de benodigde berekeningen;
3. **Nautische aansluiting Bergsche Maas** – De analyse van de nautische aansluiting op de Bergsche Maas en welke voorzieningen hiervoor benodigd zijn;
4. **Oever- en bodembescherming** – De analyse van de bodem en oever stabiliteit ten gevolge van de hydraulische belastingen op de havenmond;
5. **Conclusies en aanbevelingen** – De conclusies die uit dit document volgen en de aanbevelingen die richting vervolgfases gedaan worden;
6. **Referentiedocumenten** – De documenten die gebruikt zijn bij het opstellen van dit document;

2 Randvoorwaarden

Om de berekeningen en ontwerpen uit te kunnen voeren, zijn enkele randvoorwaarden nodig. De volgende paragrafen geven informatie over de karakteristieken van de passerende scheepvaart, de bestaande oeverconstructie en de beschikbare stortsteen graderingen.

2.1 Schepen

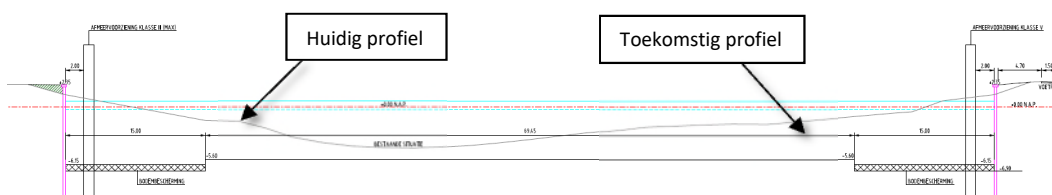
Om berekeningen te kunnen doen voor de nautische aspecten en de oeverbeschermingen, is het van belang te weten welke karakteristieken gelden voor de passerende schepen. In Tabel 2.1 is een overzicht gegeven van de scheepskarakteristieken van CEMT schepen zoals gegeven in de Richtlijn Vaarwegen 2017 [1].

CEMT klasse	Breedte [m]	Lengte [m]	Diepgang [m]		Motorvermogen [kW]	Boegschroef [kW]
			Geladen	Ongeladen		
I	3,05	38,50	2,50	1,20	175	100
II	6,60	50 – 55	2,60	1,40	240 – 300	130
III	8,20	67 – 85	2,70	1,50	490 – 640	160 – 210
IV	9,50	80 – 105	3,00	1,60	750 – 1070	250
Va	11,40	110 – 135	3,50	1,80	1375 – 1750	435 – 705
Vla	17,00	135	4,00	2,00	2400	1135

Tabel 2.1: Karakteristieken CEMT-scheepsklassen [1]

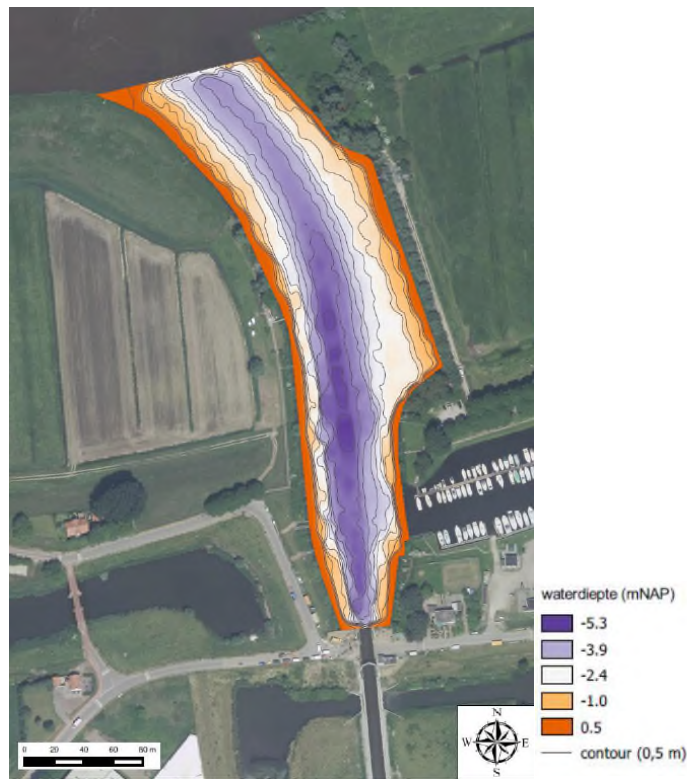
2.2 Bathymetrie

Om de oever- en bodembescherming te kunnen ontwerpen is kennis noodzakelijk van de huidige situatie met betrekking tot bodemprofiel en oevertaluds. Omdat slechts summier informatie beschikbaar is over de havenmondning, wordt hiervoor gebruik gemaakt van het dichtstbijzijnde beschikbare dwarsprofiel in de haven. In Figuur 2.1 is het dwarsprofiel (profiel 14) weergegeven waarin het huidige bodemprofiel en het voorziene toekomstige profiel is getekend. Hieruit wordt afgeleid dat de bodem tot een diepte van NAP – 5,60 [m] wordt uitgebaggerd en dat de originele taluds een helling hebben van ongeveer 11,3 [°] (1 op 5).



Figuur 2.1: Dwarsdoorsnede ter plaatse van Noord-Zuid vaargeul (Profiel 14)

Tevens is een inmeting gedaan van het huidige bodemprofiel in het havenbekken. Het bovenaanzicht is weergegeven in Figuur 2.2. Deze inmeting wordt verderop in de memo gebruikt ter indicatie van de benodigde baggerwerkzaamheden voor het creëren van de vaargeul. De laagste waterstand is in de figuur aangegeven als LWS (Laag Water Spring) en bevindt zich op NAP – 0,30 [m]. Het benodigde vaarwegprofiel wordt ten opzichte van deze waterstand vormgegeven.



Figuur 2.2: Inmeting huidig bodemprofiel Insteekhaven Waalwijk [2]

2.3 Steenklassen

Indien er bodem- of oeverbescherming benodigd is, wordt gebruik gemaakt van de karakteristieken van standaard beschikbare steengraderingen. In Tabel 2.2 zijn conform the Rock Manual [3] de karakteristieken gegeven van standaard stortsteen graderingen.

ZWAAR	Klasse	ELL	NLL	NUL	EUL	M _{em}	
		< 5% [kg]	< 10% [kg]	> 70% [kg]	> 97% [kg]	ondergrens [kg]	bovengrens [kg]
	10 000 – 15 000	6 500	10 000	15 000	22 500	12 000	13 000
	6 000 – 10 000	4 000	6 000	10 000	15 000	7 500	8 500
	3 000 – 6 000	2 000	3 000	6 000	9 000	4 200	4 800
	1 000 – 3 000	700	1 000	3 000	4 500	1 700	2 100
	300 – 1 000	200	300	1 000	1 500	540	690

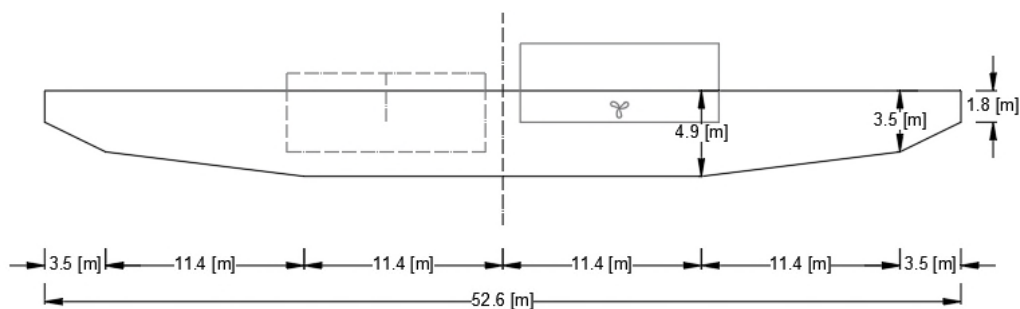
LICHT	Klasse	ELL	NLL	NUL	EUL	M _{em}	
		< 5% [kg]	< 10% [kg]	> 70% [kg]	> 97% [kg]	ondergrens [kg]	bovengrens [kg]
	60 – 300	30	60	300	450	120	190
	10 – 60	2	10	60	120	20	35
	40 – 200	15	40	200	300	80	120
	5 – 40	1.5	5	40	80	10	20
	15 – 300 ¹	3	15	300	450	45	135

Tabel 2.2: Karakteristieken standaard stortsteen graderingen [3]

¹ Wide grading

3 Nautische aansluiting Bergsche Maas

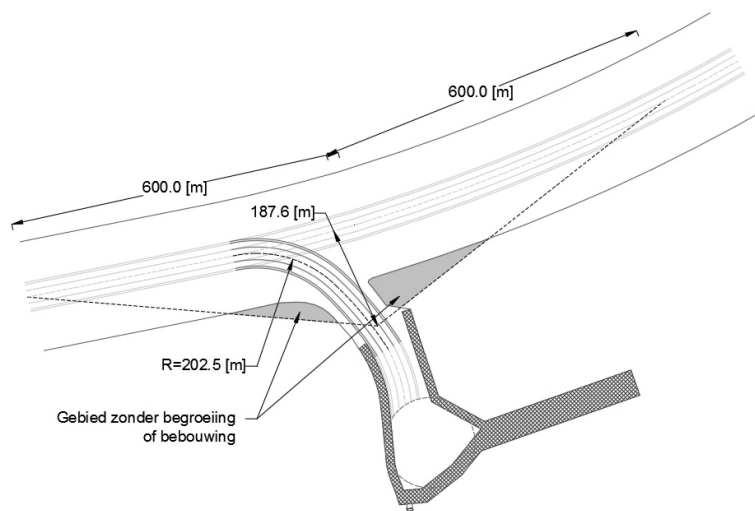
Voor het bepalen van de benodigde ruimtelijke inrichting van de vaarweg wordt gebruik gemaakt van de Richtlijn Vaarwegen 2017 [1]. Hierin wordt voor de maatgevende scheepsklasse CEMT Va een normaal vaarwegprofiel beschreven als gegeven in Figuur 3.1. Hierin is het bevaarbare gedeelte van de vaarweg voor geladen schepen gelijk aan vier maal de scheepsbreedte.



Figuur 3.1: Normaal vaarwegprofiel scheepsklasse CEMT Va [1]

Naast het gegeven vaarwegprofiel zijn er eisen over de boogstralen die benodigd zijn in het horizontale vlak. Aangezien de havenmondung een splitsing betreft, de haven sluit immers haaks aan op de bestaande vaarweg, bedraagt de benodigde boogstraal van de vaarwegas anderhalf maal de scheeps lengte ($1,5 \cdot 135 \text{ [m]} = 202,5 \text{ [m]}$). Deze boogstraal dient aan te sluiten op de vaarweg in de Bergsche Maas evenals de vaargeul in het havenbekken. In overleg met de Schuttevaer, de branchevereniging voor binnenvaartschippers, is besloten dat alleen in westelijke richting een invaarmogelijkheid hoeft te bestaan. Schepen vanuit oostelijke richting kunnen keren op de Bergsche Maas en vervolgens via de westelijke aanvaarroute de haven betreden.

Naast de eisen omtrent de vaargeul zijn er tevens eisen omtrent de zichtlijnen van schippers. Wanneer een schip de haven verlaat en de Bergsche Maas op draait is voldoende zicht op de vaargeul benodigd om zodoende de kans op aanvaringen te verkleinen. Hiervoor dient een zone gedefinieerd te worden waarop bebouwing en/of begroeiing hoger dan 2,5 [m] niet toegestaan is. Conform de Richtlijn Vaarwegen 2017 [1] dient een lengte van 600 [m] in beide richtingen langs de vaargeul zichtbaar te zijn voor de schipper. Het zichtpunt wordt bepaald vanaf een afstand van de breedte van de volledige vaargeul én de lengte van het maatgevende schip vanuit de op te varen vaargeul. In de praktijk is dit een afstand van 187,6 meter ($135 \text{ [m]} + 52,6 \text{ [m]}$) vanuit de rand van de bestaande vaargeul. De benodigde vrije zones zijn in Figuur 3.2 in grijs aangegeven.

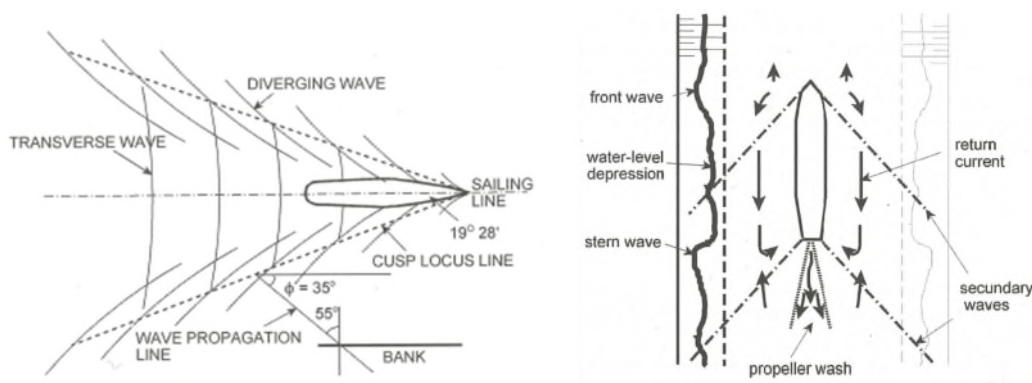


Figuur 3.2: Benodigde vaarweg aansluiting scheepsklasse CEMT Va [1]

4 Oever- en bodembescherming

De oever en bodem aan de Bergsche Maas zijde van het havenbekken wordt aan beide zijden maatgevend belast door de golven van passerende schepen. De belasting door scheepsgolven bestaat uit een viertal aan invloeden weergegeven in Figuur 4.1, zijnde:

- De hekgolf / stern wave (welke vrijwel altijd dominant is ten opzichte van de boeggolf);
- De secundaire scheepsgolven / secondary waves;
- De retourstroom / return current;
- Propellers van langsvarende schepen.



Figuur 4.1: Golfvoortplanting van scheepsgolven [4]

4.1 Rekenmethode

De belasting van de scheepvaart op de oever- en bodembescherming wordt berekend conform de rekenmethode beschreven in the Rock Manual [3]. Hiervoor dient eerst de geldende limietsnelheid, de snelheid die een schip fysiek maximaal kan bereiken in het kanaal, bepaald te worden. Deze is afhankelijk van de hoeveelheid blokkering in het kanaal en de diepte van het kanaal. De correctiefactor wordt bepaald met behulp van de iteratieve Vergelijking 4.1.

$$F_L = \left(\frac{2}{3} \cdot \left(1 - \frac{A_m}{A_c} + 0,5 \cdot F_L^2 \right) \right)^{\frac{3}{2}}$$

Vergelijking 4.1: Blokkeringsfactor limietsnelheid [3]

Hierbij is:

F_L	de blokkeringsfactor voor de limietsnelheid [$m \cdot s^{-1}$]
A_m	de natte doorsnede van het schip [m^2]
A_c	de natte doorsnede van het kanaal [m^2]

Deze vergelijking kan vervolgens gebruikt worden om de daadwerkelijke limietsnelheid uit te rekenen met Vergelijking 4.2.

$$V_L = F_L \cdot \sqrt{g \cdot h}$$

Vergelijking 4.2: Limietsnelheid in kanaal [3]

De volgende stap is om de waterniveau daling ten gevolge van de beweging van het schip te bepalen. Dit is wederom een iteratieve berekening op basis van de vergelijkingen in Vergelijking 4.3.

$$A_c^* = A_c - b \cdot \Delta h - A_m$$

$$\Delta h = V_s^2 \cdot \frac{\left(\left(1.4 - 0.4 \cdot \frac{V_s}{V_L} \right) \cdot \left(\frac{A_c}{A_c^*} \right)^2 - 1 \right)}{2 \cdot g}$$

Vergelijking 4.3: Waterstandsverlaging door scheepsbeweging [3]

Hierbij is:

A_c^*	de gecorrigeerde natte doorsnede van het kanaal [m ²]
Δh	de waterstandsverlaging als gevolg van de scheepsbeweging [m]
V_s	de daadwerkelijke snelheid van het schip [m s ⁻¹]
V_L	de limietsnelheid van het schip [m s ⁻¹]

Met deze gegevens kunnen vervolgens de belastingen van de hekgolf, de secundaire scheepsgolven en de retourstroom op de oeverbescherming berekend worden.

4.1.1 Belasting door de hekgolf

De hekgolf is de golf die achter een varend schip ontstaat (zie ook Figuur 4.1). De hoogte van de golf wordt veroorzaakt door de waterspiegeldaling die om het schip gecreëerd wordt door de voorwaartse beweging van het schip en de abrupte verhoging van de waterspiegel kort achter het schip. De hoogte van deze golf ter plaatse van de oever kan bepaald worden met behulp van de eerder bepaalde waterspiegeldaling Vergelijking 4.3 in combinatie met de excentriciteit van het schip in het kanaal, de natte doorsnede en de waterdiepte. Hiervoor kan gebruik gemaakt worden van Vergelijking 4.4.

$$\Delta \hat{h} = \Delta h \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot y \cdot h}{A_c} \right)$$

$$z_{max} = 1,5 \cdot \Delta \hat{h}$$

Vergelijking 4.4: Hoogte van de hekgolf ter plaatse van de oever [3]

Hierbij is:

$\Delta \hat{h}$	de excentrische hoogte van de hekgolf ter plaatse van de oever [m]
y	de excentriciteit van het schip ten opzichte van het midden van het kanaal [m]
z_{max}	de maximale hoogte van de hekgolf ter plaatse van de oever [m]

De benodigde nominale steendiameter kan vervolgens bepaald worden met Vergelijking 4.5.

$$d_{n50;p} = 0,84 \cdot \frac{z_{max}}{1,5 \cdot \Delta \cdot \cot(\alpha)^{\frac{1}{3}}}$$

Vergelijking 4.5: Benodigde nominale steendiameter voor bescherming tegen de hekgolf [3]

4.1.2 Belasting door de secundaire scheepsgolven

De secundaire scheepsgolven ontstaan door de superpositie van de verplaatsende waterstandsverlaging over de route van het schip. Het schip creëert golven die zich cirkelvormig uitspreiden over het water ten opzichte van het schip, doordat het schip echter constant verplaatst is elke volgende cirkel iets verplaatst en vormen zij gezamenlijk de secundaire golven richting de kust. Deze golven maken voor conventionele schepen een hoek van 35° met de vaarrichting van het schip en dus een hoek van 55° met de parallel lopende oever (zie ook Figuur 4.1).

Deze golven hebben een golfhoogte conform Vergelijking 4.6.

$$H_i = \frac{1,2 \cdot \alpha_i \cdot h}{\sqrt[3]{\frac{y}{h}}} \cdot \frac{V_s^4}{(g \cdot h)^2}$$

Vergelijking 4.6: Golf hoogte van secundaire scheepsgolven [3]

Hierbij is:

H_i	de golfhoogte van de secundaire golf [m]
α_i	coëfficiënt voor scheepstype; 1,00 voor geladen schepen, 0,35 voor ongeladen schepen [-]
L_i	de golflengte van de secundaire golf [m]

De benodigde nominale steendiameter kan vervolgens bepaald worden met Vergelijking 4.7.

$$d_{n50;s} = 0,84 \cdot \frac{H_i \cdot \sqrt{\cos(\beta)}}{1,8 \cdot \Delta}$$

Vergelijking 4.7: Benodigde nominale steendiameter voor bescherming tegen secundaire scheepsgolven [3]

4.1.3 Belasting door schroef

Het talud wordt ook belast door de schroef van een langsvarend schip. De stroom ten gevolge van de propeller ter plaatse van de oeverbescherming kan berekend worden met Vergelijking 4.8.

$$u_p(x, r) = 2,8 \cdot 1,15 \cdot \sqrt[3]{\frac{P}{\rho_w \cdot D_0^2} \cdot \left(\frac{D_0}{x}\right)} \cdot e^{-\frac{15,4 \cdot r^2}{x^2}}$$

Vergelijking 4.8: Stroomsnelheid ten gevolge van schroef [3]

Hierbij is:

$u_p(x, r)$	Stroomsnelheid achter de propeller op locatie x, r achter de propeller [m s ⁻¹]
P	Motorvermogen van maatgevend schip [W]
ρ_w	Dichtheid van het water [kg m ⁻³]
D_0	Diameter van de schroef (0,0133 · P ^{0,365}) [m]
x	Afstand tot het gewenste punt parallel aan de propeller-as [m]
r	Afstand tot het gewenste punt parallel haaks op de propeller-as [m]

De benodigde nominale steendiameter kan vervolgens bepaald worden met Vergelijking 4.9.

$$d_{n50;p} = 1,19 \cdot \frac{u_p^2}{2 \cdot g} \cdot \frac{1}{2 \cdot \frac{k_{sl}}{k_t^2}}$$

Vergelijking 4.9: Benodigde nominale steendiameter voor bescherming tegen schroeven

De correctiefactoren k_{sl} (voor de invalshoek op het talud) en k_t (voor turbulentie) zijn hierbij zoals gegeven in respectievelijk Vergelijking 4.10 en Vergelijking 4.11.

$$k_{sl} = \frac{\cos \psi \sin \beta + \sqrt{\cos^2 \beta \tan^2 \phi - \sin^2 \phi \sin^2 \beta}}{\tan \phi}$$

Vergelijking 4.10: Correctiefactor voor invalshoek op talud [3]

ψ	De hoek van de stroming ten opzichte van het talud	[°]
β	De helling van het talud	[°]
ϕ	Hoek van inwendige wrijving	[°]

$$k_t = \frac{1 + 3 \cdot r}{1,3}$$

Vergelijking 4.11: Correctiefactor voor turbulentie [3]

Hierbij is:

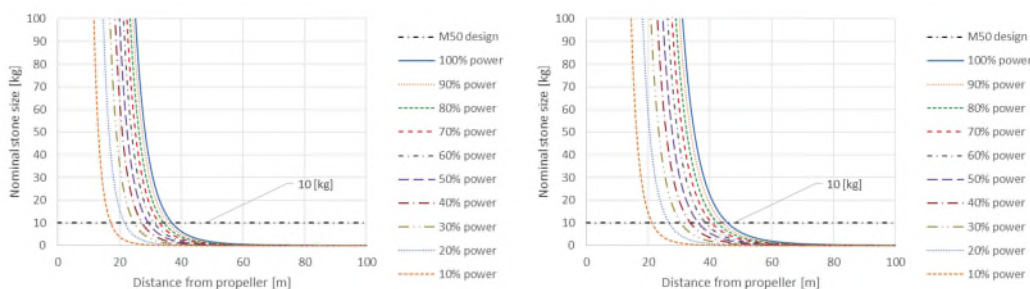
r De turbulentiefactor [-]

4.2 Resultaten

De resultaten van de analyse voor oeverbescherming en bodembescherming worden in de onderstaande paragrafen gegeven.

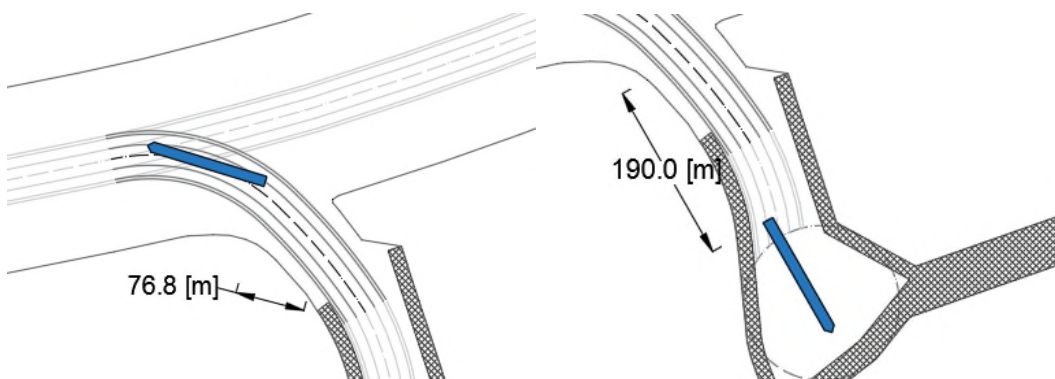
4.2.1 Oeverbescherming

De oever wordt belast door de hekgolf, secundaire golven, retourstroom en de scheepspropellers. Met behulp van de vergelijkingen uit paragraaf 4.1 kunnen de benodigde steenklassen die benodigd zijn voor de verschillende belastingen uitgerekend worden. Voor de belasting door propellers is de afstand tot de schroef van belang (parallel aan en haaks op de schroefas), hiervoor is een grafiek opgesteld met de belasting en bijbehorende steenbestorting over de afstand van de propeller. Voor de belasting wanneer de propeller recht naar de oever gericht staat is deze grafiek gegeven in Figuur 4.2a en voor wanneer het schip parallel aan de oever vaart in Figuur 4.2b.



Figuur 4.2: Benodigde nominale steenmassa bij propeller belasting op het talud voor verschillende motorvermogens bij a) een schip dat haaks op de oever ligt en b) een schip dat parallel aan de oever vaart

De afstanden tussen de propellers en het punt waar de turbulente stroming uit de propeller het talud raakt, is geïllustreerd in Figuur 4.3. Wanneer de stroming recht op het talud gericht is, betreft deze afstand 90 meter. Wanneer het schip parallel aan het talud vaart, divergeert de stroom exponentieel en legt deze na 190 meter aan langs het talud.



Figuur 4.3: Maatgevende afstanden van sloopschroeven tot talud

Uit de berekeningen voor de hekgolf, secundaire golven en retourstroom, en de analyse voor propeller belasting bij stroming haaks op het talud en parallel aan het talud, volgen de benodigde steendiameters als gegeven in Tabel 4.1.

Belasting	Maatgevende belasting	Nominale steenmassa
Hekgolf	0,47 [m]	6,48 [kg]
Secundaire golven	0,09 [m]	0,02 [kg]
Retourstroom	0,57 [m s ⁻¹]	0,003 [kg]
Propellers	0,69 [m s ⁻¹] op 76 meter van de propeller (parallel) 0,17 [m s ⁻¹] op 190 meter van de propeller (haaks)	0,13 [kg]

Tabel 4.1: Benodigde steenbekleding per type belasting

Conform Tabel 2.2 correspondeert de minimaal benodigde steenmassa van 6,48 [kg] met een steenklasse **5 – 40 [kg]**. Deze steenbestorting dient over het gehele talud aangebracht te worden met een laagdikte van 0,36 meter. Hieronder dient een geotextiel aangebracht te worden met een gewicht van 0,246 [kg m⁻²] waarop het stortsteen met een maximale valhoogte van 0,5 meter wordt aangebracht.

4.2.2 Bodembescherming

Om schadelijke erosie door sloopschroeven te voorkomen kan het nodig zijn om een bodembescherming te plaatsen onder de vaarweg. Dit is met name van belang bij afmeervoorzieningen waar de schroefbelasting geconcentreerd is en vaak op dezelfde plek.

Wanneer een schip rechtdoor door een vaargeul vaart en sediment achterwaarts verplaatst, wordt de ontstane kuil weer aangevuld door het sediment dat verplaatst wordt wanneer het schip iets verderop is. Hierom is bij rechtdoor gaande vaarwegen geen bodembescherming noodzakelijk.

Ter plaatse van de havenmond maakt de vaarweg een bocht richting de Bergsche Maas. Hierdoor wordt een deel van het sediment haaks op de vaargeul verplaatst. Er zal in de buitenbocht dus sedimentatie optreden en in de binnenbocht erosie. Door de dynamische belasting van de havenmond (schepen varen in beide richtingen en buigen naar verschillende richtingen af) is de verwachting dat eventuele ontgrondingskuilen niet dieper dan een meter zullen worden. Hiermee is het falen van de oevers ten gevolge van erosie onwaarschijnlijk. Bescherming van de bodem tegen erosie is hiermee niet noodzakelijk.

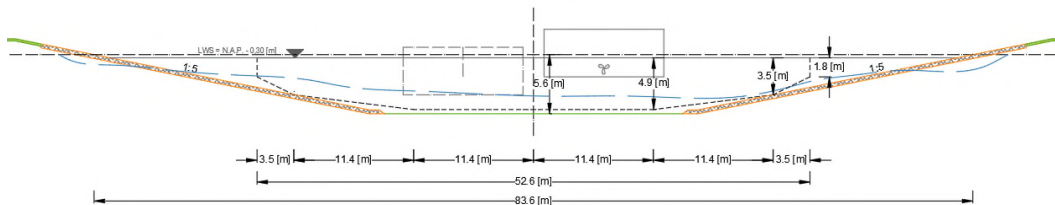
4.2.3 Geotechnische stabiliteit onderwatertaluds

In de toekomstige situatie dient ook de geotechnische stabiliteit van de (onderwater-)taluds gewaarborgd te zijn. In het ontwerp van de oeverbescherming is momenteel een 1:5 talud voorzien. Uit het uitgevoerde grondonderzoek volgt een voornamelijk kleiige ondergrond van dijk en de oever. Het 1:5-talud is dermate flauw dat de geotechnische stabiliteit van de taluds gewaarborgd is in de nieuwe situatie. Indien noodzakelijk kan het ontwerp van het talud steiler worden uitgevoerd tot op maximaal een 1:3-talud. Voor een talud steiler dan 1:3 dienen gedetailleerde geotechnische berekeningen te worden opgesteld.

4.2.4 Resultierend profiel

Het resulterende profiel is als weergegeven in Figuur 4.4. Hierin wordt onder de bestaande taludhelling van 1:5 een steenbekleding aangelegd van steenklasse 5 – 40 [kg]. Deze steenbestorting wordt tot een hoogte van 1 meter boven de gemiddelde waterstand aangelegd,

waarboven een grasbekleding kan worden toegepast. Op de bodem steunt de oeverbekleding af op een teenconstructie, er wordt geen specifieke bodembescherming toegepast.

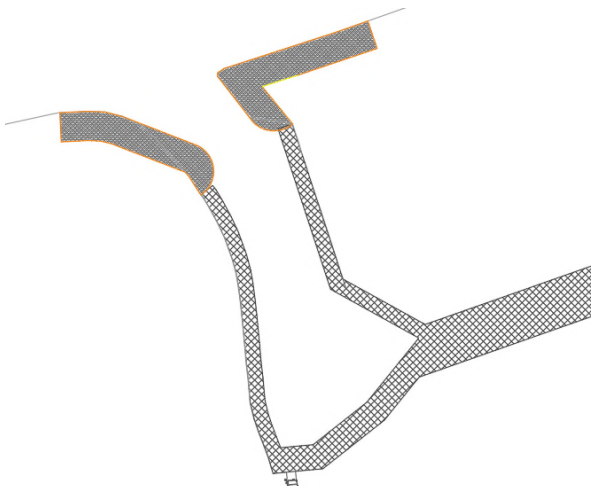


Figuur 4.4: Benodigd vaarwegprofiel in toekomstige doorsnede havenmond (huidig profiel in blauw)

In blauw in Figuur 4.4 is schetsmatig het huidige bodemprofiel weergegeven. Dit is gebaseerd op de inpeiling gegeven in Figuur 2.2. Om het minimaal benodigde vaarwegprofiel te kunnen realiseren is dus additioneel baggerwerk benodigd. Hierbij dient de vaargeul voor twee scheepsbreedtes tot minimaal N.A.P. - 5,2 meter te worden uitgebaggerd (4,9 meter minimale vaarwegdiepte bij een waterstand van N.A.P. - 0,30 [m]). Over een breedte van vier scheepsbreedtes dient het kanaal tot N.A.P. - 3,8 [m] gebaggerd te worden (3,5 [m] diepgang van geladen schip bij een waterstand van N.A.P. - 0,30 [m]). Tot slot geldt een windtoeslag voor ongeladen schepen van 3,5 meter aan beide zijden, hier dient de vaarweg tot N.A.P. - 2,1 [m] uitgebaggerd te worden (1,8 [m] diepgang van ongeladen schip bij een waterstand van N.A.P. - 0,30 [m]).

De geïllustreerde N.A.P. - 5,6 meter is gebaseerd op de voorziene diepte in de rest van de haven. De Bergsche Maas is momenteel op een diepte van N.A.P. - 5,95 [m], hier is geen additioneel baggerwerk noodzakelijk.

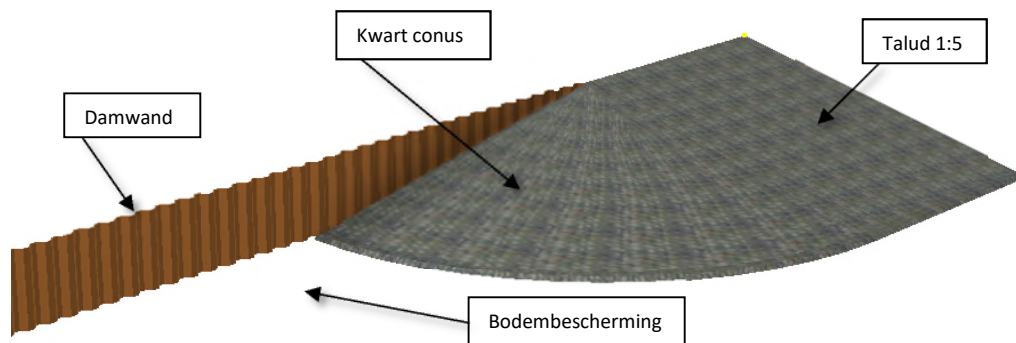
In Figuur 4.5 is indicatief aangegeven in welke zones oeverbescherming toegepast dient te worden. In de DO en UO fases van het project dient nader besloten te worden of het talud buiten- of binnenwaarts aangelegd wordt ten opzichte van de huidige situatie.



Figuur 4.5: Indicatief bovenaanzicht oeverbescherming

4.3 Aansluiting met haven

Waar de aanlegkades van de insteekhaven beginnen, gaat de oever over van een talud bekleed met stortsteen naar een verticale damwand. De overgang hiervan wordt aangelegd als een kwart conus welke van het talud tegen de damwand aan draait. Een 3D impressie hiervan is gegeven in Figuur 4.6.

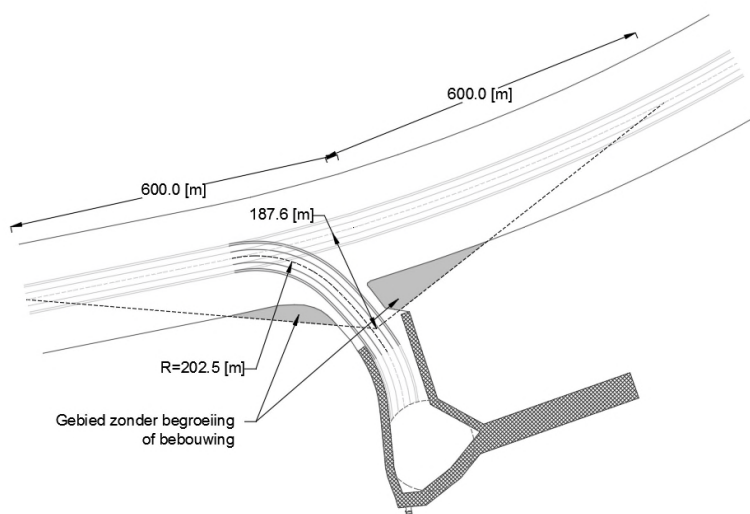


Figuur 4.6: 3D impressie van aansluiting met damwand

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Nautische aansluiting

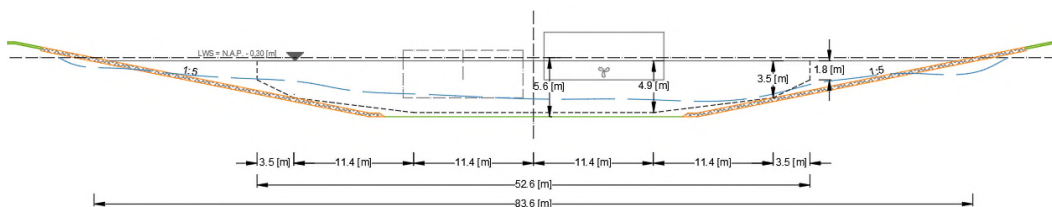
Zoals in hoofdstuk 3 beredeneerd, is een vaarwegprofiel benodigd zoals gegeven in Figuur 5.1. Hierin geeft het grijze deel het gebied waarop zich geen begroeiing op bebouwing hoger dan 2,5 meter mag bevinden.



Figuur 5.1: Benodigde vaarweg aansluiting scheepsklasse CEMT Va [1]

5.2 Oever- en bodembescherming

Zoals in hoofdstuk 4 berekend is een oeverbescherming nodig van steenklasse 5-40 [kg] met een laagdikte van 0,36 meter. Hieronder dient een geotextiel geplaatst te worden met een gewicht van 0,246 [kg m⁻²] waarop het stortsteen met een maximale valhoogte van 0,5 meter wordt aangebracht. In Figuur 5.2 is de doorsnede van de havenmond, met daarin het benodigde vaarwegprofiel, schematisch weergegeven. In blauw is tevens schetsmatig het huidige bodemprofiel weergegeven.

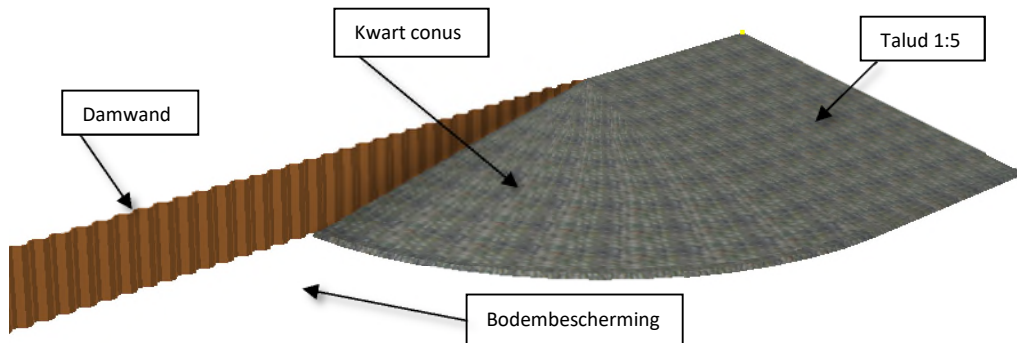


Figuur 5.2: Benodigd vaarwegprofiel in toekomstige doorsnede havenmond (huidig profiel in blauw)

Aanbevelingen:

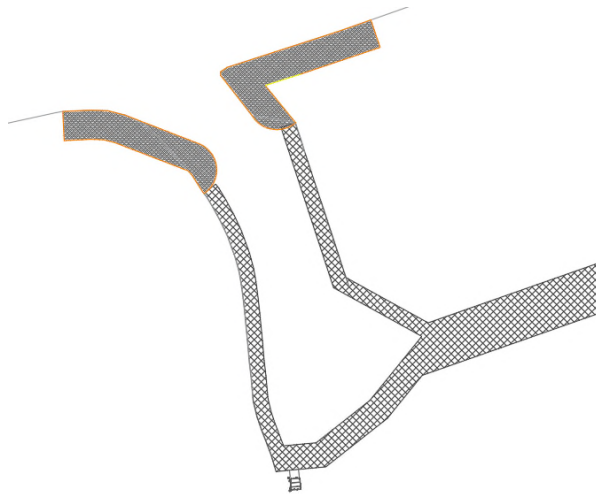
- Het versteilen van het talud tot een helling van 1:2 is mogelijk, zonder dat aanpassingen aan de berekende steenklasse of laagdikte noodzakelijk zijn. Bij versteiling van het talud naar steiler dan 1:3 dient een aanvullend onderzoek naar geotechnische stabiliteit uitgevoerd te worden;
- Het detail van de teenconstructie dient in de uitvoeringsfase nader uitgewerkt te worden met een keuze tussen een teenschot en een conventionele (gestorte) teen;

- Het talud aan oostelijke zijde (waar graafwerkzaamheden nodig zijn) zou als damwand uitgevoerd kunnen worden;
- De aansluiting van de oeverbescherming op de damwandconstructie dient uitgevoerd te worden als een kwart conus, dit is geïllustreerd in Figuur 5.3;



Figuur 5.3: 3D impressie van aansluiting met damwand

- Een indicatie van de aan te brengen oeverbescherming is weergegeven in Figuur 5.4, in de DO en UO fase moet worden besloten of het talud binnen- of buitenwaarts dient te worden gerealiseerd.



Figuur 5.4: Indicatief bovenaanzicht oeverbescherming

- Zolang de verwachte erosie in het vaarwegprofiel minder dan een meter is, is geen aanvullende bodembescherming noodzakelijk;
- In de notitie *Baggerbehoefte haven Waalwijk, versie 4* van SWECO [2] is een analyse uitgevoerd over het baggerbezwaar. Hierin wordt gesteld dat sedimentatie te verwachten is in de havenmond, en met name aan de oevers. Indien een kwantitatieve indicatie van de baggerwerkzaamheden gewenst is, is hiervoor aanvullend onderzoek nodig. De verwachtingen van SWECO op dit gebied scheppen de verwachting dat het volstaat regelmatig peilingen uit te voeren en op basis hiervan een baggerplan op te stellen.

6 Referentiedocumenten

Bij het opstellen van dit rapport zijn de volgende documenten geraadpleegd:

- [1] O. C. Koedijk, A. van der Sluijs en M. L. W. Steijn, „Richtlijn Vaarwegen 2017,” Rijkswaterstaat, 2017.
- [2] J. Kollen, „Baggerbehoefte haven Waalwijk,” SWECO, 2017.
- [3] CIRIA, The Rock Manual, London: CIRIA, 2012.
- [4] G. Schiereck, Introduction to Bed, bank and shore protection, Delft: DUP Blue Print, 2000.

Over Antea Group

Van stad tot land, van water tot lucht; de adviseurs en ingenieurs van Antea Group dragen in Nederland sinds jaar en dag bij aan onze leefomgeving. We ontwerpen bruggen en wegen, realiseren woonwijken en waterwerken. Maar we zijn ook betrokken bij thema's zoals milieu, veiligheid, assetmanagement en energie. Onder de naam Oranjewoud groeiden we uit tot een allround en onafhankelijk partner voor bedrijfsleven en overheden. Als Antea Group zetten we deze expertise ook mondiaal in. Door hoogwaardige kennis te combineren met een pragmatische aanpak maken we oplossingen haalbaar én uitvoerbaar. Doelgericht, met oog voor duurzaamheid. Op deze manier anticiperen we op de vragen van vandaag en de oplossingen van de toekomst. Al meer dan 60 jaar.

Contactgegevens

Monitorweg 29
1322 BK ALMERE
Postbus 10044
1301 AA ALMERE
T. 06 22 39 78 04
E. mark.dekloet@anteagroup.com

www.anteagroup.nl

Copyright © 2018

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.