

Prioritering van Kunstwerken

Het ontwikkelen en toepassen van een prioriteringsmethodiek voor kunstwerken in het beheer van de Provincie Overijssel

Final

maart 2015

Master Thesis

Prioritering van Kunstwerken

**Het ontwikkelen en toepassen van een prioriteringsmethodiek
voor kunstwerken in het beheer van de Provincie Overijssel**

Eenheid Wegen en Kanalen

H. (Halbert) Taekema BSc

maart 2015



UNIVERSITEIT TWENTE.

Colofon

Uitgave

Provincie Overijssel/Universiteit Twente

Plaats en datum

Apeldoorn, 30-3-2015

Lengte

74 pagina's exclusief appendices

Appendices

3 appendices (A-C)

Status

Final

Auteur

H. (Halbert) Taekema BSc
Civil Engineering and Management
Track Construction Process Management

Contact

halbert.taekema@gmail.com

Afstudeercommissie

Dr. A. (Andreas) Hartmann
Universiteit Twente
Civil Engineering and Management

Dr.mr.ir. M. (Marc) van Buiten
Universiteit Twente
Construction Management & Engineering

D. (Dick) van Boven
Provincie Overijssel
Wegen en Kanalen

Adresgegevens Provincie

Provincie Overijssel
Luttenbergstraat 2
Postbus 10078
8000 GB Zwolle
Telefoon 038 499 88 99
Fax 038 425 48 88
www.overijssel.nl
postbus@overijssel.nl

Adresgegevens Universiteit

Universiteit Twente
Faculteit Construerende Technische Wetenschappen
Drienerlolaan 5
Postbus 217
7500 AE Enschede
Telefoon 053 489 91 11
www.utwente.nl
info@utwente.nl

Voorwoord

Het afgelopen jaar heb ik me vooral bezig gehouden met het maken van keuzes. We maken dagelijks tientallen keuzes zonder ons daar misschien bewust van te zijn. Nu ik een lange tijd met het onderwerp bezig ben geweest ben ik bewuster geworden van mijn eigen keuzes. Waarom ik de auto kies in plaats van het OV. Waarom ik Netflix kijk in plaats van een reguliere uitzending. En ik weet dat geen keuze maken ook een keuze is. De ene keer pakt een keuze goed uit en anderen niet. Ik had echter bij alle keuzes die ik het afgelopen jaar heb gemaakt een en hetzelfde doel voor ogen: het afronden van mijn Master. Dit document is het resultaat van al die gemaakte keuzes. Dit document bewijst dat ik voldoende competenties heb om de titel ingenieur te mogen dragen.

Mijn onderzoek richt zich op de ontwikkeling van een methode waarmee de kunstwerken kunnen worden geprioriteerd ten behoeve van voorziene vervangingen en groot onderhoud op strategisch niveau binnen de Provincie Overijssel. Dit onderzoek is ter afronding van de masteropleiding Civil Engineering & Management aan de Universiteit Twente en is uitgevoerd bij de eenheid Wegen en Kanalen van de Provincie Overijssel. Hierbij ben ik begeleid door Dick van Boven van de provincie Overijssel, en Andreas Harmann en Marc van Buiten van de Universiteit Twente.

Ik wil iedereen bedanken die mij gedurende deze periode heeft begeleid en gesteund. Andreas bedankt voor het geduld wat je elke keer weer voor me had. Bedankt Marc voor je continue welwillendheid om mij tot nieuwe inzichten te laten komen. Dick enorm bedankt voor het delen van je persoonlijke inzichten in de werkwijze van de provincie. Ik wil mijn vriendin Gaby in het bijzonder bedanken omdat ze mij te allen tijde bleef steunen, ook wanneer ik volledig in de stress zat. Bedankt Wietze en Aaltje om dat jullie vanaf het eerste moment in mij geloofden. Tenslotte wil ik Nico, Thijs, Max, Alexander, Edo en Jozef-Jan bedanken voor de nodige verlichting tussen de bedrijven door. Ik heb jullie adviezen ter harte genomen.

Zoals men zegt kan nu het echte leven beginnen. Welke keuzes ik daarin ook maak ik weet zeker dat ze mij leiden naar een leven waarin plezier voorop staat!

Bedankt dat je de keuze hebt gemaakt om dit rapport te lezen. Ik wil je hierbij veel plezier toewensen.

Maart 2015, Apeldoorn

Halbert Taekema

Samenvatting

In dit onderzoek is onderzocht op welke manier de eenheid Wegen en Kanalen (WK) van de provincie Overijssel de kunstwerken in haar beheer op een transparante en herleidbare manier kan prioriteren op de noodzakelijkheid voor een interventie. Een aantal van de kunstwerken in het beheer van WK staan als gevolg van hun leeftijd al op de nominatie voor een interventie en als gevolg van de invoer van de NEN 1991-2 in 2013 is dit aantal alleen maar toegenomen. Het aantal is te groot waardoor de kunstwerken dienden te worden geprioritiseerd en de uiteindelijk keuze moet aan de politiek en aan de burgers te verantwoorden zijn. Als gevolg hiervan dient WK niet alleen de staat van de kunstwerken in ogenschouw te nemen, maar ook hun bijdrage aan het behalen van politieke doelen. Dit vraagt om een manier van prioriteren die op dit moment niet voor handen is bij WK en is zodoende de aanleiding voor dit onderzoek.

Voor het onderzoek naar een manier om de kunstwerken op een transparante en herleidbare manier te kunnen prioriteren op de noodzakelijkheid voor een interventie is eerst een literatuurstudie uitgevoerd op prioriteren. Elke prioritering is in essentie een multi-criteria beslissingsprobleem waarbij de alternatieven worden gerangschikt. Om dit te kunnen doen moeten eerst de criteria worden vastgesteld en dient er een beslissingsmethode te worden gekozen voor de afweging van de alternatieven op deze criteria. Dit is gedaan op basis van het beslissingsproces model van Baker et al. (2001). Deze is op enkele punten aangepast om beter toepasbaar te zijn voor de specifieke beslissingscontext omtrent het prioriteringsvraagstuk van WK. Definiëring van de alternatieven vindt eerder plaats en voor de definiëring van de doelen wordt nadrukkelijk onderscheid gemaakt tussen doelen gerelateerd aan de functies van kunstwerken en doelen gerelateerd aan de provinciale doelstellingen. Dit leidt uiteindelijk tot de formulering en selectie van een set criteria op basis waarvan de kunstwerken worden geprioriteerd. De keuze voor een beslissingsmethode vindt vervolgens plaats naar aanleiding van de specifieke probleemkenmerken en deze is toegepast in een workshop binnen de provincie. Tenslotte zijn de uitkomsten van deze workshop gevalideerd en geanalyseerd om zo tot mogelijke verbeteringen in de werkwijze te komen.

Het resultaat is een stappenplan om tot een analyse van de probleemcontext en formulering van de criteria te kunnen komen. Vervolgens is een gewogen sommering gekozen om de kunstwerken op deze criteria met elkaar te kunnen vergelijken. Hiervoor is gekozen omdat deze methode relatief simpel is wat gebruik vergemakkelijkt en bijdraagt aan de transparantie en herleidbaarheid van de prioritering. De gemeten waarden van de kunstwerken worden hierbij per criterium omgezet naar een score op een gemeenschappelijke schaal. De gewichten van elk criterium worden bepaald aan de hand van gepaarde vergelijkingen. De uiteindelijk score per kunstwerk is een resultant van de score op gemeenschappelijke schaal en het gewicht per criterium. De werkwijze wordt door de eindgebruiker als erg prettig ervaren en helpt bij het prioriteren van kunstwerken. Daarnaast kan, mede vanwege de complexiteit van de beslissingsmethode, snel op veranderingen in het politieke klimaat worden ingespeeld. Wanneer de criteria en de bijbehorende gegevens zijn achterhaald kan de beslissers eenvoudig de gevolgen van bepaalde scenario's doorwerken en het advies hierop aanpassen.

Er zit een bepaalde mate van onbetrouwbaarheid in de gebruikte gegevens. Een gewogen sommering aggregiert naar een enkele score waardoor de mate van betrouwbaarheid wegvalt. Vervolgonderzoek met een beslissingsmethode die ook de mate van betrouwbaarheid van de score van een alternatief weergeeft is aan te raden. Als gevolg van de niet beschikbare gegevens en omwille van de beschikbare tijd, heeft in dit onderzoek een prioritering plaats gevonden op basis van een lijst suboptimale criteria. Wanneer er meer tijd beschikbaar is zou het onderzoek opnieuw uitgevoerd kunnen worden op basis van andere criteria. Dit zou de betrouwbaarheid van de uiteindelijke prioritering ten goede komen. Vergelijkbaar onderzoek binnen andere beheersorganisaties of op andere infrastructurele assets valt ook zeker aan te raden. Wanneer bijvoorbeeld steeds vergelijkbare beslissingsmethodes worden gekozen dan kan worden toegewerkt naar een sector brede aanpak van prioriteringen.

Inhoudsopgave

Voorwoord	v
Samenvatting	vii
Lijst met figuren	xi
Lijst met tabellen	xiii
1 Inleiding	1
1.1 Aanleiding	1
1.2 Probleemdefinitie	2
1.3 Onderzoeksdoel en onderzoeksvragen	3
1.4 Afbakening	4
1.5 Methodologie	5
2 Multi-Criteria beslissingsmethodes	7
2.1 Multi-criteria beslissingsprobleem	7
2.2 Beschrijving van de beslissingsmethodes	10
2.3 Selectiecriteria voor de keuze van een beslissingsmethode	16
2.4 Beslissingsproces model van Baker et al.	19
2.5 Deelconclusie	21
3 Beslissingscontext bij de provincie	23
3.1 Stakeholder identificatie	23
3.2 Definiëring van het probleem	24
3.3 Identificatie van de alternatieven	25
3.4 Vaststelling van de eisen	27
3.5 Vaststelling van de doelen	28
3.6 Bepaling van de criteria	32
3.7 Deelconclusie	39
4 Beslissingsmethode voor de prioritering van kunstwerken	41
4.1 Analyse van de probleemkenmerken	41
4.2 Kiezen van een beslissingsmethode	45
4.3 Uitwerking van de beslissingsmethode - Gewogen sommering	48
4.4 Deelconclusie	54
5 Toepassing van de beslissingsmethode	57
5.1 Resultaten van de workshop	57
5.2 Gevoeligheidsanalyse	59
5.3 Mogelijke verbeteringen	65
5.4 Model 1.1 – Verbeterde gewogen sommering	66

5.5	Deelconclusie	68
6	Conclusie, discussie en aanbevelingen	69
6.1	Bevindingen	69
6.2	Beperkingen van dit onderzoek	70
6.3	Generaliseerbaarheid	71
6.4	Aanbevelingen	72
	Referenties	73
	Bijlagen	75
	Bijlage A - Verzamelde gegevens	77
	Bijlage B - Workshop	86
	Bijlage C - Wegingsmethodes	97

Lijst met figuren

Figuur 1: De verschillende contexten van het managen van infrastructuur (Hartmann, 2013)	3
Figuur 2: Schematisatie van een beslissingsmethode (Guitouni & Martel, 1998)	21
Figuur 3: Schematische weergave van de stakholdercontext van WK	24
Figuur 4: Gedachtenboom vanuit de provinciale doelstellingen	36
Figuur 5: Gedachtenboom gerelateerd aan het doel om de veiligheid te maximaliseren	38
Figuur 6: Versimpeld voorbeeld van de verschillende stappen in een gewogen somming.	50
Figuur 7: Het tabblad filtering	51
Figuur 8: Een voorbeeld van ingevulde waarden bij het criterium verkeersintensiteit, wat een criterium met gegeven op een ratio meetschaal is. Er is een onder- en bovengrens aangegeven en een waarde aangenomen voor de onbekende waarden.	51
Figuur 9: Een voorbeeld van ingevulde waarden bij het criterium Conditie score NEN 2767, wat een criterium met gegevens op een ordinale meetschaal is. De scores zijn direct toegekend aan de mogelijke waarden.	52
Figuur 10: Gedachtenboom zoals gebruikt in de workshop voor het bepalen van de gewichten van de criteria.	53
Figuur 11: Voorbeeld van toegekende punten	53
Figuur 12: Voorbeeld van berekende gewichten	53
Figuur 13: Uiteindelijk toegekende gewichten	58
Figuur 14: Deel van het resultaten tabblad. In de figuur zijn de twintig hoogst scorende kunstwerken weergegeven	59
Figuur 15: Spreiding van de totale scores na 10000 iteraties in de Monte-Carlo simulatie	62
Figuur 16: Spreiding van de rankings na 10000 iteraties in de Monte-Carlo simulatie	62
Figuur 17: Spreiding van de gewichten na 10000 iteraties in de Monte-Carlo simulatie	63
Figuur 18: Spreiding van de gewichten na 10000 iteraties in de Monte-Carlo simulatie en σ gelijk aan 5	63
Figuur 19: Spreiding van de totale scores na 10000 iteraties in de Monte-Carlo simulatie en σ gelijk aan 5	64
Figuur 20: Spreiding van de rankings na 10000 iteraties in de Monte-Carlo simulatie en σ gelijk aan 5	64
Figuur 21: De verschillende stappen om de eigenvector van de criteria te bepalen	67
Figuur 22: De verschillende stappen in een gewogen somming. In dit voorbeeld scoort alternatief 2 het hoogst.	68
Figuur 23: Voorbeeld van een genestelde scoretoedeling aan de hand van gepaarde vergelijkingen (Wikipedia, 2015).	68
Figuur 24: De verschillende stappen in een gewogen somming. In dit voorbeeld is scoort alternatief 3 het hoogst.	88
Figuur 25: Het tabblad filtering	88
Figuur 26: Een voorbeeld van ingevulde waarden bij het criterium verkeersintensiteit, wat een criterium met gegeven op een ratio meetschaal is. Er is een onder- en bovengrens aangegeven en een waarde aangenomen voor de onbekende waarden.	89
Figuur 27: Een voorbeeld van ingevulde waarden bij het criterium Conditie score NEN 2767, wat een criterium met gegevens op een ordinale meetschaal is. De scores zijn direct toegekend aan de mogelijke waarden.	89
Figuur 28: Boom zoals gebruikt in de workshop voor het bepalen van de gewichten van de criteria.	90
Figuur 29: Voorbeeld van toegekende punten	91
Figuur 30: Voorbeeld van berekende gewichten	91
Figuur 31: Resultaten voor de filtering	92
Figuur 32: Resultaten voor de schaling van de maatgevende UC-waarden	92
Figuur 33: Resultaten voor de schaling van de ontwerp norm	93

Figuur 34: Resultaten voor de schaling van het aantal incidenten per kilometer per jaar	93
Figuur 35: Resultaten voor de schaling van de conditiescore volgens de NEN 2767	93
Figuur 36: Resultaten voor de schaling van de verkeersintensiteiten (mvt per etmaal)	94
Figuur 37: Resultaten voor de schaling van de wegprioritering volgens de netwerkvisie	94
Figuur 38: Resultaten voor de schaling van de dichtheid van de nabije bebouwing (aantal gebouwen per km ²)	94
Figuur 39: Resultaten voor de schaling van de grootte van de kunstwerken	95
Figuur 40: Uiteindelijk toegekende punten	95
Figuur 41: Uiteindelijk berekende gewichten	95
Figuur 42: Deel van het resultaten tabblad. In de figuur zijn de 20 hoogst scorende kunstwerken weergegeven	96

Lijst met tabellen

Tabel 1: De beslissingstabel	8
Tabel 2: Voorbeelduitwerking van een gewogen sommering	11
Tabel 3: Voorbeeldtabel met drie criteria en alternatieven	12
Tabel 4: Overzicht van de verschillende ELECTRE methodes	14
Tabel 5: Overzicht van de probleemkenmerken genoemd in de literatuur op basis waarvan een beslissingsmethode gekozen kan worden.	17
Tabel 6: Overzicht van de objecttypes per type kunstwerk zoals gehanteerd door WK.	26
Tabel 7: Hoofdfunctie per objecttype	26
Tabel 8: Overzicht van de beleidsthema's van provinciaal belang en de hieraan gekoppelde doelstellingen	31
Tabel 9: Eerste overzicht mogelijke indicatoren	33
Tabel 10: Overzicht mogelijke indicatoren van de doelen na toetsing op de beschikbaarheid van gegevens en dubbelzinnigheid	34
Tabel 11: Overzicht van de criteria en de aanwezigheid van gegevens	39
Tabel 12: Geselecteerde criteria	40
Tabel 13: Overzicht van de probleemkenmerken zoals die zijn bij het prioriteringsprobleem van de kunstwerken.	42
Tabel 14: Beschikbare gegevens	44
Tabel 15: Correlatie tussen de kwantitatieve criteria	45
Tabel 16: Overzicht van de tabbladen in 'model 1 - gewogen sommering' zoals gebruikt in de workshop	48
Tabel 17: Voorbeeld omzetting van een plusjes en minnetjes schaal naar scores op een gemeenschappelijke schaal	49
Tabel 18: Gebruikte codes per criterium voor de verschillende waarden en scores	54
Tabel 19: De twintig hoogst scorende kunstwerken inclusief de gewogen scores per criterium	58
Tabel 20: Vergelijking tussen de originele situatie en scenario 1 van de gevoeligheidsanalyse	60
Tabel 21: Vergelijking tussen de originele situatie en scenario 2 van de gevoeligheidsanalyse	60
Tabel 22: Veranderde waarden bij scenario 3	60
Tabel 23: Resultaten van de totale scores (TS) en rankings van de scenario's ten opzichte van de resultaten uit de workshop	61
Tabel 24: Overzicht van de tabbladen in 'model 1 - gewogen sommering' zoals gebruikt in de workshop	66
Tabel 25: Begeleidende scoringstabel voor het bepalen van de gewichten	67
Tabel 26: Geselecteerde criteria	70
Tabel 27: Overzicht van de verzamelde gegevens	78
Tabel 28: Overzicht van het aantal kunstwerken per verkeersklasse	78
Tabel 29: Scores op basis van de leeftijd	79
Tabel 30: Scores op basis van de ontwerpklasse	79
Tabel 31: UC-waarde per risicocategorie	80
Tabel 32: Overzicht toegekende intensiteiten	82
Tabel 33: Overzicht van de tabbladen in 'model 1 - gewogen sommering' zoals gebruikt in de workshop	87
Tabel 34: Gebruikte codes per criterium voor de verschillende waarden en scores	91

1 *Inleiding*

De prioritering en selectie van uit te voeren onderhoud- en vervangingsprojecten van kunstwerken is een complex probleem dat speelt binnen de Provincie Overijssel. In dit onderzoeksrapport wordt een methode voorgesteld hoe tot een dergelijke prioritering gekomen kan worden. Voor vergelijkbare multi-criteria problemen worden de stappen beschreven hoe tot de selectie van een beslissingsmethode gekomen kan worden.

In het eerste hoofdstuk dient ter introductie van het onderzoek. Hierin worden de aanleiding en het doel van het onderzoek besproken. Het hoofdstuk gaat vervolgens in op de afbakening, de gevolgde methodologie en de relevantie van het onderzoek. Hoofdstuk 2 is een literatuurstudie met als doel verschillende methodes te identificeren waarmee de kunstwerken kunnen worden geprioriteerd en een stappenplan te vinden om tot een prioritering te komen. Voor de selectie van het best passende beslissingsmethode dient echter ook de probleemcontext helemaal duidelijk te zijn. Daarom wordt in Hoofdstuk 3 deze context vorm gegeven door middel van het doorlopen van de processtappen van het beslissingsproces model van Baker et al. (2001). Vervolgens wordt in Hoofdstuk 4 tot een voorstel van een prioriteringsmethode te komen. Deze wordt daarna gevalideerd en geverifieerd door het toe te passen op het prioriteringsprobleem van de provincie Overijssel en de resultaten te bespreken in Hoofdstuk 5. Het rapport sluit af met de conclusies en discussie.

1.1 *Aanleiding*

De eenheid Wegen en Kanalen (WK) van de Provincie is verantwoordelijk voor de realisatie en het beheer van de provinciale infrastructuur voor weg- en watertransport. Deze provinciale infrastructuur bestaat uit een groot aantal fysieke assets, waaronder kunstwerken. Als onderdeel van de Provincie moet WK voor de realisatie en het beheer van de kunstwerken verantwoording afleggen aan de Provinciale Staten. Deze verantwoording vindt jaarlijks plaats in een meerjarenperspectief. Hierin worden de door WK noodzakelijk geachte projecten voor de komende jaren besproken. Er wordt in het meerjarenperspectief uitgelegd waarom juist deze projecten moeten worden uitgevoerd en hoeveel geld hiervoor benodigd is. Het meerjarenperspectief van WK wordt, samen met die van de andere eenheden, afgewogen door de Provinciale Staten en zij stelt op haar beurt een budget beschikbaar aan WK voor de uitvoer. Het werk dat uiteindelijk uitgevoerd kan worden wordt zodoende bepaald door het beschikbare gestelde budget.

De selectie van kunstwerken waarvoor een interventie toegepast zou moeten worden is, in het algemeen, afhankelijk van de noodzaak voor een prestatieverbetering of het potentiële nut van een interventie. Dit wordt op dit moment gedaan door te kijken naar de theoretische levensduren van de kunstwerken en op basis van periodieke inspecties. Voor WK zijn er het afgelopen jaar echter een aantal factoren naar voren gekomen waardoor zij zich genoodzaakt zien om actie te ondernemen op de manier waarop ze kunstwerken prioriteren.

Allereerst is het merendeel van de kunstwerken in beheer van WK net na de tweede wereldoorlog gerealiseerd. De standaard ontwerplevensduur van deze kunstwerken is 80 tot 100 jaar, wat betekent dat, vanaf 1950 gerekend, er vanaf 2030 een groot aantal kunstwerken op de nominatie staat om vervangen te worden (Boven D. v., 2014b). Een relatief groot aantal kunstwerken staat zodoende al op de nominatielijst voor een interventie.

Daarnaast heeft er een verandering in wet- en regelgeving plaats gevonden, waardoor kunstwerken na het uitvoeren van (klein) onderhoud al moeten voldoen aan een nieuwe norm. Veel van de kunstwerken zijn ontworpen volgens constructieve normen die zijn ingehaald door de tijd.

Voortschrijdende constructieve inzichten en toename in verkeersintensiteit en verkeersbelasting hebben tot een nieuwe Europese norm geleid; de '*Eurocode NEN-EN 1991-2 Verkeersbelasting op bruggen*', welke in april 2012 van toepassing is geworden (NEN, 2011). Wanneer er onderhoud aan een kunstwerk plaatsvindt dan moet deze hierna, onder het nieuwe bouwbesluit, aan de Eurocode voldoen. In de praktijk betekent dit dat gepland onderhoud vaak niet volstaat omdat de verlangde prestatie van de kunstwerken toegenomen is. Er is voor een aantal kunstwerken vervanging of groot onderhoud nodig is waar voorheen met minder kon worden volstaan.

Tenslotte is WK bezig om Asset Management binnen de organisatie in te voeren, met als doel haar assets efficiënter te kunnen beheren. Als gevolg hiervan dienen het keuzeprocess en beslissingen herleidbaar en gedegen onderbouwd te zijn. Vanuit de Provinciale Staten is onder andere in de omgevingsvisie een richtlijn gegeven voor het beleid van haar verschillende eenheden door middel van verschillende beleidsthema's. Zodoende speelt voor de prioritering van kunstwerken naast de constructieve veiligheid ook het belang van een kunstwerk voor het behalen van de provinciale doelstellingen een rol. Dit belang benadrukt de (potentiele) consequenties die uit een constructief onveilig, en dus niet meer bruikbaar kunstwerk resulteren. Met andere woorden, als een kunstwerk niet of slechts beperkt gebruikt kan worden als gevolg van een prestatieverlies, dan beïnvloed dit tevens de beleidsambities van de provincie.

In het onderzoek staat de ontwikkeling van een methodiek om kunstwerken te kunnen prioriteren centraal. In dat opzicht is dit onderzoek niet uniek. Wetenschappelijk gezien zijn het echter de contextuele kenmerken waar de tool mee om moet gaan die het onderzoek interessant maken. Hierbij kan gedacht worden aan kenmerken zoals de politieke 'kleur' van een Provincie, de onvolledige gegevens over kunstwerken en de het grote aantal kunstwerken dat tegen elkaar afgewogen moeten worden.

De Provincie zou met dit onderzoek haar kunstwerken (en eventueel ook andere assets), vanuit strategisch oogpunt kunnen prioriteren op basis van meer dan alleen de theoretische levensduur. Dit biedt de basis voor een heldere, transparante en goed onderbouwde programmering. En wanneer de programmering goed onderbouwd is wordt deze ook eerder aangenomen in de budgetverdeling. Hierdoor kan de Provincie het werk uitvoeren en de wettelijke en gewenste prestaties van haar assets garanderen. De uiteindelijke winst voor de Provincie is zodoende tweeledig. De eenheid WK krijgt toereikende budgetten toegewezen voor onderhoud en vervanging van haar kunstwerken. Daarnaast is er tevens de politieke verantwoording voor het gevoerde beleid. Wanneer het prioriteringsmodel geabstraheerd wordt zouden ook de assets van verschillende eenheden binnen de Provincie tegen elkaar afgewogen worden. Op deze manier wordt een meer integrale afweging gemaakt.

1.2 Probleemdefinitie

De besluiten van WK, en die van andere beheersorganisaties van infrastructuur, worden beïnvloed door verschillende factoren uit zowel de externe- als de interne context. In een overheidsorganisatie kan daar een extra dimensie aan toegevoegd worden in de vorm van de politiek. De interne context representeert op deze manier de context voor WK en niet voor de provincie in zijn geheel. Figuur 1 toont een weergave van deze contextuele relaties.

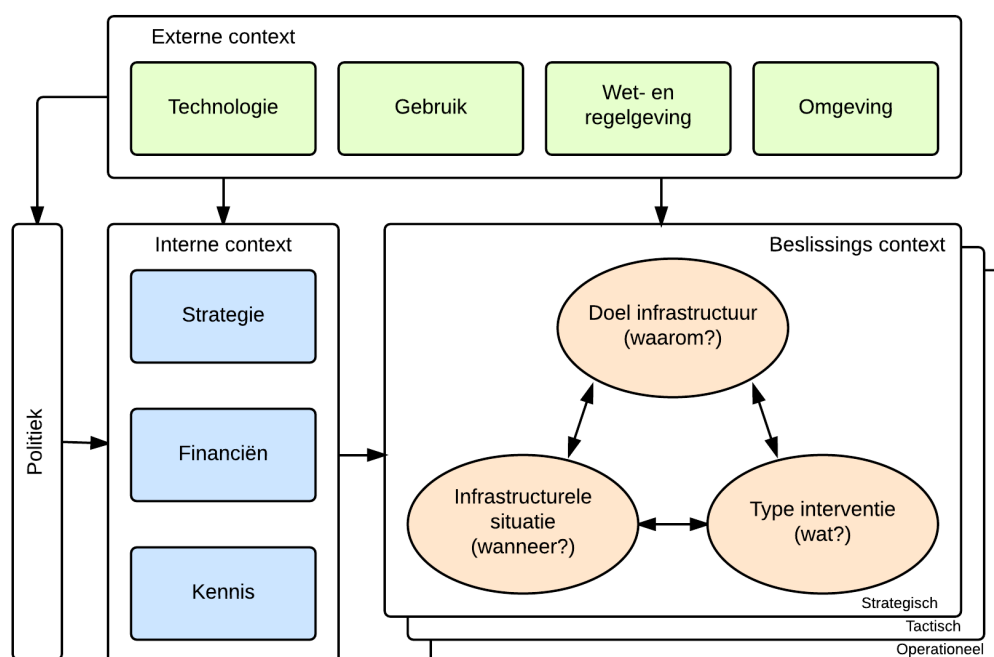
Externe factoren als technologische ontwikkelingen, gebruik, wet- en regelgeving en de omgeving kunnen allemaal de politiek, de interne context en de besluiten beïnvloeden. De politiek heeft een grote invloed op de strategie en financiën van WK. Vervolgens beïnvloed de interne context in de vorm van strategie, financiën en kennis van een organisatie ook de besluiten.

Er vinden continu veranderingen plaats die leiden tot een verandering van de verschillende contexten. Deze veranderingen vinden meestal gestaag plaats, maar voor WK zijn enkele van deze contextuele factoren in een relatief korte tijd zodanig gewijzigd dat de beslissingscontext ook wordt aangetast. Om tot een meerjarenperspectief te komen neemt WK onder andere jaarlijks de volgende drie beslissingen in ogenschouw (Universiteit Twente, 2014):

- 1) Voor welke kunstwerken zouden interventies toegepast moeten worden?
- 2) Welke interventies zouden voor deze kunstwerken toegepast moeten worden?
- 3) Wanneer zouden deze interventies toegepast moeten worden?

Dit onderzoek richt zich op de eerste vraag, omdat de gewijzigde context deze vraag als eerste beïnvloed. Nieuwe wet- en regelgeving, een wijziging in de strategie en de noodzaak voor meer verantwoording richting de politiek zorgen voor een complexere afweging voor welke kunstwerken een interventie toegepast dient te worden. Er staan meer kunstwerken op de nominatie dan dat er geld en materiaal beschikbaar is. Er dient derhalve een prioritering plaats te vinden om te bepalen voor welke kunstwerken een interventie het meest wenselijk is.

In een prioritering worden de kunstwerken onderling vergeleken en gerangschikt op basis van meerdere criteria. Deze criteria vloeien voort uit de specifieke context van het beslissingsprobleem. Om een het maken van een optimale keuze te ondersteunen kan gebruik worden gemaakt van Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) methodes. Het is echter de verwachting dat voor de gestelde context geen standaard beslissingsmethode beschikbaar is die leidt tot een optimale rangschikking. Er moet een manier worden gezocht om de kunstwerken onderling op een herleidbare en zo objectief mogelijk manier te rangschikken binnen de gestelde context.



Figuur 1: De verschillende contexten van het managen van infrastructuur (Hartmann, 2013)

1.3 Onderzoeksdoel en onderzoeksvragen

Het valt binnen de verwachting dat voor een disproportioneel groot aantal kunstwerken in de nabije toekomst een grootschalige interventie toegepast moet worden. De provincie heeft hiervoor niet voldoende geld en materiaal beschikbaar om dit allemaal uit te voeren waardoor een prioritering dient plaats te vinden.

De huidige prioriteringsmethode voorziet niet in een afweging van de provinciale doelen waardoor de verantwoording naar boven in gevaar komt. Zodoende heeft het management team van WK de wens uitgesproken voor de ontwikkeling van een prioriteringsmodel, dat voorziet in een transparante en onderbouwde rangschikking van de noodzaak van een interventie bij de kunstwerken. Het doel van dit onderzoek is om een dergelijk model te ontwikkelen, waardoor het onderzoeksdoel als volgt kan worden geformuleerd:

Het selecteren of ontwerpen van een methodiek die leidt tot een transparante en herleidbare prioritering van kunstwerken in het beheer van WK op basis van de noodzaak voor een interventie.

Dit leidt tot de volgende onderzoeksdoel:

Op welke manier kan WK de kunstwerken in haar beheer op een transparante en herleidbare wijze prioriteren op de noodzakelijkheid voor een interventie?

Om de onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden zijn de onderstaande deelvragen opgesteld. Beantwoording van deze vragen leidt tot een stapsgewijze beantwoording van de onderzoeksvraag en volbrenging van het onderzoeksdoel.

1) Hoe zou op basis van de literatuur een prioritering plaats moeten vinden?

Allereerst wordt uit de literatuur vastgesteld wat een prioritering, in essentie, is en welke methodes daarvoor beschikbaar zijn om een prioritering uit te voeren. Vervolgens wordt vastgesteld welke stappen ondernomen dienen te worden om tot een prioritering te komen. Dit is de basis voor de volgende deelvragen.

2) Op basis van welke criteria kan de noodzakelijkheid voor een interventie van kunstwerken worden bepaald?

In deze deelvraag wordt bepaald op basis van welke criteria de prioritering van kunstwerken in het beheer van WK plaats dient te vinden. Pas als bekend is waarom er een noodzaak is voor een interventie bij kunstwerken dan kunnen deze pas worden geprioritiseerd. Dit wordt gedaan door onder andere te kijken naar het provinciale beleid dat hieraan ten grondslag ligt. Ofwel waar hecht de provincie waarde aan waardoor een interventie van een kunstwerk een hogere prioriteit krijgt.

3) Welke beslissingsmethode past het beste bij het prioriteringsprobleem van WK?

In de derde deelvraag wordt onderzocht hoe de kunstwerken, op basis van de in deelvraag twee gevonden criteria, met elkaar kunnen worden vergeleken en geprioritiseerd. Het is hierbij van belang te achterhalen welke beslissingsmethode het beste past bij het specifieke prioriteringsprobleem en de probleemcontext. Daarnaast wordt uitleg gegeven over de stappen die doorlopen worden in de beslissingsmethode.

4) In hoeverre geeft de geselecteerde beslissingsmethode een bruikbaar antwoord op het beslissingsprobleem van de provincie?

Met behulp van een workshop wordt nagegaan of de prioritering volgende uit de hiervoor geselecteerde beslissingsmethode een bruikbaar antwoord oplevert ten aanzien van het beslissingsprobleem van de provincie. Mede door het uitvoeren van een gevoeligheidsanalyse kunnen mogelijke verbeterpunten voor de beslissingsmethode worden geïdentificeerd en toegepast.

1.4 Afbakening

Dit onderzoek richt zich op het ontwikkelen van een methodiek of stappenplan voor het prioriteren van interventies aan kunstwerken. Er zijn echter verschillende interventie mogelijkheden, met elk een eigen investeringseis. Omwille van de extra complexiteit die dit met zich meebrengt wordt dit niet meegenomen in dit onderzoek. Dit geldt ook voor de programmering van de uitvoering van interventies in de tijd. Dit onderzoek beoogt slechts een leidraad te geven om te bepalen voor welke kunstwerken een interventie het meest noodzakelijk is.

Het onderzoek is uitgevoerd bij de eenheid WK van de Provincie Overijssel. De keuze voor een beslissingsmethode is derhalve ook toegespitst op de situatie binnen de Provincie. Deze keuze is sterk afhankelijk van de specifieke context en het is dus aannemelijk dat deze niet één-op-één toepasbaar is voor een vergelijkbaar prioriteringsvraagstuk van een andere eenheid of van een andere beheersorganisaties van infrastructuur.

Tot slot zijn de mogelijke waarden die uit het te ontwikkelen afwegingskader komen in geen opzicht bindend. Een prioritering dient slechts ter ondersteuning van de besluitvorming rondom de keuze voor welke kunstwerken een interventie toegepast zou moeten worden. In het model kunnen onmogelijk alle contextuele relaties.

1.5 Methodologie

De vier deelvragen worden elk op een verschillende manier aangepakt. De eerste deelvraag zal met behulp van de literatuur in Hoofdstuk 2 worden beantwoord. De deelvraag richt zich hier ook op omdat wordt gevraagd hoe op basis van de literatuur een prioritering plaats zou moeten vinden. In de literatuur wordt een antwoord gezocht op de vraag wat een multi-criteria beslissingsprobleem is, welke types problemen er zijn, en welke methodes genoemd worden om tot een prioritering te komen. Daarnaast wordt gezocht naar een leidraad om tot een prioritering te komen. Daarom wordt tevens gekeken naar criteria om te achterhalen welke prioriteringsmethode het meest geschikt is voor een specifiek prioriteringsprobleem.

Met behulp van een in de eerste deelvraag gevonden leidraad wordt de probleemcontext in Hoofdstuk 3 verder uitgediept. Door de probleemcontext te verduidelijken kan concreet worden achterhaald wat het probleem is, welke eisen en doelen aan het probleem worden gekoppeld en op basis van welke criteria dit zou moeten gebeuren. Op deze manier worden de criteria achterhaald die uiteindelijk de noodzakelijkheid voor een interventie aangeven bij kunstwerken. Er wordt hierbij gebruik gemaakt van interne documentatie en kennis over het prioriteringsprobleem. Zowel de interne als de externe context worden bekeken evenals de invloed vanuit de politiek op het prioriteringsprobleem.

Wanneer de criteria gevonden en geselecteerd zijn dan dienen de kunstwerken op basis van deze criteria op de een of andere manier tegen elkaar te worden vergeleken om tot een rangschikking of prioritering te komen. Dit wordt gedaan in Hoofdstuk 4. De grondslag voor een keuze voor een methode of te volgen stappen is al gelegd in het literatuuronderzoek gekoppeld aan de eerste deelvraag in Hoofdstuk 2. Hierin zijn al enkele prioriteringsmethodes besproken en er is gezocht naar criteria om te achterhalen welke prioriteringsmethode het meest geschikt is voor een specifiek prioriteringsprobleem. Omdat de probleemcontext verder is uitgediept en vastgesteld in de tweede deelvraag kan gericht worden gezocht naar een prioriteringsmethode die past bij de probleemcontext.

Vervolgens wordt de prioriteringsmethode toegepast op het prioriteringsprobleem van WK. In een workshop wordt de methode met behulp van enkele medewerkers toegepast en besproken. Dit resulteert in een prioritering van de kunstwerken in het beheer van WK op de noodzakelijkheid voor een interventie. Nadien wordt een gevoeligheidsanalyse toegepast op de resultaten. De resultaten van de workshop dienen zo ter validatie en verificatie van de methode en er worden mogelijk enkele verbeteringen voorgesteld. De resultaten van de workshop en de gevoeligheidsanalyse zijn terug te vinden in Hoofdstuk 5.

Als laatste is er plaats voor discussie, aanbevelingen en de conclusie van het onderzoek.

2 *Multi-Criteria beslissingsmethodes*

In dit hoofdstuk wordt de literatuur over beslissingsproblemen en beslissingsmethodes behandeld. Er zijn verschillende beslissingsproblemen die elk verschillende oplossingen hebben. In dit onderzoek staat een het prioriteringsprobleem van de Provincie Overijssel centraal. Dit is een multi-criteria beslissingsprobleem waarbij de verschillende kunstwerken dienen te worden gerangschikt op de noodzakelijkheid voor een interventie. Als eerste wordt het concept multi-criteria beslissingsprobleem nader toegelicht. Voor deze multi-criteria beslissingsproblemen zijn er drie hoofdstromen van methodes die oplossingen bieden voor een multi-criteria beslissingsprobleem. Van deze hoofdstromen worden de meest gangbare methodes toegelicht en hun voor- en nadelen worden besproken.

Elk van deze methodes zou een oplossing kunnen bieden voor het probleem van de provincie, maar het is de vraag welke het beste bij problematiek past of hier het meest geschikt voor is. Daarom wordt in de literatuur tevens gezocht naar selectiecriteria op basis waarvan een keuze tussen de verschillende beslissingsmethodes kan worden gemaakt. Hieruit zal blijken dat een keuze erg afhankelijk is van de probleemcontext. Daarom wordt tenslotte het beslissingsproces model van Baker et al. voorgesteld om tot een oplossing van het probleem te komen. Door middel van het doorlopen van de processtappen uit het model kan de probleemcontext worden gestructureerd, kan een passend beslissingsmethode worden gekozen en kunnen de uiteindelijke resultaten worden gevalideerd. Dit model zal de leidraad gaan vormen voor de hierna volgende hoofdstukken.

2.1 *Multi-criteria beslissingsprobleem*

Elk beslissingsprobleem is uniek. Er zijn simpele beslissingsproblemen die iedereen dagelijks (al dan niet bewust) tegenkomt en complexe beslissingsproblemen waar een hele natie van afhankelijk kan zijn. Omdat elk beslissingsprobleem uniek is zijn er ook bijna net zoveel manieren, technieken, methodes en methodieken om de beslissing te maken. Maar wanneer maak je een juiste beslissing? Is er überhaupt wel een juiste beslissing? En welke stappen zou je moeten nemen om de juiste beslissing te kunnen maken? Zomaar een paar zeer relevante vragen die je hierbij zou kunnen stellen.

Omdat er zoveel manieren zijn om tot een juiste of optimale beslissing te komen is het goed om eerst na te gaan wat voor soort beslissingsprobleem we te maken hebben in het geval van de provincie Overijssel. Aan de hand van het aantal criteria en alternatieven zal blijken dat het om een multi-criteria beslissingsprobleem gaat en dat er hierbinnen nog meerdere typeringen zijn. Verder is een juiste of optimale keuze afhankelijk van de voorkeur van degene die de beslissing neemt en hoe hij deze uitdrukt. Uiteindelijk zal in deze paragraaf blijken dat er drie hoofdstromen van methodes zijn te identificeren voor een multi-criteria beslissingsprobleem.

2.1.1 *Aantal criteria en alternatieven*

Voor de keuze van een methode is allereerst het aantal criteria en alternatieven van belang. Er is een belangrijk onderscheid tussen problemen met een enkel criterium en problemen met meerdere criteria. Een beslissing waarbij slechts een enkel criterium van toepassing is kan impliciet genomen worden door bepaling van het alternatief met de beste waarde op dat criterium. Er is in dit geval sprake van een klassiek optimalisatieprobleem: de doelfunctie is het enige criterium en de beperkingen worden gegeven door de eisen aan de alternatieven. Afhankelijk van de vorm en de beschrijving van het optimalisatieprobleem kunnen verschillende optimalisatietechnieken worden

gebruikt voor de oplossing. Voorbeelden hiervan zijn lineaire programmering, niet-lineaire programmering en discrete optimalisatie.

Er zijn verschillende classificaties voor beslissingen met meerdere criteria (Engels: Multiple-Criteria Decision-Making; MCDM). Een belangrijk onderscheid wordt gemaakt in de oplossingsruimte van problemen. Beslissingsproblemen met meerdere criteria kunnen namelijk een eindige of een oneindige oplossingsruimte hebben. Er zijn, in andere woorden, oneindig veel of een beperkt aantal alternatieven voor een specifiek probleem. Dit onderscheid kan worden gezien als een gevolg van het impliciet of expliciet bekend zijn van de alternatieven.

Beslissingsproblemen met meerdere criteria en een oneindig aantal mogelijke alternatieven behoren tot het gebied van multi-criteria optimalisatie en worden multi-criteria ontwerp problemen genoemd. Bij deze problemen zijn de alternatieven alleen impliciet bekend. Een alternatief kan gevonden worden door het oplossen van een mathematisch model. Er wordt gezocht naar een beste alternatief op basis van een set conflicterende doelen (Yoon & Hwang, 1995). De hoeveelheid alternatieven is dan oneindig wanneer één of meerdere variabelen continu van aard is, of erg groot wanneer alle variabelen discreet zijn.

Multi-criteria beslissingsproblemen waarbij vooraf het aantal alternatieven expliciet bekend zijn worden ook wel multi-criteria evaluatie problemen genoemd. Elk alternatief wordt in deze gevallen vertegenwoordigd door zijn prestaties op de verschillende criteria. De hoeveelheid kunstwerken, in welke samenstelling dan ook, is expliciet bekend. Zodoende kan het prioriteringsprobleem van WK omschreven worden als een multi-criteria beslissingsprobleem met een expliciet aantal alternatieven.

2.1.2 Algemene typering van een multi-criteria probleem

Multi-criteria beslissingsproblemen met een expliciet aantal alternatieven kunnen als volgt worden omschreven. Het probleem heeft m alternatieven en n criteria. De waarden $A_1, \dots, A_m$ en $C_1, \dots, C_n$ representeren respectievelijk de alternatieven en de criteria. Op deze manier kan de onderstaande Tabel 1 worden gevormd. In de tabel hoort elke kolom bij een criterium en elke rij weerspiegelt de prestaties van een alternatief. Zodoende beschrijft de score a_{ij} de prestatie van alternatief A_i op criterium C_j .

Tabel 1: De beslissingstabel

		w_1	·	·	w_n
		C_1	·	·	C_n
x_1	A_1	a_{11}	·	·	a_{1n}
·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·
x_m	A_m	a_{m1}	·	·	a_{mn}

In de tabel zijn de gewichten $w_1, \dots, w_n$ toegekend aan de criteria. Gewicht w_j weerspiegelt het relatieve belang van criterium C_j voor de beslissing en wordt verondersteld positief te zijn. De gewichten van de criteria worden meestal bepaald op subjectieve basis, maar hier wordt later verder op ingegaan evenals in Bijlage C. De gewichten zijn een weerspiegeling van de voorkeuren van een enkele beslisser of geven een weerspiegeling van de samengevoegde voorkeuren van een groep beslissers.

De waarden $x_1, \dots, x_n$ boven de alternatieven representeren de uiteindelijke geaggregeerde scores van de alternatieven waarop ze gerangschikt worden, of laten een directe rangschikking zien. In het geval en geaggregeerde scores wordt aangenomen dat een hogere score een betere prestatie aanduidt aangezien elk doel tot minimalisatie eenvoudig kan worden omgevormd in een doel tot maximalisatie. Zodoende wordt het alternatief met de hoogste geaggregeerde score als beste alternatief beschouwd.

2.1.3 Types problemen

In de literatuur bestaat er geen uniforme definitie van een beslissingsprobleem. Landry (1995) omschrijft beslissingsproblemen op basis van de situatie; geautomatiseerde beslissingen, urgente beslissingen, beslissingen uit gewoonte, etcetera. En Roy (1985) suggereert een opdeling op basis van het soort problematiek. Deze wordt gebruikt in dit onderzoek. Hij definieert 4 verschillende problematieken:

- Keuze ($P.\alpha$) – het selecteren van de kleinste subset met het beste alternatief (Ishizaka & Nemery, 2013);
- Sorteren ($P.\beta$) – het toedelen van alternatieven aan een sorteringscategorie;
- Rankschikking ($P.\gamma$) – het rangschikken van de alternatieven;
- Ontlokken ($P.\delta$) – het naar voren halen/zichtbaar maken van een (beste) alternatief.

Hierop aansluitend is door Bana e Costa (1993) gesuggereerd om problematieken toe te voegen zoals:

- Keuze van k uit n ($P.k/n$) – kiezen uit een subset;
- Opeenvolgende keuze ($P.\alpha \times k$) – opeenvolgende keuzes.

De meeste beslissingsmethodes zijn in essentie ontwikkeld voor een enkel type probleem, maar voor de meeste methodes bestaan variaties waardoor ze gebruikt kunnen worden voor andere types problemen. Het prioriteringsprobleem van de provincie heeft een grote affiniteit met een rangschikkingsprobleem. Maar het kan zijn dat bijvoorbeeld een sortering gevolgd door een iteratief keuzeproces beter past afhankelijk van de beschikbare methodes die passen bij de probleemcontext. Daarnaast leidt het selecteren van de beste optie bij een keuzeprobleem in veel gevallen ook tot een score per alternatief. Deze scores kunnen ook samen een rangschikking vormen. De focus van dit literatuuronderzoek zal echter wel liggen op methodes die in beginsel geschikt zijn voor rangschikking.

2.1.4 Voorkeur van de beslisser

Een ander belangrijke onderscheid in de keuze of selectie van een methode is gekoppeld aan het aantal beslisser. Er wordt voor dit onderzoek aangenomen dat er slechts één persoon is die zijn/haar voorkeur uitspreekt. In het geval van de case gebeurt dat door de adviseur kunstwerken van WK. De voorkeur wordt wel beïnvloed door de meningen van anderen, wet- en regelgeving en andere zaken, maar uiteindelijk is er slechts één entiteit die een voorkeur geeft. Methodes die specifiek ontworpen zijn voor het structureren en aggregeren van de verschillende voorkeuren van meerdere personen worden derhalve buiten beschouwing gelaten in dit onderzoek.

Zo goed als alle multi-criteria beslissing methoden maken gebruik van de beslisser om de voorkeuren te bepalen. De grootste uitdaging bij het uitvoeren van een methode ligt in het beoordelen en modelleren van de voorkeuren van de beslisser (Roy & Bouyssou, 1993). Over het algemeen zijn er vier verschillende binaire relaties te benoemen voor een voorkeur (Roy, 1985):

- $a I b$ (geen voorkeur): a heeft geen voorkeur over b ,
- $a P b$ (voorkeur): a heeft een strikte voorkeur over b ,
- $a Q b$ (gematigde voorkeur): een lichte voorkeur, maar de beslisser heeft geen volledige voorkeur zoals bij $a P b$,
- $a R b$ (onvergelijkbaar): er is een voorkeur van a over b op specifieke criteria, maar ook van b over a op andere criteria. De beslisser kan in dit geval geen keuze maken en a en b worden onvergelijkbaar geacht.

Er bestaan andere relaties die een voorkeur uitdrukken, maar de hierboven genoemde relaties worden gebruikt binnen de MCDA methodes. Het moge duidelijk zijn dat elke MCDA methode een specifieke

manier heeft om de voorkeur van de beslisser te modelleren. Dit is dan ook het element waar de grootste verschillen zitten tussen de verschillende methodes.

2.1.5 *Drie hoofdstromen*

Er zijn drie hoofdstromen van methodes te identificeren waarmee de kunstwerken in het beheer van WK zouden kunnen worden geprioritiseerd. Dit zijn:

- Elementaire methodes
- Single synthesizing criterion
- Outranking

De elementaire methodes zijn stuk voor stuk uniek in hun benadering van een probleem en gebaseerd op de kunde van de beslisser. Vaak zijn deze methodes kort door de bocht, maar zeer geschikt om snel een beslissing te kunnen maken. De methodes streven vaak naar een oplossing die voldoende, maar mogelijk niet optimaal is. Dat is wel het doel van de methodes in de andere twee hoofdstromen.

Een van de belangrijkste onderscheiden tussen single synthesizing criterion en outranking is de manier waarop ze met de voorkeur van beslisser om gaan (Guitouni & Martel, 1998). De single synthesizing criterion benadering neemt aan dat de beslisser alleen voorkeursrelaties **P** en **I** heeft. De benadering accepteert zodoende dat er geen goede reden is voor een onvergelijkbaarheid van tussen twee alternatieven. Dit kan handig zijn voor het maken van een volledige vergelijking en rangschikking tussen alternatieven. Immers elke prestatie heeft de voorkeur over andere of niet. De algehele prestaties van een alternatief leiden zodoende tot een score per alternatief en tot een complete rangschikking van de alternatieven.

Aan de andere kant houdt een outranking benadering er rekening mee dat de voorkeur van de beslisser kan worden gemodelleerd op basis van voorkeursrelaties **P**, **Q**, **I** en **R**. Hierbij wordt aangenomen dat een uitspraak als 'minstens zo goed als' synoniem staat aan 'niet minder dan'. Om deze relaties vast te stellen maken outranking methodes gebruik van gepaarde vergelijkingen. Dit betekent dat bij elke set van alternatieven wordt bepaald of de een voorkeur heeft op de ander of andersom. Hierbij is het dus mogelijk dat twee alternatieven niet met elkaar te vergelijken zijn. Zodoende is een complete rangschikking niet altijd mogelijk. Dit wordt partiele rangschikking genoemd.

2.2 ***Beschrijving van de beslissingsmethodes***

In deze paragraaf worden enkele veelgebruikte modellen van de drie hoofdstromen kortstondig besproken. Het is niet de intentie om de methodes volledig uit te leggen maar om een beeld te geven van de mogelijkheden en de beperkingen.

2.2.1 *Elementaire methodes*

Wanneer een beslissing wordt gemaakt wordt zonder daarbij gebruik te maken van hulpmiddelen dan is de beslisser aangewezen op zijn eigen vermogen om het probleem te begrijpen en de alternatieven tegen elkaar af te wegen. Een mens heeft echter een beperkt vermogen voor complexe berekeningen; een begrensde rationaliteit (Engels: bounded rationality). Simon (1957) was een van de eersten die dit erkende en beschreef hoe de beslisser niet genoeg tijd en bekwaamheid heeft om een volledige analyse te maken van alle alternatieven. Zodoende gebruiken mensen in de veel gevallen benaderingsmethodes om tot een beslissing te komen.

De maker van de beslissing zal streven naar een bevredigende oplossing en maakt hierbij gebruik van een heuristiek. Dit zijn informele, intuïtieve en speculatieve oplossingsstrategieën, die mensen onbewust ontwikkelen en gebruiken voor het oplossen van specifieke problemen. Heuristieken geven algemene richtlijnen, of vuistregels voor mogelijke oplossingen. Ze besparen zodoende een beslisser veel tijd en moeite door de oplossingen te beperken tot degene die de meeste kans geven worden om

van toepassing te zijn. De bijbehorende methodes zijn het best toepasbaar bij problemen met relatief weinig alternatieven en/of criteria waarbij de beslissing gemaakt wordt door één iemand. Hieronder worden enkele methodes besproken.

Gewogen sommering

In gewogen sommering wordt de prestatiescore van een alternatief bepaald door middel van een gewogen sommering van de scores van het alternatief op de verschillende criteria. Op basis van de prestatiescores wordt een keuze gemaakt tussen de alternatieven. Er zijn verschillende manieren waarop de gewichten en de scores kunnen worden bepaald, maar dat is voer voor een heel eigen hoofdstuk. Wat belangrijk is dat de methode veelal het meest simpel is, maar soms ook een onvolledig beeld kan scheppen omdat niet rekening gehouden wordt met onderlinge afhankelijkheden tussen criteria.

Tabel 2 toont een simpel voorbeeld van een gewogen sommering. Volgens deze methode scoort alternatief 1 het hoogst met een totale score van 10,8.

Tabel 2: Voorbeelduitwerking van een gewogen sommering

	w1 = 0.5	w2 = 0.2	w3 = 0.3						
	C1	C2	C3		C1	C2	C3	Totaal	
A1	15	12	3	→	A1	7.5	2.4	0.9	10.8
A2	10	9	10		A2	5	1.8	3	9.8
A3	5	16	5		A3	2.5	3.2	1.5	7.2

Voordelen: relatief simpel en gemakkelijk toe te passen en begrijpen vanwege het gebruik van directe waardering. Compenserende criteria.

Nadelen: kan in beginsel alleen gebruikt worden voor kwantitatieve informatie (informatie in getallen uitgedrukt) met een gelijke eenheid/op een gelijke schaal. Verschillende of andere informatie dient eerst te worden omgezet naar een gemeenschappelijke schaal, wat extra complexiteit oplevert.

Lexicografische methode

In de lexicografische methode worden de criteria door de beslisser gerangschikt op hun relatieve belang. Vervolgens kijkt de beslisser welk alternatief het beste scoort op het belangrijkste criterium. Wanneer meerdere alternatieven de beste score hebben dan wordt met de overgebleven alternatieven hetzelfde gedaan voor het daarna belangrijkste geachte criterium. Dit gaat door totdat er nog maar één alternatief over is.

Wanneer criterium 2 uit Tabel 2 door de beslisser als belangrijkste criterium wordt aangeduid dan volgt volgens deze methode een keuze voor alternatief 3, omdat deze de hoogste score op dat criterium heeft.

Voordelen: relatief simpel en gemakkelijk toe te passen en begrijpen vanwege het gebruik van directe waardering. Er hoeft geen berekening te worden gemaakt.

Nadelen: Geen compensatie tussen de criteria. Een alternatief dat op het eerste criteria misschien net niet het beste scoort wordt gelijk buiten beschouwing gelaten, maar scoort misschien op de overige criteria wel veel beter dan het uiteindelijk geselecteerde alternatief.

Conjunctieve en disjunctieve methodes

Voor zowel de conjunctieve als de disjunctieve methode wordt gestreefd naar een bevredigend alternatief in plaats van een alternatief met de beste score. Ze screenen als het ware de alternatieven. Bij de conjunctieve methode dienen alle prestaties van een alternatief op de verschillende criteria hoger te zijn dan de bepaalde drempelwaarden. Elk alternatief wat hieraan niet voldoet wordt uitgesloten van verdere beschouwing.

Bij de disjunctieve methode dient het alternatief voor tenminste één criterium een relatief hoge drempelwaarde te overschrijden. Elk alternatief dat hieraan niet voldoet wordt uitgesloten van verdere beschouwing. Het is zodoende voor beide methodes mogelijk dat een subset van alternatieven voldoet aan de gestelde drempelwaarden. Deze kunnen vervolgens met een andere methode tegen elkaar worden afgewogen (Linkov, et al., 2004). Daarnaast is het mogelijk dat geen enkel alternatief voldoet

aan de gestelde drempelwaarden. In dat geval moet gezocht worden naar een nieuw alternatief of de drempelwaarden moeten aangepast worden.

Stel: Voor Tabel 3 wordt een conjunctieve methode met drempelwaardes 6, 5 en 7, horende bij respectievelijk C1, C2 en C3 toegepast. In deze situatie wordt alternatief 3 uitgesloten vanwege de scores op criterium 1 en criterium 3, en alternatief 1 wordt uitgesloten vanwege de score op criterium 3. Zodoende wordt gekozen voor alternatief 2.

Tabel 3: Voorbeeldtabel met drie criteria en alternatieven

	C1	C2	C3
A1	15	12	3
A2	10	9	10
A3	5	16	5

Voordelen: snelle schifting van alternatieven. Relatief simpel en gemakkelijk toe te passen. Er hoeft geen berekening te worden gemaakt.

Nadelen: Geen compensatie tussen de criteria. Een alternatief dat uitgesloten wordt op basis van een enkel criterium scoort misschien op de overige criteria wel veel beter dan het uiteindelijk geselecteerde alternatief. Mogelijkerwijs voldoet geen enkel alternatief.

Maximin methode

De maximin methode is gebaseerd op een strategie waarbij de slechtste prestaties worden vermeden. Het beste alternatief is diegene waarvan de score van het relatief slechtst scorende criterium het hoogst is. Het is hierbij wel een voorwaarde dat de verschillende criteria onderling vergelijkbaar zijn zodat ze op een gemeenschappelijk schaal te meten zijn (Linkov, et al., 2004).

We nemen de waardes in Tabel 3 weer als voorbeeld. Met de maximin methode wordt voor alternatief 2 gekozen omdat de laagste score van dit alternatief relatief het hoogst is van alle slechte score van de alternatieven.

Voordelen: relatief simpel en gemakkelijk toe te passen en begrijpen vanwege het gebruik van directe waardering. Er hoeft geen berekening te worden gemaakt.

Nadelen: De criteria dienen vergelijkbaar te zijn. Geen compensatie tussen de criteria. Een alternatief dat slecht scoort op een criterium wordt gelijk buiten beschouwing gelaten, maar scoort misschien op de overige criteria wel veel beter dan het uiteindelijk geselecteerde alternatief.

2.2.2 Single synthesizing criterion

Een belangrijke groep van beslissingsmethoden die proberen de voorkeur van degene die een besluit maakt te vast te leggen zijn gebaseerd op de 'utility theory'. Deze theorie is op zijn beurt gebaseerd op de vooronderstelling dat de voorkeur van degene die een beslissing neemt kan worden gerepresenteerd door een nutsfunctie (Engels: utility function) (Keeney & Raiffa, 1976). Zodra een dergelijke functie is geconstrueerd dan kan een selectie van de alternatieven gemaakt worden door middel van optimalisatie. Bij een beslissingsprobleem met meerdere criteria worden de voorkeuren van de beslisser geaggregeerd naar een enkele functie waarmee zijn voorkeuren zo goed mogelijk wordt weergegeven. Dit wordt ook wel een single synthesizing criterion genoemd.

In de meeste methodes gebaseerd op de utility theory weerspiegelen de gewichten van de criteria alleen het relatieve belang wanneer de scores a_{ij} gebaseerd zijn op een gemeenschappelijke, dimensieloze schaal. Om tot een dergelijke schaal te komen maken de methodes dus gebruik van een nutsfunctie. Deze wordt gebruikt om de daadwerkelijke prestatiescores om te vormen naar de gemeenschappelijke, dimensieloze schaal. Een dergelijke nutsfunctie kan toepasbaar op zowel kwantitatieve als kwalitatieve prestaties, maar dit verschilt per methode. In de praktijk wordt meestal een schaal van 0 tot 1 of 0 tot 100 gebruikt. De nutsfuncties vervullen nog een belangrijke rol: ze zetten de ruwe prestatiewaarden op zo'n manier om dat meer geprefereerde prestaties een hogere nutswaarde krijgen. Een goed voorbeeld hiervan is een criterium gerelateerd aan het doel om kosten te minimaliseren. De bijbehorende nutsfunctie moet een hogere nutswaarde toekennen aan lagere waarden van de kosten. Hieronder worden enkele veelgebruikte methodes besproken.

MAUT (en MAVT)

Het grote verschil tussen MAUT (Multi-Attribute Utility Theory) en MAVT (Multi-Attribute Value Theory) zit in de zekerheid en risico's verbonden aan de oplossingen van het probleem. Wanneer hieraan geen risico's of onzekerheden verbonden zit dan spreken we over de waarde (Engels: value) van het alternatief en wanneer er wel risico's en onzekerheden zijn dan spreken we over nut (Engels: utility). In zo goed als alle gevallen is er onzekerheid in bijvoorbeeld de prestatiegegevens van een alternatief en wordt MAUT gebruikt.

MAUT is gebaseerd op de hypothese dat elke beslisser op zoek is naar een maximaal nut (of waarde) weergegeven door zijn of haar nutsfunctie. Deze nutsfunctie dient te worden achterhaald en wordt opgebouwd door beoordeling van de prestaties van de alternatieven op de verschillende criteria. Dat kan gedaan worden op een additieve, multiplicatieve, distributionele of andere manier (Guitouni & Martel, 1998). Voor elk criterium wordt een partiële utiliteitsfunctie opgesteld waarna de prestaties worden gescoord en geaggregeerd naar een algemene utility score.

Omdat elk alternatief een specifieke score heeft op elk criterium is het onmogelijk dat twee alternatieven niet vergelijkbaar zijn. Twee utility scores zijn immers altijd met elkaar vergelijkbaar. Dit houdt echter wel in dat zodra een criterium niet weergegeven kan worden in een nutsfunctie de methode niet toepasbaar is. Een verder bijkomend nadeel is dat het maken van de nutsfuncties veel tijd en moeite vraagt en in de praktijk als omslachtig wordt ervaren.

Voordelen: directe waarderingen.

Nadelen: het maken van de nutsfuncties vraagt veel moeite (relatief omslachtig).

SMART

SMART staat voor Simple Multi-Attribute Rating Technique, is ontwikkeld door Edwards in 1971. SMART wordt als een van de simpelste implementaties van een multi attribute utility functie gezien (Guitouni & Martel, 1998; Fülöp, 2005; Goodwin & Wright, 2004). In de methode worden de scores van de alternatieven direct toegedeeld door de beslisser met behulp van een nutsfunctie. De meest simpele manier hierbij is een lineaire functie van de laagste waarde naar de ideale (maximale) op een criterium.

Vervolgens worden de gewichten bepaald door bijvoorbeeld 100 punten toe te kennen aan de meest belangrijke. Aan het op een na belangrijkste criterium wordt vervolgens een waarde toegekend die in verhouding is met het relatieve belang ten opzichte van het belangrijkste criterium. Dit proces wordt herhaald totdat alle criteria punten zijn toegedeeld. Als laatste worden de toegekende waarden genormaliseerd en geaggregeerd naar een score per alternatief (DTU Transport, 2015).

Voordelen: directe waarderingen. Relatief simpel in het gebruik.

Nadelen: het maken van de nutsfuncties kan relatief omslachtig zijn. Oversimplificatie ligt op de loer. Relatief gevoelig voor veranderingen in de gewichten.

Analytic Hierarchy Process (AHP)

De AHP is een 'pairwise comparison' methode. In de meeste gevallen worden respondenten gevraagd om de verschillende criteria en alternatieven gepaard met elkaar te vergelijken. Ze dienen de relatieve verhouding van de belangrijkheid per paar te scoren in een specifieke ratio: de X/Y ratio. Wanneer criterium X extreem veel belangrijker is dan criterium Y dan is de X/Y ratio bijvoorbeeld 9 en de Y/X ratio 1/9.

Wanneer de ratio voor elk paar criteria en alternatieven is vastgesteld dan vormen de resultaten meerdere matrices. Het gewicht van alle criteria kan vervolgens worden berekend uit de eigenvector van de specifieke matrix. De scores van de alternatieven op elk criterium worden ook geaggregeerd naar een eigenvector die vervolgens de waarde van een alternatief op een criterium overneemt. De scores en gewichten worden vervolgens vermenigvuldigd en opgeteld naar een eindscore (National Research Council, 2007; Saaty, 1990; Bai, Labi, & Li, 2008; Sinha, Patidar, Li, Labi, & Thompson, 2009). Als laatste kan ook nog een consistentie-ratio worden bepaald. Dit geeft inzicht in de consistentie van de toegekende scores.

Voordelen: intuïtieve benadering doordat het afwegen van meerdere belangen terug wordt gebracht tot overzichtelijke gepaarde afwegingen. Bepaling van de consistentie mogelijk.

Nadelen: veel vergelijkingen. Bij meer dan 6 alternatieven of criteria wordt de methode lastig om toe te passen.

2.2.3 Outranking

De belangrijkste outranking methodes gaan uit van een vergelijkbare beschikbaarheid van informatie en gegevens zoals bij de single synthesizing criterion methodes. Dat wil zeggen dat het vereist is dat alternatieven en criteria zijn gespecificeerd en dat ze gebruik maken van eenzelfde beslissingstabel met a_{ij} 's en w_j 's. Hieronder worden de twee meest populaire outranking families besproken.

ELECTRE

Het acroniem ELECTRE staat voor ELimination Et Choix Traduisant la REalité (Eliminatie en Keuzes voor het uitdrukken van de Realiteit) en is een outranking methode welke door Roy in 1965 in een conferentie voor het eerst is gepresenteerd (Ishizaka & Nemery, 2013). Dit was het beginpunt voor een methode die een lange serie van ontwikkelingen heeft doorgemaakt om vele problemen te kunnen tackelen. Ishizaka & Nemery (2013) hanteren een indeling per methode zoals weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4: Overzicht van de verschillende ELECTRE methodes

Beslissingsprobleem	Methodes
Keuze	ELECTRE I ELECTRE Iv ELECTRE Is
Rangschikking	ELECTRE II ELECTRE III ELECTRE IV
Sorteren	ELECTRE-Tri

De ELECTRE methodes zijn relevant wanneer een beslisser meer dan twee criteria wil afwegen en een probleem tenminste één van de volgende eigenschappen heeft (Figuera, Mousseau, & Roy, 2005):

- De prestaties van de criteria zijn uitgedrukt in verschillende eenheden en de beslisser wil deze niet naar een gemeenschappelijke omzetten vanwege de moeilijkheid en/of complexiteit.
- Het probleem of de beslisser staat geen compensatie tussen de criteria toe waardoor het gebruik van een noncompensatory aggregatie procedure nodig is.
- De alternatieven worden, voor tenminste één criterium, vergeleken op prestaties weergegeven met een ordinale of 'zwakke' interval schaal. Het is zodoende lastig om verschillen te beoordelen. Een temperatuur van 60°C is 30°C warmer dan 30°C, maar niet twee keer zo warm aangezien waardes op een interval schaal geen absolute nul-waarde hebben.
- Voor tenminste één criterium is het volgende waar: het is nodig om onverschilligheids- en voorkeurs-drempels aan te geven. Kleine verschillen in prestaties zijn niet significant om een verschil aan te geven, maar een opsomming van kleine verschillen kan mogelijk wel significant worden voor een keuze.

De eerste ELECTRE methode, ELECTRE I, en zijn varianten ELECTRE Iv en ELECTRE Is zijn ontwikkeld om keuzeproblemen op te lossen. Het enige verschil tussen ELECTRE I en Iv is de toevoeging van het veto concept. Als een alternatief slecht presteert op een enkel criterium vergeleken bij een ander alternatief dan is deze outranked onafhankelijk van zijn prestaties op de andere criteria. In ELECTRE Is is het gebruik van pseudo-criteria toegevoegd. Wanneer het verschil tussen de prestatiescores van twee alternatieven op een bepaald criterium kleiner is dan de onverschilligheidsdrempel dan wordt verondersteld dat de beslisser geen voorkeur heeft op dat criterium. Daarentegen wordt bij een

verschil groter dan de voorkeursdrempel een absolute voorkeur verondersteld. De drempelwaarden zorgen ervoor dat beter met onzekere data omgegaan kan worden.

ELECTRE II, III en IV zijn rangschikkingsmethodes die leiden tot een partiele rangschikking zonder scores toe te delen aan de alternatieven. ELECTRE III onderscheidt zich van ELECTRE II door het gebruik van pseudo-criteria en een mate van outranking. Dit in tegenstelling tot een binaire outranking relatie. Bij ELECTRE IV is het niet noodzakelijk om de relatieve belangrijkheid van de criteria aan te geven.

ELECTRE-Tri is een sorteringmethode waarmee alternatieven aan een van te voren gedefinieerde categorie kunnen worden toegedeeld. Er is een ELECTRE-Tri-B en een ELECTRE-Tri-C methode. Het verschil tussen de twee ligt in de definitie van de categorieën. Dit gebeurt aan de hand van limiterende drempelwaarden (Engels: Boundaries, vandaar ook Tri-B) of door middel van typerende of Centrale profielen.

Het nadeel van de ELECTRE methodes is dat ze gebruik maken van verschillende, soms lastig te begrijpen, technische parameters. Dit heeft tot gevolg dat het niet altijd eenvoudig is om ze volledig te begrijpen. Om dit te verhelpen is software ontwikkeld wat dat automatisch voor een beslisser doet. Het kan echter voorkomen dat dit niet afdoende is voor het gebruik van de parameters (Ishizaka & Nemery, 2013).

Werking

De ELECTRE methodes zijn opgebouwd uit twee hoofdfases: het opstellen van een of meerdere outranking relatie(s) gevolgd door een exploitatiefase. Het opstellen van een of meerdere outranking relatie(s) heeft tot doel om elk paar van alternatieven grondig met elkaar te kunnen vergelijken. De exploitatie wordt gebruikt om de resultaten uit de eerste fase samen te voegen en een advies te geven.

Voor elk criterium dient te worden vastgesteld of een hogere of een lagere score de voorkeur heeft. Daarna wordt voor elk criterium een onverschilligheids- en een voorkeursdrempel aangegeven. Ofwel tot wanneer is de beslisser onverschillig tussen de scores van twee alternatieven op een criterium en wanneer heeft hij een absolute voorkeur. Op basis van het verschil in prestaties en de drempels worden de alternatieven paarsgewijs vergeleken.

Per paar wordt bepaald of een alternatief de andere outranked. Er is sprake van outranking wanneer er meer concordance is dan discordance. Het bepalen van concordance en discordance gebeurt verschillend per methode. Om een ander alternatief te outranken dienen de positieve eigenschappen van een alternatief, weergegeven in een concordance score, de negatieve, weergegeven in een discordance, overstijgen. Wanneer dit voor elk paar gedaan is worden de resultaten geaggregeerd naar een complete lijst. Dit gebeurt verschillend per methode (Figuera, Mousseau, & Roy, 2005).

Voordelen: kan omgaan met prestaties op een ordinale en interval schaal.

Nadelen: lastiger te communiceren omdat niet altijd naar een gemeenschappelijke schaal gewerkt wordt. Bij grote hoeveelheden alternatieven en criteria wordt de methode te omslachtig.

PROMETHEE

Het acroniem PROMETHEE staat voor 'Preference Ranking Organization METHod for Enriched Evaluation' en kent een uitgebreide familie van methodes. De PROMETHEE I (partiele rangschikking) en PROMETHEE II (volledige rangschikking) methodes zijn ontwikkeld door J.P. Brans en voor het eerst gepresenteerd in 1982 op een conferentie. Later heeft Brans samen met B. Mareschal PROMETHEE III (rangschikking gebaseerd op intervallen), PROMETHEE IV (continue casus), PROMETHEE V (MCDA rekening houdende met segmentatie) en PROMETHEE VI (representatie van het menselijk brein) ontwikkeld.

De PROMETHEE methode biedt de beslisser een rangschikking van alternatieven gebaseerd op de mate van voorkeur en valt op te delen in drie hoofdstappen:

1. Het berekenen van de mate van voorkeur voor elk paar van alternatieven op elk criterium;
2. Het berekenen van de een criterium gebonden scores;
3. Het berekenen van de globale scores.

De mate van voorkeur is een score tussen 0 en 1 dat aanduidt hoeveel voorkeur een alternatief heeft over een ander. Hierbij wordt net als bij ELECTRE gebruik gemaakt van onverschilligheids- en voorkeursdrempels. Onder de onverschilligheidsdrempel wordt de waarde 0 toegekend, boven de voorkeursdrempel de waarde 1 en ertussen een waarde tussen 0 en 1. De uitkomst is een gepaarde scoringstabel van alle alternatieven.

Voor elk alternatief wordt vervolgens criterium gebonden scores berekend. Dit zijn een positieve en negatieve score welke de voorkeur van een alternatief over alle andere aangeven. De positieve score geeft de voorkeur van een alternatief over anderen weer en de negatieve score geeft weer hoe vaak een alternatief gedomineerd wordt door een ander alternatief. Er kan een netto criterium gebonden score worden bepaald door beide scores op te tellen. Deze scores kunnen variëren tussen de -1 en 1.

Voor het berekenen van de globale score is het noodzakelijk eerst het relatieve belang van de verschillende criteria te achterhalen. Dit kan gedaan worden met een daarvoor geschikte methode, maar de PROMETHEE methodes schrijven hiervoor niets voor (Fülöp, 2005). Wanneer de positieve en negatieve scores van de alternatieven voor elk criterium bepaald zijn kunnen deze worden geaggregeerd naar een globale positieve en negatieve score. De uiteindelijke netto scores bepalen de rangschikking.

Voordelen: Inzicht in de invloed van elk criterium op de uiteindelijke rangschikking. Relatief simpel om toe te passen.

Nadelen: Bij grote hoeveelheden alternatieven en criteria wordt de methode snel te omslachtig.

2.3 Selectiecriteria voor de keuze van een beslissingsmethode

In veel gevallen wordt een probleem aangepast aan de beslissingsmethode die gebruikt wordt. Dit heeft te maken met de herkenbaarheid van de methode. Men is nu eenmaal gewend om die methode toe te passen. De probleemcontext worden in dat geval passend gemaakt om te kunnen werken met het model. Dit kan er echter toe leiden dat bepaalde belangrijke kenmerken van het probleem niet meegenomen worden in de afweging. Toepassing van de beslissingsmethode leidt in dat geval niet tot een optimale oplossing van het daadwerkelijke probleem.

In andere gevallen wordt een bestaande methode aangepast om zo (beter) toepasbaar te zijn bij een probleem. Er wordt dan al met een specifieke beslissingsmethode toegepast die niet meer honderd procent past bij een veranderde probleemcontext. Of men heeft ervaring met een specifieke methode die niet honderd procent bij een nieuwe, maar wel vergelijkbaar probleem. Een bestaande methode wordt dan aangepast om wel toepasbaar te zijn binnen de probleemcontext. Dit is tamelijk gebruikelijk en het heeft er impliciet ook toe geleid dat er zoveel verschillende beslissingsmethodes, en combinaties van beslissingsmethodes zijn.

In beide hiervoor genoemde situaties is een reeds bestaande beslissingsmethode het beginpunt voor de oplossing van een beslissingsprobleem. Het omgekeerde (de selectie van een model op basis van de probleemcontext) wordt verhoudingsgewijs niet vaak toegepast. En dat terwijl je logischerwijs zou zeggen dat voor een optimale oplossing van een probleem, het probleem centraal zou moeten staan bij de keuze voor een beslissingsmethode. Ook in de literatuur is dit onderwerp relatief onontgonnen terrein. Guitouni en Martel (1998) waren de eersten die een framework opstelden waarmee verschillende beslissingsmethodes onderling vergelijkbaar zijn gemaakt. Met behulp van het framework is het mogelijk om een beslissingsmethode te kiezen die past bij een specifiek probleem. Echter geven zij, en ook anderen, aan dat de identificatie van een 'beste' MCDA methode erg lastig of zelfs onmogelijk is vanwege de complexiteit van de meeste beslissingsproblemen (De Montis, De Toro, Droste-Franke, Omann, & Stagl, 2000; Guitouni & Martel, 1998).

Naar aanleiding van de paper van Guitouni en Martel (1998) zijn door verschillende auteurs frameworks opgesteld die kunnen helpen bij het kiezen van een geschikte beslissingsmethode bij een beslissingsprobleem. Deze frameworks zijn geanalyseerd en de onderscheidende kenmerken van beslissingsproblemen die in deze frameworks worden genoemd zijn weergegeven in de kolom probleemkenmerken in Tabel 5. Deze kenmerken zijn hierbij gesorteerd naar aanleiding van het onderwerp waaraan ze gerelateerd zijn. Op basis van deze probleemkenmerken zou het volgens de verschillende frameworks mogelijk moeten zijn om een beslissingsmethode te kiezen die het beste past bij een beslissingsprobleem.

Tabel 5: Overzicht van de probleemkenmerken genoemd in de literatuur op basis waarvan een beslissingsmethode gekozen kan worden.

Gerelateerd aan	Probleemkenmerken	Guitouni (1998)	De Montis (2000)	Polatidis (2006)	Parnell (2009)	Roy (2013)
Probleem	Probleemtype	X				X
	Mogelijkheid om het probleem te structureren		X			
	Een of meerdere beslissers	X	X	X	X	
	Aantal alternatieven			X	X	
Methode	Beschikbaarheid van software	X				
	Beïnvloeden tekortkomingen de resultaten					X
Criteria	Compensatie tussen criteria	X		X		X
	Onafhankelijkheid van de criteria		X			X
	Aantal criteria	X		X		
Data	Samenstelling van de data	X	X	X		X
	Omgang met onzekerheid in de data	X	X	X	X	X
Beslisser	Transparantie van de methode	X	X	X		X
	Manier waarop de beslisser zijn/haar voorkeur wil uitdrukken	X	X	X	X	X
	Vereiste energie	X		X		
	Vereiste tijd		X	X	X	
	Vereist geld		X	X		

Probleem

Het type probleem is een eerste onderscheidend kenmerk. Verschillende methodes zijn toepasbaar voor verschillende probleemtypes. In het onderzoek wordt rekening gehouden met sortering en rangschikkingsproblemen. Derhalve wordt dus ook gezocht naar methodes die daarmee om kunnen gaan. De mate waarin ze het probleem kunnen structureren wordt door De Montis et al. (2000) genoemd als bijkomend onderscheidend kenmerk. Dit geeft aan in welke mate de methode een probleem kan verduidelijken voor een persoon die geen expert is op het probleemgebied.

De hoeveelheid beslissers is een probleemkenmerk wat bij bijna alle onderzoeken terug komt. Sommige methodes zijn toegespitst op de mening van een enkele beslisser of groep beslissers met eenzelfde mening. Andere zijn juist toegespitst op de aggregatie van (tegenstrijdige) meningen van verschillende beslissers of stakeholders. Zoals al eerder aangegeven wordt in dit onderzoek aangenomen dat er slechts één beslisser is.

Waar al eerder een onderscheid is gemaakt tussen multi-criteria beslissing methoden met een eindige en oneindige oplossingsruimte, kan ook het aantal alternatieven in een eindige oplossingsruimte de keuze voor een methode bepalen. Vooral methoden waarbij een gepaarde vergelijking plaats moet vinden zijn minder geschikt voor problemen met veel alternatieven. Omdat elk paar van alternatieven bekeken wordt levert dit voor grote aantallen alternatieven veel werk op met een grote kans op tegenstrijdige vergelijkingen.

Methode

In de tijd van Guitouni en Martel (1998) was beschikbaarheid van software een potentieel groot probleem en een onderscheidend probleemkenmerk in de keuze van een beslissingsmethode. Tegenwoordig is dit geen probleem meer tenzij om welke reden dan ook men een nieuwe methode wil ontwikkelen. Ook dan zijn programma's als Matlab en Excel beschikbaar voor de uitwerking van de methode.

Roy en Slowinski (2013) maken in hun paper een terechte opmerking over de zwakke punten van verschillende methodes. Elke methode heeft zijn zwakke punten en wanneer deze de uiteindelijke keuze beïnvloeden dan kan een andere methode overwogen worden.

Criteria

Compensatie tussen de criteria is mogelijk wanneer een slechte score op bepaalde criteria acceptabel is wanneer de scores op andere criteria goed zijn. Soms is een beslisser echter terughoudend om een slechte score op een specifiek criterium te compenseren met goede scores op andere criteria. In die gevallen kan geen compenserende methode worden gebruikt.

Naast compenserend kunnen criteria ook onderling afhankelijk van elkaar zijn of interactie hebben. De meeste methodes houden geen rekening met welke vorm dan ook van onderlinge afhankelijkheid tussen de criteria. Derhalve worden veelal criteria gekozen welke geen onderlinge interactie hebben. Het is echter in sommige gevallen onmogelijk om criteria te selecteren zonder onderlinge interactie. In die gevallen dienen de interacties te worden onderzocht en in de beslissingsmethode dient hier rekening mee te worden gehouden in bijvoorbeeld de toekenning van gewichten.

Data

De samenstelling van de prestatiegegevens en de betrouwbaarheid van deze gegevens worden door zo goed als alle onderzoekers aangeduid als belangrijke onderscheidende probleemkenmerk voor de keuze van een multi-criteria beslissingsmethode. De eigenschappen van de invoergegevens waar de verschillende beslissingsmethodes mee om kunnen gaan verschillen per methode. De gegevens kunnen kwalitatief of kwantitatief zijn, zeker of onzeker, dubbelzinnig of ondubbelzinnig, een mix, taalkundig, etcetera. Het is daarom van belang om bijvoorbeeld geen methode te gebruiken die ontwikkeld is om kwantitatieve zekere informatie te behandelen voor een probleem met kwalitatieve en onzekere gegevens.

Beslisser

Het uiteindelijke doel van de beslissingsmethodes is om de beslisser te ondersteunen bij het maken van een zo optimaal mogelijke keuze. De methoden dient derhalve de voorkeuren van de beslisser op een begrijpbare of transparante manier weer te geven. Als de beslisser gewend is om zijn/haar voorkeuren uit te drukken op een specifieke manier dan dient de methode hierbij aan te sluiten. Wanneer dit niet het geval is dan is het mogelijk dat de uiteindelijke resultaten niet de daadwerkelijke voorkeuren van de beslisser representeren waardoor er geen optimale keuze wordt gemaakt.

Dat de methode transparant is leidt ertoe dat de beslisser ook de uitkomsten begrijpt en kan interpreteren. Dit is afhankelijk van het ervaringsniveau van de beslisser. Een relatief onervaren beslisser kan het lastig vinden om de consequenties van de resultaten van relatief uitgebreide en complexe methodes te begrijpen. Hij ziet dan bijvoorbeeld wel de cijfer, maar heeft geen goed gevoel voor de betekenis van de cijfers. Het is dus aan te raden om methodes te gebruiken die afhankelijk zijn van het niveau van de beslisser.

Elke methode vereist een bepaalde mate van energie, tijd en geld van de beslisser. En hoewel dit zeker onderscheidende probleemkenmerken zijn voor de keuze van verschillende beslissingsmethodes, is in verschillende onderzoeken naar voren gekomen dat bij complexe beslissingsproblemen, dit geen noemenswaardig onderscheidende kenmerken zijn in de keuze voor een beslissingsmethode (De Montis, De Toro, Droste-Franke, Omann, & Stagl, 2000; Polatidis, Haralambopoulos, Munda, & Vreeker, 2006). De complexe beslissingen vinden in de regel plaats binnen een bedrijf of overheidsorganisatie. Daar wegen de kosten en tijdsduur bijna altijd op tegen een meer optimale oplossing. Er wordt meer waarde gehecht aan de andere onderscheidende kenmerken.

2.4 **Beslissingsproces model van Baker et al.**

Beslissers kiezen elke dag tussen alternatieven, maar vaak is er niet genoeg informatie over het probleem of de alternatieven beschikbaar of het is onmogelijk om alle informatie te verwerken voor een gedegen onderbouwde keuze. Er wordt dan een beslissing gemaakt gebaseerd op voldoening en niet op optimalisatie. Om toch een optimale beslissing te kunnen maken is het noodzakelijk om de probleem informatie te vergaren, structureren en documenteren. Vervolgens kan binnen een gegeven oplossingsruimte gezocht worden naar een oplossing. Om hierbij te helpen worden de processtappen beschreven in het beslissingsproces model van Baker et al. (2001) in dit rapport gebruikt. Zij identificeren de volgende generieke stappen in een beslissingsproces:

0. identificatie van de stakeholders,
1. definiëren van het probleem,
2. eisen vaststellen,
3. doelen stellen,
4. identificatie van alternatieven,
5. definiëren van criteria,
6. selectie van een beslissingsmethode,
7. evaluatie van de alternatieven op de criteria,
8. validatie van de oplossing tegen het probleem.

Het doorlopen van de stappen leidt er toe dat complexe problemen gestructureerd benaderd worden. Verder leidt dit tot een rationale voor beslissingen en het biedt consistentie in het beslissingsproces. Gedurende het doorlopen van de stappen worden aannames, criteria en waarden die gebruikt worden voor een beslissing gedocumenteerd. Dit verhoogt de transparantie, de onderbouwing en de herhaalbaarheid van de beslissing.

Het gebruik van een dergelijke benadering kan helpen in het voorkomen van misverstanden die leiden tot vragen over de validiteit van de analyse. Uiteindelijk leidt dit tot een gestroomlijnder proces in tijd en geld (Baker, et al., 2001). Gebruik hiervan zet een basis voor continue verbeteringen in het maken van beslissingen bij WK en andere eenheden binnen de provincie.

Stap 1 – definiëren van het probleem

In de eerste stap wordt het probleem gedefinieerd. Dit is een cruciale eerste stap voor het maken van een goede beslissing. In dit proces dient ter identificatie van tenminste de oorzaak, de beperkende aannames, systematische en organisatorische randvoorwaarden en raakvlakken en alle problemen van de verschillende stakeholders. Het doel is om het probleem in één heldere zin samen te vatten, waarin zowel de huidige omstandigheden als de gewenste omstandigheden worden beschreven.

Natuurlijk wordt de limiet voor één zin in de praktijk vaak overschreden bij complexe problemen. De probleemomschrijving dient echter beknopt en eenduidig te worden geformuleerd. Daarnaast moeten alle stakeholders het eens zijn met de probleemomschrijving. Dit is essentieel voordat verder gegaan kan worden met de volgende stappen. Zelfs wanneer het lang duurt voordat alle stakeholders het met elkaar eens zijn.

Stap 2 – eisen vaststellen

Eisen zijn voorwaarden waaraan een aanvaardbare oplossing van het probleem moet voldoen. Dit zijn vereisten die voorschrijven wat een oplossing moet kunnen (Baker, et al., 2001). Vereisten vormen zodoende randvoorwaarden waaraan mogelijke oplossingen moeten voldoen om überhaupt meegenomen te worden in de afweging. Om latere problemen te voorkomen is het van belang dat deze randvoorwaarden in een kwantitatieve manier beschreven worden. Het moet voor iedereen eenduidig helder zijn dat een mogelijke oplossing voldoet aan de randvoorwaarde of niet.

Stap 3 – doelen vaststellen

Doelen zijn brede intentieverklaringen en wenselijke programmatische waarden. Ze gaan verder dan de eisen en beschrijven de wensen en verlangens met betrekking tot het probleem. Mathematisch gezien vormen eisen een beperking en doelen juist een streefwaarde voor een oplossing. De doelen kunnen tegenstrijdig zijn, maar dit is een natuurlijke bijkomstigheid in praktische beslissing situaties (Fülöp, 2005).

Stap 4 – identificatie van alternatieven

Alternatieven bieden verschillende benaderingen voor het veranderen van de oorspronkelijke toestand in de gewenste toestand (Baker, et al., 2001). Een alternatief kan dus omschreven worden als een iets waarmee of waarvan de huidige toestand veranderd kan worden naar de gewenste toestand. Onafhankelijk of het alternatief al bestaat of nog bedacht moet worden het dient te voldoen aan de randvoorwaarden gesteld in stap 2.

Wanneer het aantal alternatieven eindig is dan kunnen ze één voor één getoetst worden aan de randvoorwaarden. Als ze daar niet aan voldoen dienen ze uitgesloten te worden voor verdere overweging. Zo ontstaat een expliciete lijst met alternatieven. Bij een oneindig aantal mogelijke alternatieven dan is de expliciete set die meegenomen wordt gelijk aan de alternatieven die binnen de door de randvoorwaarden gevormde ruimte vallen.

Stap 5 – definiëring van criteria

Criteria zorgen voor onderscheiding tussen alternatieven. De criteria waarop een beslissing wordt genomen moeten gebaseerd zijn op de gestelde doelen. Het is noodzakelijk om onderscheidende criteria te definiëren als objectieve metingen van de doelen. Een score van een alternatief op een criterium laat zodoende zien hoe goed het alternatief voldoet aan het doel. Aangezien de doelstellingen via de criteria worden vertegenwoordigd moet voor elk doel tenminste één criterium worden opgesteld. Het is niet uitgesloten dat complexe doelen vertegenwoordigd worden door meerdere criteria.

Het kan nuttig zijn om criteria te groeperen in een serie van sets die betrekking hebben op losse en onderscheiden onderdelen van de algemene doelstelling van de beslissing. Dit is vooral handig wanneer er een relatief groot aantal criteria in overweging worden genomen. Het groeperen van de criteria kan helpen om te controleren of de set van criteria geschikt is voor het probleem. Daarnaast kan groepering van de criteria helpen bij het berekenen van de gewichten in sommige methodes en het kan helpen bij het faciliteren van een verbeterd begrip van het onderwerp op een bovenliggend niveau. Het is gebruikelijk om groepen van criteria, subcriteria en sub-subcriteria in een boomstructuur weer te geven.

Volgens Baker et al. (2001) dienen criteria:

- in staat te zijn om onderscheid te maken tussen alternatieven,
- alle doelen te vertegenwoordigen,
- betekenisvol te zijn voor de beslisser zijn begrip van de implicaties van een alternatief,
- niet dubbelzinnig te zijn (om dubbeltelling te voorkomen),
- laag in aantal te zijn.

Elk criterium dient iets belangrijks te meten, en niet afhankelijk te zijn van een ander criterium. Criteria moeten onderscheid maken tussen alternatieven op een zinvolle manier. Wanneer er geen zinvol verschil tussen de alternatieven op een bepaald criterium is dan dient dit criterium achterwege gelaten te worden.

Stap 6 – selectie van een beslissingsmethode

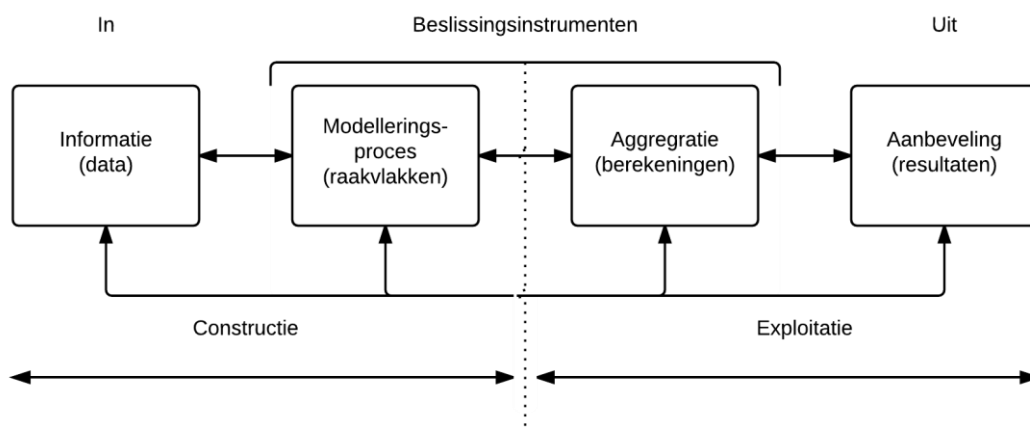
Er zijn verschillende beslissingsmethodes die kunnen helpen bij het maken van een beslissing bij een beslissingsprobleem. Om een keuze te kunnen maken tussen de verschillende methodes kan gebruik gemaakt worden van de onderscheidende criteria gevonden in paragraaf 2.3. Naast het vinden van een meest geschikte methode is het tevens mogelijk om een combinatie van methodes te gebruiken. Zo kan bijvoorbeeld bij een grote lijst met alternatieven een relatieve simpele methode gebruikt worden om hieruit een eerste selectie te maken. Vervolgens wordt voor de selectie een meer intensieve methode gebruikt om de uiteindelijke beslissing te kunnen maken.

De selectie en/of ontwikkeling van een geschikt beslissingsmethode voor de prioritering van kunstwerken staat centraal in dit onderzoek. Het is voor de provincie van belang dat er een betrouwbaar en herleidbare methode ontwikkeld wordt. De provincie is een organisatie waardoor verantwoording van de juiste beslissing belangrijk is. Prioritering van de kunstwerken is echter iets waar geen enorme tijdsdruk op staat waardoor het mogelijk is om meer intensieve methodes te gebruiken.

De voorgaande stappen helpen bij het structureren van het probleem, maar om tot een goede oplossing te komen dient de methode ook toepasbaar te zijn voor de gestelde criteria en meetgegevens. Hier gaat dit rapport later verder op in. Baker et al. (2001) stellen dat selectie van een methode gebaseerd dient te zijn op de complexiteit van het probleem en de ervaring van de beslissers. Ze stellen daarnaast dat een simpelere methode vaak beter is omdat meer complexe analyses altijd later toegevoegd kunnen worden mocht dat nodig zijn.

Stap 7 – evaluatie van de alternatieven op de criteria

Alternatieven kunnen worden geëvalueerd met kwantitatieve en kwalitatieve methodes of een combinatie van beide. Elke methode voor een beslissing heeft data (of informatie) nodig voor de evaluatie van de alternatieven op de criteria. Waar dat nog niet gedaan is dient de informatie eerst verzameld te worden.



Figuur 2: Schematisatie van een beslissingsmethode (Guitouni & Martel, 1998)

Over het algemeen vervullen beslissingsmethodes twee rollen in de evaluatie van de alternatieven op de criteria; structureren en exploiteren (Bouyssou, 1996). De instrumenten structureren de informatie over de alternatieven en ze geven sturing aan de exploitatie van de informatie door aggregatie. Men kan beargumenteren dat deze stappen overlappen en zodoende kan een multi-criteria beslissingsprobleem worden omschreven zoals in Figuur 2.

Stap 8 – validatie van de oplossing tegen het probleem

Nadat in het evaluatieproces een geprefereerd alternatief is geselecteerd moet gekeken worden of deze wel echt een oplossing biedt voor het gestelde probleem. Vergelijk de oplossing met de oorspronkelijke probleemomschrijving, met de gestelde doelen en met de randvoorwaarden. Een uiteindelijke oplossing biedt een oplossing voor het gestelde probleem, voldoet aan de gestelde doelen en blijft binnen de randvoorwaarden. Wanneer het alternatief is gevalideerd dan kan deze worden gepresenteerd aan anderen. In een rapportage dienen het proces, de aannames, de methodes, en de conclusies van een uiteindelijke oplossing beschreven te worden.

2.5 Deelconclusie

In dit hoofdstuk is gezocht naar een antwoord op de deelvraag "Hoe zou op basis van de literatuur een prioritering plaats moeten vinden?" Het prioriteringsvraagstuk van de provincie is een multi-criteria beslissingsprobleem, waarbij een prioritering een vorm van rangschikken is. In het geval van dit onderzoek is de noodzakelijkheid voor een interventie een eigenschap van kunstwerken waarop de rangschikking dient plaats te vinden.

Om tot een prioritering te komen dient een bepaalde beslissingsmethode te worden toegepast. Echter is de selectie van deze beslissingsmethode sterk afhankelijk van de specifieke context waarbinnen het beslissingsprobleem zich afspeelt. Er is geen beste model voor alle situaties. Er zal dus op de een of

andere manier een beslissingsmethode gekozen of samengesteld moeten worden die aansluit bij de beslissingscontext.

Hiervoor dient eerst de beslissingscontext te worden vastgesteld. Zodoende is gekeken naar het beslissingsproces model van Baker et al. (2001). Zij omschrijven een 9-tal generieke processtappen die doorlopen worden bij het oplossen van een beslissingsprobleem. In hun model zijn dit de volgende stappen:

0. identificatie van de stakeholders,
1. definiëren van het probleem,
2. eisen vaststellen,
3. doelen stellen,
4. identificatie van alternatieven,
5. definiëren van criteria,
6. selectie van een beslissingsmethode,
7. evaluatie van de alternatieven op de criteria,
8. validatie van de oplossing tegen het probleem.

De door Baker et al. (2001) voorgestelde processtappen sluiten goed aan bij het prioriteringsvraagstuk van de provincie. Stappen 0 tot en met 5 worden gebruikt beslissingscontext vast te stellen en te definiëren. Zodoende kan in stap 6 op basis van deze informatie een beslissingsmethode worden gekozen of samengesteld. De keuze voor een methode is, zoals blijkt uit de literatuur, sterk afhankelijk van het probleem, de criteria, de beschikbare gegevens en de beslisser zelf. Met behulp van de gegevens gevonden in de stappen hiervoor kan een goede methode gekozen of ontwikkeld worden die past bij de beslissingscontext. Deze gekozen of samengestelde methode wordt vervolgens in stap 7 toegepast op het beslissingsprobleem en in stap 8 gevalideerd.

Op basis van de gevonden literatuur kan worden geconcludeerd dat een prioritering plaats kan vinden door eerst de probleemcontext goed in beeld te brengen. Vervolgens kan op basis van deze context een beslissingsmethode gekozen of samengesteld worden. Deze wordt vervolgens toegepast wat leidt tot en prioritering. Validatie van de prioritering vindt tenslotte plaats om te controleren of het gevonden antwoord ook daadwerkelijk een antwoord biedt op het geschetste probleem.

3 *Beslissingscontext bij de provincie*

In dit hoofdstuk wordt een antwoord gegeven op deelvraag 2 "Op basis van welke criteria kan de noodzakelijkheid voor een interventie van kunstwerken worden bepaald?". Dit wordt gedaan door de processtappen uit het beslissingsproces model van Baker et al. toe te passen op het prioriteringsvraagstuk van WK. In dit hoofdstuk worden allereerst de stakeholders geïdentificeerd en vervolgens worden stap 1 tot en met 5 uitgevoerd. Ofwel er wordt eerst een definiëring van het probleem gemaakt. Vervolgens wordt van het stappenplan afgeweken en worden eerst de alternatieven geïdentificeerd om zo te verduidelijken wat kunstwerken zijn en hoeveel WK er in haar beheer heeft. Hierna worden de eisen en doelen opgesteld, en worden de criteria worden geïdentificeerd. De criteria en de probleemcontext vormen uiteindelijk de basis waarmee in Hoofdstuk 4 gezocht zal worden naar een geschikte beslissingsmethode.

In dit hoofdstuk zal blijken dat het achterhalen van de criteria om de noodzaak voor een interventie bij kunstwerken te bepalen in de praktijk lastiger is dan in theorie. De uiteindelijk gevonden criteria zijn dan ook suboptimaal, maar bieden een goed en nieuw inzicht in de praktijksituatie zoals die bij vele overheidsinstanties van toepassing is.

3.1 **Stakeholder identificatie**

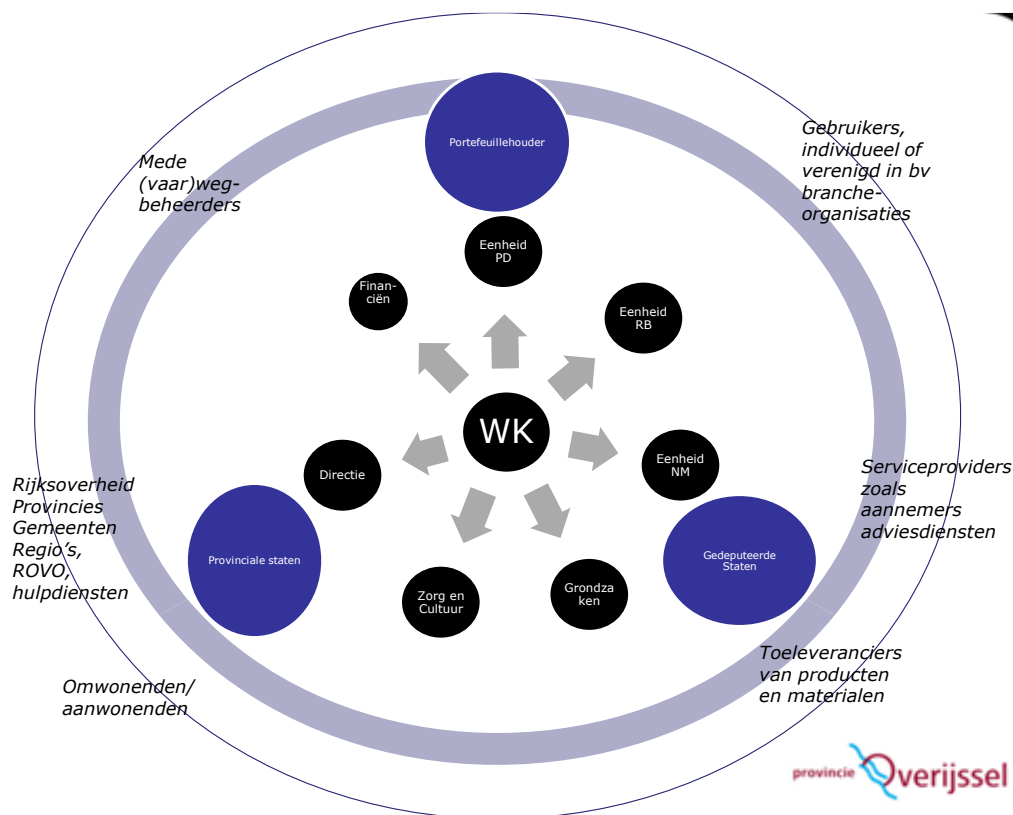
WK is zoals gezegd een eenheid binnen de provincie Overijssel. Het werk van WK heeft vele raakvlakken met zowel entiteiten binnen de provincie als externe entiteiten. Figuur 3 toont een schematisch overzicht van deze raakvlakken. Het werk van WK heeft raakvlakken met dat van de andere eenheden binnen de provincie. Zij worden weergegeven als zwarte bolletjes in het figuur. De blauwe bolletjes vormen de overkoepelende entiteiten binnen de provincie zoals de portefeuillehouders, de Generale Staten en de Provinciale Staten. Daarbuiten bevinden zich de externe entiteiten zoals de gebruikers, aannemers, toeleveranciers, omwonenden, andere provincies en gemeenten.

Het prioriteringsprobleem is een beslissingsprobleem wat plaats vindt op het tactische niveau. Het wordt gevoed door gegevens verzameld op het operationele niveau en de strategieën geformuleerd op het strategische niveau. Ondanks dat de prioritering een invloed uitoefent op, of wordt beïnvloed door de vele stakeholders wordt voor het maken van de prioritering zelf alleen de mening van de belangrijkste stakeholders meegenomen. Dit zijn de zogeheten '*key stakeholders*' met veel invloed en interesse in het beslissingsprobleem (Eden & Ackermann, 1998).

Externe stakeholders hebben wel een belang of interesse in het beslissingsprobleem, maar zij dragen geen verantwoording voor de identificatie van de noodzakelijkheid van een interventie van kunstwerken. Zodoende worden de externe stakeholders buiten verdere beschouwing gelaten. Binnen de provincie wordt het beleid opgesteld door de Provinciale en Generale Staten. Het beleid van WK wordt hieruit afgeleid en verder aangevuld. Deze entiteiten hebben zodoende wel invloed op een prioritering, maar alleen indirect. Hetzelfde geldt voor de overige eenheden, deze hebben wel raakvlakken met kunstwerken, maar geen direct belang of verantwoordelijkheid voor de keuze.

Derhalve wordt binnen WK gezocht naar key stakeholders. Het probleem richt zich op de prioritering van kunstwerken. Dit zijn assets waarvoor volgende stakeholderrollen zijn geïdentificeerd die mogelijk van belang zijn voor het maken van een beslissing; de asset eigenaar, de asset manager, de service provider en de asset gebruikers. De Provinciale Staten is in beginsel de eigenaar van de kunstwerken. Zij heeft echter het eigenaarschap en beheer doorgemandateerd aan de Generale Staten en zij heeft

dat verder doorgemandateerd aan het hoofd eenheid Wegen en Kanalen. Zodoende valt het eigenaarschap en ook het beheer van de kunstwerken voor verantwoording van WK.



Figuur 3: Schematische weergave van de stakeholdercontext van WK

Het hoofd van de eenheid WK kan worden geïdentificeerd als de asset owner. De programma manager is te identificeren als de asset manager, maar de verantwoordelijkheid voor het maken van een prioritering is door gemandateerd naar de adviseur kunstwerken. WK als eenheid is de stakeholder welke intern voorziet in de service welke geleverd wordt via de kunstwerken. Zij werkt hiervoor samen met de markt al externe partij. De laatste groep stakeholders zijn de gebruikers. Dit zijn binnen de provincie partijen als de brugwachters en de verkeerscentrale. Buiten de provinciale organisatie zijn dit de omwonenden, en de gebruikers van de kunstwerken. Externe entiteiten worden zoals eerder genoemd niet gezien als key stakeholders. Zodoende zijn de key stakeholders te omschrijven als de adviseur kunstwerken, die de uiteindelijke beslissing maakt, en degenen welke de directe gevolgen van de beslissing ondervinden.

De volgende stakeholders worden verder in beschouwing genomen: de adviseur kunstwerken, de programmamanagers en de operationele managers. Zij zijn allemaal benaderd om individueel hun mening te geven over wat zij verstaan onder de probleemdefinitie, de eisen, de doelen en de criteria. Alsmede hebben ze allen een omschrijving van de mogelijke alternatieven gegeven. De resultaten worden samen met gevonden documentatie in de volgende paragrafen besproken.

3.2 Definiëring van het probleem

In de basis wil WK kunnen garanderen dat de kunstwerken functioneren naar behoren. Dit dient gemeten te worden op basis van bepaalde streefwaarden welke laten zien wat functioneren naar behoren is. Kunstwerken die minder goed presteren dan de streefwaarden, of tegen de streefwaarden aan zitten, komen op de nominatie voor een interventie. Een prioritering zou op basis van het functioneren voorrang moeten geven aan diegene welke het verst van de streefwaarden af zit (in

negatieve zin). Er is dan een hogere noodzaak om een interventie uit te voeren bij het desbetreffende kunstwerk.

Een kunstwerk zou echter ook een hogere prioriteit moeten krijgen naarmate deze van groter belang is voor het behalen van de provinciale doelstellingen. Deze doelstellingen zeggen iets over de importantie van een kunstwerk binnen een netwerk. Wanneer een kunstwerk niet meer naar behoren functioneert of dreigt niet meer naar behoren te functioneren, dan heeft dit een negatieve invloed op het netwerk en op het behalen van de provinciale doelstellingen.

Omdat kunstwerken verschillende constructieve kenmerken hebben, in verschillende condities verkeren, van verschillende leeftijd zijn, en zich op verschillende locaties bevinden, scoren de kunstwerken waarschijnlijk verschillend in de mate van functioneren en op hun importantie voor het behalen van de provinciale doelstellingen. Voor de kunstwerken dient een volgorde (prioritering) te worden opgesteld ten aanzien van de mate waarin ze naar behoren functioneren en de mate waarin ze van belang zijn voor het behalen van deze provinciale doelstellingen. Zo krijgen kunstwerken met slechte functionele prestaties en kunstwerken met een hoge mate van belang voor het behalen van de provinciale doelstellingen voorrang.

Als gevolg van nieuwe wet- en regelgeving presteren ineens veel kunstwerken onder de (nieuwe) streefwaarden. Er dient op de een of andere manier een prioritering van de kunstwerken plaats te vinden en dit zou moeten gebeuren op basis van de prestaties van de kunstwerken en hun bijdrage aan het behalen van de provinciale doelstellingen.

Het probleem is echter dat WK tot dusverre alleen gebruik maakt van indicatoren welke gekoppeld zijn aan de prestaties van een kunstwerk. Met behulp van conditiescores worden de onderdelen van een kunstwerk individueel behandeld en gescoord. De conditiescore laat per onderdeel zien in hoeverre het onderdeel presteert ten opzichte van een streefwaarde. Vooral de koppeling tussen de importantie van een kunstwerk en de provinciale doelstellingen is onvoldoende in kaart gebracht. Derhalve is voor WK de volgende probleemdefinitie opgesteld, besproken en aangenomen door de stakeholders.

Voor welke kunstwerken is interventie het meest noodzakelijk zodat deze hun functies kunnen blijven uitvoeren op het gewenste niveau en bijdragen aan het behalen van de provinciale doelstellingen?

3.3 *Identificatie van de alternatieven*

De term kunstwerk is een containerbegrip voor meerdere objecten. Voor verdere verduidelijking en een stukje afbakening wordt in deze paragraaf beschreven wat verstaan wordt onder een kunstwerk. Dit is gedaan om verwarring met andere associaties te voorkomen. Een kunstwerk is een civieltechnisch werk of installatie rond de natte en/of droge infrastructuur dat voorziet in één of meerdere vormen van transport (TU Delft). Bekende voorbeelden hiervan zijn onder andere aquaducten, bruggen, duikers, ecoducten, sluizen en viaducten.

De stakeholders zijn gevraagd om de alternatieven te identificeren en hun definitie van kunstwerken te geven. Volgens de stakeholders is een kunstwerk *een bouwwerk in, over, of onder een (water)weg* en hebben kunstwerken de volgende generieke hoofdfuncties:

- Het voorzien in een vorm van transport van mens, dier, water en/of goederen;
- Het bereikbaar(der) maken van meerdere gebieden anderzijds gescheiden door een natuurlijke, danwel kunstmatige barrière of afscheiding;
- Het verbinden/koppelen van twee of meerdere transportnetwerken.

Een kunstwerk maakt een verbinding tussen twee of meerdere netwerken mogelijk waarbij in de meeste gevallen een natuurlijke of kunstmatige barrière wordt overschreden. Zodoende voorziet het kunstwerk in de wederzijdse bereikbaarheid van twee of meerdere gebieden door het faciliteren van transport van mens, dier en/of goederen tussen deze gebieden.

De provincie Overijssel is eigenaar en beheerder van 321 kunstwerken (peildatum 20-10-2014). De provincie maakt onderscheid tussen drie categorieën kunstwerken: vaste kunstwerken, beweegbare

kunstwerken en duikers. Deze worden elk weer verder onderverdeeld in objecttypes. Een overzicht hiervan is te zien in tabel 6. Vaste kunstwerken faciliteren transport over of onder kruisende infrastructuur of natuurlijke barrières. Beweegbare kunstwerken doen dat ook maar deze bevatten een nog beweegbaar deel of beweegbare delen. Duikers zijn kokers onder baan- of weglichamen met als doel een verbinding te vormen tussen beide zijdes. Deze verbinding kan zowel droog als nat zijn en bijvoorbeeld dienen om watergangen met elkaar te verbinden, of om twee leefgebieden op gebied van fauna met elkaar te verbinden.

Tabel 6: Overzicht van de objecttypes per type kunstwerk zoals gehanteerd door WK.

Vaste kunstwerken	Beweegbare kunstwerken	Duikers
Brug vast	Basculebrug	Duiker
Duiker ¹	Draaibrug	Viaduct ²
Fietsbrug	Keersluis	
Ophaalbrug ³	Klapbrug	
Schutsluis ⁴	Ophaalbrug	
Tunnel	Schutsluis	
Viaduct		

Per objecttype zijn er nog verschillende hoofdfuncties te identificeren. Hiervoor hanteert de provincie de objecttypes zoals weergegeven in Tabel 7.

Tabel 7: Hoofdfunctie per objecttype

Objecttype	Functie
Beweegbare brug	Verbinden verkeer over waterweg heen en doorvaart schepen
Sluis – Keersluis	Bescherming tegen hoog water
Sluis – Schutsluis	Schutten van schepen
Sluis – Spuisluis/stuw	Reguleren waterstand
Vaste brug	Verbinden verkeer over waterweg heen
Viaduct	Verbinden verkeer over weg heen
Tunnel	Verbinden verkeer onder weg door
Duiker	Doorvoer waterweg onder weg

Aangezien de verschillende objecttypes verschillende functies vervullen is het aannemelijk dat ze op basis van de functionaliteit lastig met elkaar te vergelijken zijn. Er zal moeten worden gezocht naar algemene doelen en criteria die iets zeggen over al deze objecten, of de objecttypes moeten los van elkaar worden geprioriteerd. Het is mogelijk dat voor deze algemene criteria geen gegevens voor alle kunstwerken te verkrijgen zijn. In dat geval dient wederom een afweging gemaakt te worden of ze los of gezamenlijk worden geprioriteerd.

Voor het beheer van de kunstwerken maakt de provincie gebruik van het 'Kunstwerken Informatie en OnderhoudsSysteem' (KIOS). Dit wordt in de loop van de tijd vervangen door iASSET, maar in dit onderzoek is nog gebruik gemaakt van KIOS. In KIOS wordt bijgehouden welke kunstwerken in eigendom en/of beheer van de provincie zijn. Daarnaast wordt voor elk kunstwerk een dossier bijgehouden met gegevens over onder andere het ontwerp, inspectierapportages en prestatiescores. Een belangrijk gedeelte van de prestatiegegevens zal dus volgen uit de gegevens in KIOS. Uit KIOS valt af te leiden dat de provincie verantwoordelijk is voor het beheer van 321 kunstwerken.

Voor het onderzoek worden alleen kunstwerken in beschouwing genomen welke vanuit hun functie voorzien in droog transport van mens en dier. Dit betekent dat sluizen en zo goed als alle duikers niet meegenomen worden in het onderzoek. Van de 321 kunstwerken in beheer worden er 230 direct bereden door verkeer.

De bereden kunstwerken zijn door WK verder opgedeeld naar de verkeersklasse waarop ze ontworpen zijn. Een verkeersklasse geeft aan hoeveel variabele belasting een kunstwerk zou moeten kunnen dragen. WK maakt onderscheid tussen verkeersklassen; 30, 45, 60 en onbekend. Het cijfer van de

¹ Deze duikers worden direct bereden. Er zit geen grondlichaam tussen de duiker en het wegvak waardoor ze als vast kunstwerk zijn aangeduid.

² Over het viaduct zit een grondlichaam waardoor deze als duiker wordt aangeduid.

³ Niet langer beweegbaar.

⁴ Niet langer in gebruik.

verkeersklasse staat voor een bepaald tonnage wat het kunstwerk zou moeten kunnen dragen, verdeeld over drie assen van een vrachtwagen. Een kunstwerk uit verkeersklasse 30 dient zodoende een vrachtwagen met een aslast van 10 ton te kunnen dragen; ($3 \cdot 10 = 30$).

Een uitzondering hierop zijn de fietsbruggen. Hiervoor wordt aangenomen dat de variabele belastingen in de vorm van fietsers verwaarloosbaar zijn en deze zijn zodoende niet ontworpen naar een specifieke verkeersklasse (Boven D. , 2014). Verkeersklasse onbekend zijn kunstwerken waarvan het onbekend is naar welke verkeersklasse ze zijn ontworpen.

Op 1 april 2012 zijn de Eurocodes van toepassing geworden. In de Eurocodes worden onder andere ook nieuwe normen gegeven voor kunstwerken. Er is hierdoor nog maar één ontwerpbelasting van toepassing en deze is vergelijkbaar met verkeersklasse 60. Vooronderzoek door Movares en Royal HaskoningDHV heeft uitgewezen dat kunstwerken uit verkeersklasse 30 op basis van de Eurocodes hoe dan ook vervangen moeten worden. Uit datzelfde onderzoek is gebleken dat op basis van de Eurocodes voor kunstwerken uit verkeersklasse 60 voorlopig geen interventie nodig is. Zodoende blijven de kunstwerken uit verkeersklasse 45 en verkeersklasse onbekend over. Per kunstwerk uit deze verkeersklassen zou gekeken moeten worden of deze nog voldoet aan de Eurocodes of niet.

Samengevat wordt de volgende definitie van kunstwerken in dit onderzoek gehanteerd: "*Kunstwerken zijn civieltechnische werken of installaties die voorzien in één of meerdere vormen van droog transport van mens, dier en/of goederen anders dan wegen.*"

Gegeven de bovenstaande definitie van kunstwerken betekent dit dat er nog steeds relatief veel kunstwerken in beschouwing worden genomen. Het model zal zodoende een grote hoeveelheid alternatieven tegen elkaar moeten kunnen afwegen. Aanvullend op de kunstwerken uit KIOS bleek tegen het einde van het onderzoek dat bepaalde kunstwerken nog niet in KIOS stonden. Deze kunstwerken kwamen wel voor in verschillende beheerslijsten van de provincie die gebruikt zijn voor de datavergaring. De kunstwerken uit KIOS zijn zodoende op het laatste moment nog aangevuld met 6 kunstwerken die nog niet in het beheerpakket stonden. Zodoende komt het totale aantal kunstwerken op 327.

3.4 Vaststelling van de eisen

Het probleem van de provincie is als volgt gedefinieerd: *Voor welke kunstwerken is interventie het meest noodzakelijk zodat deze hun functies kunnen blijven uitvoeren op het gewenste niveau en bijdragen aan het behalen van de provinciale doelstellingen?*

De kunstwerken dienen te functioneren naar behoren. Wanneer ze onder het gewenste niveau presteren dan is er een vergrote noodzaak om een interventie toe te passen. Maar wanneer het prestatieniveau lager is dan de normen volgend uit wet- en regelgeving dan is de noodzaak zonder twijfel aanwezig. Er dient dan hoe dan ook een interventie plaats te vinden waardoor weer wordt voldaan aan deze regels. Er zijn meerdere wet- en regelgevingen van toepassing op de kunstwerken. Zo dienen ze te voldoen aan wet- en regelgeving op het gebied van digitale, fysieke en constructieve veiligheid. Tevens moet worden voldaan aan de Arbo-regelgeving en de machine- en arbeidsmiddelenrichtlijn.

Daarnaast wordt geëist dat het mogelijk is om binnen de huidige context, dus op basis van bestaande gegevens, de noodzaak voor een interventie te kunnen bepalen. Het verzamelen van nieuwe gegevens is duurt gewoonweg te lang. Er worden dus geen nieuwe metingen verricht, maar het is wel mogelijk dat missende gegevens aangevuld worden. De missende gegevens kunnen bijvoorbeeld worden afgeleid uit andere gegevens, of een expert kan een gefundeerde schatting maken. Door gebruik te maken van reeds bestaande gegevens wordt de directe bruikbaarheid en integratie van de prioritering binnen de organisatie verhoogd.

Zodoende zijn de volgende twee eisen vastgesteld:

- Voldoen aan wet- en regelgeving
- Vaststelling op basis van beschikbare gegevens

3.5 Vaststelling van de doelen

De programmering van assets bevindt zich in een speelveld waarbij prestaties, risico's en kosten tegen elkaar worden afgewogen. In een optimale situatie zijn er maximale prestaties, met minimale risico's tegen minimale kosten. Het is in de praktijk alleen niet mogelijk om deze doelen tegelijkertijd te bewerkstelligen. Om te kunnen bepalen voor welke kunstwerken een interventie het meest noodzakelijk is zijn dient deze noodzaak te worden bepaald. Hiervoor spelen de kosten nog geen rol. Pas wanneer bepaald is voor welke kunstwerken een interventie wordt toegepast kunnen verschillende interventies tegen elkaar worden afgewogen, mede op basis van de kosten.

Er is zodoende een hogere noodzakelijkheid voor een interventie bij een kunstwerk wanneer de prestatiewaarden hiervan negatief afwijken van de gestelde streefwaarden. De streefwaarden kunnen gezien worden als doelen. Deze worden gekoppeld aan de functies die kunstwerken vervullen en hun bijdrage aan het behalen van de provinciale doelstellingen. De kunstwerken dienen aan de ene kant te functioneren naar behoren. Hierbij leiden lagere prestatiescores tot een verhoogde noodzaak voor een interventie. Aan de andere kant leveren de kunstwerken een bijdrage bij het behalen van de provinciale doelstellingen. Denk hierbij aan bereikbaarheid, ruimtelijke kwaliteit, milieudoelstellingen enzovoorts. Een hogere bijdrage leidt in dit geval tot een verhoogde noodzaak voor een interventie. Het is wel belangrijk dat de provinciale doelen een duidelijke koppeling hebben met de functies van een kunstwerk.

3.5.1 Doelen gekoppeld aan de functies van een kunstwerk

In paragraaf 3.3 is aangegeven dat kunstwerken drie generieke hoofdfuncties vervullen. Dit zijn:

- Het voorzien in transport van mens, dier, water en/of goederen;
- Het bereikbaar(der) maken van meerdere gebieden anderszijds gescheiden door een natuurlijke, danwel kunstmatige barrière of afscheiding;
- Het verbinden/koppelen van twee of meerdere transportnetwerken.

Kunstwerken voorzien in het transport van iets waarbij ze verschillende gebieden met elkaar verbinden en ervoor zorgen dat deze gebieden beter onderling bereikbaar zijn. Volgens de beleidsambitie van WK dient dit op een vlotte en veilige manier te gebeuren (Provincie Overijssel, 2013, p. 168). De vlotheid van het transport zegt iets over de bereikbaarheid tussen de gebieden. Hoe vlotter dit gaat hoe hoger de bereikbaarheid van de gebieden. Het transport moet daarnaast (vanzelfsprekend) op een zo veilige mogelijke manier gebeuren.

Bereikbaarheid is echter lastig uit te drukken in prestaties die betrekking hebben op kunstwerken. Er zijn verschillende indicatoren te benoemen welke iets aangeven over de importantie van een kunstwerk in een transportnetwerk, maar er zijn geen bruikbare gegevens gevonden die iets zeggen over de prestatie van een kunstwerk op het gebied van bereikbaarheid. Zo zegt de grootte van het transport waarin een kunstwerk voorziet zegt alleen iets over de importantie van het kunstwerk, en kan niet worden gezien als een prestatie. De kunstwerken zijn namelijk allemaal anders gedimensioneerd. Derhalve zegt de grootte van het transport alleen iets over de prestaties als het wordt uitgezet tegen de gemodelleerde capaciteit. Bij een kunstwerk dat regelmatig voorziet in een hoeveelheid transport dichtbij, of zelfs boven, de gemodelleerde capaciteit komt de doorstroming en daarmee ook de bereikbaarheid wel in het geding en kan dit worden gezien als een reden om prioriteit te geven aan het kunstwerk.

Voor veiligheid is dit anders. Een kunstwerk kan alleen haar functies uitvoeren wanneer ze kan voorzien in het van haar verlangde transport. Dit houdt op wanneer het kunstwerk als gevolg van bijvoorbeeld incidenten of constructieve regels niet langer gebruikt kan worden. Verschillende vormen van transport leveren elk een specifieke last op een kunstwerk. Een kunstwerk moet deze lasten kunnen dragen. Wanneer een kunstwerk de beoogde lasten niet (langer) kan dragen dan bestaat het gevaar dat het kunstwerk niet langer gebruik kan worden. In dat geval kan niet langer worden voorzien in het specifieke transport tussen de gebieden. De bereikbaarheid van de gebieden neemt dan af.

Samengevat kunnen de volgende doelen worden opgesteld gekoppeld aan de functies van een kunstwerk:

1. Maximalisatie van bereikbaarheid
2. Maximalisatie van veiligheid

De doelen zijn met opzet erg ruim gehouden, omdat voor elk kunstwerk verschillend kan zijn. Maar over het algemeen kan wel gezegd worden dat het maximaliseren van de bereikbaarheid een doel is voor kunstwerken. Evenals het maximaliseren van de veiligheid van een kunstwerk. Dit wordt bewerkstelligd door voldoende capaciteit te bieden in verhouding met het gebruik en door prestaties te leveren op het gebied van (constructieve) veiligheid zodat risico op een ongeval wordt geminimaliseerd.

3.5.2 Doelen gekoppeld aan de provinciale doelstellingen

Infrastructuur is belangrijk voor het behalen van de provinciale doelstellingen. Deze provinciale doelstellingen zijn uitgedrukt in beleidsambities in de omgevingsvisie van de provincie. De beleidsambities kunnen worden behaald door het blijven functioneren van de infrastructuur. En omdat kunstwerken onderdeel zijn van infrastructuur hebben zij ook een invloed op het behalen van de provinciale doelstellingen. Wanneer een kunstwerk niet langer of slechts beperkt haar functie uit kan oefenen dan heeft dit negatieve gevolgen voor de gestelde doelstellingen. Er bestaat dan een kans dat de doelstellingen, en daaraan verbonden beleidsambities, niet gerealiseerd worden.

In de omgevingsvisie van de provincie Overijssel staan twee thema's centraal: ruimtelijke kwaliteit en duurzaamheid. Ruimtelijke kwaliteit wordt door de provincie als volgt gedefinieerd: *datgene wat ruimte geschikt maakt en houdt voor wat voor mensen belangrijk is* (Provincie Overijssel, 2013, p. 24). De nadruk bij het realiseren van ruimtelijke kwaliteit ligt volgens de provincie naast het beschermen van bestaande gebiedskenmerken op het verbinden van deze kenmerken.

De provincie maakt onderscheid tussen vier lagen die verschillen gebiedskenmerken tonen:

- Natuurlijke laag (in en op de bodem);
- Laag van het agrarisch cultuurlandschap (grootschalig gebruik en inrichting van de bodem);
- Stedelijke laag (bebouwing en infrastructuur);
- Lust & Leisure laag (beleving, toerisme, cultuurhistorie en landgoederen).

Omdat kunstwerken onderdeel zijn van de infrastructuur zijn ze terug te vinden in de stedelijke laag. De provinciale doelstellingen en beleidsambities gekoppeld aan kunstwerken zijn dan ook vooral in deze laag terug te vinden. Omdat de vier lagen niet los van elkaar staan, kunnen kunstwerken ook belangrijk zijn voor beleidsambities van een andere laag. Zo kan een kunstwerk een bouwwerk zijn met een cultuurhistorische waarde of bijdragen aan de beleving van het natuurlijke landschap.

Duurzaamheid is zoals eerder gezegd het tweede centrale thema bij de provincie in de omgevingsvisie. Duurzaamheid wordt door de provincie als volgt gedefinieerd: *ecologische, economische en sociaal-culturele ontwikkelingen die voorzien in de behoefte van de huidige generatie, zonder voor toekomstige generaties de mogelijkheden in gevaar te brengen om ook in hun behoeften te voorzien* (Provincie Overijssel, 2013, p. 22). De nadruk in de definitie ligt op het versterken van de duurzaamheid van de leefomgeving. De provincie noemt de realisatie van een sterke hoofdinfrastructuur als een van de speerpunten om dit te bewerkstelligen. Een sterke hoofdinfrastructuur moet bijdragen aan de bereikbaarheid en doorstroming om zo kansen te bieden voor het leefmilieu op andere plaatsen en het bevorderen van een gezond en veilig leefmilieu door het terugdringen van milieubelastingen.

Bij beide centrale thema's zijn beleidsambities en doelstellingen geformuleerd. Deze zijn niet allemaal te koppelen aan de functies van kunstwerken, maar kunstwerken kunnen wel bijdragen bij het behalen van enkele deze ambities en doelstellingen. Uiteindelijk bepaalt de mate waarin een kunstwerk hierin kan bijdragen de importantie van het kunstwerk, en daarmee ook de prioriteit van interventie aan het kunstwerk.

Voor vijf sub-thema's van ruimtelijke kwaliteit en duurzaamheid komt het belang van kunstwerken duidelijk naar voren: leefbaarheid, gebiedsidentiteit, bereikbaarheid, doorstroming, en verkeersveiligheid. De vijf sub-thema's worden hieronder nader toegelicht.

Leefbaarheid

Leefbaarheid heeft betrekking op de aantrekkelijkheid van de woon-, werk- en recreatieomgeving. Hierin speelt het aanzien en de beleving van infrastructuur een rol, maar ook emissies die door het gebruik van infrastructuur worden veroorzaakt zoals geluid, trillingen, fijn stof, stank en licht. De provincie heeft als doelen geformuleerd dat geluidhinder en lichthinder beperkt worden en dat luchtkwaliteit verbeterd wordt. Het belang van een kunstwerk voor het behalen van deze doelstellingen bestaat dan in het effect van een niet bruikbaar kunstwerk op het ontstaan van geluidhinder, lichthinder en lagere luchtkwaliteit in de omgeving van het kunstwerk. Dit kan allemaal erg afhankelijk zijn van bijvoorbeeld de locatie van het kunstwerk, maar over het algemeen kan gezegd worden dat wordt gestreefd naar een zo optimaal mogelijke leefbaarheid rondom een kunstwerk.

Indicatoren die belang van een kunstwerk voor de leefbaarheid laten zien zijn dan de verkeersintensiteit van de weg waar het kunstwerk onderdeel van is en de nabijheid van woon- en recreatiegebieden. Hoe meer verkeer over het kunstwerk gaat en hoe dichter het kunstwerk bij een woon- of recreatiegebied ligt, hoe groter de kans dat bij een niet bruikbaar kunstwerk veel verkeer door het woon- of recreatiegebied gaat, geluid en licht toeneemt en luchtkwaliteit afneemt.

Gebiedsidentiteit

Gebiedsidentiteit heeft te maken met het cultuurhistorisch erfgoed in een gebied waardoor het gebied herkenbaar wordt, zich presenteert en inwoners zich met het gebied verbonden voelen. De gebouwde omgeving speelt hierin een belangrijke rol door bijvoorbeeld monumenten en historische infrastructuur. De provincie heeft als doelen geformuleerd het cultuurhistorische erfgoed te behouden en met de hedendaagse samenleving te verbinden. Het belang van een kunstwerk voor het bereiken van deze doelstellingen is dan gerelateerd aan de cultuurhistorische waarde van een kunstwerk. Dat kunnen technische aspecten zijn die een kunstwerk waardevol maken, maar ook de inbedding van het kunstwerk in het landschap waardoor het gebied herkenbaar en uniek wordt. Het belang van een kunstwerk voor gebiedsidentiteit komt dus ook voort uit het (potentieel) verlies van uniciteit door een niet meer bruikbaar kunstwerk. Het doel wat zodoende aan de gebiedsidentiteit gekoppeld kan worden is behoud of maximalisatie van deze gebiedsidentiteit.

Indicatoren voor dit belang zijn dan leeftijd van een kunstwerk, uniciteit van technische aspecten (e.g. design, werkwijze, materiaal), en de classificatie als historische infrastructuur.

Bereikbaarheid

Bereikbaarheid heeft ook gekoppeld aan de provinciale doelstellingen betrekking op het faciliteren van mobiliteit door verbinden van gebieden en wordt daarmee belangrijk voor de economische ontwikkeling van gebieden. De provincie maakt onderscheid tussen de bereikbaarheid van stedelijk gebied en het buitengebied. Doelen zijn een goede bereikbaarheid van en naar stedelijke netwerken en streekcentra, het bundelen van mobiliteit op de hoofdinfrastructuur, en het verbinden van binnen en buitengebied door hoofdinfrastructuur. Kunstwerken worden vooral belangrijk voor het bereiken van deze doelstellingen wanneer ze onderdeel van hoofdverbindingen zijn. Het niet meer bruikbaar zijn van kunstwerken zou dan ertoe kunnen leiden dat gebieden niet meer direct bereikbaar zijn en langere routes en reistijden ontstaan door omleidingen. Men heeft dus als doel om de bereikbaarheid van gebieden te maximaliseren.

Indicatoren voor het belang van een kunstwerk voor de bereikbaarheid is dan ook of het kunstwerk zich in een hoofdverbinding bevindt, de lengte van alternatieve routes en de reistijd voor deze routes.

Doorstroming

Doorstroming is zoals bereikbaarheid gericht op het faciliteren van mobiliteit, maar meer vanuit reissnelheid dan toegankelijkheid. Wegen zijn voor een bepaalde snelheid ontworpen en de doorstroming geeft aan in welke mate gebruikers zich kunnen verplaatsen ten opzichte van de

ontwerpsnelheid. Doorstroming is dus afhankelijk van verkeersintensiteit en wegcapaciteit. De provincie heeft als doel een vlotte reis over weg, water, spoor en per fiets te bevorderen. Doorstroming wordt vooral bij de hoofdinfrastructuur als belangrijk gezien en vooral bij verbindingen die onderdeel uitmaken van het kwaliteitsnet goederenverkeer of het regionale openbaar vervoer netwerk. Buiten de hoofdinfrastructuur worden andere kernwaarden zoals rust, schone lucht en leefbaarheid als belangrijker geacht. Zodra kunstwerken onderdeel zijn van de hoofdinfrastructuur worden ze ook belangrijk voor doorstroming. Een kunstwerk dat niet meer of slechts beperkt gebruik kan worden kan tot filevorming leiden en de reissnelheid verminderen. Het doel van de provincie is daarom dan ook om de doorstroming te maximaliseren.

Indicatoren voor het belang van een kunstwerk voor doorstroming zijn dan of het kunstwerk onderdeel van de hoofdinfrastructuur is en de verhouding van verkeersintensiteit en wegcapaciteit.

Verkeersveiligheid

Verkeersveiligheid heeft betrekking op de kans op ongevallen waarbij schades aan voertuigen ontstaan en/of personen gewond raken. Een ambitie van de provincie is het veilig reizen. Dat zou bereikt kunnen worden door kosteneffectieve maatregelen gericht op een open verkeer- en vervoersysteem zonder daarbij de mobiliteit en bewegingsvrijheid ingrijpend te beperken. In het verleden heeft het bundelen van verkeer op onveilige wegen tot een afname van verkeersveiligheid geleid. Niet bruikbare kunstwerken kunnen dit effect hebben. Verkeer neemt toe op andere routes die minder veilig zijn. Het verkeer in woongebieden zou bijvoorbeeld kunnen toenemen waardoor het al bestaande veiligheidsrisico voor bepaalde verkeersdeelnemers zoals voetgangers, scholieren en ouderen verder stijgt. Het provinciale doel zou geformuleerd kunnen worden als minimalisatie van de kans op een ongeval of maximalisatie van de veiligheid.

Indicatoren voor het belang van een kunstwerk voor de verkeersveiligheid zijn dan de verkeersintensiteit en de dichtheid van bebouwing in de nabije omgeving.

Tabel 8: Overzicht van de beleidsthema's van provinciaal belang en de hieraan gekoppelde doelstellingen

Thema	Definitie	Doelstelling
Leefbaarheid	Belang van een kunstwerk voor de aantrekkelijkheid van woon-, werk- en recreatieomgeving	Maximalisatie van leefbaarheid
Gebiedsidentiteit	Belang van een kunstwerk voor de cultuurhistorische waarde van een gebied	Behoud of maximalisatie van de gebiedsidentiteit
Bereikbaarheid	Belang van een kunstwerk voor het verbinden en de toegankelijkheid van gebieden	Maximalisatie van de bereikbaarheid
Doorstroming	Belang van een kunstwerk voor de reissnelheid	Maximalisatie van de doorstroming
Verkeersveiligheid	Belang van een kunstwerk voor het risico op ongevallen	Maximalisatie van de veiligheid of minimalisatie van de kans op een ongeval

In Tabel 8 is een samenvattend overzicht te zien van de beleidsthema's, hun beknopte definities en de hieraan gekoppelde doelstellingen. De doelen zijn wederom met opzet erg ruim gehouden, omdat specifieke doelen per kunstwerk verschillend kunnen zijn en we ze met elkaar willen kunnen vergelijken.

3.5.3 Overzicht van de doelen

De doelen voor de kunstwerken in het beheer van WK hebben betrekking op de functies die kunstwerken vervullen en de mate waarin ze bijdragen aan het behalen van de provinciale doelen. De doelen afgeleid uit de functies van de kunstwerken volgen vanzelfsprekend uit deze functies en worden aangevuld door te kijken naar de missie van WK. Hun missie is een vlot en veilig transport te bieden aan de gebruikers. De doelen afgeleid uit de bijdrage aan het behalen van de provinciale doelstellingen

zijn afgeleid uit de provinciale doelstellingen die betrekking hebben op de functies van de kunstwerken. De overkoepelende thema's hierbij waren duurzaamheid en ruimtelijke kwaliteit. Zodoende zijn de volgende doelen opgesteld.

- Doelen gekoppeld aan de functies van een kunstwerk
 - Maximalisatie bereikbaarheid
 - Maximalisatie veiligheid
- Doelen gekoppeld aan de provinciale doelstellingen
 - Maximalisatie leefbaarheid
 - Behoud of maximalisatie gebiedsidentiteit
 - Maximalisatie bereikbaarheid
 - Maximalisatie doorstroming
 - Maximalisatie veiligheid

Het valt op dat deze doelen nog erg abstract en vaag zijn. Bij de bepaling van de criteria zal verder inkleuring van de doelen worden gegeven door te definiëren welke factoren binnen de verschillende doelen een goede indicatie geven of de doelen worden behaald. Verder valt het op dat maximalisatie van de bereikbaarheid en veiligheid worden genoemd bij zowel de doelen gekoppeld aan de functies als aan de provinciale doelstellingen. Voor beide dienen dus criteria te worden bepaald die iets zeggen over de prestaties en de importantie.

Als laatste valt het op dat de doelen niet los van elkaar staan. Zo kan maximalisatie van de doorstroming worden gezien als subdoel van maximalisatie van de bereikbaarheid. Immers een goede doorstroming van vergroot de bereikbaarheid. En zo is maximalisatie van gebiedsidentiteit ook verbonden aan maximalisatie van de leefbaarheid. Dit is ook terug te zien in de genoemde indicatoren. De wegcategorisering is bijvoorbeeld bij zowel bereikbaarheid als doorstroming genoemd.

3.6 Bepaling van de criteria

Criteria moeten zorgen voor onderscheid tussen alternatieven. De criteria waarop een beslissing wordt genomen moeten gebaseerd zijn op de gestelde doelen. Het is noodzakelijk om onderscheidende criteria te definiëren als objectieve metingen van de doelen. Volgens Baker et al. (2001) dienen uiteindelijk gekozen criteria:

- in staat te zijn om onderscheid te maken tussen alternatieven,
- alle doelen te vertegenwoordigen,
- betekenisvol te zijn voor de beslisser zijn begrip van de implicaties van een alternatief,
- niet dubbelzinnig te zijn (om dubbeltelling te voorkomen),
- laag in aantal te zijn.

Elk criterium dient iets belangrijks te meten, en niet afhankelijk te zijn van een ander criterium. Criteria moeten onderscheid maken tussen alternatieven op een zinvolle manier. Wanneer er geen zinvol verschil tussen de alternatieven op een bepaald criterium is dan dient dit criterium achterwege gelaten te worden.

Ter aanvulling van de door Baker et al. genoemde eigenschappen van criteria is paragraaf 3.4 als eis gesteld dat de noodzakelijkheid voor een interventie dient te worden bepaald op basis van reeds beschikbare gegevens binnen de provincie. Dit sluit ook aan op de eigenschap dat criteria in staat moeten zijn om onderscheid te maken tussen alternatieven. Wanneer gegevens van een bepaald criterium niet, of slechts zeer beperkt, beschikbaar zijn dan is het niet mogelijk om een onderscheid te maken tussen de alternatieven.

In de vorige paragraaf zijn voor verschillende doelen al enkele indicatoren benoemd die een indicatie kunnen geven in hoeverre een kunstwerk bijdraagt aan het behalen van het desbetreffende doel. Deze zijn uit de tekst gehaald en staan hieronder opgesomd in Tabel 9. Deze indicatoren vormen de basis voor de bepaling van de criteria. De doelen zijn in de tabel, omwille van de leesbaarheid, teruggebracht

tot een enkel woord. Zo is bijvoorbeeld het doel tot 'maximalisatie van de leefbaarheid' in de tabel geformuleerd als 'leefbaarheid'.

Tabel 9: Eerste overzicht mogelijke indicatoren

Doel	Indicatoren	Gegevens beschikbaar?	Dubbelzinnig?
Leefbaarheid	- Verkeersintensiteit	Ja	A
	- Afstand tussen woon- en recreatiegebied	Nee	-
	- Geluidshinder	Model	-
	- Lichthinder	Model	-
	- Luchtkwaliteit	Model	-
Gebiedsidentiteit	- Leeftijd kunstwerk	Ja	-
	- Uniekheid technische aspecten	Nee	-
	- Classificatie als historische infrastructuur	Ja	-
Bereikbaarheid	- Wegcategorie	Ja	B
	- Lengte van alternatieve routes	Nee	C
	- Reistijd voor alternatieve routes	Nee	C
	- Verhouding van verkeersintensiteit en wegcapaciteit	Ja	A, B
	- Vlotheid van het transport	Nee	-
Doorstroming	- Wegcategorie	Ja	B
	- Verhouding van verkeersintensiteit en wegcapaciteit	Ja	A, B
	- Voertuigverliesuren als gevolg van filevorming	Nee	-
Veiligheid	- Verkeersintensiteit	Ja	A
	- Dichtheid bebouwing in de nabije omgeving	Mogelijk	-
	- Conditiecores	Ja	-
	- Aantal incidenten	Ja	-
	- UC-waarde	Ja	-

Na overleg met de adviseur kunstwerken is vastgesteld dat de criteria uit de tabel in ieder geval in staat zijn om onderscheid te maken tussen alternatieven. De indicatoren vertegenwoordigen alle doelen en ze zijn betekenisvol zijn voor de beslissers zijn begrip van de implicaties voor een alternatief. Wel is het een relatief groot aantal indicatoren. Verder zijn bepaalde indicatoren ook bij meerdere doelen genoemd of worden indicatoren gedeeltelijk afgeleid uit een andere. Een van de eisen is dat de criteria niet dubbelzinnig mogen zijn. Zodoende is het verstandig om de dubbelzinnige indicatoren aan een enkel doel te koppelen en de andere weg te strepen.

In de kolom 'Dubbelzinnig?' is in Tabel 9 aangegeven welke dubbelzinnige relaties zijn geïdentificeerd. Relatie A heeft betrekking op de verkeersintensiteit. Deze indicator is zowel gekoppeld aan doelen op het gebied van leefbaarheid als op het gebied van veiligheid. Daarnaast wordt de verhouding van verkeersintensiteit en wegcapaciteit gedeeltelijk herleid uit de verkeersintensiteit. Hetzelfde geldt voor relatie B. Deze heeft betrekking op de indicator wegcategorie. Deze is ook aan twee doelen gekoppeld; bereikbaarheid en doorstroming. Daarnaast is de wegcategorie sterk van invloed op de capaciteit van een weg. Zodoende is deze ook te sterk van invloed op de verhouding van de verkeersintensiteit en wegcapaciteit. Tenslotte is er een mogelijke dubbelzinnigheid tussen de lengte en de extra reistijd van alternatieve routes. Wanneer de lengte langer is zal in veel gevallen de extra reistijd ook hoger zijn. Om een mogelijke dubbelzinnigheid te voorkomen kan slechts een van deze indicatoren meegenomen worden.

3.6.1 Beschikbaarheid van de gegevens en dubbelzinnigheid

In de ideale situatie worden uit de in Tabel 9 genoemde indicatoren de meest valide indicatoren gekozen om vervolgens daarmee de noodzakelijkheid voor een interventie van kunstwerken te bepalen. Per doel zou dan één of twee kritieke prestatie indicatoren worden gekozen. Er vallen echter

een groot aantal indicatoren af als we ze toetsen aan de probleemeisen en de eisen voor goede criteria zoals die zijn opgesteld door Baker et al. Een van de probleemeisen is dat de prioritering plaats vindt op basis van reeds beschikbare gegevens. Zoals ook in Tabel 9 te zien is, zijn voor veel van de indicatoren geen of zeer beperkt gegevens beschikbaar bij de provincie.

Zo zijn veel van de indicatoren die iets zeggen over de bijdrage van een kunstwerk op het gebied van leefbaarheid zijn alleen in modellen uitgewerkt. Dit houdt in dat deze getallen puur theoretisch zijn en geen goed beeld bieden van de werkelijke situatie. Pas wanneer bij de provincie een klacht over geluid/stank/licht is binnengekomen vindt er een meting plaats. Dit is zeer incidenteel en levert geen dataset op waarmee de kunstwerken met elkaar kunnen worden vergeleken.

De dichtheid van de bebouwing in de nabije omgeving is nog niet voor handen maar zou eenvoudig uit een Geografisch InformatieSysteem (GIS) database kunnen worden gehaald. Dit is echter lastiger met betrekking tot de afstand tussen woon- en recreatiegebied. Er zijn tevens geen gegevens beschikbaar met betrekking tot vertragingen en alternatieve routes.

Missende informatie en dubbelzinnigheid van de indicatoren leidt er zodoende toe dat niet langer alle doelen worden vertegenwoordigd door een indicator. Dit is te zien in Tabel 10. Van de dubbelzinnige indicatoren is verkeersintensiteit gekoppeld aan doorstroming. Dit is gedaan omdat veiligheid voldoende andere indicatoren heeft. Een hoge verkeersintensiteit kan met name een negatieve invloed op de leefbaarheid hebben wanneer een kunstwerk niet langer bruikbaar zou zijn. Een groot aantal verkeersdeelnemers zorgt in dat geval voor meer overlast in de directe omgeving van een kunstwerk ten opzichte van een laag aantal verkeersdeelnemers. Dit is echter een indirect gevolg van verkeersintensiteit op de leefbaarheid. Voor de doorstroming is echter een relatief grote hoeveelheid verkeer direct van invloed op de prestatie van een kunstwerk. De doorstroming wordt namelijk sterk beïnvloed door een combinatie van de verkeersintensiteit en de capaciteit van de weg. Wanneer de intensiteit de capaciteit nadert zal de doorstroming verlagen.

De dubbelzinnige indicator wegcategorie is ook gekoppeld aan het doel om doorstroming te maximaliseren. De adviseur kunstwerken en ik vonden dat deze indicator, in combinatie met de verkeersintensiteit, meer hierover zei dan over het doel om de bereikbaarheid tussen gebieden te maximaliseren. Zoals gezegd wordt de doorstroming beïnvloedt door een combinatie van de verkeersintensiteit en de capaciteit van de weg. Wanneer de intensiteit de capaciteit nadert zal de doorstroming verlagen. Het is echter wel zo dat wanneer de doorstroming wordt beperkt, dit ook een negatief effect heeft op de bereikbaarheid tussen twee gebieden. Zodoende valt ook te concluderen dat bereikbaarheid en doorstroming een sterke connectie hebben.

Wanneer de bereikbaarheid tussen twee gebieden wordt vergroot door bijvoorbeeld de aanleg van een extra weg, dan leidt dit tot relatief minder auto's op het al bestaande wegvak. Een deel van de intensiteit zal verschuiven naar de nieuwe weg. Dit zorgt voor een verbeterde doorstroming.

Tabel 10: Overzicht mogelijke indicatoren van de doelen na toetsing op de beschikbaarheid van gegevens en dubbelzinnigheid

Doel	Indicatoren	Gegevens?	Dubbelzinnig?
Leefbaarheid	-	-	-
Gebiedsidentiteit	- Leeftijd kunstwerk	Ja	-
	- Classificatie als historische infrastructuur	Ja	-
Bereikbaarheid	-	-	-
Doorstroming	- Verkeersintensiteit	Ja	A
	- Wegcategorie	Ja	B
Veiligheid	- Dichtheid bebouwing in de nabije omgeving	Ja	-
	- Conditiecores	Ja	-
	- Aantal incidenten	Ja	-
	- UC-waarde	Ja	-

3.6.2 Zoeken naar indicatoren

Zoals in Tabel 10 te zien is worden na de toetsing van de indicatoren op beschikbaarheid van de gegevens en dubbelzinnigheid niet alle doelen nog vertegenwoordigd door een of meerdere

indicatoren. Een bijkomend probleem kan zijn dat de overgebleven indicatoren mogelijk het doel niet volledig representeren.

Om dit op te lossen is gezocht naar nieuwe of mogelijk betere indicatoren waarvan er wel gegevens beschikbaar zijn. Zodoende is het 'Handboek onderhoud Infrastructuur Provincie Overijssel' (Provincie Overijssel, 2011) erbij gepakt. In dit handboek worden onder andere effectenmetingen genoemd voor verschillende beleidskaders. Er wordt in het document aangegeven waarop een effectenmeting voor de beleidskaders ruimtelijke kwaliteit, duurzaamheid, bereikbaarheid, veiligheid en leefbaarheid plaats zou moeten vinden. Er zouden dus gegevens van alle effectenmetingen binnen de provincie beschikbaar moeten zijn en deze effectenmetingen zeggen volgens de provincie iets over de genoemde beleidskaders.

De enorme lijst met effectenmetingen zijn mogelijke indicatoren. Deze zijn allemaal samen met de adviseur kunstwerken besproken om tot een beteren en aangevulde selectie van indicatoren voor de doelen te komen. In dit overleg bleek al snel dat veel van de indicatoren niet betekenisvol waren voor de beslisser zijn begrip van de implicaties van een alternatief. Tevens konden bepaalde criteria direct worden weggestreept omdat hiervoor met enige zekerheid geen gegevens beschikbaar waren. Dit desondanks dat de effectenmetingen volgens het document plaats zouden moeten vinden.

Vervolgens is in samenwerking met de adviseur kunstwerken een 'gedachtenboom' opgesteld om de relaties van de verschillende doelen met de hoofdthema's uit de omgevingsvisie en de relaties van de doelen onderling weer te geven. Vervolgens zijn hieraan de mogelijke indicatoren gekoppeld. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Figuur 4 en Figuur 5. De gedachtenboom is opgesplitst in twee delen; een algemeen deel en een deel gerelateerd aan de veiligheid van kunstwerken. Hiervoor is gekozen omwille van de leesbaarheid en omdat uit het overleg volgde dat voor het doel voor maximalisatie van veiligheid geen grondslag ligt in de provinciale missie of volgende uit de twee hoofdthema's van de provincie. Maximalisatie van de veiligheid is 'gewoon' iets dat altijd nagestreefd wordt zonder dat dit nadrukkelijk volgt uit duurzaamheid of ruimtelijke kwaliteit.

Bij de verbindingen van de indicatoren aan de doelen is zoveel mogelijk rekening gehouden met hiervoor beschreven eigenschappen van goede criteria genoemd door Baker et al. De koppelingen tussen de doelen en de indicatoren verlopen af en toe chaotisch. Elke koppeling vertegenwoordigt een bepaalde redenatie die de koppeling rechtvaardigt. Dit komt onder andere door het hoge abstractieniveau van de doelen. De adviseur kunstwerken kon soms geen keuze maken voor een enkele vertakking. Hij vond dat veel van de thema's en doelen breed geïnterpreteerd kunnen worden waardoor verder in de gedachtenboom vertakkingen ook weer in elkaar groeien. Dit leidt ertoe dat een doel meerdere hoofddoelen kan dienen, of dat een indicator iets kan zeggen over meerdere doelen.

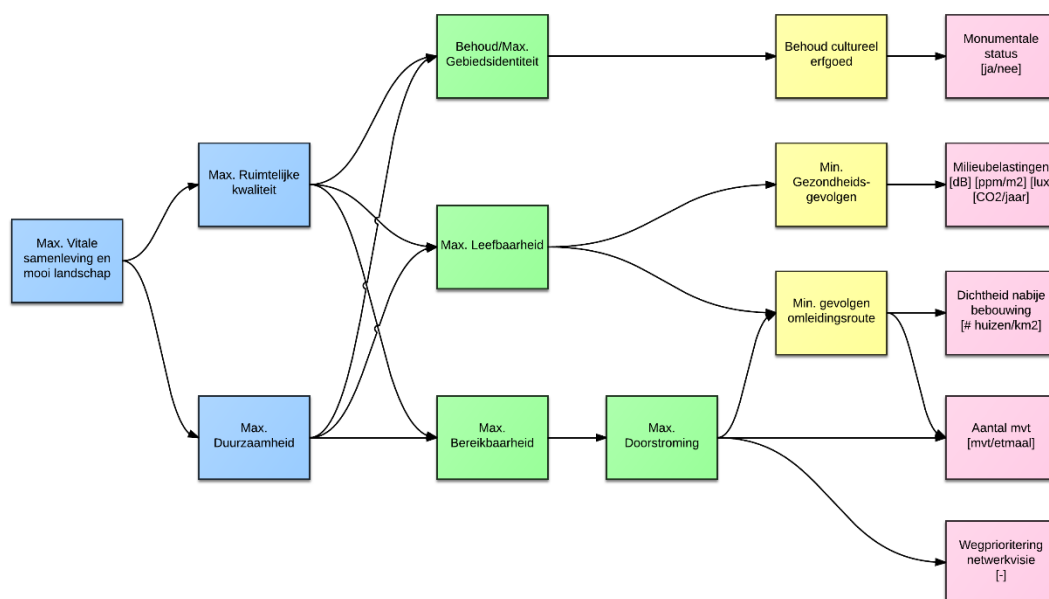
Provinciale doelstellingen

De gedachtenboom in Figuur 4 start met de visie van de provincie Overijssel. Een vitale samenleving en een mooi landschap (Provincie Overijssel, 2013). Hieruit vloeien de twee hoofdthema's van de provincie: ruimtelijke kwaliteit en duurzaamheid. Vervolgens zijn hieraan de provinciale beleidsthema's (leefbaarheid, bereikbaarheid, gebiedsidentiteit en doorstroming) van provinciaal belang gekoppeld. De belangrijkste relaties worden hieronder nader toegelicht.

Wanneer we kijken naar de ruimtelijke kwaliteit dan zijn hieraan drie hoofddoelen gekoppeld. Gebiedsidentiteit, leefbaarheid en bereikbaarheid. Vanuit de twee hoofdthema's van de provincie is voor elk van deze relaties wel wat te zeggen waarbij ruimtelijke kwaliteit vaak iets zegt over de huidige situatie en duurzaamheid meer gericht is op de toekomst. Behoud of verbetering van de gebiedsidentiteit is een duurzaam iets, maar de gebiedsidentiteit levert ook nu een bijdrage aan de ruimtelijke kwaliteit. Leefbaarheid zegt iets over de ruimtelijke kwaliteit van een gebied en richting de toekomst willen we deze steeds duurzamer maken. Hetzelfde geldt voor bereikbaarheid. Dit zegt op dit moment iets over de ruimtelijk kwaliteit, maar richting de toekomst moet deze ook duurzaam verbeterd worden. Maximalisatie van de doorstroming wordt door de adviseur kunstwerken gezien als een onderdeel van het maximaliseren van de bereikbaarheid. Wanneer de doorstroming verbeterd wordt dan verbeterd ook de bereikbaarheid.

Minimalisatie van de gevolgen van een omleidingsroute wordt genoemd omdat dit een serieuze bedreiging kan zijn op het behalen van de provinciale doelstellingen. Dit kwam in de discussie naar voren en de adviseur kunstwerken heeft dit aan zowel leefbaarheid als doorstroming gekoppeld.

Wanneer een omleidingsroute van kracht zou worden dan beïnvloedt dit de leefbaarheid in de omgeving van het kunstwerk evenals de doorstroming (en ook de bereikbaarheid) op een negatieve manier.



Figuur 4: Gedachtenboom vanuit de provinciale doelstellingen

Zodoende is ook de dichtheid van de bebouwing in de nabije omgeving van een kunstwerk nu via enkele schakels aan leefbaarheid en bereikbaarheid gekoppeld in plaats van veiligheid. Hoe hoger deze is, hoe hoger ook de overlast zal zijn wanneer het kunstwerk niet langer te gebruiken is. Ondanks een gegeven omleidingsroute zal een gedeelte van het om te leiden verkeer hier van afwijken en zich door de directe omgeving bewegen. Dit leidt tot overlast en mogelijke gevaarlijke situaties. Dit is groter naarmate er meer bebouwing in de directe omgeving van een kunstwerk is.

Naast de dichtheid van de bebouwing is ook aan aantal motorvoertuigen een indicator van de gevolgen van een omleidingsroute. Immers hoe meer verkeer hoe groter de overlast voor de omgeving. Daarnaast zegt het aantal motorvoertuigen ook iets over de mate van doorstroming en bereikbaarheid tussen twee gebieden. Een kunstwerk dat voorziet in grotere aantallen motorvoertuigen per etmaal heeft een verhoogde noodzakelijkheid voor een interventie.

De capaciteit van het traject wordt door de provincie meegenomen in de categorisering in de netwerkvisie. Deze netwerkvisie is een verlenging van de wegcategorysering zoals die wordt voorgeschreven door het CROW. In de netwerkvisie worden wegen geprioriteerd naar hun categorie in combinatie met de mate waarin ze gebieden met elkaar verbinden. Hoe vaker een traject wordt aangeduid als een hoofdontsluitingsweg tussen verschillende gebieden hoe hoger het prioriteringsniveau. In de ideale situatie worden deze elementen los meegenomen als criterium, maar het is mogelijk dat dit niet langer beschikbaar is. In dat geval wordt de prioritering zoals opgesteld in de netwerkvisie meegenomen.

Factoren die de gezondheid van omwonenden beïnvloeden hebben een directe invloed op de leefbaarheid van het gebied rondom een kunstwerk. Zoals al eerder vermeld heeft de provincie hiervoor wel theoretische waardes, maar geen actuele meetgegevens. Pas wanneer er meerdere klachten binnenkomen over bijvoorbeeld geluidsoverlast, stank of trillingen dan worden er lokaal metingen verricht. Desondanks is deze indicator voor de adviseur wel dusdanig belangrijk dat deze wederom genoemd wordt. Mogelijkerwijs wordt in de toekomst meer aandacht aan het meten van deze waarden besteed waarna het criterium kan worden toegevoegd in de afweging.

Voor het behoud of maximalisatie van de gebiedsidentiteit is slechts een enkele indicator aangehouden. Dit is of een kunstwerk een monumentale status heeft of niet. De eerder genoemde leeftijd van een kunstwerk werd door de adviseur kunstwerken als een te onbetrouwbare indicator

aangeduid. In een later stadium van dit onderzoek zal de leeftijd van een kunstwerk echter nog wel terug komen in de prioritering.

Veiligheid

(Verkeers)veiligheid wordt gezien als iets wat altijd belangrijk is maar volgt volgens de adviseur kunstwerken niet direct uit een van de hoofdthema's van de provincie. Maximalisatie van veiligheid is echter uit te drukken in vele verschillende vormen. De adviseur kunstwerken heeft ervoor gekozen om onderscheid te maken in externe, constructieve en functionele veiligheid. Daarnaast speelt ook de veiligheidsbeleving van gebruikers mee in de maximalisatie van veiligheid.

Externe veiligheid is volgens de adviseur kunstwerken gerelateerd aan veiligheidsrisico's van buiten die een gevaar kunnen vormen voor het functioneren van de kunstwerken. Deze gevaren van buiten hebben invloed op de fysieke en digitale veiligheid van een kunstwerk. Deze externe bedreigingen kunnen de kunstwerken zelf aantasten of de digitale systemen die de kunstwerken ondersteunen in het uitvoeren van hun functie. De grootte van het kunstwerk is een criterium dat kan worden gehanteerd om onderscheid te maken op het gebied van fysieke veiligheid. De adviseur kunstwerken redeneert dat voor een groter kunstwerk de gevolgen van eventuele schade groter zijn dan bij kleinere. Als indicator zou hiervoor de overbrugging of het oppervlak van de kunstwerken gebruikt kunnen worden.

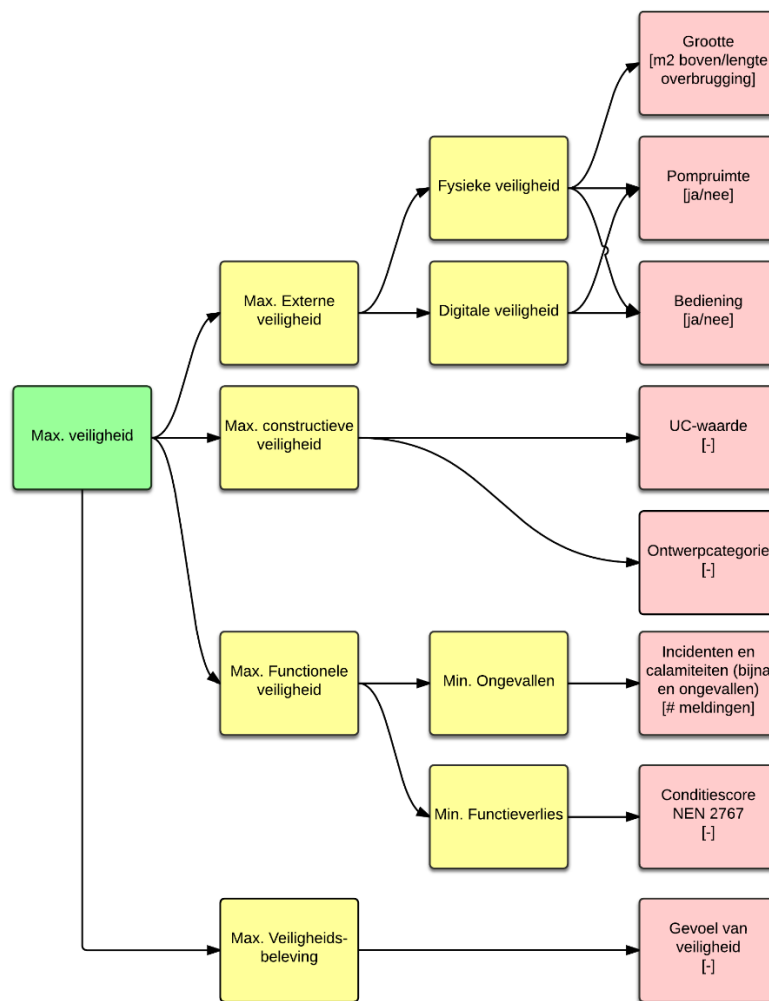
De aanwezigheid van een pompruimte en/of een bedieningsruimte bij een kunstwerk levert een verhoogd risico op met betrekking tot de fysieke veiligheid en de digitale veiligheid. De adviseur kunstwerken beredeneert dat wanneer de systemen door derden worden overgenomen het functioneren van de kunstwerken in gevaar komt. Dit levert mogelijk direct gevaar op voor de gebruikers. Wanneer twee kunstwerken gelijk zouden scoren op alle andere punten dan beschouwd de adviseur een interventie bij diegene met een pomp- of bedieningsruimte al meer noodzakelijk.

Constructieve veiligheid is door de adviseur kunstwerken gekoppeld aan de krachten die een kunstwerk aan kan en aan zou moeten kunnen. Een kunstwerk is ontworpen naar een bepaalde specificatie. In deze specificatie is aangegeven welke krachten hij zou moeten kunnen afdragen en hoe dat plaats vindt. Deze specificaties zijn opgesteld naar aanleiding van de toenmalig geldende wetten en regels. Nu er een verandering in deze wetten en normen heeft plaatsgevonden dienen veel kunstwerken ineens een grotere kracht af te kunnen dragen. Uit de ontwerp-categorisatie valt grotendeels af te leiden welke kunstwerken niet langer voldoen aan de nieuwe normen. Deze opsplitsing volgt impliciet uit de eis dat moet worden voldaan aan de geldende wet- en regelgeving.

Daarnaast zeggen de UC-waardes van de kunstwerken iets over de mate waarop een kunstwerk presteert op het gebied van constructieve veiligheid. De UC waardes van de kunstwerken wordt periodiek bij de inspecties vastgesteld. Voor vaste kunstwerken wordt een UC waarde voor het moment en voor de dwarskracht bepaald. Voor bewegende kunstwerken zijn dit UC waardes voor de hoofddragconstructie en de dekconstructie. Deze waardes zijn niet direct vergelijkbaar en dienen bij de toepassing van een beslissingsmethode te worden omgezet naar een gemeenschappelijke schaal.

Maximalisatie van de functionele veiligheid zegt volgens de adviseur kunstwerken iets over de mate waarin het kunstwerk functioneert. Transport dient op een veilige manier plaats te vinden, dus bij een kunstwerk waaraan relatief veel (bijna) incidenten en (bijna) calamiteiten gekoppeld kunnen worden is ook een relatief hogere noodzaak voor een interventie. Hetzelfde geldt wanneer de conditie van de hoofdconstructie zich in relatief slechte staat bevindt. Bij een slechte conditie van de hoofdconstructie is er een verhoogde noodzaak voor een interventie.

Tenslotte kwam bij het bespreken van mogelijke indicatoren het concept veiligheidsbeleving ter sprake. Dit zegt ook iets over de veiligheid van een kunstwerk en is afhankelijk van bijvoorbeeld de staat van het wegdek, de grootte en vorm van uitwijkmogelijkheden aan de zijkant van het wegdek, aanwezigheid van noodverlichting en de vorm en zichtbaarheid van een geleiderail. De veiligheidsbeleving kan worden achterhaald op basis van constructieve eigenschappen of door gericht gebruikers te ondervragen. Echter bleek dat deze gegevens nog niet beschikbaar waren en daarom is omwille van de tijd de indicator veiligheidsbeleving van gebruikers niet verder meegenomen in dit onderzoek. Het wordt wel aangeraden dat dit in de toekomst gedaan wordt.



Figuur 5: Gedachtenboom gerelateerd aan het doel om de veiligheid te maximaliseren

3.6.3 Overzicht van de criteria

Voor de hiervoor genoemde indicatoren is wederom uitgezocht of er ook gegevens beschikbaar zijn binnen de provincie. In Tabel 11 is hiervan een overzicht gegeven. Ook is in de tabel vermeld in welke vorm de gegevens beschikbaar zijn.

De adviseur kunstwerken heeft voor de criteria uit de tabel aangegeven, dat hij op basis van deze criteria in staat moet kunnen zijn om onderscheid te maken tussen de verschillende kunstwerken. Zij vertegenwoordigen gezamenlijk alle doelen zoals ook te zien is in de gedachtenbomen. De adviseur heeft daarnaast aangegeven dat de implicaties, als gevolg van een bepaalde score van een alternatief op de verschillende criteria, voor hem duidelijk zijn. Voor zover mogelijk is getracht om geen dubbelzinnige criteria te gebruiken. Uit de gedachtenbomen valt wel af te leiden dat bepaalde criteria bijdragen aan verschillende doelen. In de uitwerking van een beslissingsmethode worden deze criteria aan een enkel doel gekoppeld om zo mogelijke dubbeltelling tegen te gaan. Dit is mijn inziens mogelijk wanneer de beslisser zich maar bewust is van de koppeling naar meerdere doelen.

De hoeveelheid criteria kan nog wel tot problemen leiden. Het valt binnen de verwachting dat bepaalde criteria slechts een erg beperkte bijdrage leveren bij de bepaling van de noodzakelijkheid van een interventie bij kunstwerken. In de modelleringsfase worden deze dan alsnog uitgesloten. De criteria zijn ook niet helemaal onafhankelijk van elkaar. Wanneer bijvoorbeeld verkeer door

woongebied moet rijden kunnen leefbaarheid, doorstroming en verkeersveiligheid afnemen. Een groter kunstwerk faciliteert in de regel ook een grotere hoeveelheid verkeer. Met deze afhankelijkheden moet bij het uitwerken van het model rekening gehouden worden.

Tabel 11: Overzicht van de criteria en de aanwezigheid van gegevens

Code	Criterium	Gegevens beschikbaar	Vorm
UC	UC-waardes	Beperkt	Berekende waardes, opgesplitst in waardes voor vaste en beweegbare kunstwerken
INC	Incidenten	Ja	Geregistreerde incidenten 2008-2013
CON	Conditiecores	Ja	Cijfer op een schaal van 1 tot 6
	hoofddraagconstructie		
ONT	Ontwerpcategorie	Ja	Ordinale waarden en onderzoeksrapporten
MS	Monumentale status	Ja	Ja/nee
INT	Verkeersintensiteit	Ja	Historische gegevens per wegvak
WP	Wegprioritering	Ja	Cijfer op een schaal van 1 tot 6
NB	Nabije bebouwing	Ja	Gebouwen binnen een bepaalde straal
GR	Grootte	Ja	Overspanning of oppervlakte
AP	Aanwezigheid pompruimte	Ja	Decompositie van elementen; ja/nee
AB	Aanwezigheid bedieningsruimte	Ja	Decompositie van elementen; ja/nee

3.7 Deelconclusie

In dit hoofdstuk is gezocht naar een antwoord op de tweede deelvraag: "Op basis van welke criteria kan de noodzakelijkheid voor een interventie van kunstwerken worden bepaald?" Dit is gedaan door de processtappen van het beslissingsproces model van Baker et al. te volgen. Omwille van de helderheid van het verhaal is identificatie van de alternatieven naar voren gehaald. De stappen zijn hieronder herhaald.

0. identificatie van de stakeholders,
1. definiëren van het probleem,
2. eisen vaststellen,
3. doelen stellen,
4. identificatie van alternatieven,
5. definiëren van criteria,
6. selectie van een beslissingsmethode.

Als eerste is er een stakeholderanalyse uitgevoerd. Hieruit volgde dat de volgende stakeholders verder in beschouwing worden genomen: de adviseur kunstwerken, de programmamanagers en de operationele managers. Externe stakeholders en andere stakeholders kunnen indirect wel een invloed uitoefenen op de prioritering, maar uiteindelijk is het de adviseur kunstwerken die zelf een beslissing maakt.

Vervolgens is het probleem gedefinieerd. Hierin wordt de nadruk gelegd op het onderscheid tussen de functies van kunstwerken en hun bijdrage aan het behalen van de provinciale doelstellingen. In essentie dienen de kunstwerken allereerst hun functie uit te voeren. De provinciale doelstellingen kunnen als indirecte functie worden gezien. De volgende probleemdefinitie is opgesteld: *Voor welke kunstwerken is interventie het meest noodzakelijk zodat deze hun functies kunnen blijven uitvoeren op het gewenste niveau en bijdragen aan het behalen van de provinciale doelstellingen?*

Voor het probleem zijn hierna eisen en doelen bepaald. Er zijn niet veel eisen die bepaling van de noodzakelijkheid van een interventie beperken. De enige twee eisen vanuit de provincie zijn dat de kunstwerken uiteindelijk moeten voldoen aan wet- en regelgeving en dat een prioritering dient plaats te vinden op basis van reeds beschikbare informatie. Vanuit de functies van de kunstwerken en de provinciale doelstellingen is gezocht naar doelen voor de kunstwerken. Hieruit volgen 5 doelstelling;

1) Maximalisatie leefbaarheid; 2) Behoud of maximalisatie gebiedsidentiteit; 3) Maximalisatie bereikbaarheid; 4) Maximalisatie doorstroming 5) Maximalisatie veiligheid.

Hierna is gekeken naar de alternatieven. In het rapport is dit gedeelte naar voren gehaald omdat veel mensen geen voorstelling hebben bij een kunstwerk. Dit is gedaan om verwarring met andere associaties te voorkomen. Voor WK vormen de kunstwerken in haar beheer de alternatieven. Deze dienen te worden geprioritiseerd op de noodzakelijkheid voor een interventie. Degenen waarbij de noodzaak voor een interventie het hoogst is zijn de kunstwerken met lage prestatie scores waardoor het uitvoeren van hun functie in gevaar komt of diegene die een grote bijdrage leveren aan het behalen van de provinciale doelstellingen.

De definiëring en selectie van criteria verliep moeizaam vanwege de veelal ontbrekende gegevens bij de provincie. Uiteindelijk is een set van criteria in samenspraak met de adviseur kunstwerken geselecteerd en aan de verschillende doelen gekoppeld. Dit is gedaan aan de hand van twee gedachtenbomen; één specifiek voor veiligheid en één voor de provinciale doelstellingen. Een overzicht van de geselecteerde criteria is te zien in Tabel 12. Hierbij is het criterium UC-waardes opgesplitst in een tweeën; een voor vaste kunstwerken en een voor beweegbare kunstwerken.

Tabel 12: Geselecteerde criteria

Code	Criterium	Eenheid
UCv	UC-waardes vaste kunstwerken	[-]
UCb	UC-waardes beweegbare kunstwerken	[-]
INC	Incidenten	[incidenten/jaar/km]
CON	Conditiecores hoofddraagconstructie	[-]
ONT	Ontwerpklasse	[-]
MS	Monumentale status	[ja/nee]
INT	Intensiteit	[mvt/etmaal]
WP	Wegprioritering	[-]
NB	Nabije bebouwing	[gebouwen/km ²]
GR	Grootte	[m ²]
AP	Aanwezigheid pompruimte	[ja/nee]
AB	Aanwezigheid bedieningsruimte	[ja/nee]

Met deze set van criteria en beschrijving van de probleemcontext wordt in het volgende hoofdstuk gezocht naar een geschikt beslissingsmethode om tot een prioritering van de kunstwerken te komen.

4 *Beslissingsmethode voor de prioritering van kunstwerken*

In dit hoofdstuk wordt een antwoord gegeven op deelvraag 3; “Welke beslissingsmethode past het beste bij het prioriteringsprobleem van WK?” Dit wordt gedaan met behulp van het doorlopen van stap 6 van het beslissingsproces model van Baker et al. In deze stap dient een beslissingsmethode te worden geselecteerd. In dit geval een methode waarmee de kunstwerken in het beheer van de provincie Overijssel kunnen worden geprioritiseerd op de noodzakelijkheid voor een interventie van de kunstwerken. Hiervoor wordt eerst de beslissingscontext, zoals achterhaald in Hoofdstuk 3, op basis van in Hoofdstuk 2 in de literatuur gevonden probleemkenmerken geanalyseerd. Vervolgens worden een viertal opties van beslissingsmethodes voorgesteld waarmee op basis van de probleemkenmerken een prioritering kan worden gemaakt. Een van deze opties wordt gekozen en nader toegelicht. In het hoofdstuk hierna wordt de gekozen beslissingsmethode toegepast in een workshop.

4.1 *Analyse van de probleemkenmerken*

Uit de analyse van de literatuur in paragraaf 2.3 zijn enkele selectiecriteria naar voren gekomen die gebruikt kunnen worden gebruikt voor de selectie van een beslissingsmethode bij een specifieke probleemcontext. Dit zijn criteria gerelateerd aan het probleem, de methodes zelf, de criteria van het probleem, de beschikbare data en de beslisser. In het voorgaande hoofdstuk is de probleemcontext op onder andere deze punten verder uitgediept. Met behulp van deze probleemcontext is bepaald wat de situatie is van de case voor selectiecriteria voor een beslissingsmethode. Een overzicht hiervan is te zien in Tabel 13. Hieronder worden de bevindingen eerst nader toegelicht. Vervolgens is op de verzamelde gegevens een data-analyse uitgevoerd en zijn de onderlinge afhankelijkheden tussen de criteria onderzocht. Als gevolg hiervan is besloten om drie criteria niet volledig mee te nemen in de prioritering. Deze criteria boden te weinig onderscheidend vermogen tussen de alternatieven.

4.1.1 *Overzicht van de probleemkenmerken*

Probleem

Op basis van de probleemcontext die is vastgesteld in het vorige hoofdstuk is er een enkele beslisser. Gezien het grote aantal alternatieven is het niet uitgesloten dat er eerst een sortering plaats vindt op basis van een of een set van criteria alvorens een rangschikking wordt gemaakt. Het is desondanks mogelijk dat een directe complete rangschikking wenselijker is. Het probleem is in hetzelfde hoofdstuk reeds gestructureerd. Zodoende is de mogelijkheid om het probleem te structureren geen onderscheidend probleemkenmerk voor de keuze van een beslissingsmethode. Wel dient de uiteindelijke prioritering herleidbaar te zijn. Hier zal bij de keuze of uitwerking van een beslissingsmethode rekening gehouden moeten worden.

Methode

Voor zo goed als elke beslissingsmethode is software beschikbaar, dus dit zal de keuze niet beïnvloeden. De provincie heeft een lichte voorkeur voor gratis software, maar wanneer voor de software betaald moet worden is dit geen belemmering, zolang het maar werkt. Ook de beïnvloeding van de resultaten als gevolg van de tekortkomingen van een methode is op dit moment geen criterium op basis waarvan de provincie een voorkeur heeft voor de ene of het andere beslissingsmethode. Pas

na validatie van een prioritering kan worden achterhaald of eventuele tekortkomingen te groot of binnen de perken zijn.

Criteria

Er zijn in totaal 12 criteria geselecteerd. Dit is een relatief groot aantal, maar kan misschien in de loop van het proces nog gereduceerd worden. Voornamelijk de criteria waarop de waarde ja of nee is leveren misschien niet genoeg onderscheid op tussen de verschillende alternatieven. Daarnaast zijn er enkele criteria met een onderlinge afhankelijkheid. Hier wordt in Paragraaf 4.1.3 verder op ingegaan.

Tabel 13: Overzicht van de probleemkenmerken zoals die zijn bij het prioriteringsprobleem van de kunstwerken.

Gerelateerd aan	Probleemkenmerk	Situatie bij het prioriteringsprobleem van de kunstwerken
Probleem	Probleemtype	Rangschikking en mogelijk een sortering
	Mogelijkheid om het probleem te structureren	-
	Een of meerdere beslissers	Een enkele beslisser
	Aantal alternatieven	+++
Methode	Beschikbaarheid van software	Vereist
	Beïnvloeden tekortkomingen de resultaten	Niet toegestaan
Criteria	Compensatie tussen criteria	Ja
	Onafhankelijkheid van de criteria	Nee, sommige criteria zijn afhankelijk van andere
	Aantal criteria	11
Data	Samenstelling van de data	Zowel kwalitatief als kwantitatief
		Incomplete gegevens
	Omgang met onzekerheid in de data	Missende gegevens worden geschat; hiervoor geldt een relatief hoge onzekerheid Gegevens worden periodiek vastgesteld, en kunnen dus verouderd zijn
Beslisser	Transparantie van de methode	Herleidbare resultaten zijn gewenst en de methode dient begrijpbaar te zijn voor de beslisser
	Manier waarop de beslisser zijn/haar voorkeur wil uitdrukken	Dient aan te sluiten bij de werkwijze van de provincie
	Vereiste energie	Geen restricties
	Vereiste tijd	Geen restricties
	Vereist geld	Geen restricties

Tussen bepaalde criteria is compensatie mogelijk en tussen andere niet, of slechts beperkt. Wanneer de veiligheid van een kunstwerk in het geding is dan dient er hoe dan ook een noodzaak voor een interventie. Een slechte score voor de UC-waardes of een slechte conditiescore van de hoofdconstructie kunnen niet gecompenseerd worden door goede scores op de andere criteria. Er blijft dan altijd een noodzaak voor een interventie. Het kan wel zo dat een kunstwerk met een iets minder slechte score op bijvoorbeeld de UC-waardes een hogere prioriteit krijgt dan een ander als gevolg van veel slechtere scores op de andere criteria. Er bestaat dus een beperkte compensatie tussen criteria gerelateerd aan de constructieve veiligheid van de kunstwerken en de overige criteria. Compensatie tussen de overige criteria is wel mogelijk.

Data

De verzamelde gegevens over de criteria zijn zowel van kwalitatieve als kwantitatieve aard. Ook ontbreken veel van de gegevens. Dit leidt ertoe dat er een hoge mate van onzekerheid in de gegevens zit. De betrouwbaarheid van de wel bekende gegevens is voor een groot gedeelte ook onbekend. Zelfs eenvoudige zaken als de aanwezigheid van een pompruimte kunnen in twijfel worden getrokken. Zeker nadat bleek dat er onduidelijkheid was over het aantal kunstwerken in beheer van de provincie Overijssel. In de laatste weken bij de provincie werden nog enkele onregelmatigheden in de lijsten

met kunstwerken gevonden waarna bleek dat tenminste 6 kunstwerken niet in het beheerpakket stonden. Deze zes kunstwerken zijn wel toegevoegd aan de initiële pool van kunstwerken waarmee gemodelleerd is. Aanvullend hierop worden veel gegevens slechts eens in de zoveel jaar gemeten. Dit houdt in dat de gegevens mogelijk al verouderd zijn. Al met al dient het model met onzekerheden in de data om te kunnen gaan.

Hoe de gegevens zijn verzameld, de samenstelling hiervan en hoe de gegevens zijn aangevuld is uitgelegd in 'Bijlage A – Verzamelde gegevens'. In Paragraaf 4.1.2 wordt een uitgebreidere samenvatting van de samenstelling van de data gegeven.

Beslisser

Er zijn geen restricties door de provincie opgelegd voor de vereiste energie, tijd en geld voor de keuze van een methode. De methode dient wel aan te sluiten bij de werkwijze van de provincie en de resultaten dienen wel herleidbaar te zijn naar hun bronnen. Daarnaast is het essentieel dat de methode begrijpbaar is voor de beslisser. Het is de bedoeling dat wanneer de gevonden methode voldoening biedt aan de provincie deze vaker wordt toegepast. De beslisser zal in dat geval vaker met de methode aan de slag gaan en mogelijk deze ook moeten kunnen uitleggen aan anderen. Het is daarom van uitermate belang dat hij of zij de methode volledig begrijpt en de resultaten goed kan interpreteren.

4.1.2 Data analyse

Zoals in paragraaf 3.6.3 in Tabel 11 al is aangegeven zijn er op dit moment nog geen gegevens over het veiligheidsgevoel. Daarom wordt dit criterium dan ook verder buiten beschouwing gelaten. Voor de overige criteria zijn wel gegevens beschikbaar, maar meestal niet voor alle kunstwerken. Deze kunnen aangevuld worden op basis van gefundeerde aannames en/of schattingen. Veelal is het ontbreken van gegevens te wijten aan het feit dat de provincie wel het kunstwerk in beheer heeft, maar dat de weg waarin deze ligt niet in haar beheer is. In de toekomst zouden de desbetreffende beheerders benaderd kunnen worden om deze gegevens verder aan te vullen. Over het algemeen zijn dit wegen in beheer bij de gemeenten en mag aangenomen worden dat de scores niet leiden tot een verhoogde noodzakelijkheid voor een interventie. Er zijn natuurlijk uitzonderingen, en dit kan de adviseur kunstwerken het beste inschatten.

Drie van de criteria bevatten nominale gegevens. Dit zijn de gegevens over de monumentale status, en de aanwezigheid van een pompruimte en bedieningsruimte. Een kunstwerk heeft dit of niet. Er is geen tussenwaarde. Er zijn 45 kunstwerken met een pompruimte, 39 met een bedieningsruimte en 5 met een monumentale status. De vijf kunstwerken met een monumentale status bestaan uit onderdelen die als los kunstwerk zijn gedefinieerd van de Agelersluis (2 delen) en de Blokzijlsuis (3 delen).

Drie van de criteria bevatten ordinale gegevens. Dit zijn de conditiescores van de hoofddraagconstructie volgende uit de NEN 2767, de ontwerpklasse en de wegprioritering vanuit de netwerkvisie. De conditiescores zijn gegeven op een schaal van 1 tot en met 6, waarbij een score van 1 betekend dat het element van de hoofddraagconstructie zich in een goede conditie bevindt. Een score van 6 houdt in dat deze op het punt van instorten staat. Voor de kunstwerken is de slechtste score voor een element uit de hoofddraagconstructie als maatgevend aangenomen. De ontwerpklassen kunnen als ordinaal worden beschouwd omdat de ontwerpnormen ten opzichte van elkaar kunnen worden gerangschikt ten aanzien van de lasten die ze zouden moeten kunnen dragen. Het is echter wel zo dat bepaalde ontwerpklassen veelal als vergelijkbaar of gelijkwaardig worden beschouwd door de beheerders.

De netwerkvisie is een document opgesteld in opdracht van de provincie waarin voor elk wegvak het belang van dat wegvak in het provinciale wegennetwerk is bepaald. Dit is gedaan op basis van drie, zogeheten ingrediënten. Deze bestaan uit de wegintensiteiten, een score gebaseerd op de kerngebieden die een wegvak verbindt en een score gebaseerd op de frequentie van gebruik van het wegvak voor de ontsluiting van de hoofdkerngebieden. Op basis van deze ingrediënten heeft elk wegvak in het beheer van de provincie en het rijk een prioritering meegekregen lopende van 1 tot en met 5. De wegvakken met prioriteit 1 worden hierbij als meest belangrijk voor de provincie beschouwd. Het is tevens mogelijk dat een wegvak geen enkele prioriteit heeft gekregen, hiervoor is aangenomen dat deze prioriteit 6 hebben.

Tabel 14: Beschikbare gegevens

Code	Criterium	Eenheid	Type	Volledigheid
UC v	UC-waardes vaste kunstwerken	[-]	Ratio	24%
UC b	UC-waardes beweegbare kunstwerken	[-]	Ratio	5%
INC	Incidenten	[incidenten/jaar/km]	Ratio	92%
CON	Conditiecores hoofddraagconstructie	[-]	Ordinaal	82%
ONT	Ontwerpklasse	[-]	Ordinaal	54%
MS	Monumentale status	[ja/nee]	Nominaal	92%
INT	Intensiteit	[mvt/etmaal]	Ratio	69%
WP	Wegprioritering	[-]	Ordinaal	69%
NB	Nabije bebouwing	[gebouwen/km ²]	Ratio	90%
GR	Grootte	[m ²]	Ratio	92%
AP	Aanwezigheid pompruimte	[ja/nee]	Nominaal	100%
AB	Aanwezigheid bedieningsruimte	[ja/nee]	Nominaal	100%

De overige criteria kunnen worden geclassificeerd als criteria met ratio gegevens. De utility check (UC) waarden geven een verhouding weer tussen de gebruikstoestand en de uiterste grenstoestand volgende uit de belastingen. Een UC-waarde mag in de regel niet meer dan 1.0 bedragen. Een overschrijding houdt in dat er teveel beweging in de constructie ontstaat waardoor er een kans op bezwijken ontstaat (InfoNu, 2014).

4.1.3 Onderlinge afhankelijkheid

Er zijn enkele criteria met een onderlinge afhankelijkheid. De wegprioritering is een waarde die volgt uit de netwerkvisie. Deze is opgebouwd uit drie ingrediënten waaronder de verkeersintensiteit over het wegvak. De getallen van de verschillende ingrediënten zijn helaas niet los verkrijgbaar en zodoende is er afhankelijkheid tussen de criteria intensiteit en wegprioritering omdat de wegprioritering deels is afgeleid uit de wegintensiteit.

Om verder onderlinge afhankelijkheden te onderzoeken wordt gekeken naar de correlatiecoëfficiënten tussen de verschillende criteria. Voor de kwalitatieve criteria is dit niet mogelijk. Er is alleen gekeken naar de correlatie tussen de kwantitatieve criteria. Een overzicht van de correlatiecoëfficiënten wordt weergegeven in Tabel 15. De correlaties met UC-waardes van beweegbare bruggen ontbreekt soms vanwege ontbrekende gegevens. Hieronder worden de criteria met een grote correlatie besproken. Deze hebben een correlatie van groter dan 0.5 of kleiner dan -0.5 (Pallant, 2005).

De UC-waardes van de vaste elementen hebben een grote correlatie (0.63) met de UC-waardes van de beweegbare elementen. Er zijn slechts een paar kunstwerken met zowel vaste als beweegbare elementen. Deze zullen ontworpen zijn op basis van vergelijkbare aannames, en ondervinden vergelijkbare belastingen. Het is derhalve niet vreemd dat er een correlatie tussen de waardes is. Daarnaast hebben de UC-waardes van de beweegbare elementen een grote correlatie (0.68) met de grootte van de brug. Dit is goed te verklaren omdat de overspanning, en daarmee ook de grootte, van de brug de momenten op de brug direct beïnvloeden. Een groter arm zorgt voor een groter moment.

Zoals voorspeld is er een grote correlatie tussen de intensiteiten en de wegprioritering. Wat in eerste instantie onverwacht is dat deze negatief is. Dit is echter te verklaren door de manier waarop de prioriteiten zijn toegekend. Deze lopen van 1 tot 6, waarbij 1 als de hoogste score kan worden gezien en 6 als laagste score. Een correlatie van -0.64 geeft aan dat over wegen met een hoge prioriteit, en dus een lagere numerieke waarde, ook hogere intensiteiten worden waargenomen.

Als laatste is er een grote correlatie (0.58) tussen de intensiteiten en het aantal gebouwen in de directe nabijheid van een kunstwerk. Een logische verklaring hiervoor is dat een hoge nabijheid van gebouwen ook direct een reden voor mensen is om hier vandaan en naartoe te rijden. De kunstwerken maken veelal deel uit van het hoofdnetwerk dat deze gebouwen verbind met andere gebieden. Zodoende zal een gedeelte van de verplaatsingen van en naar deze gebouwen plaats vinden over het

kunstwerk. Wanneer er zich meer gebouwen in de directe omgeving van een kunstwerk bevinden dan kan ook logischerwijs verwacht worden dat er ook meer verplaatsingen over het kunstwerk zijn.

Tabel 15: Correlatie tussen de kwantitatieve criteria

	UC v	UC b	INC	CS	INT	WP	NB	GR
UC v	1							
UC b	0.63	1						
INC	-0.02	-	1					
CS	-0.16	0.48	0.08	1				
INT	0	-	0.45	0.01	1			
WP	0.1	-	-0.36	-0.17	-0.64	1		
NB	-0.05	0.47	0.32	0.03	0.58	-0.34	1	
GR	-0.08	0.68	-0.04	0.12	0.14	-0.13	0.16	1

4.1.4 Aanvulling gegevens

Zoals ook te zien is in Tabel 14 zijn veel van de gegevens niet compleet. Deze gegevens dienen waar mogelijk aangevuld te worden. Daarnaast zal een gedeelte van de gegevens niet kunnen worden aangevuld. Deze waarden zijn dan onbekend en per criterium kan hier anders mee omgegaan worden. Hoe dit gedaan is valt terug te lezen in Bijlage A – Verzamelde gegevens.

Dit heeft ertoe geleid dat alle gegevens in zoverre bekend zijn dat ze een waarde hebben. Het is wel mogelijk dat deze waarde 'onbekend' is.

4.1.5 Uitsluiting criteria

Na analyse van de gegevens is in overleg met de adviseur kunstwerken besloten om de criteria met alleen de waarden ja of nee niet volledig mee te nemen in een afweging. Dit zijn de criteria aanwezigheid pompruimte (AP), aanwezigheid bedieningsruimte (AB) en monumentale status (MS). Dit is gedaan omdat we vonden dat deze criteria te weinig onderscheid boden tussen de verschillende alternatieven. Dit gelde vooral voor MS, waarbij slechts twee kunstwerken een monumentale status hadden en alle andere niet. Daarnaast werden deze criteria in dit overleg als relatief zeer onbelangrijk bestempeld. Alleen wanneer twee kunstwerken gelijkwaardig zouden scoren dan zou de aanwezigheid van een pompruimte of bedieningsruimte van doorslaggevend karakter kunnen zijn.

4.2 Kiezen van een beslissingsmethode

De belangrijkste probleemkenmerken gevonden in de literatuur op basis waarvan een keuze gemaakt dient te worden zijn gerelateerd aan het probleem, de data en de beslisser. Het probleemtype is bekend. Dit is een rangschikking. De criteria op basis waarvan een prioritering plaats vindt zijn ook bekend. Deze zijn vastgesteld in Hoofdstuk 3. Voor alle criteria zijn voor de kunstwerken gegevens verzameld en geanalyseerd. Zodoende is ook de samenstelling van de data bekend en is tot op zekere hoogte de mate van onzekerheid in de data onderzocht. Bij de beslisser is het van belang dat hij of zij de methode volledig begrijpt en toe kan passen.

Op basis van deze probleemkenmerken is gezocht naar beschikbare beslissingsmethodes zoals die zijn beschreven in Hoofdstuk **Error! Reference source not found.** Al snel bleek dat op basis van de probleemkenmerken meerdere beslissingsmethodes zouden kunnen worden gebruikt voor de prioritering van kunstwerken. Om toch een keuze voor een van deze beslissingsmethodes te kunnen maken zijn een viertal scenario's opgesteld.

4.2.1 Opstellen van de keuzeopties

In de scenario's worden verschillende aannames gemaakt met betrekking tot de aanpak van het grote aantal kunstwerken, de ervaring van de beslisser met het maken van beslissingen met behulp van beslissingsmethodes en de manier waarop de adviseur zijn voorkeur wil uitdrukken.

Gezien het grote aantal kunstwerken kan ervoor worden gekozen om vooraf een filtering toe te passen. Met behulp van een dergelijke filtering kunnen bijvoorbeeld alle kunstwerken worden uitgefilterd die niet voldoen aan de geldende wet- en regelgeving. Deze uitgefilterde subset kan vervolgens worden geprioriteerd op de noodzakelijkheid voor een interventie.

Zoals gezegd dient de beslisser de methode volledig te begrijpen om deze later ook zelf toe te kunnen passen. De ervaring van de beslisser werd door Guitouni & Martel (1998), en Baker et al. (2001) ook al aangeduid als mogelijk het meest belangrijke en tevens het meest onderschatte criterium. Wanneer een beslisser relatief onervaren is in het toepassen van een beslissingsmethode dan begrijpt hij of zij misschien de achterliggende concepten ook niet en kunnen de uitkomsten verkeerd worden geïnterpreteerd. Dit komt ten nadele van de transparantie en herleidbaarheid van de prioritering.

Als laatste is er in de scenario's onderscheid gemaakt in de manier waarop de beslisser zijn of haar voorkeur kan en wil uitdrukken. Er zijn zowel kwalitatieve als kwantitatieve gegevens beschikbaar. De meeste beslissingsmethodes kunnen alleen omgaan met kwantitatieve gegevens. Om deze geschikt te maken voor kwalitatieve gegevens zullen deze eerst moeten worden gekwantificeerd. Andere methodes zijn specifiek ontworpen om juist al met zowel kwalitatieve als kwantitatieve gegevens om te gaan. Het verschil bij dergelijke methodes zit hem in de manier waarop de voorkeur van de beslisser wordt uitgedrukt (zie ook Paragraaf 2.1.5).

Er zijn een viertal scenario's opgesteld en hierbij zijn beslissingsmethodes gekozen of samengesteld die mijn inziens het beste aansluiten bij de scenario's.

Scenario 1: filtering, onervaren beslisser

Dit is de meest simpele methode. Houdt geen rekening met onzekerheid of onderlinge afhankelijkheden. Gemakkelijk te begrijpen, en herleidbaar.

- Filter/sorteer kunstwerken met OF
 - $UC > 0.9$
 - Conditie score $\Rightarrow 3$
- Gewogen somming
 - Prestaties op gemeenschappelijke schaal uitdrukken
 - Gewicht toekennen o.b.v. 100-punts schaal
- Score rangschikken

Door de kunstwerken eerst te sorteren op hun UC-waarde en/of de conditiescore wordt het totaal overzichtelijker voor de relatief onervaren beslisser. Hij moet vervolgens voor elk criterium uitdrukken op een gemeenschappelijke schaal. De verlopen zijn veelal lineair, maar andere verlopen zijn toegestaan. Vervolgens worden de criteria op een 100-punts schaal gescoord, waarbij het belangrijkste criterium 100 punten scoort. De andere criteria worden vervolgens op deze schaal gescoord ten opzichte van het belangrijkste criterium. Op basis van de scores worden de gewichten bepaald waarna de scores als een gewogen somming kunnen worden berekend en gerangschikt.

Scenario 2: filtering, ervaren beslisser, kwantitatief

Een complexere methode. Kost relatief veel moeite, minder geschikt voor nominale en ordinale gegevens. Gemakkelijk te begrijpen, en herleidbaar. Gematigde rekening met onzekerheid.

- Filter/sorteer kunstwerken met OF
 - $UC > 0.9$
 - Conditie score $\Rightarrow 3$
- AHP
 - Gepaarde vergelijking criteria
 - Gepaarde vergelijking alternatieven
- Score rangschikken

De AHP kan slecht omgaan met nominale en ordinale gegevens. Daarom worden de nominale criteria niet meegenomen en als voetnoot bij de uiteindelijke rangschikking toegevoegd. Ordinale criteria worden wel meegenomen. Vanwege de gepaarde vergelijkingen in de AHP wordt als eerste een selectie op basis van de UC-waarde en/of de conditiescore gemaakt. Vervolgens wordt de AHP toegepast op de geselecteerde kunstwerken en hieruit volgt een rangschikking.

Scenario 3: filtering, ervaren beslisser, kwalitatief

Een complexere methode. Kost relatief veel moeite, geschikt voor ordinale gegevens. Lastiger te begrijpen, en minder herleidbaar. Gematigde rekening met onzekerheid.

- Filter kunstwerken met OF
 - $UC > 0.9$
 - Conditie score $\Rightarrow 3$
- ELECTRE III/PROMETHEE II
 - Preference en indifference thresholds
 - Gepaarde vergelijking alternatieven
- (partiële) Rangschikking

Ook voor deze methodes wordt eerst een sortering gemaakt op basis van de UC-waarde en/of de conditiescore. Dit is wederom om het aantal gepaarde vergelijkingen drastisch te verminderen. Vervolgens kan een van de methoden toegepast worden op de geselecteerde kunstwerken. Voornamelijk de indifference thresholds kunnen een redelijke mate van onzekerheid uit de gegevens halen.

Scenario 4: ervaren beslisser, cijfers

Robuust Portfolio management/gebruik van @Risk. Kost relatief veel moeite, minder geschikt voor ordinale gegevens. Lastiger te begrijpen, en minder herleidbaar. Veel rekening met onzekerheid.

- RPM/@Risk i.c.m. gewogen somming
- Gepaarde vergelijking criteria
- Onzekerheidsdefiniëring per criterium
- Prestaties op gemeenschappelijke schaal
- Rangschikking o.b.v. score met interval.

RPM is lastig toe te passen vanwege het gebruik van veel abstracte begrippen, maar heeft zich al bewezen in Finland. Gebruik van @Risk bij een relatief makkelijke methode zoals een gewogen somming is makkelijker te begrijpen en zodoende transparanter. Het vraagt wel veel kennis van zaken over de criteria. Vooral over de betrouwbaarheid van de gegevens.

4.2.2 Selectie van een beslissingsmethode

In overleg met de adviseur kunstwerken is gekeken naar het ervaringsniveau van de beslisser (hijzelf). De verschillende voorgestelde beslissingsmethodes zijn beknopt aan hem uitgelegd en er is besloten om scenario 1 verder uit te werken. Deze keuze wordt ook ondersteunt door Baker et al. (2001) die stellen dat selectie van een methode gebaseerd dient te zijn op de complexiteit van het probleem en de ervaring van de beslissers. Ze stellen daarnaast dat een simpelere methode vaak beter is omdat meer complexe analyses altijd later toegevoegd kunnen worden mocht dat nodig zijn.

Het model uit scenario is een relatief eenvoudige gewogen somming, waarbij vooraf een filtering plaats kan vinden. In dit scenario kan het aantal alternatieven in het begin worden teruggedrongen waarna de prestaties worden omgezet naar waarden op een gemeenschappelijke schaal. Na toedeling van de gewichten voor elk criterium kan een score worden bepaald door de scores op een gemeenschappelijke schaal te vermenigvuldigen met de gewichten en de resultanten hiervan op te tellen per alternatief. Een uitgebreide omschrijving hiervan is terug te vinden in Bijlage B en de methode zal in de volgende paragraaf ook worden toegelicht.

4.3 ***Uitwerking van de beslissingsmethode - Gewogen somming***

In scenario 1 wordt gebruik gemaakt van een gewogen somming met de mogelijkheid om vooraf kunstwerken uit te filteren. Het model is gebaseerd op een gewogen somming. In een gewogen somming worden gegevens van alle criteria omgezet naar een gemeenschappelijke schaal. Vervolgens wordt aan de verschillende criteria een gewicht toegekend. De scores op de gemeenschappelijke schaal worden vermenigvuldigd met de gewichten van de criteria en vervolgens per alternatief gesommeerd. Zodoende ontstaat er een totale score per alternatief en vandaar ook de naam 'gewogen somming'. In de uitwerking van de methode dienen dus de volgende stappen terug komen:

1. Een manier om de kunstwerken te filteren. Bij voorkeur op een manier waardoor de kunstwerken die niet voldoen aan wet- en regelgeving uitgefilterd worden.
2. De verzamelde gegevens moeten omgezet worden naar een gemeenschappelijke schaal om ze zo onderling vergelijkbaar te maken.
3. Aan alle criteria moet een gewicht toegekend worden die hun relatieve importantie benadrukt.
4. Aggregatie naar een eindscore.

Voor de uitwerking is gebruik gemaakt van Microsoft Excel. Dit is een spreadsheet programma wat vrijuit beschikbaar is binnen de provincie. Het programma is mijn inziens bij uitstek geschikt voor de uitwerking van een gewogen somming. Alle medewerkers hebben ervaring met het programma en kunnen hiermee omgaan. Het gemaakte Excel bestand bestaat uit vijf tabbladen welke worden beschreven in Tabel 16.

Tabel 16: Overzicht van de tabbladen in 'model 1 - gewogen somming' zoals gebruikt in de workshop

Naam van het tabblad	Functie
0_RAW_data	Ruwe gegevens. Wanneer er nieuwe of gewijzigde informatie over de kunstwerken beschikbaar is dan dienen de waardes in dit tabblad aangepast te worden
1_Filtering	Filtering op basis van uitsluiting. Dit is optioneel. Op basis van de opgegeven waarden kunnen ruwe data en/of resultaten uitgefilterd worden
2_Gemeenschappelijke_schaal	Schalingsmethodiek per criterium. De toegekende waarden bepalen hoe de ruwe data wordt omgezet naar een gemeenschappelijke schaal
3_Weging_criteria	Weging van de criteria. Aan de hand van een boom wordt aan de verschillende criteria een weging toegekend.
4_Rangschikking_en_analyse	Overzicht van de toegekende waardes op basis van de voorgaande tabbladen. Dit tabblad toont de gewogen scores van de kunstwerken op elk individueel criterium alsmede een totale score en rangschikking. In de verborgen kolommen kan eenvoudig worden achterhaald welke ruwe gegevens een bepaalde score bepalen

In de paragrafen hierna wordt eerst de werking van een gewogen somming met een versimpeld voorbeeld uitgelegd. Vervolgens worden de verschillende tabbladen besproken.

4.3.1 Hoe werkt een gewogen somming

Zoals hiervoor ook is aangegeven worden in een gewogen somming 3 stappen doorlopen:

1. Ruwe waarden omzetten naar een score op een gemeenschappelijke schaal;
2. Gewichten aan de criteria toekennen;
3. Score per alternatief bepalen.

Het is lastig appels met peren vergelijken en hetzelfde geldt voor de eenheden van verschillende criteria. Daarom moeten de waarden per criterium worden omgezet naar een score op een gemeenschappelijke schaal. Dit moet gedaan worden voor alle criteria, maar omdat alle criteria in verschillende eenheden zijn uitgedrukt kan de manier waarop dit gebeurt per criterium verschillen. In feite wordt per criterium een nutsfunctie opgesteld. Hierbij worden de waardes gekoppeld aan een bepaald nut wat ze bijdragen voor beantwoording van een probleem. In dit geval zijn waarden die tot een hoge noodzakelijkheid voor een interventie van de kunstwerken de mate van nut. Waarden waardoor er een hoge noodzakelijkheid is hebben een groot nut. Waarden waardoor een geen enkele noodzakelijkheid is hebben een laag nut.

Stel we starten met de waarden zoals ze worden weergegeven in het linker bovenpaneel van Figuur 6. De waarden van C1 lopen van 100 tot en met 120 en geven het aantal auto's per etmaal weer die over een kunstwerk rijden. De waarden van C2 zijn uitgedrukt in plusjes en minnetjes en geven aan hoe een kunstwerk scoort op uniciteit. De waarden van C3 lopen van 1 tot en met 5 en weerspiegelen de conditiescore van een kunstwerk. Om deze criteria met elkaar vergelijkbaar te maken worden ze omgezet naar een score op een gemeenschappelijke schaal.

Het resultaat hiervan is te zien in het rechter bovenpaneel van Figuur 6. De waarden van C1 zijn lineair omgezet waarbij de laagste waarde gelijk is aan 0 en de hoogste aan 1. De waarde van 110 wordt zodoende 0.5. De waarden van C2 zijn omgezet zoals weergegeven in Tabel 17. De waarden van C3 zijn wederom lineair omgezet waarbij de laagste waarde gelijk is aan 0 en de hoogste aan 1. De waarden zijn nu omgezet naar een score op een gemeenschappelijke schaal.

Tabel 17: Voorbeeld omzetting van een plusjes en minnetjes schaal naar scores op een gemeenschappelijke schaal

Waarde	Score
++	1
+	0.8
O	0.5
-	0.2
--	0

Vervolgens dienen de gewichten te worden toegedeeld. Dit kan op vele verschillende manieren plaats vinden. In bijlage C wordt een selectie van deze manieren besproken. In het lopende voorbeeld zijn in het frame links onder in Figuur 6 de gewichten direct toegedeeld. De toegekende gewichten zouden ook met behulp van een bepaalde methode achterhaald kunnen zijn, maar daar gaan we in dit voorbeeld niet verder op in. De toegedeelde gewichten laten zien dat C1 als belangrijkste criterium wordt gezien, nipt gevolgd door C3. C2 is in dit voorbeeld van minder belang. C1 is zodoende vijf maal zo belangrijk als C2.

In de derde stap worden de scores per alternatief bepaald. Dit wordt gedaan door de in stap 1 bepaalde scores per kolom met het gewicht te vermenigvuldigen en deze vervolgens per rij op te tellen. In dit geval scoort alternatief 3 het hoogst met een score van 0.72, op ruime afstand gevolgd door alternatief 1 (0.48) en alternatief 2 (0.35).

De methode die is uitgewerkt in Excel is echter wel wat complexer dan het hierboven beschreven voorbeeld. Dit komt in de eerste plaats door de grotere hoeveelheid alternatieven en criteria. Als tweede omdat het omzetten naar een gemeenschappelijke schaal lastiger is doordat data onbekend kan zijn. En tenslotte omdat de toedeling van de gewichten anders verloopt. Echter blijven de stappen in essentie gelijk aan het hierboven geschetste voorbeeld.

Start: Verzamelde waarden als ruwe gegevens

	C1	C2	C3
A1	100	+	5
A2	110	++	1
A3	120	-	3

Stap 1: Waarden omgezet naar een score op een gemeenschappelijke schaal

	C1	C2	C3
A1	0	0.8	1
A2	0.5	1	0
A3	1	0.2	0.5

Stap 2: Gewichten aan de criteria toekennen

	C1	C2	C3
	0.5	0.1	0.4
A1	0	0.8	1
A2	0.5	1	0
A3	1	0.2	0.5

Stap3: Scores vermenigvuldigen met de gewichten en de producten optellen

	C1	C2	C3	Totaal
	0.5	0.1	0.4	
A1	0	0.08	0.4	0.48
A2	0.25	0.1	0	0.35
A3	0.5	0.02	0.2	0.72

Figuur 6: Versimpeld voorbeeld van de verschillende stappen in een gewogen sommering.

4.3.2 Ruwe data

Op het eerste tabblad (0_RAW_data) staan de, zogeheten, ruwe gegevens. Dit zijn de waardes of scores van de kunstwerken op de verschillende criteria 'zoals ze zijn'. Alle kunstwerken die in overweging worden genomen voor de prioritering staan hierin vermeld. Wanneer in de toekomst nieuwe gegevens beschikbaar komen voor enkele of alle kunstwerken dan kunnen deze waarden in dit tabblad geüpdatet worden.

Elk kunstwerk heeft een uniek identificatienummer, alsmede een volgordenummer (kolom A: #). Dit volgordenummer kan worden gebruikt voor het anonimiseren van de gegevens. Verder is de naam van elk kunstwerk en het objecttype vermeld. Naast deze basisgegevens over de verschillende kunstwerken zijn de waarden van de kunstwerken op de verschillende criteria weergegeven. Waar deze waarden vandaan komen wordt uitgelegd in bijlage A – Verzamelde gegevens. Als laatste is een kolom Filtering toegevoegd, waarmee uitgefilterde kunstwerken eenvoudig kunnen worden weergegeven door alleen de waarde FALSE te selecteren.

4.3.3 Filtering

Op het tabblad 1_Filtering kunnen twee waarden ingevuld worden. Een voor de UC-waardes en een voor de conditiescore. Er kan voor beide criteria een ondergrens opgegeven worden. Wanneer de deelnemers op dit tabblad een getal opgegeven bij een of beide waarden dan kunnen, met behulp van de kolom filtering, die kunstwerken uitgefilterd worden die hoger scoren op een of beide grenswaarden. De standaardwaarde of lege waarde is nul, waardoor standaard alle kunstwerken meegenomen worden.

Filtering	
UC-waardes	
<i>Gebruikt voor eerste filtering. Een kunstwerk moet lager scoren om uitgesloten te worden.</i>	
Ondergrens	
Conditie score	
<i>Gebruikt voor eerste filtering. Een kunstwerk moet lager scoren om uitgesloten te worden.</i>	
Ondergrens	

Figuur 7: Het tabblad filtering

De gegevens op een ratio meetschaal worden verondersteld lineair verdeeld te zijn. Wel is het mogelijk om een onder- en bovengrens aan te geven. Waarden onder de ondergrens worden dan omgezet in een score van 0 en waarden boven de bovengrens worden omgezet in een score van 1. Deze mogelijkheid wordt geboden om zodoende extreme waarden uit de ruwe gegevens te filteren wanneer anders een onredelijke verhouding in de scores van de overige waarden zou ontstaan. Ook biedt dit de deelnemers de mogelijkheid om een bepaalde mate van onverschilligheid aan te geven.

De gegevens op een ordinale meetschaal worden direct gescoord door de deelnemers of ingedeeld in categorieën. Bij een directe scoring wordt per mogelijke waarde aangegeven wat de score van die waarde zou moeten zijn op een 0-1 schaal. Bij het indelen in categorieën worden alle mogelijke waarden in een categorie ingedeeld. Dit zijn hele getallen waarbij 1 het beste is en een hogere waarde slechter. Het maakt hierbij niet uit hoeveel categorieën zo ontstaan. De scores worden gekoppeld aan de categorieën en zijn lineair verdeeld tussen categorie 1 en de hoogste categorie. De waarden in categorie 1 vertalen zo naar een score van 0 en die in de hoogste categorie naar een score van 1. Wanneer de waarden bijvoorbeeld in 3 categorieën worden toegedeeld dan heeft categorie 1 een score van 0, categorie 2 een score van 0.5, en categorie 3 een score van 1.

Wanneer er onbekende waarden zijn voor een specifieke criterium dan dient daarvoor een representatieve waarde te worden aangenomen. Bij een criterium met gegevens op een ratio meetschaal betekent dit dat de deelnemers een representatieve waarde moeten toekennen. De score verhoudt zich dan tot gekozen waarde. Bij een criterium met gegevens op een ordinale meetschaal worden onbekende waarden direct gescoord of in een categorie ingedeeld zoals dat ook bij de andere waarden wordt gedaan.

Verkeersintensiteit (ratio)		
<i>Lineair verdeeld tussen een onder en bovengrens. Onbekend los waarden ten opzichte van grensen.</i>		
Grens	Waarde	Score 0-1
Ondergrens	2341	0
Bovengrens	21519	1
Onbekend	20000	0,920795

Figuur 8: Een voorbeeld van ingevulde waarden bij het criterium verkeersintensiteit, wat een criterium met gegevens op een ratio meetschaal is. Er is een onder- en bovengrens aangegeven en een waarde aangenomen voor de onbekende waarden.

Conditie score NEN 2767 (ordinaal)		
Zelf scores toekennen naar aanleiding van de conditiescore NEN 2767.		
NEN 2767	Score 0-1	
1	0	<i>Een hogere conditiescore, betekend dat het kunstwerk in mindere conditie verkeerd. Derhalve dient een hogere conditiescore ook een hogere score toebedeeld te worden. Onbekend wordt los gescoord.</i>
2	0,1	
3	0,4	
4	0,9	
5	1	
6	1	
Onbekend	0,4	

Figuur 9: Een voorbeeld van ingevulde waarden bij het criterium Conditie score NEN 2767, wat een criterium met gegevens op een ordinale meetschaal is. De scores zijn direct toegekend aan de mogelijke waarden.

4.3.4 Weging criteria

Op het derde tabblad, 3_Weging_criteria, wordt een weging toegekend aan de criteria. Er zijn vele manieren om een weging toe te kennen. De meest basale manier van wegen is gelijke weging, waarbij alle criteria hetzelfde gewicht krijgen. Bij de meer complexere methodes dient de beslisser zijn voorkeur op een bepaalde manier uit te dragen door scenario's aan te nemen.

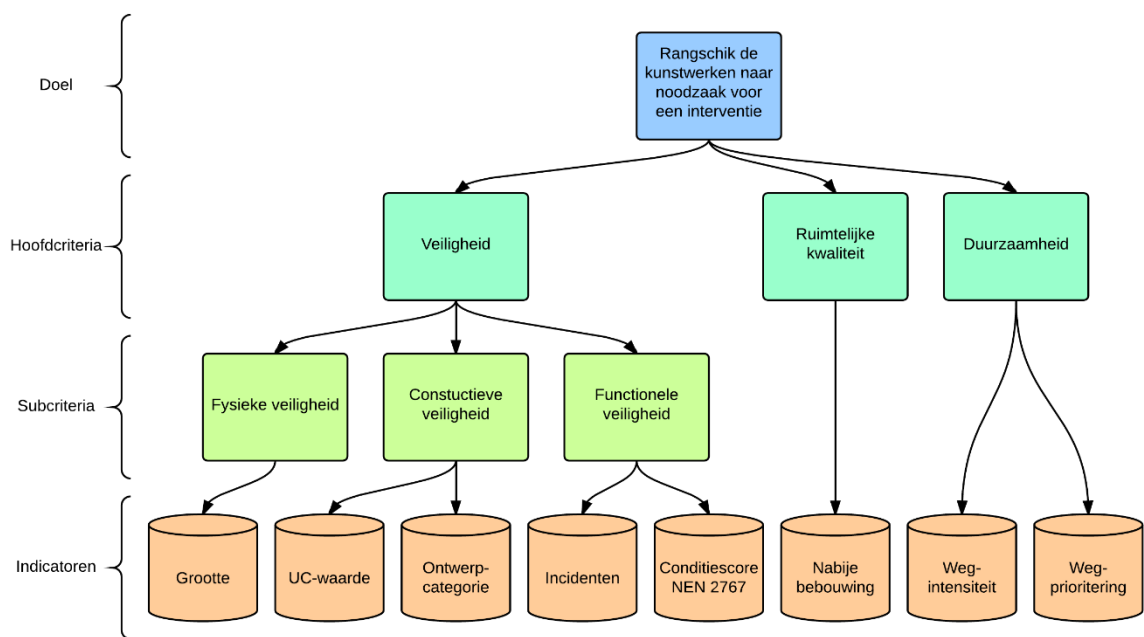
In het model is gekozen voor een directe weging in combinatie met een versimpelde versie van de hiervoor opgestelde gedachtenboom en de Delphi methode. Zoals in Figuur 10 te zien is, is de versimpelde gedachtenboom opgebouwd uit een doel, hoofdcriteria, subcriteria, en indicatoren. De indicatoren vertegenwoordigen alleen of samen een hoofd- of subcriteria. Per 'vertakking' van de boom wordt door de beslisser 100 punten verdeeld over de opties in de vertakking. De beslisser moet per vertakking bepalen hoeveel hij de ene optie weegt tegenover de andere(n).

Er is voor een versimpelde gedachtenboom gekozen om zo de toedeling van de gewichten relatief eenvoudig te houden. In deze versimpelde gedachtenboom zijn veel connecties weggelaten in verhouding met de gedachtenbomen die te zien zijn in Figuur 4 en Figuur 5. De criteria die oorspronkelijk gekoppeld waren aan de provinciale doelen zijn teruggebracht naar een koppeling aan een provinciaal thema waarvan ik vond dat ze de grootste connectie mee hadden. De subcriteria op het gebied van veiligheid zijn teruggebracht tot diegene waarvan ik vond dat ze het beste het soort veiligheid weergaven waar de indicatoren voor bedoeld waren.

De uiteindelijke gewichten kunnen worden achterhaald door de punten om te zetten naar percentages en deze met elkaar te vermenigvuldigen. De gewichten zijn opgeteld weer 1. Wanneer de punten verdeeld worden zoals in Figuur 29, dan worden de toegekende gewichten zoals in Figuur 12.

De beslisser krijgt directe feedback over de toegedeelde gewichten. Dit is onderdeel van de Delphi methode. Dit is een strategie waarmee de gewichten verkregen uit de andere methodes kunnen worden verfijnd. De beslisser krijgen het resultaat van hun waardering onder ogen en aan hen wordt vervolgens de kans geboden om de eerder ingevulde of opgegeven waarden aan te passen. Dit is een iteratief proces en wordt uitgevoerd totdat er geen significant verschil is tussen twee opvolgende waarderingen. Op deze manier wordt aan vooral onervaren beslissers de mogelijkheid gegeven om meer feeling te krijgen voor het scoren van criteria. Ze krijgen direct de consequenties van hun keuze te zien en wanneer deze sterk afwijkt van hun verwachtingen dan kunnen ze deze bijsturen.

Het gevaar van de Delphi methode is echter wel dat de gebruikers streven naar sociaal wenselijke gewichten in plaats van de daadwerkelijke voorkeur van de beslissers vast te leggen. Doordat ze de consequenties van hun keuzes onder ogen krijgt zullen ze hun keuze aanpassen wanneer deze afwijkt van het sociaal wenselijke. Desalniettemin is het model bedoeld voor onervaren beslissers en voor hen helpt directe feedback bij het inzichtelijk maken van de consequenties van hun keuzes.



Figuur 10: Gedachtenboom zoals gebruikt in de workshop voor het bepalen van de gewichten van de criteria.

Gewichten		
<i>Verdeel elke keer 100 punten over de opties.</i>		
Hoofdcriteria		
Veiligheid	Ruimtelijke kwaliteit	Duurzaamheid
55	20	25
Subcriteria		
Fysiek	Constructief	Functioneel
10	60	30
Constructieve veiligheid		
UC-waarden	Ontwerpcategorie	
30	70	
Functionele veiligheid		
Incidenten	Conditie-score NEN 2767	
20	80	
Duurzaamheid		
Wegintensiteit	Wegprioritering netwerkvisie	
50	50	

Figuur 11: Voorbeeld van toegekende punten

Toegekende gewichten	
0,055	Grootte
0,099	UC-waarde
0,231	Ontwerpcategorie
0,033	Incidenten
0,132	Conditie-score NEN 2767
0,200	Nabije bebouwing
0,125	Wegintensiteit
0,125	Wegprioritering

Figuur 12: Voorbeeld van berekende gewichten

4.3.5 Rangschikking en analyse

Op het laatste tabblad (4_Rangschikking_en_analyse) staan de resultaten. De ruwe gegevens zijn omgezet naar een score op basis van de waarden ingevuld op het tabblad 'gemeenschappelijke schaal', vervolgens zijn de scores vermenigvuldigd met de weegfactor van het desbetreffende criterium om tot een gewogen score te komen.

De gewogen scores zijn opgeteld in een totale score in de kolom TS. Daarnaast is een rangschikking weergegeven die aangeeft welke rang een kunstwerk heeft in de prioritering. Achter de rangschikking zijn de ruwe waarden voor de monumentale status en de aanwezigheid van een pomp- of bedieningsruimte weergegeven. Deze zijn niet in de prioritering meegenomen, maar zijn dus wel

zichtbaar voor de beslisser. Wanneer twee scores heel dicht bij elkaar liggen dan zou een beslisser deze informatie kunnen gebruiken om alsnog prioriteit voor de een of de ander te geven.

Tabel 18: Gebruikte codes per criterium voor de verschillende waarden en scores

Criterium	Ruwe waarden		Score	Gewogen score
UC-waardes vaste kunstwerken	Ucv	UC	S_UC	GS_UC
UC-waardes beweegbare kunstwerken	Ucb			
Ontwerpklasse	ONT		S_ONT	GS_ONT
Incidenten	INC		S_INC	GS_INC
Conditiecores hoofddraagconstructie	CON		S_CON	GS_CON
Intensiteit	INT		S_INT	GS_INT
Wegprioritering	WP		S_WP	GS_WP
Nabije bebouwing	NB		S_NB	GS_NB
Grootte	GR		S_GR	GS_GR

Er is ervoor gekozen om de ruwe waarden en de ongewogen scores ook op het tabblad te houden. Zodoende kan de beslisser bij onverwachte uitkomsten nagaan waardoor dit zo gekomen is. Standaard zijn de kolommen van de ruwe waardes en de ongewogen scores verborgen. Deze zijn eenvoudig zichtbaar te maken door met de rechtermuisknop op de kolommen te klikken en vervolgens op 'zichtbaar maken' te klikken.

De resultaten zijn eenvoudig te sorteren op de verschillende kolommen. De kunstwerken kunnen dus ook gerangschikt worden voor een specifiek criterium. Doordat dit allemaal mogelijk is biedt het resultaten tabblad veel mogelijkheden om de resultaten te analyseren. De verschillende kleuren bieden extra ondersteuning om hoge of lage waarden snel zichtbaar te maken. De kolom filter kan nog steeds gebruikt worden om bepaalde kunstwerken uit te filteren.

4.4 Deelconclusie

In dit hoofdstuk antwoord gegeven op deelvraag 3: *Welke beslissingsmethode past het beste bij het prioriteringsprobleem van WK?* Dit is gedaan door stap 6 van het beslissingsproces model van Baker et al. te doorlopen. In deze stap dient een beslissingsmethode te worden geselecteerd. In dit geval een methode waarmee de kunstwerken in het beheer van de provincie Overijssel kunnen worden geprioritiseerd op de noodzakelijkheid voor een interventie van de kunstwerken. Hiervoor is gekeken naar de beslissingscontext zoals die is achterhaald in het vorige hoofdstuk. Hieruit bleek dat de keuze voor een beslissingsmethode vooral afhankelijk is van criteria gerelateerd aan het probleem, de data en de beslisser.

Zodoende zijn een viertal scenario's opgesteld die elk rekening hielden met deze criteria. Er is gekozen om scenario 1 verder uit te werken. Dit is een scenario dat rekening houdt met een relatief onervaren beslisser die graag vooraf alternatieven wil kunnen uitsluiten. De beslissingsmethode die hieraan gekoppeld was is een gewogen sommerring. Een van de doorslaggevende elementen voor deze keuze is de relatieve simpliciteit van de methode. In een later stadium kunnen altijd nog complexere berekeningen worden toegevoegd, maar als eerste stap is het goed om met een relatief simpele beslissingsmethode te beginnen. De beslissingsmethode diende de volgende stappen te faciliteren:

1. Een manier om de kunstwerken te filteren. Bij voorkeur op een manier waardoor de kunstwerken die niet voldoen aan wet- en regelgeving uitgefilterd worden.
2. De verzamelde gegevens moeten omgezet worden naar een gemeenschappelijk schaal om ze zo onderling vergelijkbaar te maken.
3. Aan alle criteria moet een gewicht toegekend worden die hun relatieve importantie benadrukt.
4. Aggregatie naar een eindscore.

Voor de uitwerking van deze stappen is gekozen om gebruik te maken van Microsoft Excel. Alle noodzakelijke berekeningen kunnen hierin eenvoudig worden uitgevoerd. Het resultaat is in een

workshop aan enkele leden van de provincie getoond en zij hebben in de workshop zelf de beslissingsmethode moeten toepassen. De resultaten hiervan zijn terug te vinden in het volgende hoofdstuk.

5 *Toepassing van de beslissingsmethode*

In het vijfde hoofdstuk wordt een antwoord gegeven op de vraag in hoeverre de geselecteerde beslissingsmethode een bruikbaar antwoord geeft op het beslissingsprobleem van de provincie. Hiervoor heeft op 9 december 2014 er een workshop plaatsgevonden waarin de beslissingsmethode uit het vorige hoofdstuk is toegepast. De beslissingsmethode is door de deelnemers zelf toegepast. In de workshop zijn ook de werkwijze en de uitkomsten besproken met de deelnemers. Een uitgebreide uitwerking van de workshop is terug te vinden in Bijlage B.

In dit hoofdstuk worden eerst de resultaten van de workshop besproken. Vervolgens is een gevoeligheidsanalyse voor de beslissingsmethode uitgevoerd. Dit is gedaan aan de hand van een drietal scenario's en een Monte-Carlo simulatie. Aan de hand van de bevindingen in de workshop en uit de gevoeligheidsanalyse worden vervolgens enkele verbeterpunten voor de beslissingsmethode voorgesteld en een voorbeeld van een verbeterde beslissingsmethode wordt beschreven die beter aansluit het beslissingsprobleem van de provincie.

5.1 Resultaten van de workshop

De resultaten zijn na elke stap met de groep besproken. Men is gevraagd om de uiteindelijke prioritering te vergelijken met hun eigen kennis over het areaal. Veel van de hoogst scorende kunstwerken kwamen nu ook al voor op door de deelnemers gebruikte shortlists van kunstwerken. Er waren wel enkele verrassingen, en deze worden door de deelnemers nader bekeken.

Het omzetten van de waarden naar een gemeenschappelijke schaal verliep voor de eerste criteria enigszins stroef. Dit was een handeling waar de deelnemers niet veel ervaring mee hadden en het duurde even voordat men het eens was over de ingevulde waarden. Naarmate meerdere criteria reeds omgezet waren op een gemeenschappelijke schaal verliep de toedeling steeds vlotter. Het scoren en categoriseren van de ordinale gegevens verliep een stuk soepeler dan de ratio gegevens. Dit komt waarschijnlijk doordat de deelnemers bij de ordinale schaling direct zien welke score een waarde krijgt. Bij de ratio gegevens wordt slechts een boven- en ondergrens aangeduid en is het vooraf onduidelijk wat de maximale en minimale waarden zijn in de dataset. Uiteindelijk werden de boven- en ondergrenzen gelijk gesteld aan de maximale en minimale waarde uit de dataset.

Het toekennen van de gewichten verliep in fases. Uiteindelijk hebben de deelnemers drie keer een wijziging doorgevoerd nadat alle waarden waren ingevuld. Het resultaat hiervan is te zien in Figuur 13. De directe feedback van de uiteindelijke scores was hierbij erg hulpzaam. Bij de uiteindelijk toegekende gewichten valt op dat de UC-waarde het hoogste gewicht krijgt van alle criteria. De deelnemers erkennen dat dit criterium leidend is bij het prioriteren van kunstwerken. Zodoende is het nog opvallender dat het criterium conditiescores juist het laagste gewicht mee krijgen van alle criteria. De nabijheid van de bebouwing krijgt na de UC-waarde het hoogste gewicht mee. Dit komt mede door de directe koppeling tussen het hoofdcriterium ruimtelijke kwaliteit en de indicator nabije bebouwing. Incidenten, grootte en verkeersintensiteit worden even belangrijk gevonden gevolgd door de wegprioritering en ontwerpcategorie.

In Tabel 19 worden de resultaten van de twintig hoogst scorende kunstwerken getoond. Hierin worden de gewogen scores per criterium weergegeven evenals de totale score en de ranking die hieruit volgt. In Figuur 14 zijn dezelfde resultaten weergegeven, maar dan zoals ze in de Excel sheet zijn weergegeven. De kleurcodering helpt hierbij om snel een overzicht van hoge (rood) en lage (groen) scores te identificeren.

Toegekende gewichten	
0,120	Grootte
0,240	UC-waarde
0,060	Ontwerpcategorie
0,126	Incidenten
0,054	Conditie score NEN 2767
0,200	Nabije bebouwing
0,120	Wegintensiteit
0,080	Wegprioritering
1	

Figuur 13: Uiteindelijk toegekende gewichten

Kunstwerk nummer 56 heeft uiteindelijk de hoogste totale score en zou daarmee de hoogste prioriteit moeten krijgen. Met een score van 0,539 heeft dit kunstwerk net een hogere score dan kunstwerk nummer 61, die een score heeft van 0,536. In Figuur 14 is, met behulp van de kleuren, duidelijk te zien dat de totale score van de hoogst scorende kunstwerken relatief sterk afhankelijk is van het criterium nabijheid bebouwing. De kunstwerken scoren hierop maximaal of dicht tegen het maximum aan. Verder scoren ze ook relatief hoog op de intensiteiten en de wegprioritering.

Er zijn relatief veel lage scores op de criteria UC-waardes en conditiescores. Dit is opvallend aangezien deze criteria op dit moment nog een grote rol vervullen bij het prioriteren van de kunstwerken. Op basis van de resultaten uit het model valt te verwachten dat er veel nieuwe namen bovenin de lijst staan. Desondanks verklaarden de deelnemers dat ook de kunstwerken met een lage score op deze criteria al op diverse lijstjes staan voor een interventie.

Tabel 19: De twintig hoogst scorende kunstwerken inclusief de gewogen scores per criterium

#	GS_UC	GS_ONT	GS_INC	GS_CON	GS_INT	GS_WP	GS_NB	GS_GR	TS	Ranking
56	0,000	0,030	0,095	0,000	0,120	0,048	0,189	0,057	0,539	1,000
61	0,066	0,030	0,095	0,049	0,061	0,048	0,172	0,016	0,536	2,000
58	0,000	0,030	0,095	0,022	0,099	0,048	0,200	0,011	0,504	3,000
59	0,000	0,030	0,095	0,022	0,099	0,048	0,200	0,011	0,504	3,000
127	0,000	0,000	0,043	0,000	0,091	0,048	0,196	0,120	0,498	5,000
57	0,000	0,030	0,095	0,005	0,099	0,048	0,200	0,011	0,488	6,000
62	0,057	0,030	0,095	0,000	0,061	0,048	0,171	0,008	0,470	7,000
197	0,126	0,030	0,037	0,000	0,120	0,008	0,135	0,007	0,463	8,000
60	0,000	0,030	0,095	0,022	0,061	0,048	0,190	0,016	0,461	9,000
165	0,240	0,015	0,054	0,000	0,069	0,040	0,029	0,011	0,458	10,000
198	0,137	0,015	0,037	0,000	0,120	0,008	0,134	0,005	0,456	11,000
178	0,240	0,015	0,057	0,000	0,082	0,048	0,006	0,007	0,455	12,000
169	0,240	0,015	0,054	0,000	0,049	0,040	0,044	0,013	0,455	13,000
5	0,057	0,030	0,126	0,000	0,080	0,048	0,099	0,003	0,443	14,000
6	0,000	0,000	0,126	0,000	0,085	0,048	0,139	0,007	0,405	15,000
89	0,075	0,015	0,043	0,022	0,036	0,008	0,078	0,120	0,397	16,000
55	0,000	0,030	0,095	0,000	0,120	0,048	0,089	0,009	0,391	17,000
150	0,240	0,015	0,050	0,000	0,026	0,000	0,044	0,013	0,388	18,000
104	0,137	0,030	0,049	0,000	0,096	0,008	0,051	0,011	0,382	19,000
54	0,000	0,030	0,095	0,000	0,120	0,048	0,072	0,005	0,370	20,000

				Weegfactor													
				0,24	0,06	0,126	0,054	0,12	0,08	0,2	0,12						
#	Identificatie	Naam	Filter	GS_UC	GS_ONT	GS_INC	GS_CON	GS_INT	GS_WP	GS_NB	GS_GR	PS	Ranking	MS	PR	BE	
56	342-020	Henny Kuiperviaduct	TRUE	0,000	0,030	0,095	0,000	0,120	0,048	0,189	0,057	0,539	1,000	Nee	Nee	Nee	
61	342-090	Oliemolenstraatviaduct (hoofddrijbaan)	FALSE	0,066	0,030	0,095	0,049	0,061	0,048	0,172	0,016	0,536	2,000	Nee	Nee	Nee	
58	342-060	Noord Berghuizenviaduct	TRUE	0,000	0,030	0,095	0,022	0,099	0,048	0,200	0,011	0,504	3,000	Nee	Nee	Nee	
59	342-070	Glindeviaduct	TRUE	0,000	0,030	0,095	0,022	0,099	0,048	0,200	0,011	0,504	3,000	Nee	Nee	Nee	
127	348-010	Spoorwegonderdoorgang N348	TRUE	0,000	0,000	0,043	0,000	0,091	0,048	0,196	0,120	0,498	5,000	Nee	Nee	Nee	
57	342-050	Huurneviaduct	TRUE	0,000	0,030	0,095	0,005	0,099	0,048	0,200	0,011	0,488	6,000	Nee	Nee	Nee	
62	342-091	Oliemolenstraatviaduct (parallelweg)	FALSE	0,057	0,030	0,095	0,000	0,061	0,048	0,171	0,008	0,470	7,000	Nee	Nee	Nee	
197	743-021	Bornsche Beekbrug (parallelweg oost)	FALSE	0,126	0,030	0,037	0,000	0,120	0,008	0,135	0,007	0,463	8,000	Nee	Nee	Nee	
60	342-080	Ootmarsumsestraatfietstunnel	TRUE	0,000	0,030	0,095	0,022	0,061	0,048	0,190	0,016	0,461	9,000	Nee	Nee	Nee	
165	377-020	Beentjegravenduikerbrug	FALSE	0,240	0,015	0,054	0,000	0,069	0,040	0,029	0,011	0,458	10,000	Nee	Nee	Nee	
198	743-022	Bornsche Beekbrug (parallelweg west)	FALSE	0,137	0,015	0,037	0,000	0,120	0,008	0,134	0,005	0,456	11,000	Nee	Nee	Nee	
178	739-010	Hagmolenbeekduikerbrug	FALSE	0,240	0,015	0,057	0,000	0,082	0,048	0,006	0,007	0,455	12,000	Nee	Nee	Nee	
169	377-060	Drentse Wijkbrug	FALSE	0,240	0,015	0,054	0,000	0,049	0,040	0,044	0,013	0,455	13,000	Nee	Nee	Nee	
5	307-020	Kamperduiker	FALSE	0,057	0,030	0,126	0,000	0,080	0,048	0,099	0,003	0,443	14,000	Nee	Nee	Nee	
6	307-030	Hagenbroekduiker	TRUE	0,000	0,000	0,126	0,000	0,085	0,048	0,139	0,007	0,405	15,000	Nee	Nee	Nee	
89	343-130	Asjesbrug	FALSE	0,075	0,015	0,043	0,022	0,036	0,008	0,078	0,120	0,397	16,000	Nee	Nee	Nee	
55	342-015	Hulsbeekduiker	TRUE	0,000	0,030	0,095	0,000	0,120	0,048	0,089	0,009	0,391	17,000	Nee	Nee	Nee	
150	349-010	Robbenhaarsbrug	FALSE	0,240	0,015	0,050	0,000	0,026	0,000	0,044	0,013	0,388	18,000	Nee	Nee	Nee	
104	346-130	Oelerbeekbrug (hoofddrijbaan, N346)	FALSE	0,137	0,030	0,049	0,000	0,096	0,008	0,051	0,011	0,382	19,000	Nee	Nee	Nee	
54	342-012	Hazewinkelstietstunnel	TRUE	0,000	0,030	0,095	0,000	0,120	0,048	0,072	0,005	0,370	20,000	Nee	Ja	Nee	

Figuur 14: Deel van het resultaten tabblad. In de figuur zijn de twintig hoogst scorende kunstwerken weergegeven

De deelnemers verklaarden dat er niet veel opvallende kunstwerken in de top twintig voorkomen. Van al deze kunstwerken was bekend dat ze minder presteerden. Opvallend aangezien veel van de gebruikte criteria nieuw zijn. Mogelijkerwijs gebruiken de deelnemers hun impliciete kennis over de kunstwerken bij het identificeren van kunstwerken met een verhoogde noodzakelijkheid voor een interventie.

Van de kunstwerken in de top twintig werden enkele aangeduid als reeds in uitvoering of uitgevoerd. Bij deze kunstwerken heeft in het afgelopen jaar of wordt ten tijde van de workshop reeds een interventie uitgevoerd. Dit is mogelijk aangezien veel van de meetgegevens eens per zoveel jaar worden gemeten. Tevens is dit een aanwijzing dat de resultaten betrouwbaar zijn en goed aansluiten bij de reeds heersende consensus over de staat van de kunstwerken.

Over het algemeen wordt het resultaten tabblad al prettig ervaren. Voor de deelnemers is het duidelijk hoe het proces verloopt dat leidt tot de rangschikking. Voor het merendeel is het tevens duidelijk waarom bepaalde kunstwerken hoog scoren op een specifiek criterium en andere laag. Een enkeling heeft echter nog moeite met het omzetten van waarden in scores. Hij noemde de beslissingsmethode "goochelen met getallen" en "iets wat ik nooit zal snappen", maar benadrukte wel dat dit waarschijnlijk aan hem lag en niet aan de beslissingsmethode.

De manier waarop de deelnemers met risico's om gingen viel op gedurende de workshop. Ik had zelf verwacht dat wanneer gegevens onbekend waren dat dat feit als een risico zou worden bestempeld en tot een hoge score zou leiden. De deelnemers gebruikten echter vaak het argument dat onzekerheid een gemiddelde score verdient omdat de daadwerkelijke waarde daar het dichtst bij in de buurt zit.

5.2 Gevoeligheidsanalyse

Om de gevoeligheid van de resultaten te bepalen zijn er drie verschillende scenario's opgesteld die op zouden kunnen treden, waardoor de voorkeur van de beslissers zou veranderen. Aanvullend is een Monte-Carlo analyse uitgevoerd voor de gewichten van de criteria en de rangschikking die daaruit volgt.

5.2.1 Scenario's

Het eerste scenario is gebaseerd op de scores toegekend aan de hoofdcriteria in het model. Veiligheid is hierin het hoogst gescoord gevolgd door een gelijke score voor ruimtelijke kwaliteit en duurzaamheid. Aan het hoofdcriteria veiligheid zijn uiteindelijk vijf indicatoren gekoppeld, aan ruimtelijke kwaliteit één en duurzaamheid twee. Het is daarom mogelijk dat de ruimtelijke kwaliteit

een te hoog gewicht heeft gekregen ten opzichte van de werkelijkheid, waardoor ook de hieraan gekoppelde indicator een te hoog gewicht heeft gekregen. In dit scenario wordt de score voor ruimtelijke kwaliteit verlaagd en worden die van veiligheid en duurzaamheid verhoogd.

Tabel 20: Vergelijking tussen de originele situatie en scenario 1 van de gevoeligheidsanalyse

	Origineel	Scenario 1
Veiligheid	60	65
Ruimtelijke kwaliteit	20	10
Duurzaamheid	20	25

Het tweede scenario gaat uit van een extreme situatie waarin vanuit de politiek ineens veel aandacht is voor de Economisch Meest Voordelige Inschrijvingen (EMVI's). De politiek wil prioriteit geven aan kunstwerken met een grote meerwaarde voor de samenleving. Als gevolg hiervan wordt de factor veiligheid ondergeschikt gemaakt aan ruimtelijke kwaliteit en duurzaamheid. Dit is een extreme situatie waarbij de politiek veiligheid koppelt aan traditioneel aanbesteden, en ruimtelijke kwaliteit en duurzaamheid aan maatschappelijke meerwaarde.

Tabel 21: Vergelijking tussen de originele situatie en scenario 2 van de gevoeligheidsanalyse

	Origineel	Scenario 2
Veiligheid	60	30
Ruimtelijke kwaliteit	20	35
Duurzaamheid	20	35

Het derde scenario houdt rekening met de onzekerheid in de aangevulde gegevens. In dit scenario blijkt dat de aangevulde gegevens voor de UC-waarden onterecht te laag zijn ingeschat. De scores op basis van de leeftijd en de ontwerpklasse blijven wel staan, maar de UC-waarde per risicocategorie neemt toe.

Tabel 22: Veranderde waarden bij scenario 3

Risico	UC-waarde origineel	UC-waarde scenario 3
Laag (2-5)	0,5	0,8
Gemiddeld (6-8)	0,9	1,2
Hoog (9-12)	1,2	1,5

De resultaten van de drie scenario's zijn weergegeven in Tabel 23. Als een gevolg van het eerste scenario blijft de top 20 redelijk gelijk. Alleen kunstwerk nummer 6 valt buiten de top 20. De top 20 wordt aangevuld door kunstwerk nummer 11, die in de originele resultaten plek 21 in nam. Wat opvalt aan de scores is dat deze voor de eerste negen lager uit valt dan bij de originele berekening. Dit houdt in dat de scores van deze bruggen relatief sterk afhankelijk waren van de scores op de nabijheid van de bebouwing. Dit is immers de enige indicator die in gewicht is afgenomen. Voornamelijk de score van kunstwerk 178 is in dit scenario sterk gestegen in de prioritering. Van de kunstwerken in de top 20 had deze dan ook veruit de laagste score op de nabijheid van de bebouwing (0,03 versus een gemiddelde score van 0,609 van de top 20).

Als gevolg van het tweede scenario is de top 10 van kunstwerken waarvoor een interventie het meest noodzakelijk wordt geacht vrijwel gelijk gebleven. Er zijn onderling wat verschuivingen, maar dezelfde kunstwerken staan in de lijst. Alleen kunstwerk 165 is uit de top 10 en zelfs net uit de top 20 gevallen. De scores van de top 10 zijn enorm toegenomen, soms met meer dan 0,18 punten. Dit komt hoofdzakelijk door de relatief hoge scores op de nabijheid van de bebouwing. Het gewicht van dit criterium is ten opzichte van de originele berekening met 0,15 toegenomen. Het lijkt er sterk op dat de gevoeligheid van dit criterium te hoog is. Verder zijn in de resultaten de rankings van kunstwerken 89 en 150 opvallend. Deze staan respectievelijk op de plekken 41 en 66. Beide zijn dus erg gezakt in de rangschikking. Dit komt in het geval van kunstwerk 89 hoofdzakelijk door een lagere gewogen score van de grootte van het kunstwerk en voor kunstwerk 150 door een lagere gewogen score voor de UC-waarde.

In het derde scenario zijn er geen schokkende veranderingen ten opzichte van de originele berekening. In de top zijn alleen kunstwerken 5 en 89 meer dan vijf plaatsen gestegen, en kunstwerken 6, 150 en 104 zijn meer dan vijf plaatsen gezakt. Buiten de top 20 zijn wel grotere verschuivingen, maar deze zijn veelal omlaag. In het gros van deze gevallen betreft het een kunstwerk waarvan de UC-waarde bekend is. Omdat in het derde scenario alleen de aangevulde gegevens voor de UC-waarden verhoogd zijn is het logisch dat de kunstwerken waarvan de waarde reeds bekend was relatief lager scoren. De grootste positieve sprong is van plek 225 naar 190 en de grootste negatieve sprong is van plek 88 naar 147.

Tabel 23: Resultaten van de totale scores (TS) en rankings van de scenario's ten opzichte van de resultaten uit de workshop

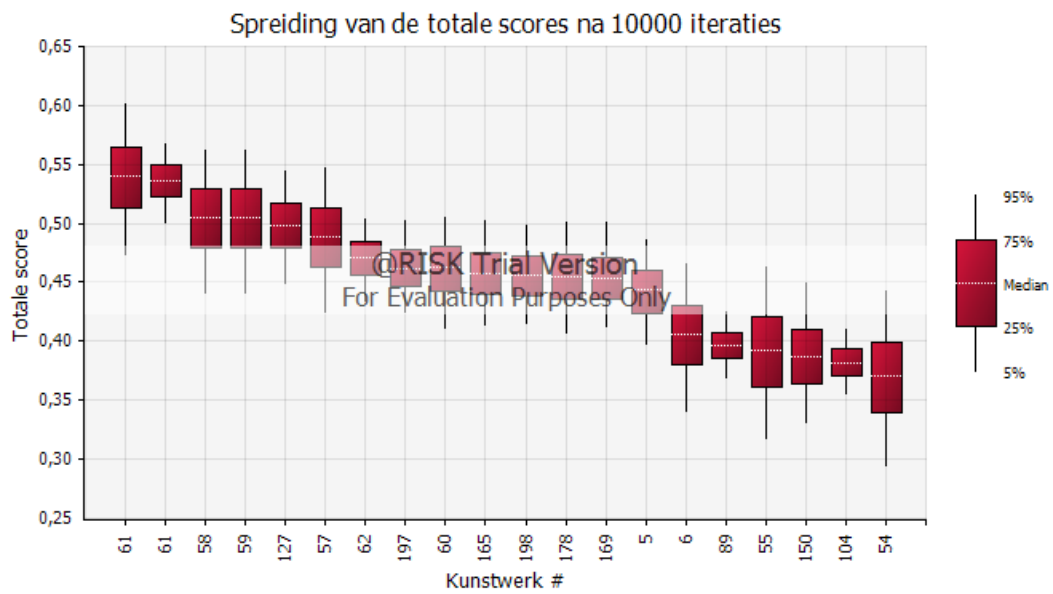
KW #	Identificatie	Origineel		Scenario 1		Scenario 2		Scenario 3	
		TS	Ranking	TS	Ranking	TS	Ranking	TS	Ranking
56	342-020	0,539	1	0,501	2	0,716	1	0,596	2
61	342-090	0,536	2	0,498	3	0,618	6	0,604	1
58	342-060	0,504	3	0,454	6	0,685	2	0,561	3
59	342-070	0,504	3	0,454	6	0,685	2	0,561	3
127	348-010	0,498	5	0,448	8	0,667	5	0,498	9
57	342-050	0,488	6	0,436	12	0,677	4	0,545	5
62	342-091	0,47	7	0,427	13	0,585	8	0,539	6
197	743-021	0,463	8	0,444	9	0,56	9	0,463	11
60	342-080	0,461	9	0,407	14	0,603	7	0,518	7
165	377-020	0,458	10	0,497	4	0,402	21	0,458	12
198	743-022	0,456	11	0,438	11	0,555	10	0,456	13
178	739-010	0,455	12	0,511	1	0,397	25	0,455	14
169	377-060	0,455	13	0,481	5	0,393	26	0,455	15
5	307-020	0,443	14	0,443	10	0,505	13	0,511	8
6	307-030	0,405	15	0,38	23	0,543	11	0,405	24
89	343-130	0,397	16	0,392	18	0,35	41	0,465	10
55	342-015	0,391	17	0,4	16	0,517	12	0,449	16
150	349-010	0,388	18	0,399	17	0,281	66	0,388	29
104	346-130	0,382	19	0,402	15	0,385	31	0,382	31
54	342-012	0,37	20	0,386	20	0,485	15	0,427	18

5.2.2 Monte-Carlo simulatie

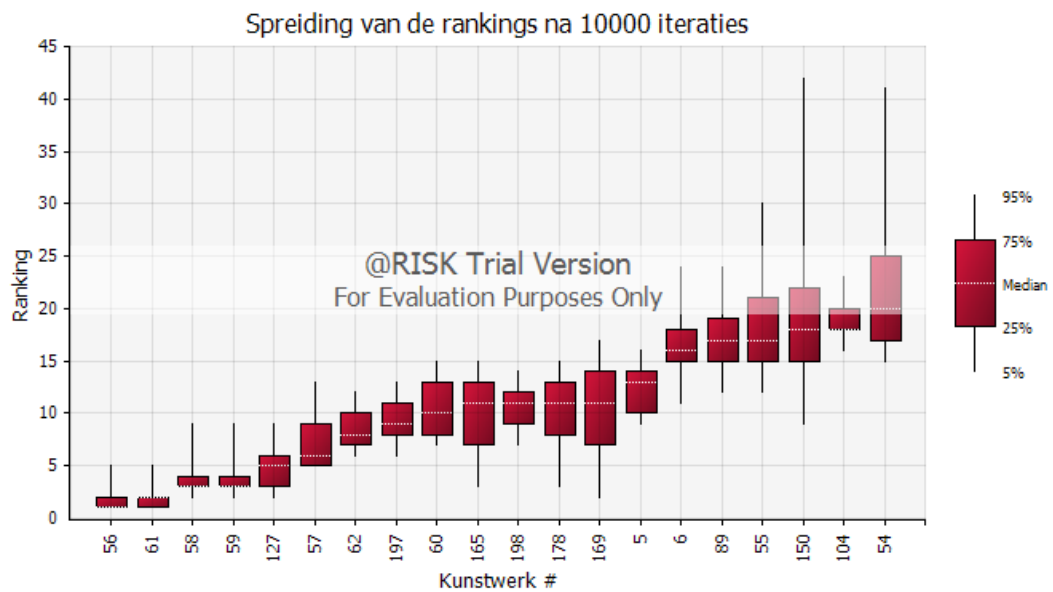
Aanvullend op de scenario's is er een Monte-Carlo simulatie uitgevoerd ten aanzien van de gegeven scores leidend tot de gewichten van de criteria. Voor deze analyse is gebruik gemaakt van het software pakket @Risk. Met deze software kunnen Monte-Carlo simulaties worden uitgevoerd in Microsoft Excel. In @Risk zijn de scores, gegeven door de deelnemers van de workshop, omgezet naar een normale verdeling. Hierbij is μ gelijk gesteld aan de score gegeven door de deelnemer van de workshop. Aanvullend is σ is gelijk gesteld aan 10% van μ . Om altijd 100 punten te verdelen is de laatste waarde van elke reeks gelijk gesteld aan 100 minus de som van de waarden ervoor.

Bij elke iteratie genereert @Risk een willekeurig getal op basis van de opgegeven normale verdeling. Naarmate er meer iteraties zijn uitgevoerd dan zal de frequentie van deze willekeurig gekozen getallen een normale verdeling gaan aannemen. Er is voor de gevoeligheidsanalyse een Monte-Carlo simulatie met 10.000 iteraties uitgevoerd voor de top 20 kunstwerken uit de workshop. De resultaten hiervan zijn in boxplots weergegeven in Figuur 15 en Figuur 16.

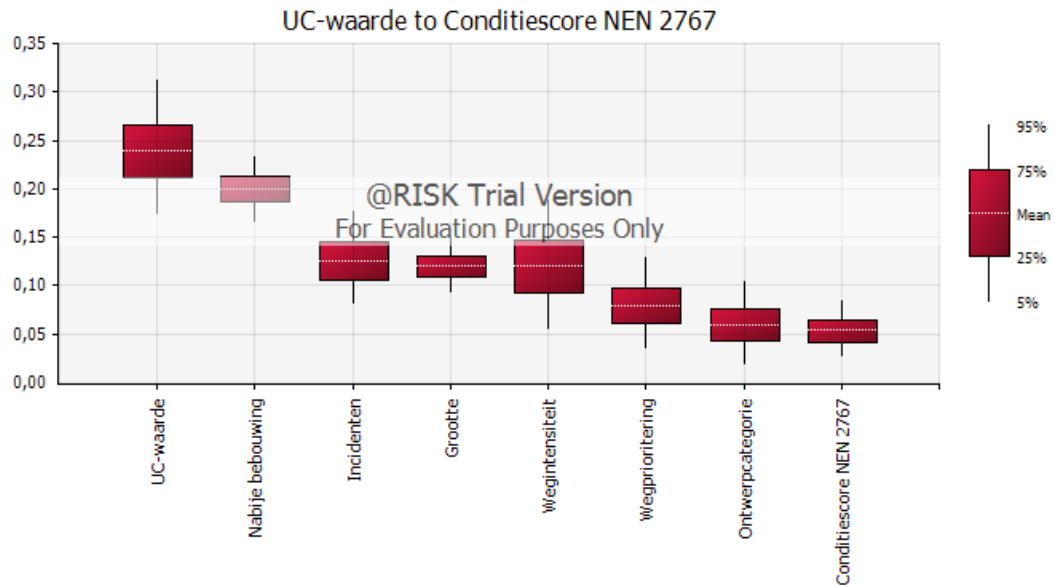
Op basis van deze resultaten is het zeer aannemelijk dat de eerste veertien kunstwerken altijd in de top 20 zullen staan aangezien 95% van de resultaten dat aangeeft. De spreiding van de scores van deze kunstwerken is ook redelijk gelijkwaardig voor al deze kunstwerken. Alleen de spreiding van kunstwerk Vanaf kunstwerk nummer 6 is er meer onzekerheid. Vooral de rankings van kunstwerken nummer 55, 150 en 54 springen eruit. In scenario 2 hiervoor had kunstwerk nummer 150 een extreme sprong in de ranking gemaakt en deze sprong wordt bevestigd in de Monte-Carlo simulatie. Scenario 2 was een extreem scenario met veel grotere veranderingen dan in de simulatie, maar desondanks lijken enkele kunstwerken alsnog gevoelig voor deze kleinere veranderingen.



Figuur 15: Spreiding van de totale scores na 10000 iteraties in de Monte-Carlo simulatie

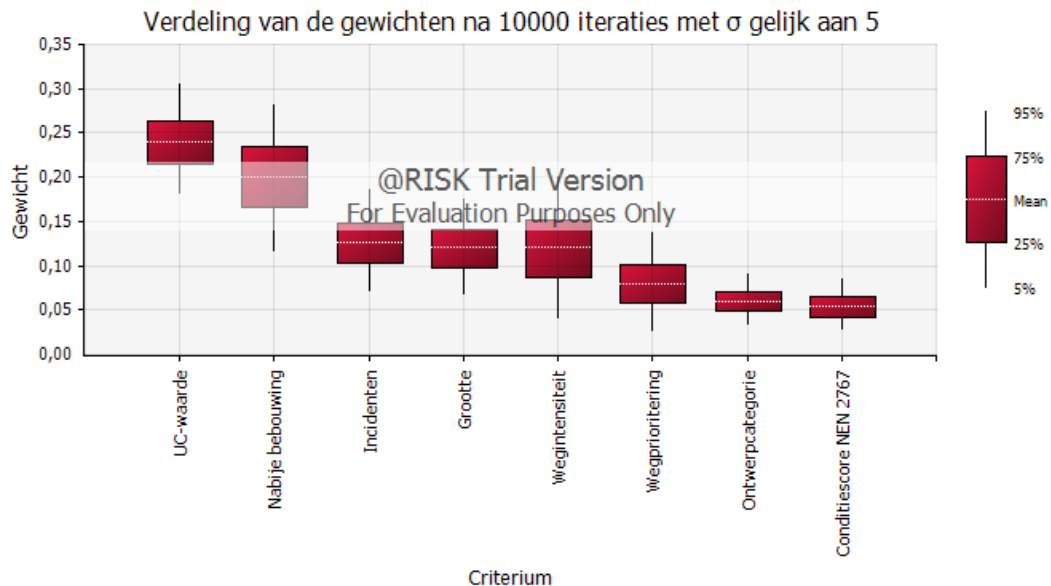


Figuur 16: Spreiding van de rankings na 10000 iteraties in de Monte-Carlo simulatie



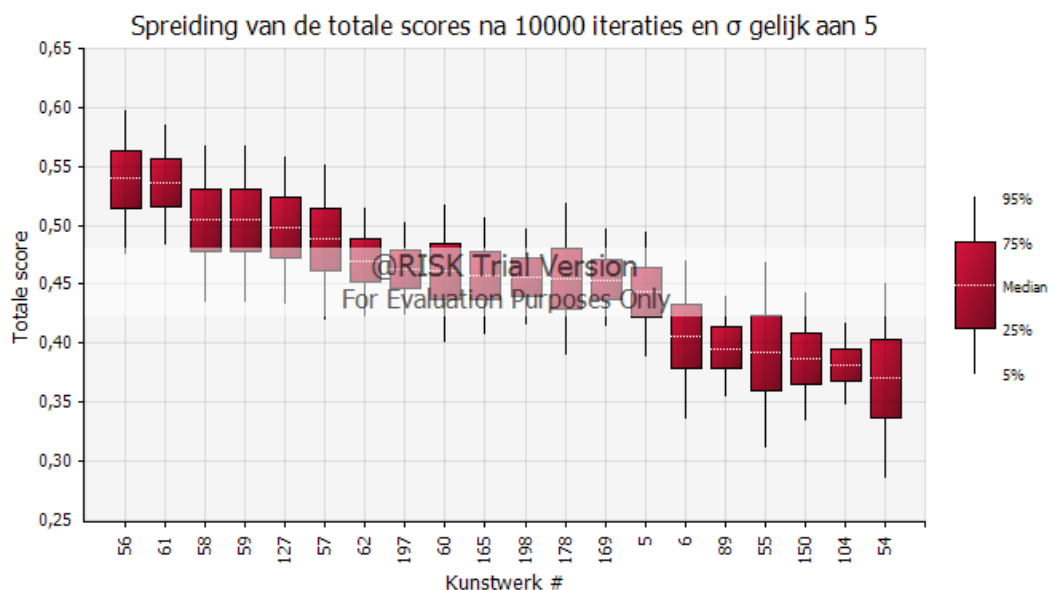
Figuur 17: Spreiding van de gewichten na 10000 iteraties in de Monte-Carlo simulatie

De verschillen in de spreiding van de gewichten kan worden verklaard doordat σ telkens gelijk is gesteld aan 10% van μ . De gewichten die zijn afgeleid van grote waarden van μ hebben logischerwijs ook een grotere spreiding in de afgeleide gewichten. Zodoende is nog een simulatie uitgevoerd waarbij alle waarden van σ gelijk zijn gesteld aan 5. Elke waarde μ , toegekend door 100 punten te verdelen over de opties, heeft dus een standaardafwijking van 5. Het 95% betrouwbaarheidsinterval bij een normale verdeling is gelijk aan μ plus of min twee maal de standaardafwijking σ . Zodoende valt 95% van de gesimuleerde waarden tussen $\mu-10$ en $\mu+10$. De resultaten hiervan zijn te zien in Figuur 18. Het meest opvallende verschil zit hem in de spreiding van het criterium nabije bebouwing. Deze is meer dan verdubbeld. Omdat deze direct wordt afgeleid uit de waarde toegekend aan Ruimtelijke Kwaliteit neemt de gevoeligheid logischerwijs ook toe wanneer σ toeneemt.

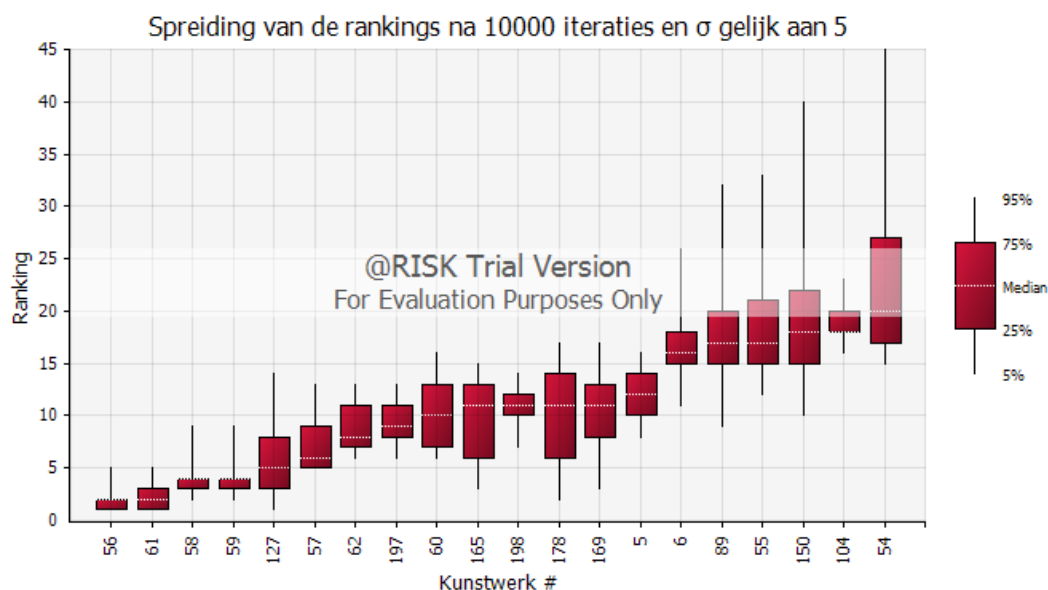


Figuur 18: Spreiding van de gewichten na 10000 iteraties in de Monte-Carlo simulatie en σ gelijk aan 5

In de figuren hieronder is te zien dat doordat alle standaardafwijkingen gelijk zijn gesteld de spreiding van de scores ook is toegenomen. De spreiding van de rankings neemt voor sommige kunstwerken toe en voor andere af.



Figuur 19: Spreiding van de totale scores na 10000 iteraties in de Monte-Carlo simulatie en σ gelijk aan 5



Figuur 20: Spreiding van de rankings na 10000 iteraties in de Monte-Carlo simulatie en σ gelijk aan 5

5.2.3 Conclusies gevoeligheidsanalyse

Uit de gevoeligheidsanalyse en de Monte-Carlo simulatie kan worden geconcludeerd dat het criterium nabijheid bebouwing erg gevoelig is voor veranderingen in de waardering van de beslissers. Dit komt doordat dit gewicht als enige direct wordt afgeleid uit een hoofdcriterium. Het zou verstandig zijn om de gevoeligheid van dit criterium in het model aan te passen in een volgende versie. Verder kan geconcludeerd worden dat de hoogst scorende kunstwerken relatief ongevoelig zijn voor wijzigen in de toegekende scores van de deelnemers van de workshop. Alleen in hele extreme gevallen zou een

kunstwerk dat nu hoog scoort ineens zoveel lager scoren dat deze buiten de scope van de beslisser zou vallen.

5.3 **Mogelijke verbeteringen**

Op basis van de ervaringen in de workshop, de resultaten hieruit en de gevoeligheidsanalyse komen de volgende mogelijke verbeteringen naar voren:

- Het tabblad filtering is overbodig

Het tabblad filtering leidde tot veel onduidelijkheid. Door de manier waarop de velden opgesteld waren was niet gelijk duidelijk voor de deelnemers welke waarden ingevuld moesten worden. Tevens was er onduidelijkheid waarom juist deze criteria, en niet andere, voor een filtering moesten zorgen. Tenslotte was er onduidelijkheid over de manier waarop het filteren werkte; is TRUE of FALSE de uitgefilterde waarde? En moeten de uitgefilterde kunstwerken voldoen aan een van de waarden of beide?

Op het tabblad 4_Rangschikking_en_analyse worden de resultaten gepresenteerd in een tabel. Deze tabel bevat tevens de oorspronkelijke waarden waarop de scores zijn gebaseerd. Kunstwerken kunnen op basis van deze waarden eenvoudig in dit tabblad worden gefilterd door ongewenste waarden uit te vinken. Dit kan gedaan worden voor alle criteria en is veel intuïtiever dan een los tabblad voor filtering.

- De minimale en maximale waarde uit de dataset tonen bij de schaling van ratio gegevens

Waar er nu heen en weer geklikt moest worden tussen de ruwe data en het schalen van de gegevens per criterium, zou voor de ratio gegevens ook de minimale en de maximale waarde uit de dataset kunnen worden getoond. Het is dan alsnog aan degene die de beslissing wil maken om eventueel een onder- en bovengrens toe te passen. De beslisser krijgt door het laten zien van de minimale en maximale waarde wel gelijk een gevoel van de ordegrootte van de gegevens in de dataset en kan zodoende ook sneller, en mogelijk ook beter, waardes toekennen voor de schaling.

- Andere verdeling/toekenning van de gewichten

Omdat het criterium nabije bebouwing nu direct aan het hoofdcriterium ruimtelijke kwaliteit is gekoppeld zorgt een relatief kleine verandering in de puntenverdeling van de hoofdcriteria al snel voor een grote verandering in de totale score. Dit in tegenstelling tot het hoofdcriterium veiligheid waar uiteindelijk vijf criteria aan gekoppeld zijn.

Er zijn andere manieren om tot een weging van de criteria te komen. In bijlage C staan enkele manieren kort beschreven. Een meer gebalanceerde manier van punten of gewichten toekenning leidt tot meer stabiele en betrouwbare resultaten.

- Kleinere selectie van criteria

Er zijn nu in totaal acht criteria meegenomen om de noodzakelijk voor een interventie van een kunstwerk te bepalen. Dit zou eventueel teruggebracht kunnen worden tot de vier of vijf meest kritieke indicatoren. Voor geen enkel criterium is op dit moment 100% van de meetgegevens voor handen. Er zijn altijd enkele kunstwerken waarvan de gegevens aangevuld worden of als onbekend worden verondersteld. Door alleen de criteria mee te nemen waarvoor meer dan 80% van de gegevens voor handen zijn neemt de betrouwbaarheid van de resultaten toe. Een nadeel hiervan is wel dat het criterium UC-waarden in dat geval buiten beschouwing wordt gelaten, terwijl dit criterium volgens de resultaten als belangrijkste criterium wordt beschouwd.

- Aangevulde en/of onbekende gegevens markeren bij de resultaten

In het huidige model is niet te achterhalen welke scores in de rangschikking volgen uit aangevulde gegevens. De scores volgende uit de ontbrekende gegevens zijn nog wel te achterhalen uit de ruwe waarden in de verborgen kolommen, maar zouden ook daarvoor al zichtbaar kunnen zijn. Dit kan bijvoorbeeld gedaan worden door scores gebaseerd op aangevulde en ontbrekende gegevens een ander kleurtje te geven, of deze scores weer te geven in 'bold' of 'italic'.

5.4 Model 1.1 – Verbeterde gewogen sommering

Het verbeterde model is eveneens uitgewerkt in Microsoft Excel. Het Excel bestand bestaat uit vier tabbladen welke worden beschreven in Tabel 24. In vergelijking met het eerste model is het tabblad filtering nu weggelaten. Het model is nog altijd gebaseerd op een gewogen sommering. De stappen die worden doorlopen in de gewogen sommering zijn in essentie nog steeds hetzelfde zoals deze zijn beschreven in Paragraaf 4.3.1.

Tabel 24: Overzicht van de tabbladen in 'model 1 – gewogen sommering' zoals gebruikt in de workshop

Naam van het tabblad	Functie
0_RAW_data	Ruwe gegevens. Wanneer er nieuwe of gewijzigde informatie over de kunstwerken beschikbaar is dan dienen de waardes in dit tabblad aangepast te worden
1_Gemeenschappelijke_schaal	Schalingsmethodiek per criterium. De toegekende waarden bepalen hoe de ruwe data wordt omgezet naar een gemeenschappelijke schaal
2_Weging_criteria	Weging van de criteria. Aan de hand van gepaarde vergelijkingen wordt elk duo van criteria tegen elkaar afgewogen op belangrijkheid. Hieruit volgen de gewichten.
3_Rangschikking_en_analyse	Overzicht van de toegekende waardes op basis van de voorgaande tabbladen. Dit tabblad toont de gewogen scores van de kunstwerken op elk individueel criterium alsmede een totale score en rangschikking. In de verborgen kolommen kan eenvoudig worden achterhaald welke ruwe gegevens een bepaalde score bepalen

De uitwerking van de stappen is ook nog gelijk aan die van beslissingsmethode zoals deze beschreven is in Hoofdstuk 4. Alleen de manier waarop de gewichten worden toegedeeld verloopt anders.

5.4.1 Verbeterde toekenning van de gewichten

Een van de mogelijke verbeteringen voor het model was de manier waarop de gewichten worden toegekend. Dit leidde namelijk tot veel onduidelijkheid en daarnaast is de boom zoals die is gebruikt bij de workshop afgeleid uit onvolledigheden, en de manier van puntentoedeling gaf geen goed beeld van de verhoudingen tussen de doelen en de indicatoren.

De bepaling van de gewichten gebeurt in dit model middels een gepaarde vergelijking vergelijkbaar met die in de Analytic Hierarchy Process (AHP). Voor elk paar bij elke vertakking van hoofdcriteria, subcriteria en indicatoren dient de beslisser te bepalen welke van de twee belangrijker is en in welke mate. Dit wordt gedaan aan de hand van onderstaande Tabel 25. Een criterium kan logischerwijs niet met zichzelf worden vergeleken, zodoende wordt hier in een resulterende scoretabel altijd een score van 1 aan toegekend. Er wordt bij gepaarde vergelijkingen er vanuit gegaan dat een omgekeerde bewering gelijk is aan de niet omgekeerde. Wanneer bijvoorbeeld criterium C1 belangrijker wordt gevonden dan criterium C2, dan is criterium C2 minder belangrijk dan criterium C1.

$$(xy) = 3 \rightarrow (yx) = 1/3$$

Dit houdt in dat y_x altijd gelijk is aan 1 gedeeld door de score toegekend aan xy :

$$(yx) = \frac{1}{(xy)}$$

Dit geldt ook wanneer aan xy een waarde lager dan 1 is toegekend. Immers zo is $1/(1/3) = 3$. Vanwege het verband in de scores tussen xy en y_x dient slechts de helft van de tabel te worden ingevuld. De andere helft kan worden afgeleid uit de wel ingevulde helft.

Tabel 25: Begeleidende scoringstabel voor het bepalen van de gewichten

Toepasbare scores	
Criterium X is extreem belangrijker dan criterium Y	9
Criterium X is veel belangrijker dan criterium Y	7
Criterium X is belangrijker dan criterium Y	5
Criterium X iets belangrijker dan criterium Y	3
Criterium X is gelijkwaardig aan criterium Y	1
Criterium X is iets minder belangrijk dan criterium Y	1/3
Criterium X is minder belangrijk dan criterium Y	1/5
Criterium X is veel minder belangrijk dan criterium Y	1/7
Criterium X is extreem minder belangrijk dan criterium Y	1/9

Na het toekennen van de scores worden de scores in elke kolom gesommeerd. Vervolgens wordt elke individuele score gedeeld door de som van de kolom waar ze in staan. Deze nieuwe waarden worden per rij gesommeerd en gedeeld door het aantal kolommen/rijen om de eigenvector te krijgen. Een versimpeld voorbeeld van alle stappen is te zien in Figuur 21.

Start: De ingevulde waarden

	C1	C2	C3
C1	1	1/3	5
C2	3	1	7
C3	1/3	1/7	1

Stap 1: Sommeren per kolom

	C1	C2	C3
C1	1	1/3	5
C2	3	1	7
C3	1/3	1/7	1
Som	21/5	31/21	13

Stap 2: Deel ingevulde waarden door de som per kolom

	C1	C2	C3
C1	5/21	7/31	5/13
C2	15/21	21/31	7/13
C3	1/21	3/31	1/13
Som	1	1	1

Stap3: Sommeer per rij en deel door het aantal kolommen (in dit geval 3)

	C1	C2	C3	Eigenvector
C1	5/21	7/31	5/13	0.2828
C2	15/21	21/31	7/13	0.6434
C3	1/21	3/31	1/13	0.0738

Figuur 21: De verschillende stappen om de eigenvector van de criteria te bepalen

Wanneer we deze gevonden gewichten toepassen op het eerder gebruikte voorbeeld dan scoort nu alternatief 2 het hoogst met een score van 0.78, gevolgd door alternatief 3 (0.63) en alternatief 1 (0.58).

Omdat we te maken hebben met verschillende niveaus (hoofdcriteria, subcriteria en indicatoren) dient voor elke splitsing een gepaarde vergelijking te worden uitgevoerd. Een goed voorbeeld hiervan staat op Wikipedia. De uiteindelijke toedeling in dat voorbeeld is hieronder in Figuur 23 weergegeven.

Start: Verzamelde waarden als ruwe gegevens

	C1	C2	C3
A1	100	+	5
A2	110	++	1
A3	120	-	3

Stap 1: Waarden omzetten naar een score op een gemeenschappelijke schaal

	C1	C2	C3
A1	0	0.8	1
A2	0.5	1	0
A3	1	0	0.5

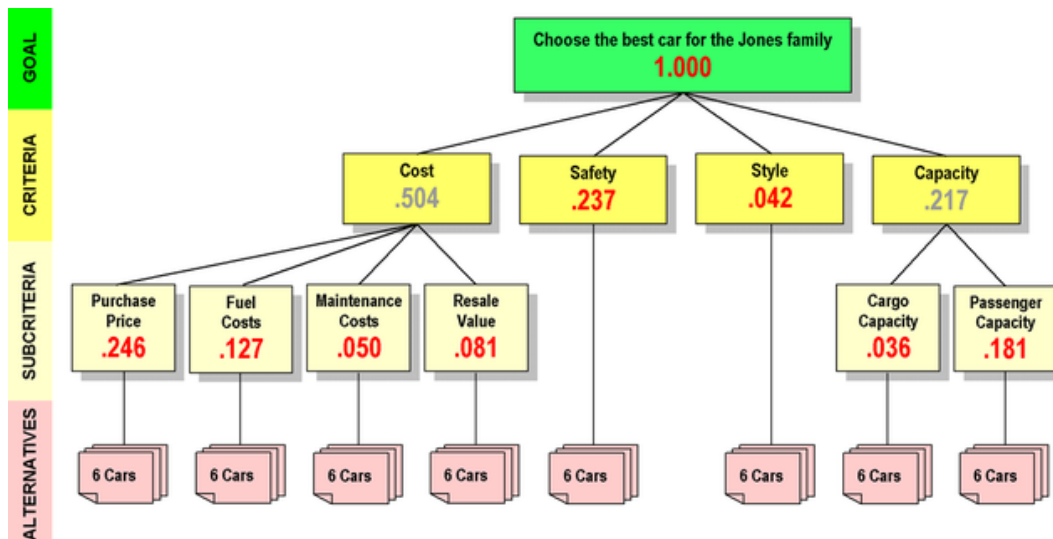
Stap 2: Gewichten aan de criteria toekennen

	C1	C2	C3
	0.28	0.64	0.07
A1	0	0.8	1
A2	0.5	1	0
A3	1	0	0.5

Stap3: Scores vermenigvuldigen met de gewichten en de producten optellen

	C1	C2	C3	Totaal
	0.28	0.64	0.07	
A1	0	0.512	0.07	0.58
A2	0.14	0.64	0	0.78
A3	0.28	0	0.35	0.63

Figuur 22: De verschillende stappen in een gewogen somming. In dit voorbeeld scoort alternatief 2 het hoogst.



Figuur 23: Voorbeeld van een genestelde scoretoedeling aan de hand van gepaarde vergelijkingen (Wikipedia, 2015).

5.5 Deelconclusie

In dit hoofdstuk is gezocht naar de mate waarin de geselecteerde beslissingsmethode een bruikbaar antwoord geeft op het beslissingsprobleem van de provincie. Hiervoor is een workshop gehouden met mensen van de provincie. Door hen zelf de beslissingsmethode toe te laten passen en de resultaten met hen te bespreken is hier inzicht in gekregen. Uit de workshop kan worden geconcludeerd dat de beslissingsmethode aansluit op het beslissingsprobleem van de provincie.

Er zijn echter wel enkele vraagtekens gesteld over de manier waarop de gewichten van de criteria worden toegedeeld. Uit de gevoeligheidsanalyse bleek vervolgens dat de gevoeligheid van enkele criteria te hoog was. De beslissingsmethode gebruikt in de workshop is bewust gekozen vanwege zijn relatieve simplicitéit. Er is al eerder aangegeven dat extra complexiteit altijd later nog aan het model kan worden toegevoegd. Zodoende is een voorstel gemaakt om de manier waarop de gewichten aan de criteria worden toegedeeld aan te passen. In de nieuwe manier worden de criteria onderling met elkaar vergeleken en wordt hun link naar de provinciale doelen los gelaten.

6 *Conclusies, discussies en aanbevelingen*

In dit onderzoek is onderzocht op welke manier de eenheid Wegen en Kanalen van de provincie Overijssel de kunstwerken in haar beheer op een transparante en herleide manier kan prioriteren op de noodzakelijkheid voor een interventie. Dit is gedaan naar aanleiding van enkele veranderingen op het gebied van wet- en regelgeving en een continu toenemende vraag naar transparantie van beslissingen. Een aantal van de kunstwerken stonden als gevolg van hun leeftijd al op de nominatie voor een interventie. Als gevolg van de gewijzigde wet- en regelgeving is dit aantal explosief toegenomen. De kunstwerken dienden te worden geprioritiseerd en de uiteindelijk keuze moet aan de politiek te verantwoorden zijn. Als gevolg hiervan dient men niet alleen naar de staat van de kunstwerken in ogenschouw te nemen, maar ook de bijdrage van de kunstwerken voor het behalen van politieke doelen.

Dit leidde tot de volgende onderzoeksvraag:

Op welke manier kan WK de kunstwerken in haar beheer op een transparante en herleidbare wijze prioriteren op de noodzakelijkheid voor een interventie?

6.1 ***Bevindingen***

Om de onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden zijn de onderstaande deelvragen opgesteld:

- 1) Hoe zou op basis van de literatuur een prioritering plaats moeten vinden?
- 2) Op basis van welke criteria kan de noodzakelijkheid voor een interventie van kunstwerken worden bepaald?
- 3) Op welke manier kunnen de kunstwerken het beste worden geprioritiseerd?
- 4) In hoeverre geeft de geselecteerde beslissingsmethode een bruikbaar antwoord op het beslissingsprobleem van de provincie?

Als eerste bekeken wat de literatuur zegt over een prioritering. Het prioriteringsvraagstuk van de provincie is een multi-criteria beslissingsprobleem, waarbij een prioritering een vorm van rangschikken is. Hierbij is de noodzakelijkheid voor een interventie een eigenschap van een kunstwerk waarop de rangschikking dient plaats te vinden. Om tot een prioritering te komen kunnen verschillende methodes worden gebruikt. Echter is toepassing van deze methodes erg afhankelijk van de specifieke context. Er is geen generiek model dat in alle situaties toepasbaar is. Daarom wordt eerst de probleemcontext verder uitgediept. Dit is gedaan aan de hand van het beslissingsproces model van Baker et al. (2001). Hierin wordt eerst de probleemcontext gestructureerd waarna een beslissingsmethode wordt gekozen en toegepast.

Een ander doel van dit onderzoek was te komen tot een lijst met criteria. Op basis hiervan kunnen de kunstwerken in het beheer van de provincie Overijssel worden geprioriteerd. Na meerdere gesprekken met de adviseur kunstwerken en op basis van interne documentatie over de provinciale doelen zijn deze criteria vastgesteld. Deze worden weergegeven in Tabel 26. De criteria MS, AP en AB worden alleen gebruikt bij gelijkwaardige scores van de kunstwerken. Zij bieden een mogelijkheid tot nuance tussen de gelijkwaardig scorende kunstwerken.

Tabel 26: Geselecteerde criteria

Code	Criterium	Eenheid
UCv	UC-waardes vaste kunstwerken	[-]
UCb	UC-waardes beweegbare kunstwerken	[-]
INC	Incidenten	[incidenten/jaar/km]
CON	Conditiecores hoofddraagconstructie	[-]
ONT	Ontwerpklasse	[-]
MS	Monumentale status	[ja/nee]
INT	Intensiteit	[mvt/etmaal]
WP	Wegprioritering	[-]
NB	Nabije bebouwing	[gebouwen/km ²]
GR	Grootte	[m ²]
AP	Aanwezigheid pompruimte	[ja/nee]
AB	Aanwezigheid bedieningsruimte	[ja/nee]

Na analyse van de probleemcontext zijn een drietal elementen zijn die de keuze voor een beslissingsmethode het meest beïnvloeden. Dit zijn het grote aantal kunstwerken, de beschikbaarheid van gegevens over de kunstwerken en de ervaring van degene die een beslissing moet maken. Op basis van deze elementen is een viertal scenario's opgesteld waarna in overleg met de adviseur kunstwerken is gekozen voor een uitwerking van scenario 1. In dit scenario maakt een relatief onervaren beslisser de beslissing, waarbij hij vooraf kunstwerken wil kunnen uitsluiten die niet voldoen aan wet- en regelgeving. Dit gebeurt in dit scenario met behulp van een gewogen somming wat een relatief simpele beslissingsmethode is. Hiervoor is onder andere gekozen omdat dit voor de provincie een eerste toepassing van een dergelijke beslissingsmethode is. Verdere complexiteit kan altijd later nog worden toegevoegd.

De uitwerking van de beslissingsmethode is gedaan in Microsoft Excel en vervolgens in een workshop door de medewerkers van de provincie toegepast. Op basis van de resultaten uit deze workshop en de uitgevoerde gevoeligheidsanalyses zijn enkele verbetering doorgevoerd in de beslissingsmethode. Dit heeft geresulteerd in een methode waarin de volgende stappen worden doorlopen. Allereerst worden de waarden van de kunstwerken op de verschillende criteria omgeschaald naar scores op een gemeenschappelijke schaal tussen 0 en 1. De manier van omschalen verschilt hierbij per criterium. Kwalitatieve gegevens worden direct gescoord en kwantitatieve gegevens worden lineair geschaald op basis van een boven- en ondergrens. Vervolgens worden gewichten aan de criteria toegekend middels een gepaarde vergelijking. En tenslotte worden de scores op een gemeenschappelijke schaal vermenigvuldigd met het gewicht van het desbetreffende criterium en gesommeerd per kunstwerk. De resulterende score per kunstwerk wordt gesorteerd om tot een prioritering te komen.

Gedurende de workshop zijn de voorlopige resultaten van de prioritering van de kunstwerken besproken met de deelnemers. Hieruit bleek dat veel van de kunstwerken die in de top twintig voorkwamen al in het vizier waren van de provincie. Voor een deel hiervan was zelfs al een interventie toegepast of ingepland. Dit geeft aan dat de expliciete prioritering aansluit bij de impliciete prioritering van de provincie. Zodoende kan worden geconcludeerd dat de wijze waarop de prioritering tot stand is gekomen bruikbaar is voor het beslissingsprobleem van de provincie.

Ik wil benadrukken dat de prioritering volgende uit de beslissingsmethode te allen tijde als hulpmiddel moet worden gezien bij het maken van een keuze. In geen enkel geval leidt een beslissingsmethode tot een absolute waarheid die gevolgd moet worden.

Op basis van het beslissingsproces model van Baker et al. en de voorgestelde beslissingsmethode kunnen de kunstwerken in het beheer van de provincie Overijssel worden geprioriteerd op de noodzakelijkheid voor een interventie. Zodoende kan een transparante en herleidbare keuze worden gemaakt voor welke kunstwerken een interventie toegepast gaat worden.

6.2 Beperkingen van dit onderzoek

Het doel van dit onderzoek was om te komen tot een methode waarmee kunstwerken kunnen worden geprioriteerd ten aanzien van de noodzakelijkheid voor een interventie van deze kunstwerken. Voor kunstwerken die hoog eindigen in een dergelijke prioritering is een interventie het meest wenselijk.

Er kan echter worden beargumenteerd dat de gebruikte methode niet goed aansluit bij de situatie van de provincie. De mate waarin de gebruikte criteria een goed beeld geven van de provinciale doelen valt te betwijfelen. Een prioritering dient namelijk in essentie te worden gemaakt op basis van criteria die een goede weergave geven van de doelen die zijn opgesteld. Gedurende het onderzoek bleek echter dat voor veel van deze initieel geselecteerde criteria geen gegevens beschikbaar waren. Het was wel mogelijk geweest om een inschatting van de scores van de kunstwerken op deze criteria te maken, maar hiervoor is niet gekozen omwille van het grote aantal kunstwerken. Daarnaast zou dit de betrouwbaarheid van de prioritering niet ten goede komen aangezien een inschatting subjectief is. Gezien de overeenstemming tussen de uiteindelijke prioritering en de reeds geagendeerde projecten is er wel een impliciete koppeling tussen provinciale doelstellingen en het beheer van het areaal, maar niet expliciet. Als gevolg hiervan waren ten tijde van het onderzoek geen expliciete indicatoren bekend die gekoppeld konden worden aan de provinciale doelstellingen.

Als gevolg van de niet beschikbare gegevens en omwille van de beschikbare tijd, heeft in dit onderzoek een prioritering plaats gevonden op basis van een lijst suboptimale criteria. In wetenschappelijk onderzoek lijkt het altijd alsof criteria en een beslissingsmethode altijd perfect op elkaar zijn afgestemd, maar zoals nu is gebleken kan dat in de praktijk wel eens anders lopen. De processtappen uit het beslissingsproces model van Baker et al. die zijn gebruikt in dit onderzoek bieden wel de mogelijkheid om de elementen te identificeren waar mogelijke verbeterpunten liggen voor de provincie.

Een andere beperking van het onderzoek volgt uit de gebruikte inhoudelijke gegevens. Voor de gebruikte criteria ontbraken alsnog veel inhoudelijke gegevens over de kunstwerken. Alle gegevens zijn voor zover mogelijk aangevuld op basis van aannames en gefundeerde schattingen. Dit komt de betrouwbaarheid van de gegevens niet ten goede. Zodoende kan ook de betrouwbaarheid van de uiteindelijke prioritering in twijfel worden getrokken. Het doel van dit onderzoek was echter om te komen tot een methode waarmee de kunstwerken kunnen worden geprioriteerd: niet een onderzoek naar de meest waarheidsgetrouwe prioritering. De methode is nog steeds valide, de uitkomst op basis van de gegevens in dit geval misschien niet. Wanneer in de toekomst de meetgegevens verder aangevuld worden zal ook de validiteit en betrouwbaarheid van de resulterende prioritering toenemen.

6.3 Generaliseerbaarheid

Het prioriteringsprobleem van de provincie wat centraal staat in dit onderzoek is niet uniek. De gewijzigde wet- en regelgeving is van toepassing geworden voor alle Nederlandse kunstwerken. Hierdoor zitten ook andere beheersorganisaties met hetzelfde probleem. Omdat zij andere organisaties zijn is het niet meer dan aannemelijk dat zij een prioritering zullen baseren op andere waarden dan de provincie Overijssel. Echter kunnen zij met het doorlopen van de in dit onderzoek voorgestelde processtappen ook redelijk eenvoudig tot een prioritering van hun kunstwerken komen. Het voorgestelde beslissingsmodel kan worden toegepast wanneer men maar een manier heeft om de gemeten waarden om te zetten naar een score op een gemeenschappelijke schaal.

De in dit onderzoek doorlopen processtappen gebaseerd op het beslissingsproces model van Baker et al. in combinatie met het voorgestelde beslissingsmethode kan ook worden toegepast op andere prioriteringsproblemen van de provincie. In alle gevallen moet wel gekeken worden of de methode nog wel aansluit bij de probleemcontext en het beslissingsprobleem. Het kan zijn dat een hogere mate van betrouwbaarheid vereist is. In dat geval zou ik aanraden om een andere beslissingsmethode zoals de AHP of PROMETHEE te gebruiken.

In het onderzoek worden doelen gerelateerd aan de functie van een asset samen met politieke doelen gecombineerd in een afweging. Veel beheersorganisaties zijn ook (lokale) overheidsinstanties. Aan de ene kant willen zij hun assets efficiënt beheersen en hiervoor zijn dan ook allemaal modellen opgesteld die moeten leiden tot optimaal beheer. Voorbeelden hiervan zijn slijtagemodellen van asfalt en modellen die de vermoeiing van staal voorspellen. Dit zijn allemaal enorm rationele modellen. Daartegenover dienen deze beheersorganisaties ook de, vaak relatief irrationele, belangen van de politiek te behartigen. Wanneer bij het formuleren van de doelen van een probleem deze politieke belangen ook al meegenomen worden en als deze aan logische en goede criteria worden gekoppeld kan een beheersorganisatie niet alleen een rationele keuze maken, maar ook een waar de politiek zelf achter staat. Een beslissing is namelijk terug te leiden naar hun eigen beleid.

6.4 Aanbevelingen

In deze paragraaf wil ik enkele aanbevelingen doen aan de provincie Overijssel en heb ik enkele aanbevelingen voor verder onderzoek.

Provincie

Allereerst een paar aanbevelingen voor de provincie Overijssel. Ik zou hen willen aanbevelen om voor hun informatiebeheer weer terug te gaan naar de basis en alles zelf in de hand te nemen voor zover dit mogelijk is. Wanneer we het lange termijn beheer van kunstwerken als voorbeeld nemen dan moet hiervoor eerst een gemeenschappelijk doel voor worden opgesteld. Wat wil je als provincie bereiken met de kunstwerken en wat moet je daarvoor meten en weten om na te gaan of je dat doel ook bereikt. Vervolgens kan een inventaris worden gemaakt van de reeds beschikbare gegevens. Waar nodig dient nieuwe informatie te worden verzameld of aangevuld. Tevens moet per gemeten waarde een plan opgesteld worden waarin staat hoe dat de komende jaren wordt geborgd. Vervolgens kunnen beslissingen gemaakt worden op basis van meerdere criteria. Het is goed mogelijk dat het een of meerdere jaren duurt voordat pas een weloverwogen beslissing gemaakt kan worden. Er dient meer bewustwording te komen dat informatiebeheer een lange termijn proces is. Een proces van continu meten en continue verbeteringen.

Wanneer de provincie wil gaan werken met de beslissingsmethodes die in dit rapport worden genoemd dan is het aan te raden om in het begin alleen de relatieve simpele elementaire methodes te gebruiken. Pas wanneer iemand die beslissingen neemt voldoende gevoel en inzicht heeft in de methodes kan gekeken worden naar andere. Wanneer gelijk een relatief complexe methode wordt toegepast dan kan dit wel tot een goede keuze leiden, maar alleen wanneer men dan ook nog kan achterhalen en uitleggen waarom de keuze is zoals die is.

Nogmaals breng het gegevensbeheer op orde en regel dit op een centraal punt (per eenheid). Wanneer een gedegen en uitgebreide gegevensdatabase beschikbaar is dan kan met behulp daarvan ook relatief eenvoudig een complexere beslissingsmethode worden toegepast. De geselecteerde criteria en methode kan verschillen, maar de gegevens blijven staan. Het maakt niet uit welke methode je toepast als de gegevens onbetrouwbaar of onvolledig zijn. Het resultaat zal dan ook onbetrouwbaar of onvolledig zijn. Zoals ook wel gezegd wordt: *crap in = crap out*. Zorg er daarom ook voor dat informatie van derden ook in de database komt. Vraag hiervoor naar de bronbestanden en verwerk deze in de eigen gegevensdatabase.

Verder onderzoek

De koppeling tussen de doelen uit paragraaf 3.5 en indicatoren uit paragraaf 3.6 is nu op basis van de expertise van de adviseur kunstwerken tot stand gekomen. Er is echter geen wetenschappelijke grondslag voor deze koppeling. In verder onderzoek kan gezocht worden naar meer wetenschappelijk onderbouwde indicatoren van kunstwerken die iets zeggen over politieke doelstellingen.

Het valt ook aan te raden om dit onderzoek nogmaals bij de provincie Overijssel uit te voeren op een later tijdstip. Ten tijde van het uitvoeren van dit onderzoek was men binnen de eenheid bezig met de invoer van Asset Management in de manier van werken. Het valt binnen de verwachting dat men als gevolg hiervan binnenkort een beter beeld heeft van de doelen en de benodigde meetgegevens om aan de doelen te kunnen voldoen. Herhaling van dit onderzoek zou er dan toe kunnen leiden dat veel van de nu niet beschikbare gegevens inmiddels wel zijn achterhaald of beschikbaar zijn gemaakt.

Het spanningsveld tussen politiek en Asset Management is erg interessant. In Asset Management worden assets beheerst op basis van optimalisatie en rationaliteit. Politiek is echter regelmatig irrationeel. Beslissingsmethodes helpen bij het maken van een keuze en bieden een manier voor verantwoording naar de politiek. Echter zijn de modellen voorschrijvend en vaak gebaseerd op rationaliteit. Het kan interessant zijn om in verder onderzoek een beslissingsmethode te ontwikkelen dat kan omgaan met sterke krachtschommelingen in de politiek.

Referenties

- Arane. (2013). *Provinciale netwerkvisie Overijssel*. Arane.
- Bai, Q., Labi, S., & Li, Z. (2008). *Trade-off Analysis Methodology for Asset Management*. West Lafayette, Indiana: Joint Transportation Research Program.
- Baker, D., Bridges, D., Hunter, R., Johnson, G., Krupa, J., Murphy, J., & Sorenson, K. (2001). *Guidebook to Decision-Making Methods*. United States Government, Department of Energy. Department of Energy.
- Bana e Costa, C. A. (1993). *Les Problématiques dans le Cadre de l'activité d'aide à la Décision*. Document No. 80. LAMSADE, Université de Paris-Dauphine.
- Bouyssou, D. (1996). Outranking Relations: Do They Have Special Properties? *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*(5), 99-111.
- Boven, D. (2014, September 9). Feedbacksessie 19-09-2014. (H. Taekema, Interviewer)
- Boven, D. v. (2014b). *GS-nota: Vervangingsopgave kunstwerken*. Zwolle: Provincie Overijssel.
- De Montis, A., De Toro, P., Droste-Franke, B., Omann, I., & Stagl, S. (2000). Criteria for quality assessment of MCDA methods. *3rd Biennial Conference of the European Society for Ecological Economics*. Vienna.
- DTU Transport. (2015, 02 13). *SMART*. Opgehaald van Systemic Planning: <http://www.systemicplanning.dk/SMART.pdf>
- Eden, C., & Ackermann, F. (1998). *Making Strategy: The Journey of Strategic Management*. London: Sage Publications.
- Figuera, J., Mousseau, V., & Roy, B. (2005). Chapter 4: ELECTRE METHODS. In J. Figueira, S. Greco, & M. Ehrgott, *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys* (pp. 133-162). Boston: Springer.
- Fülöp, J. (2005). *Introduction to Decision Making Methods*. Hungarian Academy of Sciences, Laboratory of Operations Research and Decision Systems. Hungarian Academy of Sciences.
- Goodwin, P., & Wright, G. (2004). *Decision Analysis for Management Judgment*. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.
- Guitouni, A., & Martel, J.-M. (1998). Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method. *European Journal of Operational Research*(109), 501-521.
- Hartmann, A. (2013, 05 05). IM Lecture 3 Infrastructure Management. Enschede: Universiteit Twente.
- InfoNu. (2014, 11 15). *Wat houdt de UC waarde in bij constructie berekeningen?* Opgehaald van InfoNu: <http://wetenschap.infonu.nl/techniek/112369-wat-houdt-de-uc-waarde-in-bij-constructie-berekeningen.html>
- Ishizaka, A., & Nemery, P. (2013). *Multi-Criteria Decision Analysis; Methods and Software*. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.
- Keeney, R. L., & Raiffa, H. (1976). *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Landry, M. (1995). A note on the Concept of 'Problem'. *Organization Studies*(16), 315-343.
- Linkov, I., Varghese, A., Jamil, S., Seager, T. P., Kiker, G., & Bridges, T. (2004). Multi-Criteria Decision Analysis: A Framework for Structuring Remedial Decisions at Contaminated Sites. In I. Linkov, & A. Bakr Ramadan, *Comparative Risk Assessment and Environmental Decision Making* (pp. 15-54). New York: Springer.
- Movares. (2014). *Consequenties eurocode op beweegbare stalen bruggen*. Movares.
- National Research Council. (2007). *NCHRP Report 590: Multi-Objective Optimization for Bridge Management Systems*. Washington, DC: The National Academies Press.
- NEN. (2011). *NEN-EN 1991-2+C1/NB*. Nederland: NEN.
- Pallant, J. (2005). *SPSS Survival Manual: A step by step guide to data analysis using SPSS for Windows (Version 12)*. Allen & Unwin.
- Parnell, G. S. (2009, May). Decision Analysis in One Chart. *Decision Line*, pp. 20-24.
- Payne, J. W., Bettman, J. R., & Johnson, E. J. (1993). *The Adaptive Decision Maker*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Polatidis, H., Haralambopoulos, D. A., Munda, G., & Vreeker, R. (2006). Selecting an Appropriate Multi-Criteria Decision Analysis Technique for Renewable Energy Planning. *Energy Sources*, pp. 181-193.
- Provincie Overijssel. (2011). *Handboek onderhoud Infrastructuur Provincie Overijssel*. Zwolle: Provincie Overijssel.
- Provincie Overijssel. (2013). *Actualisatie Omgevingsvisie Overijssel*. Zwolle: Provincie Overijssel.
- Roy, B. (1985). *Méthodologie Multicritère d'Aide à la Décision*. Paris: Économica.
- Roy, B., & Bouyssou, D. (1993). *Aide multicritère à la décision: méthodes et cas*. Paris: Economica.
- Roy, B., & Slowinski, R. (2013, May 17). Questions guiding the choice of a multicriteria decision aiding method. *Decis Process*, pp. 69-97.
- Saaty, T. L. (1990). How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*(48), 9-26.
- Simon, H. A. (1957). *Administrative Behavior, 4th Edition*. New York: Free Press.
- Sinha, K. C., Patidar, V., Li, Z., Labi, S., & Thompson, P. D. (2009). Establishing the Weights of Performance Criteria: Case Studies in Transportation Facility Management. *Journal of Transportation Engineering*, 619-631.
- TU Delft. (sd). *Nederlandse waterbouwkundige vaktermen*. Opgeroepen op 07 08, 2014, van Kennisbank Waterbouw: <http://www.kennisbank-waterbouw.nl/Glossary/NLWaterbouw.txt>
- Universiteit Twente. (2014). *Consequenties van de Eurocode voor het beheer en onderhoud van kunstwerken bij de provincie Overijssel; Ontwikkeling van een afwegingskader ter prioritering van kunstwerken*. Enschede: Universiteit Twente.
- Wikipedia. (2015, 3 25). *Analytic hierarchy process - Car example*. Opgehaald van Wikipedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Analytic_hierarchy_process_%E2%80%94_Car_example
- Yoon, K. P., & Hwang, C.-L. (1995). *Multiple Attribute Decision Making*. SAGE Publications.

Bijlagen

Bijlage A - Verzamelde gegevens

Voor het onderzoek zijn gegevens verzameld over de kunstwerken en hun prestaties op de verschillende criteria. Hieronder wordt eerst wat algemene gegevens over de kunstwerken besproken waarna de verzamelde gegevens van alle criteria per stuk worden besproken. Er wordt per criterium aangegeven hoe de gegevens achterhaald zijn, en hoe ze eventueel aangevuld zijn.

A1 - Kunstwerken

Er bestaan verschillende lijsten die een overzicht geven van de kunstwerken in het beheer van de provincie Overijssel. Op deze lijsten staan niet altijd dezelfde kunstwerken genoemd. Er is getracht om een zo compleet mogelijke lijst met kunstwerken te maken op basis van deze verschillende lijsten. In totaal zijn zodoende 327 kunstwerken geïdentificeerd. Alleen de kunstwerken die door motorvoertuigen bereden worden zijn in het onderzoek meegenomen. Zodoende zijn fietsersbruggen, keersluizen, schutsluizen en kunstwerken zonder objecttype niet meegenomen. Dit heeft tot resultaat dat van de 327 kunstwerken er 273 voor het onderzoek worden meegenomen.

Elk kunstwerk heeft een uniek objectnummer. Dit objectnummer bestaat uit een deel dat aangeeft over, onder of in welke (vaar)weg het kunstwerk zich bevindt en een deel dat aangeeft het hoeveelste kunstwerk dit is gekoppeld aan dezelfde (vaar)weg. Voorbeelden hiervan zijn 332-060 (het 6^e kunstwerk gekoppeld aan de N332) en V77-170 (het 17^e kunstwerk gekoppeld aan de V77). Alle gegevens zijn gekoppeld aan deze objectnummers.

Elk kunstwerk valt binnen een bepaald type kunstwerk volgende uit classificatie van de NEN 2767-4. Op basis van deze classificatie zijn kunstwerken als sluizen uitgesloten in het verdere onderzoek.

Per kunstwerk is in KIOS aangegeven bij welke hectometerpaal deze zich bevindt. Het is echter onbekend welk onderdeel wordt aangeduid door dit punt. Vermoedelijk is dit het begin- of het zwaartepunt van het kunstwerk. Er is in het onderzoek uitgegaan van het laatste. Bij gegevens over op een specifiek wegvak dient de hectometerpaal zich in het wegvak te bevinden om direct gekoppeld te worden aan het kunstwerk. Bij kunstwerken die zich niet in een wegvak bevinden zijn bepaalde aannames gedaan voor de koppeling of aanvulling van de gegevens. Dit wordt per criterium nader toegelicht.

A2 - Overzicht criteria

In Tabel 27 wordt een overzicht van de verschillende verzamelde gegevens weergegeven.

A2.1 - Ontwerpklasse

De ontwerpklasse geeft aan met welke belastingen rekening is gehouden bij het ontwerp van het kunstwerk. De ontwerpklassen kunnen als ordinale gegevens worden beschouwd omdat de ontwerpnormen ten opzichte van elkaar kunnen worden gerangschikt ten aanzien van de belasting die ze zouden moeten kunnen dragen. Het is echter wel zo dat bepaalde ontwerpklassen veelal als vergelijkbaar of gelijkwaardig worden beschouwd door de beheerders.

Tabel 27: Overzicht van de verzamelde gegevens

Criterium	Meetschaal	Eenheid
Ontwerpklasse	Ordinaal	[-]
UC-waarde	Ratio	[-]
Incidenten	Ratio	[#/km/jaar]
Conditie score volgens NEN 2767	Ordinaal	[-]
(verkeers)Intensiteit	Ratio	[mvt/etmaal]
Wegprioritering uit de netwerkvisie	Ordinaal	[-]
Dichtheid nabije bebouwing	Ratio	[#/km ²]
Grootte	Ratio	[m ²]
Monumentale status	Nominaal	[ja/nee]
Aanwezigheid pompruimte	Nominaal	[ja/nee]
Aanwezigheid bedieningsruimte	Nominaal	[ja/nee]

Beschikbare gegevens

De ontwerpklassen zijn achterhaald uit de paspoorten van de kunstwerken in KIOS. De ontwerpklassen worden hierin verkeersklassen genoemd.

Niet alle kunstwerken staan in KIOS en niet alle kunstwerken in KIOS hebben een verkeersklasse toegedeeld, daarnaast heeft een grote groep kunstwerken als verkeersklasse 'onbekend'. Zodoende is slechts van 177 van de 273 kunstwerken de ontwerpklasse bekend. Dit is 65% van de kunstwerken.

Tabel 28: Overzicht van het aantal kunstwerken per verkeersklasse

Verkeersklasse	Aantal
100 kN/m²	4
111 kN/m²	1
3,6 ton	2
30 VOSB 1963	8
4 kN/m²	6
4,0 ton	2
4,8 ton	1
45 VOSB 1963	65
60 VOSB 1963	51
A VOSB 1938	14
Asl. 2,5 ton	7
B VOSB 1938	17
C VOSB 1938	3
Onbekend	115
(leeg)	12
(niet in KIOS)	19
Totaal	327

Aanvulling gegevens

De ontwerpklasse van de kunstwerken die niet genoemd zijn in KIOS of waarvan de waarde leeg was wordt verondersteld dat deze toebehoort aan verkeersklasse onbekend. De verkeersklasse van deze kunstwerken is namelijk onbekend. Bij het prioriteren van de kunstwerken dient een inschatting te worden gemaakt van het risico wat deze verkeersklasse vormt ten opzichte van de overige.

A2.2 - UC-waarden

UC staat voor 'utility check'. Dit is een berekende verhouding tussen de gebruikstoestand en de uiterste grenstoestand volgende uit de belastingen. Een UC-waarde mag in de regel niet meer dan 1.0 bedragen. Een overschrijding houdt in dat er teveel beweging in de constructie ontstaat waardoor er een kans op bezwijken ontstaat (InfoNu, 2014). De waarden zijn kwantitatief op een ratioschaal.

Beschikbare gegevens

In het verleden is voor verschillende kunstwerken opdracht gegeven aan derden om de UC-waarden voor de desbetreffende kunstwerken te bepalen. Dit is gedaan voor enkele betonnen kunstwerken (vaste kunstwerken) en enkele stalen kunstwerken (beweegbare kunstwerken). Voor de betonnen kunstwerken is een UC-waarde voor het moment en een UC-waarde voor de dwarskracht bepaald. Voor de stalen kunstwerken is een UC-waarde voor de hoofddraagconstructie en een UC-waarde voor de dekconstructie bepaald.

De gegevens zijn in de loop van de tijd verzameld door de adviseur kunstwerken in het Microsoft Excel bestand "Totale lijst kunstwerken Provincie Overijssel v2014-7-22 DvB.xlsx". Er is een koppeling gemaakt naar de kunstwerken op basis van het objectnummer.

Het is in alle gevallen aangenomen dat de hoogste UC-waarde maatgevend is. Deze zijn geaggregeerd naar een UC-waarde vast en een UC-waarde beweegbaar. Er is voor 79 kunstwerken (29%) een UC-waarde vast bekend en voor 17 kunstwerken (6%) een UC-waarde beweegbaar.

Aanvulling gegevens

Er is alleen een opdracht gegeven tot een onderzoek, van onder andere de UC-waarden, wanneer vermoed werd dat het kunstwerk niet langer voldeed aan de geldende normen. Dit zijn veelal kunstwerken geweest met een lagere ontwerpbelasting of een hogere leeftijd. Het is aannemelijk dat kunstwerken met een lagere ontwerpbelasting en een hogere leeftijd een verhoogd risico hebben op hogere UC-waarden. Om de gegevens aan te vullen is voor elk kunstwerk, voor zover mogelijk, de leeftijd bepaald en de ontwerpbelasting achterhaald. Deze zijn elk gescoord volgens de onderstaande tabellen.

Tabel 29: Scores op basis van de leeftijd

Leeftijd	Rekenwaardes	Score
0-14	0	1
15-29	15	2
30-44	30	3
45-59	45	4
60-74	60	5
75+	75	6
onbekend	onbekend	6

Tabel 30: Scores op basis van de ontwerpklasse

Ontwerpklasse	Opmerking	Score
60 VOSB 1963		1
4 kN/m ²	Fietsbruggen	1
45 VOSB 1963		2
A VOSB 1938		2
B VOSB 1938		3
30 VOSB 1963		3
C VOSB 1938		4
100 kN/m ²	~C	4
111 kN/m ²	~C	4
4,0 ton	<C	5
Asl. 2,5 ton	<C	5
4,8 ton	<C	5
Onbekend		6

Per 15 jaar neemt de score van een kunstwerk toe met 1, en is gebaseerd op de categorisering gebruikt door Movares (Movares, 2014). De score van de ontwerpbelastingen is tevens gebaseerd op basis van een vergelijkbare categorisering gebruikt door Movares (Movares, 2014) en aangevuld in samenwerking met de adviseur kunstwerken van de provincie. De opgetelde scores zijn vervolgens verdeeld in een laag, gemiddeld en hoog risico. De verdeling is gebaseerd op het 33% en 66% punt tussen de minimale en de maximale score. Per risicocategorie is een rekenwaarde voor de UC-waarde toegekend.

Tabel 31: UC-waarde per risicocategorie

UC-schatting	
Risico	UC-waarde
Laag (2-5)	0,5
Gemiddeld (6-8)	0,9
Hoog (9-12)	1,2

De UC-waarde voor een laag risico is vastgesteld op 0,5 omdat wordt aangenomen dat deze kunstwerken ontworpen zijn naar de huidige maatstaven en ze nog geen last hebben van vermoeiing in de tijd. Bij kunstwerken met een gemiddeld risico is aangenomen dat de UC-waarde in de buurt van de 1,0 komt en bij kunstwerken met een hoog risico is aangenomen dat de UC-waarde boven de 1,0 ligt. Wanneer een kunstwerk helemaal niet in het bronbestand voorkomt dan is een UC-waarde horende bij een hoog risico aangehouden.

A2.3 - Incidenten

Helaas vinden er bijna dagelijks ongevallen plaats op de provinciale wegen. Het is het streven om deze zoveel mogelijk te beperken. Voor de bepaling van de noodzakelijkheid van een interventie van kunstwerken is zodoende ook gekeken naar het aantal incidenten. Hiervoor is gekeken naar het gemiddelde aantal incidenten dat per jaar is gemeld per kilometer per wegnummer in de periode 2009-2013.

Beschikbare gegevens

Gedurende de periode 2009-2013 zijn de gemelde incidenten en ongevallen bijgehouden door de provincie. Zij is hierbij afhankelijk van de meldingen die worden gemaakt door de hulpdiensten. Dit is echter het ene jaar met grotere regelmaat gedaan dan het andere. Zodoende komt meer dan de helft van de gemelde incidenten uit 2009. Desondanks zou een gemiddelde per jaar een goede indicator moeten zijn voor het aantal incidenten per weg.

De ene weg is echter langer is dan de andere en zodoende is het niet meer dan redelijk om het gemiddelde aantal incidenten per jaar per weg te delen door de lengte van de desbetreffende wegen. Op deze manier ontstaat een meer uniforme maat voor het aantal incidenten. Het gemiddeld aantal gemelde ongevallen per kilometer per jaar.

Deze gegevens zijn bekend voor alle wegen in het beheer van de provincie Overijssel. Gekoppeld aan de kunstwerken houdt dit in dat er geen gegevens beschikbaar zijn voor kunstwerken in, over of onder de vaarwegen. Dit zijn namelijk gemeentelijke wegen over provinciale vaarwegen, waarbij het beheer van de kunstwerken voor verantwoording van de provincie is. Er zijn zodoende voor 231 van de 273 kunstwerken wel gegevens beschikbaar. Ofwel 85% van de gegevens zijn bekend.

Aanvulling gegevens

De ontbrekende gegevens kunnen in de toekomst mogelijk worden aangevuld met gegevens van de desbetreffende gemeenten. Op dit moment is dat echter niet mogelijk en dienen de waarden als onbekend te worden bestempeld. In de prioritering kan een waarde voor de ontbrekende gegevens worden aangenomen.

A2.4 - Conditie score hoofddraagconstructie

In KIOS worden de conditiescores van alle onderdelen van een kunstwerk bijgehouden. Een conditiescore is een zo objectief mogelijke registratie van de conditie van bouw- en installatiedelen van een bouwwerk. De conditiescore wordt weergegeven op een zespuntsschaal. Hierbij is Conditie score 1 de nieuwbouwstaat en Conditie score 6 zeer slechte staat van onderhoud. Van alle onderhoudsgevoelige elementen wordt de conditie (voor onderhoud) bepaald.

Beschikbare gegevens

Om de noodzakelijkheid van een interventie van de kunstwerken te kunnen bepalen is aangenomen dat de conditiescores van elementen van de hoofddraagconstructie maatgevend zijn. Een slechte score

op een van deze elementen zou reden zijn voor groot onderhoud of vervanging van een kunstwerk. Een externe partij heeft een decompositie van alle conditiescores gemaakt uit KIOS. Vervolgens zijn de elementen gekoppeld aan de hoofddraagconstructie hieruit gefilterd. De meegenomen elementen zijn:

- Bouwwerk
- Hoofddraagconstructie
- Loopbrug
- Sluiskolk
- Tunnelbuis

De elementen zijn allemaal gekoppeld aan een kunstwerk met behulp van het objectnummer. Omdat een kunstwerk meerdere elementen kan bevatten die deel uitmaken van de hoofddraagconstructie wordt aangenomen dat de slechtste score maatgevend is voor het kunstwerk. Dit houdt in dat het hoogste getal maatgevend is, waarbij 1 de laagste waarde is en 6 de hoogste waarde.

Aanvulling gegevens

De conditiescores van 5 kunstwerken konden niet worden achterhaald uit KIOS. Voor deze kunstwerken dient een waarde te worden bepaald of moet een waarde worden aangenomen. De conditiescores van de hoofddraagconstructies van de kunstwerken in het beheer van de Provincie Overijssel zijn maximaal 4 op de zespuntsschaal. Een waarde van maximaal 4 is daarom aannemelijk. Het is aan de provincie om voor deze kunstwerken een waarde aan te nemen bij het maken van de prioritering.

A2.5 - (verkeers)Intensiteit

Om het wegverkeer in beeld te brengen zijn in veel Nederlandse wegen verkeerslussen aangebracht. Deze meten onder andere hoeveel verkeer over het desbetreffende wegvak rijden en sturen deze informatie periodiek door naar de centrale. De centrale verzamelt al deze gegevens en hieruit wordt per wegvak een gemiddelde waarde berekend van het verkeer op werk-, weekend-, en weekdagen. Over het algemeen zijn de gemiddelde intensiteiten van werkdagen het hoger dan die van weekenddagen. De waarden van de weekdagen zitten hier logischerwijs tussenin.

Beschikbare gegevens

De verkeersintensiteiten van de provinciale wegen zijn vanaf 1986 bijgehouden. De meest recente gegevens zijn van 2013 en deze worden dan ook gebruikt. Omdat de gegevens allemaal al gemiddeld zijn wordt gerekend met de waarden van de weekdagen. Dit is het gemiddelde aantal voertuigen per etmaal wat over een wegvak rijdt.

Elk wegvak is gekoppeld aan een wegnummer en twee hectometerpalen. Het wegvak loopt van de ene hectometerpaal tot de andere. Van alle kunstwerken is ook bekend in/bij welk wegnummer deze zich bevinden en bij welke hectometerpaal (zie ook paragraaf 0). De intensiteit van een specifiek kunstwerk is bepaald door de wegnummers en de hectometerpalen te koppelen. Wanneer een kunstwerk gekoppeld kan worden aan een wegvak dan is de verkeersintensiteit gelijk aan die van het wegvak. In dat geval komt het wegnummer overeen en bevindt de waarde van de hectometerpaal van het kunstwerk zich tussen de waarden van het wegvak.

Aanvulling gegevens

Er zijn kunstwerken die zich buiten de wegvakken bevinden maar wel gekoppeld kunnen worden aan een wegnummer. Voor deze kunstwerken wordt de gemiddelde intensiteit van het gehele wegnummer aangenomen.

Enkele kunstwerken in het beheer van de provincie Overijssel bevinden zich in gemeentelijke wegen over provinciale vaarwegen heen. Voor deze wegen zijn (nog) geen verkeersintensiteiten bekend en hiervoor dient een waarde te worden aangenomen bij de prioritering.

Tabel 32: Overzicht toegekende intensiteiten

Wegnummer komt overeen	Hectometerpaal KW binnen die van een wegvak	Toegekende waarde
Ja	Ja	Intensiteit van het specifieke wegvak
Ja	Nee	Gemiddelde intensiteit van wegnummer
Nee	Nee	Door beheerder toegekende waarde

A2.6 - Wegprioritering vanuit de netwerkvisie

Om het beleid op het gebied van verkeersmanagement te concretiseren heeft de provincie Overijssel in samenwerking met Arane een netwerkvisie voor de provinciale wegen in Overijssel opgesteld. Dit is gedaan door gebruik te maken van de methode van Gebiedsgericht Benutten Plus (Arane, 2013).

Beschikbare gegevens

Een van de onderdelen van de netwerkvisie is een zogeheten prioriteitenkaart. Hierin wordt aangegeven elk belang er vanuit provinciale bereikbaarheid wordt gehecht aan een bepaald wegvak. De prioriteit van een specifiek wegvak is afhankelijk van (Arane, 2013):

- Het aantal voorkeurroutes dat over het specifieke wegvak wordt afgewikkeld, te bepalen vanuit de voorkeurroutes van en naar de kerngebieden en de voorkeurroutes tussen herkomstgebieden;
- De prioriteit van deze voorkeurroutes, afgeleid uit de prioriteit van de gebieden die de routes verbinden;
- De omvang van de voorkeurroutes, voortkomend uit de pendelstromen tussen de gebieden in ochtend en avondspits.

De prioriteitenkaart is ook specifiek opgesteld vanuit strategisch oogpunt als hulpmiddel bij het toedelen van financiële middelen (Arane, 2013). Knelpunten bij een hoger geprioriteerde weg zou naar voren geschoven moeten worden in de programmering. Derhalve zou een kunstwerk in een weg met een hogere prioritering vanuit de netwerkvisie ook hoger in de prioritering voor het bepalen van de noodzakelijkheid voor een interventie scoren.

De prioriteitenkaart is alleen op papier beschikbaar. Om de prioriteiten toch te kunnen koppelen is de lijst met wegvakken die gebruikt is bij het criterium verkeersintensiteiten erbij gepakt. Per wegvak is handmatig een wegprioriteit toegekend op basis van de prioriteitenkaart. Zodoende is voor een groot aantal kunstwerken een wegprioriteit toegekend.

De wegprioriteiten op de prioriteitenkaart lopen van prioriteit 1 tot en met prioriteit 5, waarbij de wegen met prioriteit 1 de hoogste prioriteit hebben en wegen met prioriteit 5 de laagste. Er zijn echter ook meerdere provinciale wegen die geen enkele prioriteit toegekend hebben gekregen. Er is aangenomen dat deze wegen minder belangrijk zijn dan wegen met prioriteit 5. Zodoende is een zespuntsschaal opgesteld. Prioriteit 1 op de prioriteitenkaart is gelijk aan de waarde 1 op de zespuntsschaal, prioriteit 5 op de prioriteitenkaart is gelijk aan de waarde 5 op de zespuntsschaal en wegen zonder prioriteit hebben de waarde 6.

Aanvulling gegevens

Voor de kunstwerken die zich buiten de wegvakken bevinden is op de kaart nagezocht welke wegprioritering bij het specifieke kunstwerk hoort. De desbetreffende waarden zijn handmatig toegekend.

De kunstwerken over de provinciale vaarwegen en die zich bevinden in een gemeentelijke weg is aangenomen dat deze geen prioriteit hebben. Deze kunstwerken hebben tevens de waarde 6 toegeedeeld gekregen op de zespuntsschaal.

A2.7 - Nabije bebouwing

Wanneer een kunstwerk niet langer haar functie kan uitoefenen dan levert dit, naar de gebruikers, overlast op voor de directe omgeving. Er zal zich meer verkeer begeven op de lokale wegen, waardoor overlast ontstaat bijvoorbeeld als gevolg van toenemend geluid, verontreiniging en trillingen. Daarnaast veroorzaakt extra verkeer door de buurt voor vertragingen en een slechtere verbinding tussen gebieden. Ofwel hoe meer gebouwen in de nabijheid, hoe groter de overlast voor de omgeving.

Beschikbare gegevens

Voor het achterhalen van het aantal gebouwen in de buurt van een kunstwerk is gebruik gemaakt van geografische informatie systemen. Het programma wat hiervoor gebruikt is heet ArcGIS. Dit is een programma om geografische informatie te bekijken, aan te passen en het kan gebruikt worden om de gegevens te analyseren. Er is gebruik gemaakt van de analyse mogelijkheden van ArcGIS.

Voor het bepalen van het aantal gebouwen in de buurt van een kunstwerk zijn twee bronbestanden gebruikt:

- 1) De locaties van de kunstwerken
- 2) De locaties van alle gebouwen in Overijssel

Van de meeste kunstwerken is de locatie bekend in een geografische layer (laag). Hierin worden alle kunstwerken als puntjes op een kaart van Overijssel weergegeven. Daarnaast is er een layer met de locaties van alle gebouwen in Overijssel. Deze locaties worden bijgehouden door het kadaster en deze informatie is opgeslagen in de basisadministratie adressen en gebouwen (de BAG). Wanneer de BAG in ArcGIS wordt geopend dan worden alle gebouwen als een stip weergegeven.

Om alle kunstwerken is in ArcGIS een cirkel met een straal van 1, 2 en 5 kilometer getrokken. Uiteindelijk zijn de cirkels met een straal van 2 kilometer gebruikt voor het onderzoek. Er is voor deze cirkels gekozen omdat de cirkels met een straal van 1 kilometer als te klein/beperkt werden ervaren en die met een straal van 5 kilometer als te groot. Wanneer later bepaald zou worden dat een andere straal een betere indicator op zou leveren dan kunnen de stappen eenvoudig herhaald worden met een andere straal.

Vervolgens is met een 'spatial join' berekend hoeveel huizen binnen elke cirkel vallen. Dit is een functie in ArcGIS waarmee geografische informatie van de ene layer gekoppeld kan worden aan een andere. In dit geval wordt met deze spatial join per cirkel het aantal punten (de gebouwen in de BAG) geteld dat overlapt. Wanneer een gebouw punt overlapt met meerdere cirkels dan telt deze mee voor al deze cirkels en dus ook al deze kunstwerken.

Het resultaat van de spatial join is een aantal gebouwen binnen een straal van 2 km van een kunstwerk. Dit is echter een onhandige maat dus wordt dit getal omgerekend naar een aantal gebouwen per km² (in de nabijheid van een kunstwerk). Dit is ons inziens een betere maat voor de dichtheid van de bebouwing in de nabijheid van een kunstwerk.

Het oppervlak A van een cirkel is gelijk aan:

$$A = \pi r^2$$

De straal van de cirkels bedraagt 2 kilometer en dit betekent dat alle cirkels een oppervlak van afgerond 12,57 km² omvatten. De gevonden aantallen zijn gedeeld door dit getal om de uiteindelijke waarden van het aantal gebouwen in de nabijheid van een kunstwerk per vierkante kilometer te bepalen.

Aanvulling gegevens

Sommige kunstwerken stonden niet in de geografische informatielaag die beschikbaar was. Voor deze kunstwerken is handmatig een schatting gemaakt van de het aantal gebouwen in de directe nabijheid. Dit is gedaan door te kijken naar de locatie van de kunstwerken en deze te vergelijken met enkele kunstwerken die op het oog vergelijkbaar zijn.

A2.8 - Grootte van het kunstwerk

Externe veiligheid is gerelateerd aan veiligheidsrisico's van buiten die een gevaar kunnen vormen voor het functioneren van de kunstwerken. Deze gevaren van buiten hebben invloed op de fysieke en digitale veiligheid van een kunstwerk. Ze kunnen de kunstwerken direct zelf aantasten of de digitale systemen die de kunstwerken ondersteunen in het uitvoeren van hun functie. De grootte van het kunstwerk is een criterium dat kan worden gehanteerd om onderscheid te maken op het gebied van fysieke veiligheid. De adviseur kunstwerken redeneert dat voor een groter kunstwerk de gevolgen van eventuele schade groter zijn dan bij kleinere. Als indicator zou hiervoor de overbrugging of het oppervlak van de kunstwerken gebruikt kunnen worden.

Beschikbare gegevens

Er is gekozen om het oppervlak van de kunstwerken maatgevend te maken ten opzichte van de overspanning (lengte) alleen. Stel je hebt twee bruggen: de eerste brug heeft een overspanning van 10 meter en twee rijstroken. De tweede brug heeft een overspanning van 9 meter en drie rijstroken. Wanneer de twee bruggen op alle andere criteria gelijk scoren dan wordt prioriteit gegeven aan de tweede brug, omdat deze ondanks een kortere overspanning meer rijstroken bevat. Om dit meetbaar te maken is ervoor gekozen om met de oppervlaktes van de kunstwerken te werken.

Het bepalen van de oppervlaktes is gedaan door de lengtes te vermenigvuldigen met de breedtes. De lengtes en de breedtes zijn uit KIOS gehaald. Deze gegevens zijn beschikbaar voor alle kunstwerken op twee na.

Aanvulling gegevens

Bij de ontbrekende kunstwerken (348-230 en 764-030) is een lengte en een breedte van 0 meter opgegeven in KIOS. Deze gegevens bleken op korte termijn niet voor handen, ook niet op tekeningen en derhalve zijn de waarden gelijk gesteld aan de kleinste wel bekende brug. In de toekomst kunnen deze waarden eenvoudig worden aangepast.

A2.9 - Nominale waarden

Er zijn drie criteria opgesteld met nominale waarden. Dit zijn de monumentale status, de aanwezigheid van een pompruimte en de aanwezigheid van een bedieningsruimte. Omdat de kunstwerken alleen ja of nee op deze criteria kunnen scoren worden ze los behandeld.

Monumentale status

In KIOS is aangegeven of een kunstwerk een monumentale status heeft of niet. Voor de kunstwerken die wel in het beheer zijn van de provincie maar die niet in KIOS gekoppeld zijn aan de provincie is aangenomen dat deze geen monumentale status hebben. Deze aanname is gecontroleerd en bevestigd door de adviseur kunstwerken.

Uit de gegevens blijkt dat slechts twee kunstwerken een monumentale status hebben. Dit zijn de Agelersluis (ophaalbrug) en de Blokzijlophaalbrug. Het criterium is zodoende van weinig onderscheidend karakter en wordt alleen als notitie meegenomen in de prioriteringsmodellen.

Aanwezigheid pomp- en/of bedieningsruimte

De aanwezigheid van een pomp- en/of bedieningsruimte is achterhaald uit een decompositie van de kunstwerken uit KIOS. Deze decompositie is vergelijkbaar met die van de conditiescores op basis van de NEN 2767 in paragraaf 0. Dit keer zijn de volgende bouwelementen eruit gefilterd:

- Bedienings- en besturingssysteem
- Kelder
- Pompinstallatie
- Pompkelder

De aanwezigheid van het bouwelement 'bedienings- en besturingssysteem' is bepalend geweest om te zeggen of een kunstwerk een bedieningsruimte heeft. Wanneer een van de andere drie bouwelementen aanwezig is dan beschikt het kunstwerk over een pompruimte. Wanneer een kunstwerk niet in de gefilterde lijst voorkomt dan heeft deze geen pomp- of bedieningsruimte. Ook deze waarden worden bij de prioriteringsmodellen alleen als notie per kunstwerk meegenomen.

Bijlage B - Workshop

In deze bijlage wordt de workshop gehouden op 9 december 2014 bij de provincie Overijssel te Zwolle beschreven. De workshop is uitgevoerd om zodoende te onderzoeken of de beslissingsmethode aansluit bij de werkwijze van de provincie, logisch in elkaar zit, en eenvoudig te hanteren is.

De methode dient aan te sluiten bij de kennis en vaardigheden van de uiteindelijke gebruikers. Het is daarom van belang om te achterhalen of deze aansluit op de kennis en vaardigheden van de uiteindelijke gebruikers. Er is gekozen om dit middels een workshop te doen. Door hen de beslissingsmethode toe te laten passen kan worden geobserveerd of deze aansluiten bij de kennis en vaardigheden van de gebruikers. In een workshop kunnen de gebruikers tevens directe feedback geven op de methode. Wanneer er onduidelijkheden zijn over de beslissingsmethode dan kunnen deze gedurende de workshop nader toegelicht worden.

B1 - Deelnemers

Bij de workshop waren zeven mensen aanwezig; vijf mensen van de provincie Overijssel en twee van de Universiteit Twente. Als eerste de adviseur kunstwerken, hij gaat in de huidige werkwijze een prioritering maken. Een projectleider die dagelijks ervaart wat derden belangrijk vinden bij kunstwerken. Twee mensen van het dagelijks onderhoud van de kunstwerken, waarbij er een verdeling is tussen mechanische en statische elementen. Zij zien dagelijks waar eventuele gevaren en problemen liggen met betrekking tot de kunstwerken. De vijfde persoon is adviseur beheer en onderhoud van technische installaties bij de provincie.

Namens de universiteit waren ik en mijn begeleider vanuit de Universiteit Twente aanwezig voor verdere ondersteuning en expertise. Gedurende de workshop hebben wij zo weinig mogelijk bijgedragen aan de uitvoer van het model, en alleen uitleg gegeven waar dat nodig was.

B2 - Activiteiten

De activiteiten gedurende de workshop kunnen worden opgedeeld in twee fasen; informatief en actief. Het informatieve deel is gebruikt om uitleg te geven over het hoe en waarom. Het actieve deel is de daadwerkelijke toepassing van de beslissingsmethode. De methode vereist weinig ervaring van de gebruikers en is relatief eenvoudig.

Gedurende de workshop is eerst een inleiding over beslissingsproblemen gegeven. Dit is gedaan om de deelnemers duidelijk te maken waarom een multi-criteria beslissingsmethode kan helpen bij het maken van een keuze, of in dit geval een rangschikking. Vervolgens is de case die centraal staat in de workshop behandeld. Aan de hand van de processtappen beschreven in het beslissingsproces model van Baker et al. is de probleemstructurering gepresenteerd. Het doel hiervan is om de deelnemers te informeren wat het probleem is, welke doelen centraal staan, welke alternatieven meegenomen worden in de workshop en op basis van welke criteria de rangschikking wordt gemaakt.

Na het informatieve deel is de beslissingsmethode gepresenteerd. Er is uitgelegd wat een gewogen somming is en welke verschillende stappen doorlopen worden om tot een rangschikking te komen. De methode is uitgewerkt in Microsoft Excel en staat op mijn laptop. De laptop met de methode is aan de adviseur kunstwerken gegeven waarna de deelnemers gezamenlijk de stappen hebben doorlopen. Zowel ik als de begeleider vanuit de Universiteit Twente hebben in deze fase alleen uitleg gegeven

over de werking van de methode. De deelnemers hebben in overleg de methode toegepast. Gezamenlijk hebben we vervolgens de resultaten besproken, waarna de deelnemers zelf enkele aanpassingen in de scores konden uitvoeren.

B3 - De beslissingsmethode

Zoals vermeld is de gebruikte beslissingsmethode uitgewerkt in Microsoft Excel. Het Excel bestand bestaat uit vijf tabbladen welke worden beschreven in Tabel 33. De methode is gebaseerd op een gewogen somming. In een gewogen somming worden gegevens van alle criteria omgezet naar een gemeenschappelijke schaal. Vervolgens wordt aan de verschillende criteria een gewicht toegekend. De scores op de gemeenschappelijke schaal worden vermenigvuldigd met de gewichten van de criteria en vervolgens per alternatief gesommeerd. Zodoende ontstaat er een totale score per alternatief en vandaar ook de naam 'gewogen somming'.

Tabel 33: Overzicht van de tabbladen in 'model 1 - gewogen somming' zoals gebruikt in de workshop

Naam van het tabblad	Functie
0_RAW_data	Ruwe gegevens. Wanneer er nieuwe of gewijzigde informatie over de kunstwerken beschikbaar is dan dienen de waarden in dit tabblad aangepast te worden
1_Filtering	Filtering op basis van uitsluiting. Dit is optioneel. Op basis van de opgegeven waarden kunnen ruwe data en/of resultaten uitgefilterd worden
2_Gemeenschappelijke_schaal	Schalingsmethodiek per criterium. De toegekende waarden bepalen hoe de ruwe data wordt omgezet naar een gemeenschappelijke schaal
3_Weging_criteria	Weging van de criteria. Aan de hand van een boom wordt aan de verschillende criteria een weging toegekend.
4_Rangschikking_en_analyse	Overzicht van de toegekende waarden op basis van de voorgaande tabbladen. Dit tabblad toont de gewogen scores van de kunstwerken op elk individueel criterium alsmede een totale score en rangschikking. In de verborgen kolommen kan eenvoudig worden achterhaald welke ruwe gegevens een bepaalde score bepalen

Er is gekozen om voor de gewogen somming een gemeenschappelijke schaal van 0 tot en met 1 aan te houden. Hierbij is 0 de laagste score en 1 de hoogste. Hoe hoger de score hoe hoger de noodzakelijkheid voor een interventie en hoe hoger de prioritering van een alternatief. De toegekende gewichten zijn opgeteld 1. Zodoende vallen de uiteindelijke totale scores ook tussen de 0 en 1. Figuur 24 toont een versimpeld voorbeeld van de stappen die doorlopen worden in een gewogen somming met de bovenstaande schaal.

Start: Verzamelde waarden als ruwe gegevens

	C1	C2	C3
A1	100	+	5
A2	110	++	1
A3	120	-	3

Stap 2: Gewichten aan de criteria toekennen

	C1	C2	C3
	0.5	0.1	0.4
A1	0	0.8	1
A2	0.5	1	0
A3	1	0	0.5

Stap 1: Waarden omzetten naar een score op een gemeenschappelijke schaal

	C1	C2	C3
A1	0	0.8	1
A2	0.5	1	0
A3	1	0	0.5

Stap3: Scores vermenigvuldigen met de gewichten en de producten optellen

	C1	C2	C3	Totaal
	0.5	0.1	0.4	
A1	0	0.08	0.4	0.48
A2	0.25	0.1	0	0.35
A3	0.5	0	0.2	0.7

Figuur 24: De verschillende stappen in een gewogen somming. In dit voorbeeld is scoort alternatief 3 het hoogst.

Aan het model is ook een filter toegevoegd. Een gewogen somming functioneert normaliter prima zonder een filter. Deze is echter toegevoegd om nog voor het uitvoeren van de gewogen somming al kunstwerken uit te kunnen filteren op basis van hun UC-waardes en/of hun conditiescores. Dit is gedaan naar aanleiding van een wens van de adviseur kunstwerken. Het idee hierachter is dat hij eerste een voorselectie wil kunnen maken op basis van deze criteria. Hij beredeneerd dat bij kunstwerken die overblijven na deze filtering er hoe dan ook een noodzaak is voor een interventie. Het filteren is echter optioneel en biedt alleen extra functionaliteit om zodoende alleen kunstwerken te rangschikken die uitgefilterd worden op basis van deze criteria.

B3.1 - Ruwe data

Op het eerste tabblad (0_RAW_data) staan de, zogeheten, ruwe gegevens. Dit zijn de waardes of scores van de kunstwerken op de verschillende criteria 'zoals ze zijn'. Alle kunstwerken die in overweging worden genomen voor de prioritering staan hierin vermeld. Wanneer in de toekomst nieuwe gegevens beschikbaar komen voor enkele of alle kunstwerken dan kunnen deze waarden in dit tabblad geüpdatet worden.

Elk kunstwerk heeft een uniek identificatienummer, alsmede een volgordenummer (kolom A: #). Dit volgordenummer kan worden gebruikt voor het anonimiseren van de gegevens. Verder is de naam van elk kunstwerk en het objecttype vermeld. Naast deze basisgegevens over de verschillende kunstwerken zijn de waarden van de kunstwerken op de verschillende criteria weergegeven. Waar deze waarden vandaan komen is uitgelegd in Bijlage A. Als laatste is een kolom Filtering toegevoegd, waarmee uitgefilterde kunstwerken eenvoudig kunnen worden weergegeven door alleen de waarde FALSE te selecteren.

B3.2 - Filtering

Op het tabblad 1_Filtering kunnen twee waarden ingevuld worden. Een voor de UC-waardes en een voor de conditiescore. Er kan voor beide criteria een ondergrens opgegeven worden. Wanneer de deelnemers op dit tabblad een getal opgeven bij een of beide waarden dan kunnen, met behulp van de kolom filtering, die kunstwerken uitgefilterd worden die hoger scoren op een of beide grenswaarden. De standaardwaarde of lege waarde is nul, waardoor standaard alle kunstwerken meegenomen worden.

Filtering	
UC-waardes	
<i>Gebruikt voor eerste filtering. Een kunstwerk moet lager scoren om uitgesloten te worden.</i>	
Ondergrens	
Conditie-score	
<i>Gebruikt voor eerste filtering. Een kunstwerk moet lager scoren om uitgesloten te worden.</i>	
Ondergrens	

Figuur 25: Het tabblad filtering

B3.3 - Gemeenschappelijke schaal

Op tabblad 2_Gemeenschappelijke_schaal worden de ruwe gegevens per criterium omgezet naar een gemeenschappelijke schaal die loopt van 0 tot en met 1. Op deze gemeenschappelijke schaal is 0 de laagste score en 1 de hoogste. Per criterium wordt op dit tabblad aangegeven hoe de gegevens

omgezet worden in een score op een schaal van 0 tot en met 1. Er is voor de workshop een voorstel gemaakt voor de schaling op basis van het type gegevens. Hierbij is eenvoudig de grootste drijfveer. De nominale gegevens worden niet meegenomen in de afweging omdat dit allemaal ja of nee waarden zijn.

De gegevens op een ratio meetschaal worden verondersteld lineair verdeeld te zijn. Wel is het mogelijk om een onder- en bovengrens aan te geven. Waarden onder de ondergrens worden dan omgezet in een score van 0 en waarden boven de bovengrens worden omgezet in een score van 1. Deze mogelijkheid wordt geboden om zodoende extreme waarden uit de ruwe gegevens te filteren wanneer anders een onredelijke verhouding in de scores van de overige waarden zou ontstaan. Ook bied dit de deelnemers de mogelijkheid om een bepaalde mate van onverschilligheid aan te geven.

De gegevens op een ordinale meetschaal worden direct gescoord door de deelnemers of ingedeeld in categorieën. Bij een directe scoring wordt per mogelijke waarde aangegeven wat de score van die waarde zou moeten zijn op een 0-1 schaal. Bij het indelen in categorieën worden alle mogelijke waarden in een categorie ingedeeld. Dit zijn hele getallen waarbij 1 het beste is en een hogere waarde slechter. Het maakt hierbij niet uit hoeveel categorieën zo ontstaan. De scores worden gekoppeld aan de categorieën en zijn lineair verdeeld tussen categorie 1 en de hoogste categorie. De waarden in categorie 1 vertalen zo naar een score van 0 en die in de hoogste categorie naar een score van 1. Wanneer de waarden bijvoorbeeld in 3 categorieën worden toegedeeld dan heeft categorie 1 een score van 0, categorie 2 een score van 0.5, en categorie 3 een score van 1.

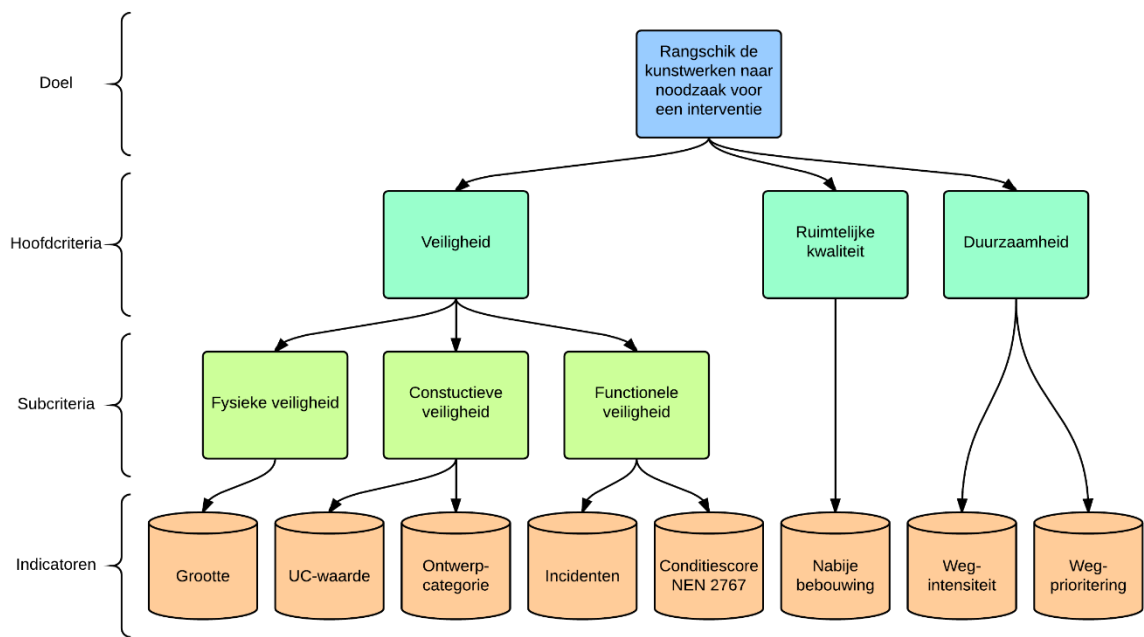
Wanneer er onbekende waarden zijn voor een specifieke criterium dan dient daarvoor een representatieve waarde te worden aangenomen. Bij een criterium met gegevens op een ratio meetschaal betekent dit dat de deelnemers een representatieve waarde moeten toekennen. De score verhoudt zich dan tot gekozen waarde. Bij een criterium met gegevens op een ordinale meetschaal worden onbekende waarden direct gescoord of in een categorie ingedeeld zoals dat ook bij de andere waarden wordt gedaan.

Verkeersintensiteit (ratio)		
<i>Lineair verdeeld tussen een onder en bovengrens. Onbekend los waarden ten opzichte van grensen.</i>		
Grens	Waarde	Score 0-1
Ondergrens	2341	0
Bovengrens	21519	1
Onbekend	20000	0,920795

Figuur 26: Een voorbeeld van ingevulde waarden bij het criterium verkeersintensiteit, wat een criterium met gegevens op een ratio meetschaal is. Er is een onder- en bovengrens aangegeven en een waarde aangenomen voor de onbekende waarden.

Conditie score NEN 2767 (ordinaal)		
<i>Zelf scores toekennen naar aanleiding van de conditiescore NEN 2767.</i>		
NEN 2767	Score 0-1	
1	0	<i>Een hogere conditiescore, betekent dat het kunstwerk in mindere conditie verkeert. Derhalve dient een hogere conditiescore ook een hogere score toebedeeld te worden. Onbekend wordt los gescoord.</i>
2	0,1	
3	0,4	
4	0,9	
5	1	
6	1	
Onbekend	0,4	

Figuur 27: Een voorbeeld van ingevulde waarden bij het criterium Conditie score NEN 2767, wat een criterium met gegevens op een ordinale meetschaal is. De scores zijn direct toegekend aan de mogelijke waarden.



Figuur 28: Boom zoals gebruikt in de workshop voor het bepalen van de gewichten van de criteria.

B3.4 - Weging criteria

Op het derde tabblad, 3_Weging_criteria, wordt een weging toegekend aan de criteria. Er zijn vele manieren om een weging toe te kennen. De meest basale manier van wegen is gelijke weging, waarbij alle criteria hetzelfde gewicht krijgen. Bij de meer complexere methodes dient de beslissers zijn voorkeur op een bepaalde manier uit te dragen door scenario's aan te nemen.

In het model is gekozen voor een directe weging in combinatie met een boom en de Delphi methode. Zoals in Figuur 28 te zien is, is de boom opgebouwd uit een doel, hoofdcriteria, subcriteria, en indicatoren. De indicatoren vertegenwoordigen alleen of samen een hoofd- of subcriteria. Per 'vertakking' van de boom wordt door de beslissers 100 punten verdeeld over de opties in de vertakking. De beslissers moeten per vertakking bepalen hoeveel hij de ene optie weegt tegenover de andere(n).

De uiteindelijke gewichten kunnen worden achterhaald door de punten om te zetten naar percentages en deze met elkaar te vermenigvuldigen. De gewichten zijn opgeteld weer 1. Wanneer de punten verdeeld worden zoals in Figuur 29, dan worden de toegekende gewichten zoals in Figuur 30 **Error! Reference source not found..**

De beslissers krijgen directe feedback over de toegedeelde gewichten. Dit is onderdeel van de Delphi methode. Dit is een strategie waarmee de gewichten verkregen uit de andere methodes kunnen worden verfijnd. De beslissers krijgen het resultaat van hun waardering onder ogen en aan hen wordt vervolgens de kans geboden om de eerder ingevulde of opgegeven waarden aan te passen. Dit is een iteratief proces en wordt uitgevoerd totdat er geen significant verschil is tussen twee opeenvolgende waarderingen. Op deze manier wordt aan vooral onervaren beslissers de mogelijkheid gegeven om meer feeling te krijgen voor het scoren van criteria. Ze krijgen direct de consequenties van hun keuze te zien en wanneer deze sterk afwijkt van hun verwachtingen dan kunnen ze deze bijsturen.

Het gevaar van de Delphi methode is echter wel dat de gebruikers streven naar sociaal wenselijke gewichten in plaats van de daadwerkelijke voorkeur van de beslissers vast te leggen. Doordat ze de consequenties van hun keuzes onder ogen krijgt zullen ze hun keuze aanpassen wanneer deze afwijkt van het sociaal wenselijke. Desalniettemin is het model bedoeld voor onervaren beslissers en voor hen helpt directe feedback bij het inzichtelijk maken van de consequenties van hun keuzes.

Gewichten		
Verdeel elke keer 100 punten over de opties.		
Hoofdcriteria		
Veiligheid	Ruimtelijke kwaliteit	Duurzaamheid
55	20	25
Subcriteria		
Fysiek	Constructief	Functioneel
10	60	30
Constructieve veiligheid		
UC-waarden	Ontwerpcategorie	
30	70	
Functionele veiligheid		
Incidenten	Conditie-score NEN 2767	
20	80	
Duurzaamheid		
Wegintensiteit	Wegprioritering netwerkvisie	
50	50	

Figuur 29: Voorbeeld van toegekende punten

Toegekende gewichten
0,055 Grootte
0,099 UC-waarde
0,231 Ontwerpcategorie
0,033 Incidenten
0,132 Conditie score NEN 2767
0,200 Nabije bebouwing
0,125 Wegintensiteit
0,125 Wegprioritering

Figuur 30: Voorbeeld van berekende gewichten

B3.5 - Rangschikking en analyse

Op het laatste tabblad (4_Rangschikking_en_analyse) staan de resultaten. De ruwe gegevens zijn omgezet naar een score op basis van de waarden ingevuld op het tabblad 'gemeenschappelijke schaal', vervolgens zijn de scores vermenigvuldigd met de weegfactor van het desbetreffende criterium om tot een gewogen score te komen.

De gewogen scores zijn opgeteld in een totale score in de kolom TS. Daarnaast is een rangschikking weergegeven die aangeeft welke rang een kunstwerk heeft in de prioritering. Achter de rangschikking zijn de ruwe waarden voor de monumentale status en de aanwezigheid van een pomp- of bedieningsruimte weergegeven. Deze zijn niet in de prioritering meegenomen, maar zijn dus wel zichtbaar voor de beslisser. Wanneer twee scores heel dicht bij elkaar liggen dan zou een beslisser deze informatie kunnen gebruiken om alsnog prioriteit voor de een of de ander te geven.

Tabel 34: Gebruikte codes per criterium voor de verschillende waarden en scores

Criterium	Ruwe waarden		Score	Gewogen score
UC-waarden vaste kunstwerken	Ucv	UC	S_UC	GS_UC
UC-waarden beweegbare kunstwerken	Ucb			
Ontwerpklasse	ONT		S_ONT	GS_ONT
Incidenten	INC		S_INC	GS_INC
Conditie scores hoofddraagconstructie	CON		S_CON	GS_CON
Intensiteit	INT		S_INT	GS_INT
Wegprioritering	WP		S_WP	GS_WP
Nabije bebouwing	NB		S_NB	GS_NB
Grootte	GR		S_GR	GS_GR

Er is ervoor gekozen om de ruwe waarden en de ongewogen scores ook op het tabblad te houden. Zodoende kan de beslisser bij onverwachte uitkomsten nagaan waardoor dit zo gekomen is. Standaard zijn de kolommen van de ruwe waarden en de ongewogen scores verborgen. Deze zijn eenvoudig zichtbaar te maken door met de rechtermuisknop op de kolommen te klikken en vervolgens op 'zichtbaar maken' te klikken.

De resultaten zijn eenvoudig te sorteren op de verschillende kolommen. De kunstwerken kunnen dus ook gerangschikt worden voor een specifiek criterium. Doordat dit allemaal mogelijk is biedt het resultaten tabblad veel mogelijkheden om de resultaten te analyseren. De verschillende kleuren

bieden extra ondersteuning om hoge of lage waarden snel zichtbaar te maken. De kolom filter kan nog steeds gebruikt worden om bepaalde kunstwerken uit te filteren.

B4 - Uitvoer van de workshop

Aan het begin van de tweede fase, de actieve fase, van de workshop is de laptop met het model aan de adviseur kunstwerken gegeven. Vervolgens zijn de tabbladen een voor een door de deelnemers ingevuld waarbij vooraf door mij uitleg werd gegeven over de werking hiervan en wat er ingevuld diende te worden. Dit is omschrijvend gedaan zonder getallen te noemen om zo de deelnemers zo onbevooroordeeld mogelijk te laten zijn.

Wanneer er ook na de uitleg nog onduidelijkheden waren over de werking of specifieke elementen van het model dan is dit nader toegelicht. De resultaten van de ingevulde waarden zijn te zien in figuren hieronder.

B4.1 - Filtering

De deelnemers vonden het lastig om vooraf al waarden voor de filtering in te vullen. Uiteindelijk hebben ze gekozen voor ondergrenzen van 1 en 5 voor respectievelijk de UC-waardes en de conditiescore. Hun redenering was dat voor kunstwerken met waarden gelijk aan of boven deze waarden een interventie het meest noodzakelijk wordt geacht. Waarden die hieraan gelijk zijn of hierboven liggen zouden in het ideale geval niet bestaan.

Filtering	
UC-waardes	
<i>Gebruikt voor eerste filtering. Een kunstwerk moet lager scoren om uitgesloten te worden.</i>	
Ondergrens	1
Conditie score	
<i>Gebruikt voor eerste filtering. Een kunstwerk moet lager scoren om uitgesloten te worden.</i>	
Ondergrens	5

Figuur 31: Resultaten voor de filtering

B4.2 - Gemeenschappelijke schaal

De deelnemers vonden dat eigenlijk voor alle kunstwerken met een score boven de 1 een interventie noodzakelijk was, maar begrepen dat kunstwerken met een hogere waarde een hogere prioriteit krijgen. De UC-waardes onder de 0.95 worden door de deelnemers als veilig beschouwd en zien geen noodzaak voor een interventie wanneer een kunstwerk lager scoort. Ze houden hiermee rekening met een stukje onzekerheid in de gegevens. Op basis van de ruwe gegevens is een bovengrens van 2 opgegeven. Alle kunstwerken met een hogere waarde zouden volgens hen direct moeten worden vervangen.

UC-waardes	(ratio)	
<i>Lineair verdeeld tussen een onder en bovengrens.</i>		
Ondergrens	0,95	<i>Bij waarden onder deze grens is er absoluut geen noodzaak (0).</i>
Bovengrens	2	<i>Bij waarden boven deze grens is er een absolute noodzaak (1).</i>

Figuur 32: Resultaten voor de schaling van de maatgevende UC-waardes

Ontwerpklasse (ordinaal)		
<i>Categorie toekennen, waarbij 1 het beste is en een hogere waarde slechter. Scores zijn lineair verdeeld waarbij</i>		
Ontwerpnorm	Categorie	Score 0-1
60 VOSB 1963	1	0
45 VOSB 1963	2	0,25
A VOSB 1938	1	0
30 VOSB 1963	3	0,5
B VOSB 1938	2	0,25
C VOSB 1938	3	0,5
100 kN/m ²	2	0,25
111 kN/m ²	2	0,25
3,6 ton	5	1
4,0 ton	5	1
4,8 ton	5	1
Asl. 2,5 ton	4	0,75
Onbekend	3	0,5

Figuur 33: Resultaten voor de schaling van de ontwerpnorm

De deelnemers waren redelijk vlot met het toekennen van verschillende categorieën voor de verschillende ontwerpnormen. Wat wel opviel is dat kunstwerken met een onbekende ontwerpnorm aan categorie 3 (van de 5) werd toegedeeld. Een deelnemer noemde zei: "Geef hen [de kunstwerken met een onbekende ontwerpnorm] maar de gemiddelde waarde, dan zit je er altijd het dichtste bij." Uiteindelijk is voor categorie 3 gekozen omdat de deelnemers er vanuit gaan dat deze gelijkwaardig zijn aan de oude verkeersklassen 30 of C.

Er was nog enige discussie over de ontwerpnormen die uitgedrukt waren in kN/m² en in tonnen, maar ook hier kwam men snel uit.

Incidenten (ratio)		
<i>Lineair verdeeld tussen 0 en maximale score. Onbekend los waarden ten opzichte van maximum waarde!</i>		
Waarde	Score 0-1	
Minimaal	0	0
Maximaal	1,37	1
Onbekend	0,70	0,512647

Figuur 34: Resultaten voor de schaling van het aantal incidenten per kilometer per jaar

Omdat elk incident er 1 teveel is was vooraf al vastgesteld dat dit criterium lineair geschaald zou worden van nul tot de maximale waarde. De deelnemers hoefden alleen een waarde te schatten voor de wegen waarop het aantal incidenten onbekend is. Ook hier werd het middelen van de waarde genoemd. Dit keer werd het argument ook door de anderen overgenomen.

Conditie score NEN 2767 (ordinaal)		
<i>Zelf scores toekennen naar aanleiding van de conditiescore NEN 2767.</i>		
NEN 2767	Score 0-1	
1	0	<i>Een hogere conditiescore, betekent dat het kunstwerk in mindere conditie verkeerd. Derhalve dient een hogere conditiescore ook een hogere score toebedeeld te worden. Onbekend wordt los gescoord.</i>
2	0,1	
3	0,4	
4	0,9	
5	1	
6	1	
Onbekend	0,4	

Figuur 35: Resultaten voor de schaling van de conditiescore volgens de NEN 2767

De deelnemers vonden dat de conditiescores niet in gelijke stappen omhoog hoorde te gaan. Een conditiescore van 1 of 2 is volgens hen nauwelijks een reden voor een interventie. Een conditiescore van 4 of daarboven is echter wel een reden voor een interventie. Een score van 3 hangt er iets tussen. Ze vonden dat er bij 3 geen directe noodzaak was, maar erkenden wel dat er een risico aanwezig was. Uiteindelijk hebben ze hieraan een score van 0.4 gekoppeld. Dezelfde score hebben de deelnemers aan kunstwerken met een onbekende conditiescore toegekend.

Verkeersintensiteit (ratio)		
<i>Lineair verdeeld tussen een onder en bovengrens. Onbekend los waarden ten opzichte van grensen.</i>		
Grens	Waarde	Score 0-1
Ondergrens	2341	0
Bovengrens	21519	1
Onbekend	2000	0

Figuur 36: Resultaten voor de schaling van de verkeersintensiteiten (mvt per etmaal)

Voor de schaling van de verkeersintensiteiten hebben de deelnemers gekozen om de ondergrens gelijk te stellen aan de laagste waarde en de bovengrens gelijk te stellen aan de hoogste waarde. Ze hebben kunstwerken waarvan de verkeersintensiteit onbekend was een intensiteit gegeven onder de ondergrens. Dit omdat al deze kunstwerken in gemeentelijke wegen liggen. Naar verwachting gaan daar minder verkeer overheen dan de laagst scorende provinciale weg.

Wegprioritering netwerkvisie (ordinaal)		
<i>Zelf scores toekennen naar aanleiding van de wegprioritering uit de netwerkvisie.</i>		
Wegprioritering	Score 0-1	
6	0	<i>Een lage score op de wegprioritering houdt in dat deze belangrijk is vanuit de netwerkvisie. Derhalve dient een weg met een lagere prioriteit hoger te scoren.</i>
5	0,1	
4	0,5	
3	0,6	
2	0,9	
1	1	

Figuur 37: Resultaten voor de schaling van de wegprioritering volgens de netwerkvisie

Het toekennen van scores aan de verschillende wegprioriteringen verliep redelijk vlot. De deelnemers gaven al snel een lage score aan de waarden 5 en 6 en een hoge score aan de waarden 1 en 2. Wegen met een wegprioriteit 4 werden snel al 'gemiddeld' bestempeld waarna aan de waarde 3 een score van 0,6 werd gehangen.

Nabije bebouwing (ratio)		
<i>Lineair verdeeld tussen een onder en bovengrens. Onbekend los waarden ten opzichte van grensen.</i>		
Grens	Waarde	Score 0-1
Ondergrens	5	0
Bovengrens	1066	1

Figuur 38: Resultaten voor de schaling van de dichtheid van de nabije bebouwing (aantal gebouwen per km²)

De schaling van de dichtheid van de nabije bebouwing verliep gelijk aan die van de verkeersintensiteiten. De deelnemers koppelden stelden de ondergrens gelijk aan de laagste waarde en de bovengrens aan de hoogste waarde.

Grootte (ratio)			
<i>Lineair verdeeld tussen een onder en bovengrens. Onbekend los waarden ten opzichte van grensen.</i>			
Grens	Waarde	Score 0-1	
Ondergrens	20	0	<i>Bij waarden onder deze grens is er absoluut geen noodzaak (0).</i>
Bovengrens	2080	1	<i>Bij waarden boven deze grens is er een absolute noodzaak (1).</i>

Figuur 39: Resultaten voor de schaling van de grootte van de kunstwerken

De schaling van de grootte van de kunstwerken verliep gelijk aan die van de verkeersintensiteiten en de dichtheid van de nabije bebouwing. De deelnemers koppelden stelden de ondergrens gelijk aan de laagste waarde en de bovengrens aan de hoogste waarde.

B4.3 - Weging van de criteria

Het was de deelnemers snel duidelijk dat er elke keer 100 punten moesten worden verdeeld en waarom. De aanwezigheid van de boom op het tabblad hielp hierbij. Er waren echter wel enkele iteraties nodig om tot een uiteindelijke puntenverdeling te komen. Voornamelijk de verdeling van de punten bij de hoofdcriteria vergde tijd. De deelnemers zijn hier enkele keren op terug gekomen nadat ze de toegekende gewichten bespraken.

Gewichten		
Verdeel elke keer 100 punten over de opties.		
Hoofdcriteria		
Veiligheid	Ruimtelijke kwaliteit	Duurzaamheid
60	20	20
Subcriteria		
Fysiek	Constructief	Functioneel
20	50	30
Constructieve veiligheid		
UC-waarden	Ontwerpcategorie	
80	20	
Functionele veiligheid		
Incidenten	Conditie score NEN 2767	
70	30	
Duurzaamheid		
Wegintensiteit	Wegprioritering netwerkvisie	
60	40	

Figuur 40: Uiteindelijk toegekende punten

Toegekende gewichten	
0,120	Grootte
0,240	UC-waarde
0,060	Ontwerpcategorie
0,126	Incidenten
0,054	Conditie score NEN 2767
0,200	Nabije bebouwing
0,120	Wegintensiteit
0,080	Wegprioritering
1	

Figuur 41: Uiteindelijk berekende gewichten

B4.4 - Resultaten

De resultaten zijn met de groep besproken. Hen is gevraagd om de resultaten te vergelijken met hun eigen kennis over het areaal. Veel van de hoogst scorende kunstwerken kwamen nu ook al voor op door de deelnemers gebruikte shortlists van kunstwerken. Er waren wel enkele verrassingen, en deze worden door de deelnemers nader bekeken.

Over het algemeen wordt het resultaten tabblad al prettig ervaren. Voor de deelnemers is het duidelijk hoe de resultaten kunnen worden gerangschikt. Voor het merendeel is het tevens duidelijk waarom bepaalde kunstwerken hoog scoren op een specifiek criterium en andere laag. Een enkeling heeft nog moeite met het omzetten van waarden in scores. Hij noemde de beslissingsmethode "goochelen met getallen" en "iets wat ik nooit zal snappen", maar benadrukte wel dat dit waarschijnlijk aan hem lag en niet aan het model.

			Weegfactor															
			0,24		0,06		0,126		0,054		0,12		0,08		0,2		0,12	
#	Identificatie	Naam	FILTER	GS_UC	GS_ONT	GS_INC	GS_CON	GS_INT	GS_WP	GS_NB	GS_GR	TS	Ranking	MS	PR	BE		
56	342-020	Henny Kuiperviaduct	TRUE	0,000	0,030	0,095	0,000	0,120	0,048	0,189	0,057	0,539	1,000	Nee	Nee	Nee		
61	342-090	Oliemolenstraatviaduct (hoofdrijbaan)	FALSE	0,066	0,030	0,095	0,049	0,061	0,048	0,172	0,016	0,536	2,000	Nee	Nee	Nee		
58	342-060	Noord Berghuizenviaduct	TRUE	0,000	0,030	0,095	0,022	0,099	0,048	0,200	0,011	0,504	3,000	Nee	Nee	Nee		
59	342-070	Glindeviaduct	TRUE	0,000	0,030	0,095	0,022	0,099	0,048	0,200	0,011	0,504	3,000	Nee	Nee	Nee		
127	348-010	Spoorwegonderdoorgang N348	TRUE	0,000	0,000	0,043	0,000	0,091	0,048	0,196	0,120	0,498	5,000	Nee	Nee	Nee		
57	342-050	Huurneviaduct	TRUE	0,000	0,030	0,095	0,005	0,099	0,048	0,200	0,011	0,488	6,000	Nee	Nee	Nee		
62	342-091	Oliemolenstraatviaduct (parallelweg)	FALSE	0,057	0,030	0,095	0,000	0,061	0,048	0,171	0,008	0,470	7,000	Nee	Nee	Nee		
197	743-021	Bornsche Beekbrug (parallelweg oost)	FALSE	0,126	0,030	0,037	0,000	0,120	0,008	0,135	0,007	0,463	8,000	Nee	Nee	Nee		
60	342-080	Ootmarsumsestraatfietstunnel	TRUE	0,000	0,030	0,095	0,022	0,061	0,048	0,190	0,016	0,461	9,000	Nee	Nee	Nee		
165	377-020	Beentjegravenduikerbrug	FALSE	0,240	0,015	0,054	0,000	0,069	0,040	0,029	0,011	0,458	10,000	Nee	Nee	Nee		
198	743-022	Bornsche Beekbrug (parallelweg west)	FALSE	0,137	0,015	0,037	0,000	0,120	0,008	0,134	0,005	0,456	11,000	Nee	Nee	Nee		
178	739-010	Hagmolenbeekduikerbrug	FALSE	0,240	0,015	0,057	0,000	0,082	0,048	0,006	0,007	0,455	12,000	Nee	Nee	Nee		
169	377-060	Drentse Wijkbrug	FALSE	0,240	0,015	0,054	0,000	0,049	0,040	0,044	0,013	0,455	13,000	Nee	Nee	Nee		
5	307-020	Kamperduiker	FALSE	0,057	0,030	0,126	0,000	0,080	0,048	0,099	0,003	0,443	14,000	Nee	Nee	Nee		
6	307-030	Hagenbroekduiker	TRUE	0,000	0,000	0,126	0,000	0,085	0,048	0,139	0,007	0,405	15,000	Nee	Nee	Nee		
89	343-130	Asjesbrug	FALSE	0,075	0,015	0,043	0,022	0,036	0,008	0,078	0,120	0,397	16,000	Nee	Nee	Nee		
55	342-015	Hulsbeekduiker	TRUE	0,000	0,030	0,095	0,000	0,120	0,048	0,089	0,009	0,391	17,000	Nee	Nee	Nee		
150	349-010	Robbenhaarsbrug	FALSE	0,240	0,015	0,050	0,000	0,026	0,000	0,044	0,013	0,388	18,000	Nee	Nee	Nee		
104	346-130	Oelerbeekbrug (hoofdrijbaan, N346)	FALSE	0,137	0,030	0,049	0,000	0,096	0,008	0,051	0,011	0,382	19,000	Nee	Nee	Nee		
54	342-012	Hazewinkelfietstunnel	TRUE	0,000	0,030	0,095	0,000	0,120	0,048	0,072	0,005	0,370	20,000	Nee	Ja	Nee		

Figuur 42: Deel van het resultaten tabblad. In de figuur zijn de 20 hoogst scorende kunstwerken weergegeven

Bijlage C - Wegingsmethodes

Mensen hechten niet dezelfde waarde aan elk criterium. Gebaseerd op bijvoorbeeld beleid, regels, cultuur en persoonlijke voorkeur worden bepaalde criteria belangrijker gevonden dan andere. Derhalve zouden deze criteria een hogere weging moeten krijgen in de score van een alternatief. In deze bijlage worden enkele mogelijke manieren gepresenteerd waarmee gewichten aan criteria kunnen worden toegekend.

C1 - Gelijke weging (equal weighting)

De meest basale manier van wegen is gelijke weging. Met gelijke weging krijgen alle criteria hetzelfde gewicht. Met deze methode kan dus geen voorkeur worden uitgedrukt in het belang van de verschillende criteria. Derhalve zou deze methode alleen in het uitzonderlijke geval gebruikt kunnen worden wanneer er geen enkele informatie over de voorkeur van de criteria beschikbaar is (Bai, Labi, & Li, 2008).

C2 - Directe weging (direct weighting)

Bij directe weging kent de besluitnemer op een directe manier numerieke waarden toe aan de gewichten van de criteria. Dit kan gedaan worden door rangschikking, categorisering of puntenverdeling. Bij rangschikking worden alle criteria gerangschikt van meest tot minst belangrijk. Dit is een ordinale schaal en kan daarom niet gebruikt worden om kwalitatieve verschillen tussen criteria aan te geven. Bij het gebruik van categorisering worden criteria in categorieën opgedeeld die elk een ander gewicht hebben. Het gewicht wordt alsnog op een directe manier toegekend. Deze manier van weging kan erg handig zijn wanneer er veel criteria van toepassing zijn. Bij puntverdeling wordt een bepaald aantal punten verdeeld over de verschillende criteria in verhouding tot hun relatieve belangrijkheid. Meestal worden hierbij 100 punten verdeeld over de criteria (National Research Council, 2007; Sinha, Patidar, Li, Labi, & Thompson, 2009; Bai, Labi, & Li, 2008).

C3 - Directe waardering of door de waarnemer afgeleide gewichten (direct rating or observer-derived weights)

In het geval van directe waardering wordt door elke stakeholder een waardering op een bepaalde puntenschaal aan elk criterium toegekend. Dit kan bijvoorbeeld op een 5-, 10- of 100-punten schaal, maar het totaal van de toegekende punten hoeft, in tegenstelling tot puntverdeling bij directe weging, niet tot een bepaalde hoeveelheid te leiden. Het gewicht van elk criterium is vervolgens gelijk aan de gemiddelde of totale score toegekend door de stakeholders (Bai, Labi, & Li, 2008; Sinha, Patidar, Li, Labi, & Thompson, 2009). Wanneer de besluitnemer(s) in plaats van de stakeholders het belang van de criteria beoordelen op een dergelijke puntenschaal dan spreken we door de waarnemer(s) afgeleide gewichten (National Research Council, 2007). De methode is zeer vergelijkbaar met puntverdeling bij directe weging. Maar in plaats van het verdelen van bijvoorbeeld 100 punten wordt elk criterium gescoord op een 100-punten schaal. Er is een andere stimulans voor de besluitnemer voor de toe te kennen waarderingen.

C4 - Gepaarde vergelijking

Gepaarde vergelijking van de criteria wordt onder andere gebruikt in de Analytic Hierarchy Proces methode. Een respondent wordt gevraagd om de verschillende criteria gepaard met elkaar te vergelijken. Hij dienen de relatieve verhouding van de belangrijkheid per paar te scoren in een specifieke ratio: de X/Y ratio. Wanneer criterium X extreem veel belangrijker is dan criterium Y dan is de X/Y ratio bijvoorbeeld 9/1 en de Y/X ratio 1/9. Wanneer de ratio voor elk paar criteria is vastgesteld dan vormen de resultaten een matrix. Het gewicht van alle criteria kan vervolgens worden berekend uit de eigenvector van de matrix (National Research Council, 2007; Saaty, 1990; Bai, Labi, & Li, 2008; Sinha, Patidar, Li, Labi, & Thompson, 2009).

C5 - Gok-methode (gamble method)

De gok-methode is een van de weinige wegingsmethodes die rekening houdt met de houding van de besluitnemer tegenover risico's. In deze methode worden de gewichten van de criteria één voor één bepaald door de besluitnemer te vragen een afweging te maken tussen een zekerheid en een gok. Als eerste dient te worden bepaald voor welk criterium het meest belangrijkst wordt geacht dat de waarden van het laagste naar het hoogste niveau gaan. Vervolgens worden twee situaties voorgelegd; in de eerste situatie zijn de waarden van dit criterium op het hoogste niveau en zijn die alle andere criteria op het laagste niveau. In de tweede situatie is de kans dat de waarden van alle criteria het hoogste niveau hebben gelijk aan p en de kans dat de waarden van alle criteria het laagste niveau hebben gelijk aan $1-p$. Het gewicht voor het belangrijkste criterium is gelijk aan p wanneer beide situaties even wenselijk worden geacht door de besluitnemer. Vervolgens kan, in volgorde van afnemende relatieve belangrijkheid, het gewicht van de andere criteria op dezelfde manier worden bepaald (National Research Council, 2007; Sinha, Patidar, Li, Labi, & Thompson, 2009; Bai, Labi, & Li, 2008).

Voor de kunstwerken is het een gok of interventie daadwerkelijk het beoogde resultaat kan bewerkstelligen. Stel dat de constructieve veiligheid als belangrijkste criterium wordt gezien om te verbeteren. Dan vindt er, in de eerste situatie, voor de constructieve veiligheid van een kunstwerk een enorme verbetering plaats, terwijl het prestatieniveau van de andere criteria gelijk blijft. In de tweede situatie is er een kans dat door interventie het prestatieniveau van alle criteria wordt verbeterd (p), maar er is ook een kans dat interventie geen enkel effect heeft op het prestatieniveau van alle criteria ($1-p$). Door een besluitnemer beide situaties voor te leggen en hem de wenselijkheid van deze situaties te laten bepalen kan het gewicht van het criterium constructieve veiligheid worden bepaald.

C6 - 'Swing weighting' methode

De swing weighting methode is vergelijkbaar met directe waardering. Alleen wordt in de swing weighting methode aangenomen dat de prestaties van alle criteria zich op het laagste niveau bevinden. Als eerste wordt het criterium gekozen welke het meeste nut oplevert wanneer deze van het laagste naar het hoogste niveau zou verschuiven. Hierna wordt gevraagd om het nut van de verschuiving te scoren op een bepaalde schaal. Dit kan bijvoorbeeld gedaan worden op een 100-punten schaal. Vervolgens worden de andere criteria op volgorde van meeste tot minste nut bij een verschuiving van laagste naar hoogste niveau ook gescoord op dezelfde schaal (Sinha, Patidar, Li, Labi, & Thompson, 2009; Bai, Labi, & Li, 2008).

C7 - Indifference trade-off weighting method

De indifference trade-off methode is in lijn met de marginale substitutievoet zoals die wordt gebruikt in de economische wetenschap en is vergelijkbaar met de methodiek van een gepaarde vergelijking in zijn gebruik van een gepaarde vergelijking tussen de criteria. Bij de indifference trade-off methode wordt gevraagd hoeveel een besluitnemer bereid is in te leveren op criterium A voor een enkele eenheidsverbetering van criterium B. Dit levert een afwegingscoëfficiënt op voor deze twee criteria.

Op dezelfde manier kan een afwegingscoëfficiënt voor elk paar van criteria worden verkregen. Op basis van deze coëfficiënten kunnen de relatieve gewichten van de criteria worden bepaald (Sinha, Patidar, Li, Labi, & Thompson, 2009; Bai, Labi, & Li, 2008).

C8 - Pricing out

In beginsel is de pricing out methode gelijk aan de indifference trade-off methode. Echter wordt bij de pricing out methode een vergelijking gemaakt tussen een prestatie indicator en geld. Aan de besluitnemer wordt gevraagd hoeveel geld hij over heeft voor een enkele eenheidsverbetering van een criterium. Gebaseerd op de waardering uitgedrukt in geld kunnen de relatieve gewichten worden berekend (Bai, Labi, & Li, 2008).

C9 - Simple Multi-Attribute Rating Technique (SMART)

De SMART methode is een combinatie van randschikking en directe waardering. In deze methode worden de criteria als eerste gerangschikt op basis van hun relatieve belangrijkheid. Aan het minst belangrijk geachte criterium wordt het cijfer 10 toegekend. De besluitnemer beoordeelt vervolgens in volgorde hoe veel meer belangrijker hij de overige criteria vindt ten opzichte van het minst belangrijk geachte criterium en drukt dit per criterium uit in een meervoud van 10. De toegekende cijfers worden uiteindelijk omgezet in gewichten. Deze methode is redelijk vergelijkbaar met directe weging, echter worden bij de SMART methode de criteria eerst gerangschikt en daarna gewaardeerd (Bai, Labi, & Li, 2008).

C10 - Delphi methode

De Delphi methode is een strategie waarmee de gewichten verkregen uit de andere methodes kunnen worden verfijnd. De besluitnemers krijgen het resultaat van hun waardering onder ogen en aan hen wordt vervolgens de kans geboden om de eerder ingevulde of opgegeven waardes aan te passen. Dit is een iteratief proces en wordt uitgevoerd totdat er geen significant verschil is tussen twee opeenvolgende waarderingsresultaten. De belangrijkste bijdrage van de Delphi methode is dat het de variatie in de toegekende gewichten van de besluitnemers kan verminderen. Het gebruik van de Delphi methode kan zeer nuttig zijn wanneer de gewichten van de criteria niet in vaste getallen uitgedrukt worden maar als een bandbreedte of verdeling (Bai, Labi, & Li, 2008; Sinha, Patidar, Li, Labi, & Thompson, 2009).