

**UNIVERSITY
OF TWENTE.**

1-7-2016

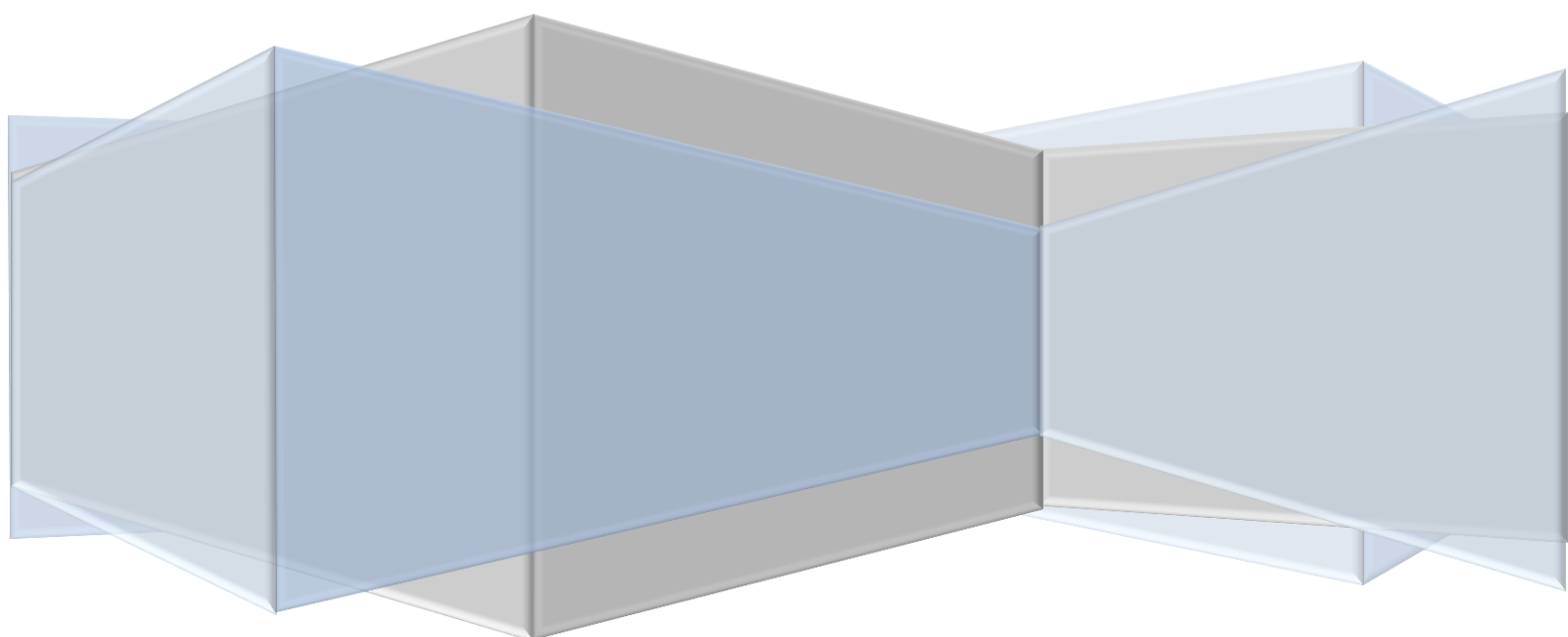


**TOEPASBAARHEID VAN RISICO GESTUURD
ASSETMANAGEMENT IN HET BEHEER VAN
KUNSTWERKEN VOOR DE GEMEENTE ENSCHEDE**

BACHELOR THESIS

**Martijn Brüningmeyer
s1487922**

ONDERZOEKSPERIODE VAN 4 APRIL 2016 TOT 24 JUNI 2016



VOORWOORD

Voor u ligt de scriptie 'Toepasbaarheid van risico gestuurd assetmanagement in het beheer van kunstwerken voor de gemeente Enschede'. Zoals de titel al onthult is het onderzoek voor deze scriptie naar risico gestuurd beheer uitgevoerd bij, en in opdracht van de gemeente Enschede. Deze scriptie is geschreven in het kader van mijn bachelor eindopdracht aan de opleiding civiele techniek aan de Universiteit Twente te Enschede. De onderzoeksperiode bij de gemeente Enschede startte op 4 april 2016 en eindigde op 24 juni 2016. Alvorens deze periode zijn van februari 2016 tot en met april 2016 verschillende voorbereidende werkzaamheden uitgevoerd.

Samen met mijn begeleider van gemeente Enschede, Rik Meijer, en mijn begeleider van Universiteit Twente, Léon Olde Scholtenhuis, heb ik de onderzoeksvraag voor deze scriptie bedacht. Na veel literatuuronderzoek, afgenomen interviews en vergaderingen met ambtelijke experts heb ik de onderzoeksvraag kunnen beantwoorden en advies kunnen geven betreffende de toepasbaarheid van risico gestuurd asset management. Dit was een complex proces gezien de kwalitatieve invulling van beheer, de afwezigheid van benodigde documentatie en het daardoor moeten aanpassen van onderzoekstechnieken. Tijdens dit onderzoek stond er altijd begeleiding voor mij klaar, door mijn hoofdbegeleiders Rik Meijer en Léon Olde Scholtenhuis, maar in hun afwezigheid ook door André Dorée. Zij hebben mij steeds mijn vragen beantwoord en geadviseerd waar nodig.

Bij dezen wil ik graag mijn begeleiders bedanken voor hun goede begeleiding tijdens dit proces. Tevens wil ik alle ambtelijke experts bedanken die mij geholpen hebben door het bijwonen van vergaderingen of het laten afnemen van een interview en op die wijze hun kennis en expertise met mij gedeeld hebben. Zonder hun medewerking had dit onderzoek niet tot dit eindproduct geleid.

Ik wens u veel leesplezier toe.

Martijn Brüningmeyer

Enschede, 1 juli 2016

TERMINOLOGIE

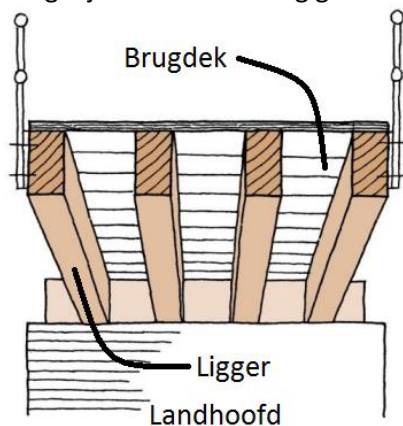
In dit scriptieverslag wordt gebruikt gemaakt van verschillende vaktermen en begrippen die meerdere betekenissen kunnen hebben. In dit hoofdstuk wordt per begrip uitgelegd wat in dit verslag onder elk van deze begrippen wordt verstaan.

Duiker

Waterdoorgang onder wegen met als functie het verbinden van wateren. (Duiker, 2014)

Fietsbrug

Met de term fietsbrug wordt in dit verslag een houten liggerbrug bedoeld. Een liggerbrug is een brugtype dat gebruik maakt van liggers om de gehele overspanning de vormen. Deze liggers rusten op landhoofden. Bovenop de liggers wordt het dek van een brug aangebracht (Liggerbrug, 2015). Voor een weergave van deze onderdelen van dit type brug zie (Figuur 1). Een uitwerking hoe dit type brug bij de term fietsbrug gedefinieerd is staat weergegeven in hoofdstuk 2.3.2.



Figuur 1 Onderdelen liggerbrug

Risico

Het product uit de formule: kans op een incident x effect van dat incident.

Assetmanagement

Het beheer van alle aanwezige bedrijfsmiddelen.

Kunstwerk

Hiermee worden civieltechnische bouwkundige kunstwerken bedoeld. Hieronder vallen onder andere bruggen, duikers, tunnels, dijken, dammen en sluizen.

Kernwaarde

Een door de gemeente Enschede gekozen aspect gebruikt als toetsingskader. Hoe ernstig het effect van een incident is wordt beoordeeld naar de mate waarin deze kernwaarden beïnvloed worden.

Faalmechanisme

De manier waarop (een deel van) een kunstwerk faalt, oftewel zijn functie niet meer kan vervullen en hiermee kernwaarden beïnvloedt.

Relinen

Relinen is een rioolrenovatietechniek waarbij een kunststof kous in een bestaande rioolbuis wordt aangebracht, welke zich door waterdruk of luchtdruk tegen de buiswand nestelt. Na uitharding zal de buis sterker zijn dan voor de ingreep. Het voordeel van relinen ten opzichte van rioolvervanging is dat riolen niet opgebroken hoeven te worden voor deze ingreep. (Reliningadvies BV, 2016)

Ingrijpmaatstaaf

Mate waarin een bepaalde aantasting van (een deel van een) kunstwerk aanwezig moet zijn voordat de gemeente Enschede onderhoud gaat uitvoeren aan deze aantasting.

Ernstmatrix

Matrix met zes categorieën van ernst die aangeeft wanneer het effect van een incident aan een bepaalde mate van ernst voldoet.

Decompositie

Het opdelen van een kunstwerk in onderdelen.

SAMENVATTING

Deze scriptie naar de toepasbaarheid van risico gestuurd asset management van kunstwerken beantwoordt de vraag of risico gestuurd beheer toepasbaar is op kunstwerken. Dit onderwerp is geformuleerd op verzoek van gemeente Enschede. De gemeente heeft reeds een methode opgesteld om hun riolering risico gestuurd te beheren en wilde (laten) analyseren of eenzelfde methode opgesteld kan worden voor het beheer van kunstwerken.

Dit onderzoek is uitgevoerd door een methode op te stellen voor risico gestuurd beheer van zowel duikers als fietsbruggen. Hierbij is, vanwege zeer verschillende faalmechanismen per onderdeel van een brug, gebruikt gemaakt van decompositie bij het opstellen van de beheermethode van fietsbruggen. Uiteindelijk is een methode opgesteld voor het risico gestuurd beheer van duikers en voor het brugdek van houten liggerbruggen.

Randvoorwaarde bij het opstellen van deze twee methodes was dat deze op een gelijke manier als de methode van risico gestuurd rioleringsbeheer moeten functioneren. Als basis hiervoor is in dit onderzoek de methode van risico gestuurd rioleringsbeheer geanalyseerd hoe deze opgesteld is en hoe deze functioneert. Vervolgens zijn dezelfde stappen doorlopen om methodes voor het beheer van duikers en brugdekken van fietsbruggen op te stellen. Deze stappen zijn:

1. Opstellen van een toetsingskader voor de categorisatie van de ernst van het effect van een incident;
2. Analyseren van faalmechanismen per soort kunstwerk en het bepalen van een maatgevend faalmechanisme;
3. Op basis van het toetsingskader invullen van matrices die aangeven wanneer een incident aan een bepaalde mate van ernst voldoet;
4. Bepalen van de frequentie van het gekozen faalmechanisme per soort kunstwerk.

In beide opgestelde methodes wordt de ernst van het effect van falen beoordeeld op de aantasting op vier kernwaarden: veiligheid & gezondheid, bereikbaarheid, schadekosten en imago.

De beheermethode van duikers is afgestemd op het faalmechanisme 'instorten van duikers'. Hiervoor is frequentie bepaald van 0.3 maal per jaar, of in kwalitatieve beschrijving: vaker dan een keer per tien jaar, minder vaak dan 1 keer per jaar. Deze vaste kans betekent dat duikers een risico hebben tussen 'zeer laag' en 'extreem hoog'.

De beheermethode van brugdekken van fietsbruggen is afgestemd op het faalmechanisme 'falen van brugdekken'. Hiervoor is frequentie bepaald van 3 maal per jaar, of in kwalitatieve beschrijving: vaker dan een keer per jaar, minder vaak dan 1 keer per maand. Deze vaste kans betekent dat brugdekken van fietsbruggen een risico hebben tussen 'laag' en 'extreem hoog'.

Hoewel risico gestuurd beheer nog niet optimaal toegepast kan worden als gevolg van missende informatie en documentatie wordt toepassing op kunstwerken wel aangeraden. De methode dient als model en niet als doel. De uitkomst van dit middel is niet leidend voor beheer, de interpretatie van dit model door verantwoordelijken wel. Gebruik van dit model maakt onderhoudstoestanden van verschillende kunstwerken met elkaar vergelijkbaar op een overzichtelijke manier. Dit maakt prioritering van vereist onderhoud mogelijk.

Toepassing van risico gestuurd beheer op kunstwerken wordt als mogelijk beschouwd. Bij toepassing hiervan moet er wel rekening mee gehouden worden dat elk kunstwerk een andere aanpak behoeft. Zo verschillen bijvoorbeeld kernwaarden per kunstwerk, maar ook het eventueel moeten toepassen van decompositie.

Randvoorwaarde voor de toepassing van risico gestuurd beheer is dat documentatie en informatie in voldoende mate aanwezig is om kansen op -, maar ook effecten van falen te voorspellen.

INHOUDSOPGAVE

1. INTRODUCTIE.....	8
1.1 Algemene informatie	8
1.2 Achtergrondinformatie	8
1.3 Aanleiding onderzoek.....	8
1.4 Doel onderzoek.....	9
1.5 Onderzoeksfocus	9
1.6 Plan van aanpak.....	10
1.7 Onderzoeksvragen	10
1.8 Onderzoeksmethoden.....	11
1.9 Leeswijzer	14
2. OPSTELLEN METHODES RISICO GESTUURD BEHEER DUIKERS EN FIETSBRUGGEN	15
2.1 Analyse risico gestuurd beheer van riolering	15
2.2 Kernwaardes voor duikers en fietsbruggen.....	19
2.3 Falen van duikers en fietsbruggen	23
3. RESULTAAT RISICO GESTUURD BEHEER DUIKERS EN FIETSBRUGGEN	26
3.1 Risico gestuurd beheer duikers.....	26
3.2 Risico gestuurd beheer fietsbruggen	28
3.3 Stappenplan aanpassingen methodiek naar ander domein	30
4. DISCUSSIE.....	31
5. CONCLUSIE	33
5.1 Toepasbaarheid risico gestuurd beheer	33
5.2 Wordt risico gestuurd beheer aangeraden?.....	33
6. REFLECTIE EN AANBEVELINGEN VERVOLGONDERZOEK.....	34
7. BIBLIOGRAFIE	35
BIJLAGEN	37
Bijlage A Inkomsten en uitgaven Enschede 2016	37
Bijlage B Algemene ernstmatrix gemeente Enschede	38
Bijlage C Riolerstabiliteit specifieke ernstmatrix	39
Bijlage D Extra ernstmatrices riolering.....	40
Bijlage E Maatstaven instorten riolering	41
Bijlage F Risicomatrix	42
Bijlage G Functioneren methodiek rioleringsbeheer middels een voorbeeldsituatie.....	43
Bijlage H Interview risico gestuurd beheer riolering Rik Meijer	47
Bijlage I Interview falen van duikers en fietsbruggen Robert Wensink.....	50

Bijlage J Interview falen van duikers en fietsbruggen Martijn Wiefferink.....	52
Bijlage K Ernstmatrix duikers.....	54
Bijlage L Extra ernstmatrices veiligheid & gezondheid en bereikbaarheid duikers	55
Bijlage M Ingrijpmaatstaven brugdek	56
Bijlage N Ernstmatrix brugdek fietsbruggen.....	57
Bijlage O Extra ernstmatrices veiligheid & gezondheid en bereikbaarheid brugdek fietsbruggen.....	58

1. INTRODUCTIE

1.1 ALGEMENE INFORMATIE

Dit onderzoek is uitgevoerd bij de afdeling Stadsdeelbeheer van de gemeente Enschede. De begeleider vanuit de gemeente was senior beleidsadviseur Rik Meijer. Begeleider van dit onderzoek vanuit de Universiteit Twente was assistent professor 'Inner city construction innovation' Léon olde Scholtenhuis. De onderzoeksperiode bij de gemeente Enschede startte op 4 april 2016 en eindigde op 24 juni 2016, een periode van twaalf weken.

1.2 ACHTERGRONDINFORMATIE

1.2.1 BUDGETVERDELING

Het is een bekend probleem voor gemeentes om nauwkeurig jaarlijkse budgetten te bepalen voor benodigde uitgaven. Dit is geen uitzondering voor de gemeente Enschede gezien fluctuerende kostenposten als werkloosheid en ziektekosten. Om een idee te krijgen van de jaarlijkse uitgaven zie bijlage A. Het beheer van civiele kunstwerken is een van vele kostenposten die moet worden opgenomen in de jaarlijkse begroting. Aangezien beheer een proces is wat nooit eindigt moet er gedocumenteerd worden welk onderhoud noodzakelijk is en welk budget benodigd is om dit uit te voeren. Om budget toegewezen te krijgen, maar ook om een vastgesteld budget te verdelen over benodigd onderhoud moet duidelijk onderbouwd kunnen worden waarom een kunstwerk een bepaalde mate van onderhoud behoeft. Dit moet eenvoudig te begrijpen zijn voor mensen die niet noodzakelijk een ingenieursachtergrond hebben, zoals leden van de gemeenteraad. Om deze reden hebben beleidsadviseurs een gestructureerde en eenvoudig navolgbare manier nodig om hun beheerplan op- en af te stellen.

1.2.2 RISICO GESTUURD ASSET MANAGEMENT

Het opstellen van risico's voor verschillende kunstwerken maakt de toestanden van verschillende objecten met elkaar vergelijkbaar. Dit zorgt voor een goed navolgbare werkwijze voor het op- en afstellen van beheerplannen. Om deze reden wordt steeds vaker risico gestuurd asset management toegepast bij het vaststellen van benodigd onderhoud. Voorheen werd voornamelijk conditie gestuurd asset management toegepast (Arunraj & Maiti, 2006). Het voornaamste verschil in deze twee methodes is dat bij traditioneel conditie gestuurd asset management beslissingen gemaakt worden op de kans op falen (de staat van) van een kunstwerk. Risico gestuurd asset management combineert deze informatie met de gevolgen van dat falen om tot een risico te komen (Wikipedia - risk analysis, 2016). Risico wordt in formule dan ook weergegeven als (Wikipedia - risk analysis, 2016);

$$\text{Risico} = \text{kans op falen} \times \text{gevolg van dat falen} \quad (\text{formule 1})$$

Volgens deze methode wordt alleen onderhoud gepleegd aan kunstwerken met een risico boven een vastgesteld limiet. Het kan voorkomen dat meerdere kunstwerken een risico hebben boven het vastgestelde limiet. In dat geval zal er een aanvullende analyse moeten plaatsvinden om vast te stellen welk kunstwerk het eerste onderhoud zal ondergaan en welke soort onderhoud daar uitgevoerd zal worden.

1.3 AANLEIDING ONDERZOEK

1.3.1 RISICO GESTUURD BEHEER GEMEENTE ENSCHEDE

De gemeente Enschede ziet de toekomst van hun beheer in risico gestuurd asset management. In deze toepassing wordt dit risico gestuurd beheer genoemd. In 2015 heeft gemeente Enschede een methode opgesteld voor het risico gestuurd beheren van hemelwater, grondwater en riolering. Deze

methode is reeds in gebruik genomen voor het vaststellen van het onderhoudsplan voor de komende jaren. De eerste werkzaamheden bepaald aan de hand van deze methode zijn inmiddels gestart (Meijer, 2016). Aangezien de tijd nog moet leren of de juiste beslissingen genomen zijn kunnen er nog geen conclusies getrokken worden over het functioneren van deze methode tijdens uitvoeringsfase van beheer in de gemeente Enschede. Wel kan er geconcludeerd worden dat het nemen van beslissingen soepeler verliep en het onderbouwen van deze beslissingen tegenover de gemeenteraad eenvoudiger verliep dan voorheen (Meijer, 2016).

De door gemeente Enschede opgestelde methode drukt risico kwalitatief uit in één van zes vooraf vastgestelde maten van ernst. Dit berust op het gebruik van een matrix waarin kwalitatief beschreven staat wanneer het effect van een incident tot een bepaalde ernst behoort (bijlage B & bijlage C). Vervolgens wordt deze informatie gecombineerd met de frequentie van dit incident in een risicotabel (bijlage F) en kan het risico van een kunstwerk bepaald worden. Een uitgebreide analyse van deze methode wordt beschreven in hoofdstuk 2.1.

1.3.2 PROBLEEMSTELLING

De gemeente Enschede is van plan in de toekomst al hun beheer uit te voeren op een dergelijke wijze. Om deze reden rijst de vraag binnen de gemeente of de methode van risico gestuurd asset management zoals toegepast in het beheer van riolering geschikt is voor het beheer van andere civiele kunstwerken.

1.4 DOEL ONDERZOEK

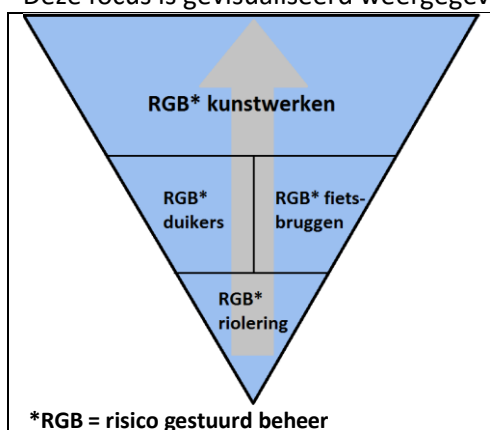
Zoals uitgelegd in hoofdstuk 1.3 wil de gemeente Enschede antwoord verkrijgen op de vraag of risico gestuurd beheer toepasbaar is op alle kunstwerken, op een gelijke wijze als op riolering. Om deze reden is het hoofddoel van dit onderzoek:

‘Het analyseren van de toepasbaarheid van de methode van risico gestuurd beheer van riolering voor andere kunstwerken dan riolering. En het inventariseren welke aanpassingen en randvoorwaarden nodig zijn om deze te implementeren.’

Aanpassingen kunnen bijvoorbeeld zijn welke verschillende informatie per kunstwerk verzameld moet worden. Randvoorwaarden kunnen bijvoorbeeld aannames zijn om de methodiek overzichtelijk te houden.

1.5 ONDERZOEKSFOCUS

Om het onderzoek af te ronden binnen de gestelde onderzoeksperiode (4 april 2016 – 24 juni 2016) is dit onderzoek gericht op het analyseren van risico gestuurd beheer van twee soorten kunstwerken: duikers en fietsbruggen. Uit deze analyse is de toepasbaarheid op alle kunstwerken geconcludeerd. Deze focus is gevisualiseerd weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2 Onderzoeksfocus

Er is gekozen voor twee soorten kunstwerken omdat dan onderzocht kan worden of verschillende kunstwerken verschillende informatie en een andere aanpak vereisen. De keuze voor duikers en fietsbruggen is gemaakt omdat onderhoud voor deze twee soorten kunstwerken erg verschillend is. De inspectiefrequentie is verschillend, net als de manier van inspecteren en documenteren (Inspectieresultaat Enschede, 2010).

Duikers zijn vrij vergelijkbaar met riolering gezien functie, locatie en huidige vorm van beheren. De keuze voor fietsbruggen is gemaakt omdat deze naar verwachting van Rik Meijer overzichtelijk te analyseren zijn. Dit maakt een volledige analyse binnen de onderzoeksperiode mogelijk. Bij het opstellen van de methode van fietsbrugbeheer is gebruik gemaakt van decompositie en is alleen voor het onderdeel 'brugdek' een beheermethode opgesteld. Alleen de methode voor het aspect 'stabiliteit van riolen' van rioolbeheer zal worden geanalyseerd. Dit aspect berust op het faalmechanisme 'instorten' van riolering.

1.6 PLAN VAN AANPAK

De analyse naar de toepasbaarheid van de methode is uitgevoerd door het opstellen van een methode van risico gestuurd beheer van duikers en fietsbruggen. Dit is voltooid door de genomen stappen voor het opstellen van de methodiek van rioolbeheer te doorlopen met de focus op duikers en fietsbruggen. Door het doorlopen van deze stappen is geconcludeerd of de methode toepasbaar is voor andere kunstwerken en zo ja, welke aanpassingen vereist zijn (zie Figuur 2). Om de methodes van risico gestuurd beheer op te stellen zijn de volgende stappen doorlopen:

1. Analyseren van de methode van risico gestuurd beheer van riolering;
2. Bepalen van een toetsingskader voor de ernst van het effect van een incident;
3. Inzicht verkrijgen in het falen van duikers en fietsbruggen;
4. Bepalen van de frequenties van incidenten (falen);
5. Opstellen van een matrix met verdeling van maten van ernst van falen van duikers en fietsbruggen;
6. Opstellen van randvoorwaarden voor de methodes van risico gestuurd asset management.

De uitkomst van dit onderzoek naar de toepasbaarheid van risico gestuurd beheer voor duikers en fietsbruggen dient als advies of deze beheermethode toepasbaar is op alle kunstwerken. Tevens is een actieplan opgesteld met de te ondernemen stappen voor de aanpassing van deze methodiek naar toepassing op andere kunstwerken.

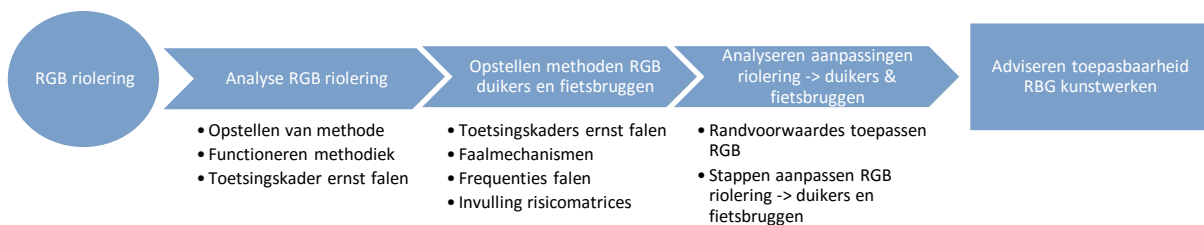
1.7 ONDERZOEKSVRAGEN

De stappen genoemd in hoofdstuk 1.6 zijn vertaald in verschillende hoofdvragen en bijbehorende sub-vragen. In hoofdstuk 1.8 wordt uitgelegd hoe deze vragen beantwoord zijn.

1. **Hoe wordt risico gestuurd beheer toegepast in het beheer van riolering door de gemeente Enschede?**
 - Hoe is deze methode opgesteld?
 - Hoe functioneert deze methode?
 - Welke vereenvoudigingen zijn gemaakt om deze methode te laten functioneren en overzichtelijk te houden?
2. **Hoe ziet het toetsingskader eruit ter beoordeling van de ernst van effecten van incidenten voor verschillende kunstwerken?**
 - Hoe wordt het toetsingskader vastgesteld?
 - Beschrijft het door de gemeente gekozen toetsingskader alle mogelijke gevolgen volledig?

3. **Hoe ontstaan mogelijke incidenten als gevolg van de toestand van kunstwerken?**
 - Hoe falen verschillende kunstwerken?
 - Moeten alle kunstwerken op één vastgesteld faalmechanisme beoordeeld worden?
4. **Hoe frequent komen incidenten voor?**
5. **Hoe worden risico's gevormd voor duikers en fietsbruggen?**
 - Hoe zien ernstmatrices voor duikers en fietsbruggen eruit?
 - Geeft het creëren van ernstmatrices voldoende informatie om risico's vast te stellen?
6. **Wat zijn de randvoorwaarden voor de toepassing van risico gestuurd asset management?**
7. **Wat zijn de te ondernemen stappen voor het aanpassen van een methode naar toepassing voor een ander soort kunstwerk?**

De doorlopen stappen met bijbehorende (sub)vragen zijn samengevat weergegeven in Figuur 3.



*RGB = Risico gestuurd beheer

Figuur 3 Samenvatting plan van aanpak

1.8 ONDERZOEKSMETHODEN

Om de (sub)vragen te beantwoorden zijn verschillende onderzoekstechnieken gebruikt. De voornaamst gebruikte technieken zijn document studie, literatuur studie en het afnemen van interviews. Dit hoofdstuk geeft voor alle opgestelde deelvragen (zie hoofdstuk 1.7) weer welke onderzoekstechnieken gebruikt zijn om de vraag te beantwoorden.

(1) Hoe wordt risico gestuurd beheer toegepast in het beheer van riolering door de gemeente Enschede?

Deze vraag is beantwoord door het bestuderen van de huidige methode van rioleringsbeheer. Dit is uitgevoerd door een document studie naar 'Proeftuin risico gestuurd beheer' (Hartemink & Meijer, 2015). Dit document beschrijft de totstandkoming van de methodes van risico gestuurd beheer van hemelwater, grondwater en riolering. Hierin wordt uitgelegd waarom de vraag naar deze aanpak aanwezig was en hoe deze vraag geleid heeft tot deze vorm van risico gestuurd beheer. Aangezien dit document geen wetenschappelijk document is, en daarom verschillende technische aspecten niet behandeld is een interview afgenomen met Rik Meijer. Rik Meijer is verantwoordelijk vanuit gemeente Enschede voor het opstellen van deze methodes. Dit gehele interview is weergegeven in bijlage H.

Belangrijke output van deze vraagstelling zijn de ondernomen stappen bij het opstellen van een methodiek, gemaakte aannames bij deze vaststelling en het verkrijgen van een algemeen inzicht in het functioneren van deze bestaande methode. Het resultaat van de analyse naar deze vraag is verwerkt in hoofdstuk 2.1.

(2) Hoe ziet het toetsingskader eruit voor de effecten van incidenten voor verschillende kunstwerken?

Deze vraag is beantwoord door een literatuurstudie naar de toepassingen van risico gestuurd beheer in verschillende werkvelden. Deze werkvelden verschillen van gemeenten tot bedrijven, ook zijn algemene onderzoeken naar risico gestuurd beheer geanalyseerd. Hierbij is geanalyseerd hoe toetsingskaders gerealiseerd zijn en op basis van welke kernwaarden effecten gestaffeld worden. Basis hierbij waren de door gemeente Enschede gekozen kernwaarden, welke geanalyseerd zijn uit dezelfde documentstudie (Proeftuin risico gestuurd beheer) en hetzelfde interview (bijlage H) als genoemd bij vraag 1. Vervolgens zijn alle gevonden kernwaarden getoetst aan de belangen van de gemeente Enschede middels toetsing aan het coalitieakkoord (D66, 2014).

De output van de analyse naar deze vraag zijn de potentiële kernwaarden voor toepassing in de op te stellen methodes voor het beheren van duikers en fietsbruggen. De uitkomst van de analyse naar deze vraag is weergegeven in hoofdstuk 2.2.

(3) Hoe ontstaan mogelijke incidenten als gevolg van de toestand van kunstwerken?

Deze vraag is beantwoord middels een literatuurstudie naar het falen van duikers en (fiets)bruggen. Gepland was om door gemeente Enschede gedocumenteerde faalincidenten en oorzaken van gepleegd onderhoud te analyseren. Door afwezigheid van deze documentatie van de gemeente is een interview afgenomen aan Robert Wensink. Robert Wensink is gegevensbeheerder kunstwerken bij de gemeente Enschede. Dit volledige interview is weergegeven in bijlage I. In dit interview werd verder verduidelijkt dat er geen documentatie bijgehouden wordt door de gemeente Enschede met betrekking tot het falen van kunstwerken, ook bleken gemeentelijke experts zich geen faalincidenten te herinneren. Door deze constatering zijn faalmechanismen geconcludeerd uit literatuuronderzoek en documentstudies naar inspectierapporten.

Voor duikers zijn hieruit verschillende manieren van falen geconcludeerd, welke vervolgens getest zijn op relevantie voor beheer middels toetsing aan inspectierapporten van gemeente Enschede (Inspectieresultaat Enschede, 2010). Op advies van ingenieursbureau Westenberg is decompositie van bruggen toegepast (Westenberg, 2016). De vastgestelde decompositie is geconcludeerd uit verder literatuuronderzoek naar soorten bruggen en onderdelen daarvan. De vastgestelde decompositie is getoetst door middel van een afgenomen interview met Martijn Wiefferink (bijlage J). Martijn Wiefferink is projectleider voor stadsingenieurs gemeente Enschede en bereidt grootschalige onderhoudsprojecten aan kunstwerken voor. Om deze reden heeft hij veel kennis over aanwezige bruggen in Enschede. Vervolgens zijn alleen voor het onderdeel 'brugdek' manieren van falen bepaald uit inspectierapporten (Inspectieresultaat Enschede, 2010).

De output van deze vraag zijn de faalmechanismen van brugdekken en duikers waarop beheer afgestemd is. Dit is gebruikt om incidenten en bijbehorende effecten te staffelen. De output van dit onderzoek is weergegeven in hoofdstuk 2.3. De verwerking van dit onderzoek in ingrijpmaatstaven is weergegeven in hoofdstuk 3.1.3 en 3.2.3.

(4) Hoe frequent komen incidenten voor?

Voor de vastgestelde faalmechanismen zijn frequenties bepaald. Hiervoor was gepland dit te voltooien middels een documentstudie naar de frequentie van het falen van kunstwerken binnen de gemeente Enschede. In verband met afwezigheid van deze documentatie zijn frequenties bepaald middels vergaderingen met een viertal experts van gemeente Enschede. Op basis van hun expertise en ervaring zijn alsnog frequenties vastgesteld door schattingen. Dit viertal bestond uit:

1. Rik Meijer, beleidsadviseur;
2. Paul Koekkoek, technisch adviseur buitenwegen;
3. Robert Wensink, gegevensbeheerder kunstwerken;
4. Martijn Wiefferink, projectleider stadsingenieurs.

De bepaalde frequenties zijn weergegeven in hoofdstuk 3.1.4 en 3.2.4.

(5) Hoe worden risico's gevormd voor duikers en fietsbruggen?

Het antwoord op deze vraag is gevonden door de gevonden informatie van vraag één tot en met vier te combineren. De bij vraag één geconcludeerde methodiek dient als basis voor het opstellen van nieuwe methodes. Uit deze informatie zijn een aantal randvoorwaarden geconcludeerd waaraan de op te stellen methodes moeten voldoen. Vervolgens zijn ingrijpmaatstaven vastgesteld. Gezien de gelijkenis tussen duikers en riolering en hoe deze worden geïnspecteerd zijn voor duikers dezelfde ingrijpmaatstaven als voor riolering gekozen. Voor brugdekken zijn nieuwe ingrijpmaatstaven vastgesteld. Aangezien er (nog) geen NEN-norm bestaat voor het inspecteren van de decompositieonderdelen van bruggen, zijn deze opgesteld aan de hand van inspectierapporten. De hierin geanalyseerd vormen van aantasting van een brugdek zijn vertaald naar ingrijpmaatstaven. Hierna zijn ernstmatrices vastgesteld. Deze ernstmatrices combineren de gevonden informatie betreffende hoe (delen van) kunstwerken falen (vraag drie) met de algemene ernstmatrix (bijlage B) welke geanalyseerd is bij vraag één.

Omdat beheer zeer op normen en waarden van verantwoordelijken gebaseerd is, is er geen algemene beste manier om beheer uit te voeren. Wel is er een manier die voor de gemeente Enschede en haar belangen het best toepasbaar is. Om de opgestelde methodieken hieraan te laten voldoen zijn alle geproduceerde matrices en ingrijpmaatstaven voorgelegd aan het bij vraag 4 genoemde viertalexperts. De invulling hiervan is vervolgens in vergaderingen met dit viertal besproken en aangepast naar hun expertise. Dit was een iteratief proces. De output van deze vraag zijn de opgestelde methodes voor het risico gestuurd beheren van duikers en riolering.

(6) Wat zijn de randvoorwaarden voor de toepassing van risico gestuurd asset management?

Deze vraag is beantwoord door de methodes voor beheer van riolering, duikers en fietsbruggen te analyseren op de gemaakte aannames en verwerkte restricties. Belangrijk hierbij was het analyseren welke verbeteringen nog te behalen zijn in deze methodes. Ook is hieruit geconcludeerd worden of de toepassing van risico gestuurd beheer wel aangeraden wordt. De output van deze vraag is verwerkt in de discussie (hoofdstuk 4) en vormt belangrijke input voor het beantwoorden van de hoofdvraag en daarmee de inhoud van de conclusie (hoofdstuk 5).

(7) Wat zijn de te ondernemen stappen voor het aanpassen van een methode naar toepassing voor een ander soort kunstwerk?

Deze vraag is beantwoord door het doorlopen proces van het beantwoorden van vraag één tot en met zes te analyseren. Hierbij wordt gefocust op welke problemen zich tijdens dit proces hebben voorgedaan en opgelost moesten worden. Output van deze vraag is een stappenplan voor het aanpassen van de methodiek voor het beheren van riolering naar toepassing op een ander soort kunstwerk. Dit is weergegeven in hoofdstuk 3.3

Hoofdvraag: is risico gestuurd beheer zoals toegepast voor riolering toepasbaar op kunstwerken?

Deze vraag is beantwoord door alle zeven beantwoorde vragen te analyseren. Hierbij is gefocust op eventuele problemen bij het opstellen van methodes voor duikers en fietsbruggen. Gezien het verschil tussen de soorten kunstwerken (duikers en fietsbruggen) is een goede inschatting te maken voor toepassing op overige kunstwerken. Deze informatie is verwerkt in een advies over de toepasbaarheid van de methode van risico gestuurd beheer. De output van deze vraag staat weergegeven in de conclusie (hoofdstuk 5)

1.9 LEESWIJZER

Hoofdstuk 2 beschrijft alle genomen stappen om de methodes van risico gestuurd beheer van duikers en brugdekken op te stellen. In paragraaf 2.1 wordt de analyse van risico gestuurd rioleringsbeheer weergegeven. Paragraaf 2.2 presenteert de totstandkoming van het toetsingskader voor de twee opgestelde methodes. In paragraaf 2.3 worden faalmechanismen van de kunstwerken geanalyseerd.

Hoofdstuk 3 geeft de opgestelde methodes van risico gestuurd beheer van duikers en brugdekken weer. In paragraaf 3.1 wordt de opgestelde methode van risico gestuurd beheer van duikers weergegeven. Paragraaf 3.2 presenteert de opgestelde methode van risico gestuurd beheer van brugdekken van fietsbruggen. Paragraaf 3.3 beschrijft het stappenplan om methodes van risico gestuurd beheer aan te passen naar toepassing op een (ander) kunstwerk.

In hoofdstuk 4 worden vereenvoudigingen en van de opgestelde methodes uiteengezet. Ook worden aspecten die eventueel de betrouwbaarheid van de opgestelde methodes doen betwijfelen bediscussieert.

In hoofdstuk 5 wordt de hoofdvraag beantwoord en geconcludeerd of risico gestuurd beheer toepasbaar is op kunstwerken.

Hoofdstuk 6 geeft interessante en opmerkelijke bevindingen van dit onderzoek weer. Ook worden aan de hand van deze bevindingen aanbevelingen tot vervolgonderzoek gedaan.

2. OPSTELLEN METHODES RISICO GESTUURD BEHEER DUKERS EN FIETSBRUGGEN

2.1 ANALYSE RISICO GESTUURD BEHEER VAN RIOLERING

Om tot een advies te komen of de methodiek van risico gestuurd asset management zoals in het beheer van riolering toegepast kan worden voor het beheer van fietsbruggen en duikers, is eerst inzicht verkregen in de methodiek zelf. Zoals eerder genoemd in hoofdstuk 1.3, heeft de gemeente Enschede in 2015 een methodiek opgesteld voor het risico gestuurd beheer van hun riolering. In dit hoofdstuk is beschreven hoe deze methode opgesteld is en hoe deze functioneert. In bijlage G wordt een voorbeeld gegeven hoe de methode in de praktijk toegepast wordt. Informatie weergegeven in dit hoofdstuk komt voort uit een document studie van het document “proeftuin risico gestuurd beheer” (Hartemink & Meijer, 2015) en een interview gehouden aan Rik Meijer(bijlage H).

2.1.1 HOE IS DE METHODIEK VOOR RIOLERING OPGESTELD

Het risico gestuurde asset management van riolering van de gemeente Enschede berust op het gebruik van een risicomatrix (zie bijlage F). Deze matrix geeft voor een (stuk) riool het bijbehorende risico weer. Om het risico te bepalen in deze matrix wordt gebruik gemaakt van een onderliggende matrix, de ‘ernstmatrix’, welke voor een incident het bijbehorende effect op het toetsingskader geeft. Hierbij is het meest ernstige effect maatgevend. Deze informatie gecombineerd met frequentie van voorkomen van datzelfde incident vormt een risico, welke boven of onder een vastgestelde grenswaarde ligt. Deze grenswaarde is afhankelijk van het beschikbare budget. Een kleiner onderhoudsbudget betekent dat grotere risico’s geaccepteerd worden.

De methode van risico gestuurd beheer van riolering voor de gemeente Enschede is opgesteld door een ambtelijke werkgroep, waarbij een aantal externe specialisten op het gebied van riolering zijn betrokken. Dit is in samenwerking gedaan met STOWA, RIONED en waterschap Vechtstromen. De methode is vervolgens vastgesteld door de gemeenteraad.

Toetsingskader falen

Voor het opstellen van deze methode zijn een aantal stappen doorlopen. Allereerst is een toetsingskader vastgesteld om de effecten van een incident meetbaar te maken. De gemeente Enschede heeft dit gedaan in de vorm van vier kernwaarden, waarvan één kernwaarde nog verder is opgedeeld. De kernwaarden zijn:

- Veiligheid en gezondheid;
- Kwaliteit leefomgeving;
 - > Bereikbaarheid;
 - > Leefbaarheid openbare ruimte;
 - > Leefbaarheid particulier terrein;
- Kosten;
- Imago.

Het effect van een incident wordt weergegeven door de mate waarin elke kernwaarde wordt aangetast. Er is voor deze kernwaarden gekozen omdat deze alle aspecten dekken die de gemeente Enschede belangrijk vindt. Tevens is door de ambtelijke werkgroep een literatuurstudie verricht naar gemeentes die reeds risico gestuurd beheer toepasten. Hierbij is door de werkgroep geanalyseerd welke kernwaarden andere gemeenten gebruiken. Een voorbeeld van zo’n gemeente is Rotterdam, welke een zevental kernwaarden toepast; wet- en regelgeving, economie, veiligheid, bereikbaarheid/beschikbaarheid, kwaliteit leefomgeving, milieu/gezondheid & politiek (Rotterdam, 2016). Een aantal van deze aspecten komen overeen met de kernwaarden van de gemeente Enschede, maar zijn anders benoemd (bijvoorbeeld kosten vs. economie). Kernwaarden die gemeente Rotterdam wel heeft opgenomen in hun methode maar de gemeente Enschede niet zijn ‘wet- en regelgeving’ en ‘milieu’. Reden van het niet opnemen van ‘wet- en regelgeving’ door

gemeente Enschede is dat dat door de werkgroep gezien wordt als een eis en geen beoordelingscriterium. “Daar moeten we gewoon aan voldoen” (Meijer, 2016). Het criterium ‘milieu’ is niet als losse kernwaarde gekozen omdat deze al verweven zit in de vier gekozen kernwaarden volgens de werkgroep.

Maatgevend faalmechanisme riolering

Nadat de werkgroep het toetsingskader heeft vastgesteld is bepaald welke faalmechanisme als maatgevend wordt gebruikt om beheer op af te stemmen. Hierbij is door de werkgroep geanalyseerd welk faalmechanisme de kernwaarden beïnvloed en een reële kans heeft op voorkomen. Hierbij is gekozen voor het instorten van een rioolbuis, ook wel ‘stabiliteit van riolen’ genoemd. Voor dit faalmechanisme zijn later frequenties en effecten vastgesteld door de werkgroep.

Categoriseren ernst incidenten

Vervolgens is door de werkgroep bepaald welke vorm de output van een risicoanalyse krijgt. Hier is gekozen om effecten van falen uit te drukken in een van zes categorieën van ernst, waarbij een numerieke score van 0.01 tot en met 1000 symbool staat een voor een bepaalde mate van ernst (zie Tabel 1). In een later stadium zijn beschrijvingen toegevoegd wanneer een incident tot een van deze categorieën behoort.

Tabel 1 Categorieën ernst van een incident

Categorie van ernst	
Kwantitatief	Kwalitatief
1000	Zeer ernstig
100	Ernstig
10	Aanzienlijk
1	Matig
0,1	Klein
0,01	Zeer klein

Er is door de werkgroep gekozen voor deze aanpak omdat dit prioriteitenstelling van risico's mogelijk maakt voor het werken met onnauwkeurige gegevens. Het uitdrukken van risico's in geld, zoals de gemeente Rotterdam bijvoorbeeld doet (Rotterdam, 2016), vereist het hebben van nauwkeurige gegevens. Het verkrijgen van nauwkeurige gegevens en het berekenen van bijbehorende kosten kost veel tijd en is niet altijd mogelijk. De gemeente Enschede is voornamelijk geïnteresseerd in welk onderhoud welke prioriteit heeft, en is minder geïnteresseerd in de exacte grootte van een bepaald risico. Om deze reden wordt door gemeente Enschede genoeg genomen met het categoriseren van zes maten van risico en wordt elk effect van falen (en daarmee elk risico) niet in euro's uitgerekend (Meijer, 2016).

Ernst van een incident

Na het vaststellen van het toetsingskader en de categorieën van ernst is vastgesteld wanneer een incident tot een bepaalde categorie van ernst hoort. Zoals verteld hangt dit af van de mate waarin de kernwaarden beïnvloed worden.

De ambtelijke werkgroep heeft een matrix opgesteld met op de x-as de genoemde kernwaarden en op de y-as de zes categorieën van ernst. In alle cellen heeft zij per kernwaarde een kwalitatieve beschrijving geplaatst wanneer een incident in een bepaalde ernstcategorie valt. Een voorbeeld:

Een incident wordt volgens de kernwaarde ‘veiligheid & gezondheid’ als zeer ernstig bevonden als er ≥ 1 dode en/of ≥ 5 zwaar gewonden vallen. Deze matrix, de algemene ernstmatrix, wordt weergegeven in bijlage B (een kleinere weergave is weergegeven in Tabel 2).

Tabel 2 Verkleinde weergave algemene ernstmatrix

		Veiligheid & gezondheid	Waarden				Kosten en financiën	Imago
			Bereikbaarheid A: erg belangrijk gebied B: tamelijk belangrijk gebied	Leefbaarheid openbare ruimte (OR)	Leefbaarheid particulier terrein			
Ernstcategorie	Zeer ernstig	En of meer dodelijke slachtoffers en/of meer dan 5 zwaar gewonden (of ernstig zwaar)	n.v.t. voor riolering	n.v.t. voor riolering	n.v.t. voor riolering	≤ 10 MK	Afweiden gehele collage van besluit waterhuishouding	(gevolg)Schade die voortvloeit uit instorting van de weg veroorzaakt door instorting
	Ernstig	5-5 Zwaar gewonden en/of ernstig zwaar, meer dan 10 licht gewonden of zieken	2. Meerdere categorieën A niet meer bereikbaar en/of 3. Op stadswegen: ernstige verkeersproblemen, 3. Gedurende meerdere uren	Op stadswegen: 2. Meerdere categorieën A niet meer bereikbaar en/of 3. Op stadswegen: ernstige verkeersproblemen, 3. Gedurende meerdere dagen en/of	Op stadswegen: 2. Meerdere categorieën A niet meer bereikbaar en/of 3. Op stadswegen: ernstige verkeersproblemen, 3. Gedurende meerdere dagen en/of	≤ 10 MK	Afweiden werkbuis of het dagelijks besluit waterhuishouding	(gevolg)Schade die voortvloeit uit instorting van de weg veroorzaakt door instorting
	Aanzienlijk	1 zwaar gewonde of ernstig zwaar / 5-10 licht gewonden of zieken	3. En of meerdere categorieën B niet meer bereikbaar en/of 4. Op stadswegen: ernstige verkeersproblemen, 4. Gedurende meerdere uren	Op stadswegen: 3. En of meerdere categorieën B niet meer bereikbaar en/of 4. Op stadswegen: ernstige verkeersproblemen, 4. Gedurende meerdere dagen en/of	Op stadswegen: 3. En of meerdere categorieën B niet meer bereikbaar en/of 4. Op stadswegen: ernstige verkeersproblemen, 4. Gedurende meerdere dagen en/of	≤ 10 MK	Op grote schaal klachten, forse negatieve publiciteit in media en RTV, en/of	(gevolg)Schade die voortvloeit uit instorting van de weg veroorzaakt door instorting
	Matig	5-5 Licht gewonden of zieken	4. Op stadswegen: ernstige verkeersproblemen, 4. Gedurende meerdere uren	Op stadswegen: 4. Op stadswegen: ernstige verkeersproblemen, 4. Gedurende meerdere dagen en/of	Op stadswegen: 4. Op stadswegen: ernstige verkeersproblemen, 4. Gedurende meerdere dagen en/of	≤ 10 MK	Klachten en negatieve publiciteit op werkdagen	(gevolg)Schade die voortvloeit uit instorting van de weg veroorzaakt door instorting
	Klein	1 licht gewonde of zieke	5. Op stadswegen: ernstige verkeersproblemen, 5. Gedurende meerdere uren	Op stadswegen: 5. Op stadswegen: ernstige verkeersproblemen, 5. Gedurende meerdere dagen en/of	Op stadswegen: 5. Op stadswegen: ernstige verkeersproblemen, 5. Gedurende meerdere dagen en/of	≤ 10 MK	Meerdere klachten in een straat	(gevolg)Schade die voortvloeit uit instorting van de weg veroorzaakt door instorting
	Zeer klein	Geen gewonden of zieken	6. Op stadswegen: ernstige verkeersproblemen, 6. Gedurende meerdere uren	Op stadswegen: 6. Op stadswegen: ernstige verkeersproblemen, 6. Gedurende meerdere dagen en/of	Op stadswegen: 6. Op stadswegen: ernstige verkeersproblemen, 6. Gedurende meerdere dagen en/of	≤ 10 MK	Individuele klachten	(gevolg)Schade die voortvloeit uit instorting van de weg veroorzaakt door instorting

Tabel 3 Verkleinde weergave rioolstabiliteit ernstmatrix

		Veiligheid & gezondheid	Waarden				Kosten en financiën	Imago
			Bereikbaarheid A: erg belangrijk gebied B: tamelijk belangrijk gebied	Leefbaarheid openbare ruimte (OR)	Leefbaarheid particulier terrein			
Ernstcategorie	Zeer ernstig	Omgeving instabiel in de gehele stad veroorzaakt door instorting van de weg veroorzaakt door instorting						(gevolg)Schade die voortvloeit uit instorting van de weg veroorzaakt door instorting
	Ernstig	Omgeving instabiel in de gehele stad veroorzaakt door instorting van de weg veroorzaakt door instorting						(gevolg)Schade die voortvloeit uit instorting van de weg veroorzaakt door instorting
	Aanzienlijk	Omgeving instabiel in de gehele stad veroorzaakt door instorting van de weg veroorzaakt door instorting						(gevolg)Schade die voortvloeit uit instorting van de weg veroorzaakt door instorting
	Matig	Omgeving instabiel in de gehele stad veroorzaakt door instorting van de weg veroorzaakt door instorting						(gevolg)Schade die voortvloeit uit instorting van de weg veroorzaakt door instorting
	Klein	Omgeving instabiel in de gehele stad veroorzaakt door instorting van de weg veroorzaakt door instorting						(gevolg)Schade die voortvloeit uit instorting van de weg veroorzaakt door instorting
	Zeer klein	Omgeving instabiel in de gehele stad veroorzaakt door instorting van de weg veroorzaakt door instorting						(gevolg)Schade die voortvloeit uit instorting van de weg veroorzaakt door instorting

Voor de vaststelling hiervan is met de ingevulde kolommen verticaal geschoven totdat op elke rij een zestal omschrijvingen stond die voor de werkgroep vergelijkbaar erg aanvoelden. De methode is mede om deze reden dan ook zeer op normen en waarden gebaseerd.

Na het vaststellen van deze algemene ernstmatrix is deze gespecialiseerd voor aan rioleringsstabiliteit gebonden omstandigheden. Als voorbeeld, nu is er omschreven wat voor soort rioolbuis moet instorten om ≥ 1 dode en/of ≥ 5 zwaar gewonden te veroorzaken. De uitkomst van deze specialisatie is de rioolstabiliteit specifieke ernstmatrix en wordt klein weergegeven Tabel 3 en groot in bijlage C. Er is door de werkgroep gekozen om de invulling van deze matrix te voltooien met in elke cel van dezelfde kernwaarde hetzelfde overkoepelende effect, welke varieert in ernst door de schaal waarop dat effect optreedt.

Onderhoudsstaat van riolering

Er is door de werkgroep gekozen de staat waarin rioolbuizen verkeren tijdens een inspectie te verwerken in de 'effect kant' van de risicoformule (formule 1). Dit is verwerkt in extra ernstmatrices. Deze zijn alleen opgesteld voor de kernwaarden 'veiligheid en gezondheid' en 'bereikbaarheid' aangezien kosten en aantal klachten (imago) numerieke op zichzelfstaande gegevens zijn. Daarbij zijn aantal klachten en aantal euro's leidend. Bij de kernwaarden 'veiligheid en gezondheid' en 'bereikbaarheid' kunnen gewonden, zwaar gewonden en doden vallen. Zo zijn er ook verschillende mate van vermindering van bereikbaarheid.

De extra ernstmatrices zijn gebaseerd op ingrijpmaatstaven en zijn weergegeven in bijlage D (kleine weergaven in Tabel 4 en Tabel 5). Deze ingrijpmaatstaven beschrijven voor verschillende oorzaken voor instorting van een rioolbuis hoe erg deze oorzaak aanwezig moet zijn voordat er actie wordt ondernomen. Hierbij is aangenomen dat het bereiken van een ingrijpmaatstaaf gelijk staat aan het instorten van een rioolbuis. Voor de verdeling van ingrijpmaatstaven zie bijlage E en Tabel 6.

Middels deze twee extra matrices kan zowel risico bepaald worden voor een individuele streng riolering als voor alle riolering in Enschede door het gebruiken en niet gebruiken van sommige toetsingskaders van ingrijpmaatstaven. Voor het vaststellen voor de ernstcategorie van deze twee kernwaarden zijn deze twee matrices leidend. Hiervoor dient een uitgevoerde inspectie te worden vertaald naar gedefinieerde maatstaven. De mate waarop dit voorkomt bepaalt, samen met de

eigenschappen van de rioolbuis (locatie, diameter, functie bovenliggende weg) de mate van ernst van deze twee kernwaarden.

Tabel 4 Extra ernstmatrix veiligheid en gezondheid riolering

Veiligheid en gezondheid			
	Omvang probleem	Locatie en functie weg	Diameter riool
Zeernstig	Ingrijpmaatstaven in meer dan 25% van de strengen	Ingrijpmaatstaven in meer dan 10% van de strengen onder: - doorgaande wegen - calamiteitsroutes	Ingrijpmaatstaven bij leidingen > 1.000mm
Ernstig	Ingrijpmaatstaven in 10-25% van de strengen	Ingrijpmaatstaven in 5-10% van de strengen onder: - doorgaande wegen - calamiteitsroutes	Ingrijpmaatstaven bij leidingen 700-D<1.000mm
Aanzienlijk	Ingrijpmaatstaven in 5-10% van de strengen	Ingrijpmaatstaven in 1-5% van de strengen onder: - doorgaande wegen - calamiteitsroutes	Ingrijpmaatstaven bij leidingen 600-D<700mm
Matig	Ingrijpmaatstaven in 1-5% van de strengen	Ingrijpmaatstaven in 1-5% van de strengen onder: - fietspaden	Ingrijpmaatstaven bij leidingen 500-D<600mm
Klein	Ingrijpmaatstaven in minder dan 1% van de strengen	Ingrijpmaatstaven in minder dan 1% van de strengen onder woonstraten	Ingrijpmaatstaven bij leidingen 400-D<500mm
Zeern klein	-	-	Ingrijpmaatstaven bij leidingen < 400mm

Tabel 5 Extra ernstmatrix bereikbaarheid riolering

Bereikbaarheid:				
	Omvang probleem	Locatie en functie weg	Tunnels	Diameter riool
Zeernstig	-	-	-	-
Ernstig	Hele stad Ingrijpmaatstaven in meer dan 20% van de strengen	Ingrijpmaatstaven in meer dan 20% van de strengen onder: - doorgaande wegen - calamiteitsroutes	Ingrijpmaatstaven onder tunnels in hoofdafvoer routes	Ingrijpmaatstaven bij leidingen > 1.000mm
Aanzienlijk	Hele stad Ingrijpmaatstaven in 5-10% van de strengen of 1 wijk > 25%	Ingrijpmaatstaven in 5-25% van de strengen onder: - doorgaande wegen - calamiteitsroutes	Ingrijpmaatstaven onder secundaire tunnels	Ingrijpmaatstaven bij leidingen 700-D<1.000mm
Matig	1 Of enkele wijken Ingrijpmaatstaven in 5-25% van de strengen	Ingrijpmaatstaven in 1-5% van de strengen onder: - doorgaande wegen - calamiteitsroutes	Ingrijpmaatstaven onder onderdoorgangen	Ingrijpmaatstaven bij leidingen 500-D<700mm
Klein	Hele stad Ingrijpmaatstaven in 1-5% van de strengen	Ingrijpmaatstaven in 1-5% van de strengen onder: - Wijkverzamelwegen - fietspaden	Ingrijpmaatstaven onder fiets- en voetgangerstunnels	Ingrijpmaatstaven bij leidingen 400-D<500mm
Zeern klein	1 Of enkele wijken Ingrijpmaatstaven in 1-5% van de strengen	Ingrijpmaatstaven in minder dan 1% van de strengen onder woonstraten	-	Ingrijpmaatstaven bij leidingen < 400mm

Tabel 6 Ingrijpmaatstaven riolering

Ingrijpmaatstaven	Omschrijving
BAC 4-5 breuk	Breuk in buis
BAO 5	Grond zichtbaar vanuit buis (gat)
BBD 4-5	Binnendringen van grond in rioolbuis
BAP 5	Holle ruimte in beton
BAF 5	Oppervlakteschade buis

Kans op falen

Na het vaststellen van effect van een mogelijk incident, is de kans op dat incident bepaald om risico gestuurd beheer mogelijk te maken. De gemeente Enschede heeft voor het onderwerp 'stabiliteit van riolen' historische gegevens van de riolen van Enschede bestudeert. Hierin is onderzocht hoe vaak het voorkomt dat een riool instort in de gemeente Enschede. Dit komt gemiddeld vier keer per jaar voor in Enschede (Meijer, 2016). Voor alle riolering in Enschede is dezelfde kans op instorten van vier keer per jaar aangenomen, onafhankelijk van het soort riool. Zelfs een pas aangelegd riool heeft die kans op instorten toegewezen gekregen. Hier is door de werkgroep voor gekozen omdat riolering over het algemeen per stukken van enkele honderden meters wordt vervangen, terwijl er vele kilometers aan riolering aanwezig is in Enschede. De kans op instorten is voor de overzichtelijkheid van de methodiek niet (nog) locatie specifiek of rioolbuisgrootte specifiek gemaakt. Dit betekent dat voor nu kans op falen losgekoppeld is van de onderhoudsstaat van een (stuk) riool. Dit moet nog verder ontwikkeld worden (Meijer, 2016).

Ook voor de frequentie is een zestal categorieën vastgesteld met bijbehorende jaarlijkse frequenties van 0.0003 tot en met 30 (zie Tabel 7). Ook hierbij zijn tussenstappen van een factor tien gebruikt. Vervolgens zijn bij deze frequenties kwalitatieve beschrijvingen toegevoegd welke variëren van '(vrijwel) onmogelijk' voor een jaarlijkse frequentie van 0.0003 tot en met 'vaak' voor een jaarlijkse frequentie van 30. Voor de overzichtelijkheid zijn bij de frequenties ook een beschrijvingen toegevoegd in de vorm van '1/..jaar'. De frequentie van het instorten van een riool in de gemeente Enschede van vier maal per jaar betekent dat voor de stabiliteit van riolering de frequentie altijd in de kolom 'geregeld' staat.

Tabel 7 Frequentie categorieën

Omschrijving	Categorie					
	(vrijwel) Onmogelijk	Onwaarschijnlijk	Mogelijk	Waarschijnlijk	Geregeld	Vaak
Freq. (keer/jaar)	0,0003	0,003	0,03	0,3	3	30
Frequentie	< 1/1000 jaar	≥ 1/1000 jaar < 1/100 jaar	≥ 1/100 jaar < 1/10 jaar	≥ 1/10 jaar < 1/jaar	≥ 1/jaar < 1/maand	≥ 1/maand

Bepalen van risico's

Vervolgens zijn de zes categorieën van ernst en de zes frequentie categorieën samengevoegd in een risicotabel (zie bijlage F, voor een kleine weergave zie Tabel 9) en zijn de cellen van deze matrix ingevuld met een risicohoogte die varieert van 'zeer laag' tot en met 'extreem hoog'. Hierbij wordt het risico weergegeven door de kwantitatieve waarden van categorie van ernst van een incident te vermenigvuldigen met de frequentie van het incident. De vertaling van de gevonden kwantitatieve risico's naar een kwalitatieve beschrijving is weergegeven in Tabel 8.

Tabel 8 Vertaling kwantitatieve risico's naar kwalitatieve risico's

Kwantitatieve beschrijving risico	Kwalitatieve beschrijving risico
≥ 300	Extreem hoog
30	Zeet hoog
3	Hoog
0.3	Matig
0.03	Laag
≤ 0.003	Zeet laag

Tabel 9 Verkleinde weergave algemene risicotabel

		Frequentie categorie					
		(vrijwel) Onmogelijk 0,0003 (jaar) < 1/1000 jaar	Onwaarschijnlijk 0,003 (jaar) ≥ 1/1000 jaar < 1/100 jaar	Mogelijk 0,03 (jaar) ≥ 1/100 jaar < 1/10 jaar	Waarschijnlijk 0,3 (jaar) ≥ 1/10 jaar < 1/jaar	Geregeld 3 (jaar) ≥ 1/jaar < 1/maand	Vaak 30 (jaar) ≥ 1/maand
Categorie van ernst	Zeet ernstig (1000)	M	H	ZH	EH	EH	EH
	Ernstig (100)	L	M	H	ZH	EH	EH
	Aanzienlijk (10)	ZL	L	M	H	ZH	EH
	Matig (1)	ZL	ZL	L	M	H	ZH
	Klein (0,1)	ZL	ZL	ZL	L	M	H
	Zeet klein (0,01)	ZL	ZL	ZL	ZL	L	M

Middels de risicotabel (bijlage F en

Tabel 9) kunnen risico's van stukken riolering gevonden worden, en kan urgentie van te plegen onderhoud bepaald worden. Als het voorkomt dat verschillende stukken riolering onder eenzelfde risicocategorie vallen, moet er tussen die stukken riolering geprioriteerd worden. De ambtelijke werkgroep heeft hiervoor een doelmatigheidstoets vastgesteld.

Zoals de naam al onthult geeft deze toets de impact van een eventueel te plegen onderhoud weer. Doelmatigheid is hierin weergegeven als in formule 2.

$$\text{Doelmatigheid} = \frac{(\text{risico voor onderhoud}) - (\text{risico na onderhoud})}{\text{kosten van desbetreffende onderhoud (per 10.000€)}} \quad (\text{formule 2})$$

In deze formule wordt voor risico de kwantitatieve waarde ingevuld als weergegeven in Tabel 8. Opvallend hierin is dat de kans op instorten met de huidige aanname niet kan dalen. Risico's worden daarom alleen verlaagd als gevolg van een daling van de mate van aantasting van een riool, oftewel een daling van het aantal ingrijpmaatstaven. Hierbij wordt aangenomen dat rioolvervanging en relinen (zie terminologie) tot een laag risico leidt (niveau zeer laag is niet mogelijk voor de bijbehorende frequentie). Kleine ingrepen leiden tot een matig of hoog risico. Uiteindelijk krijgt het geplande onderhoud met de hoogste doelmatigheid de hoogste prioriteit. Voor een voorbeeld van het functioneren van deze methode zie bijlage G.

2.2 KERNWAARDES VOOR DUIKERS EN FIETSBRUGGEN

Zoals genoemd in hoofdstuk 2.1 is de eerste stap in het opstellen van de methodiek het vaststellen van een toetsingskader in de vorm van kernwaarden. In dit hoofdstuk is onderzocht welke kernwaarden van belang zijn voor de gemeente Enschede. Bij het opstellen van beheermethodes krijgen kernwaarden die van toepassing zijn op een kunstwerk een invulling. Zoals beschreven in de onderzoeksmethode is deze analyse uitgevoerd door verschillende literatuur- en documentstudies en zijn gevonden kernwaarden getoetst aan het coalitieakkoord van 2014-2018.

2.2.1 REEDS GEBRUIKTE KERNWAARDEN

Uitgangspunt voor het opstellen van kernwaarden is de reeds gebruikte reeks kernwaarden door de gemeente Enschede, namelijk:

- Veiligheid en gezondheid;
- Kwaliteit leefomgeving;
 - > Bereikbaarheid;
 - > Leefbaarheid openbare ruimte;
 - > Leefbaarheid particulier terrein;

- Kosten;
- Imago.

De eerste bestudeerde literatuur is de paper 'Risk-based maintenance - Techniques and applications', door N.S. Arunraj en J. Maiti (Arunraj & Maiti, 2006). Dit werk beschrijft tweeënzestig toegepaste methodes van risico gestuurd asset management en concludeert een algemeen stappenplan om tot zo'n methodiek te komen. Hierin wordt onder andere beschreven hoe men tot een consequentie (effect van een incident) analyse komt. Beschreven consequenties zijn; **productie verlies, asset verlies, milieu verlies, en gezondheid & veiligheid verlies**. Verder wordt verlies van productie soms onderverdeeld in **verlies van prestatie en operationeel verlies**.

F. Heinz heeft een paper geschreven over risico gestuurd asset management van netbeheer met betrekking tot elektriciteit (Heinz, 2003). Deze paper, genaamd 'Risk based asset management' beschrijft onder andere het stappenplan om risico gestuurd beheer mogelijk te maken. Hierin worden drie soorten effecten onderscheiden;

- **Leveringszekerheid gerelateerde effecten; kosten t.g.v. een defect;**
- **Klantgerichte effecten; klachten met als gevolg boetes;**
- **Operationele effecten.**

De paper 'Effectiveness of infrastructure asset management at public agencies' (Hartman & Dewulf, 2015) beschrijft de effectiviteit van het toepassen van risico gestuurd asset management bij het beheren van infrastructuur door provinciale overheidsinstanties. De focus ligt hierbij op wegen. Aangezien de gemeente Enschede een overheidsinstantie is, en de beschreven methode ook met een effect matrix werkt, woog de informatie uit deze paper zwaarder bij de beslissing welke kernwaarden gekozen zijn. Dit onderzoek beschrijft een toetsingskader in de vorm van zes effect categorieën, namelijk; **veiligheid, bereikbaarheid, comfort (van wegen), aanzien (imago), leefbaarheid en milieu**.

Als laatste is een vergelijking gemaakt met de uitvoering van risico gestuurd asset management van de gemeente Woudenberg van riolering (Velden & Wisse, 2013). De gemeente Woudenberg werkt net als de gemeente Enschede met een kwalitatieve methode berustend op een risicomatrix. Deze methode werkt ook met kernwaarden en verschillende categorieën van ernst van effecten. De hierin gekozen kernwaarden zijn; **bedrijfscontinuïteit, veiligheid & gezondheid, gevolgschade, milieu en reputatie & overlast**.

De in de literatuur gevonden kernwaarden zijn weergegeven in Tabel 10 en ingedeeld naar vergelijkbaarheid met de kernwaarden van de gemeente Enschede. Vervolgens is in de kolom 'geanalyseerde kernwaarden' een overkoepelende term weergegeven voor alle gevonden kernwaarden. In de volgende paragraaf zal onderzocht worden welke van de zes geanalyseerde kernwaarden meegenomen worden in het risico gestuurde asset management van duikers en fietsbruggen.

Tabel 10 Geïdentificeerde kernwaarden uit literatuur en praktijk

Gemeente Enschede	Arunaj & Maiti	Heinz	Hartmann & Dewulf	Gemeente Woudenberg	Geïdentificeerde kernwaarden
Veiligheid en gezondheid	Veiligheid en gezondheid		Veiligheid	Veiligheid en gezondheid	Veiligheid en gezondheid
Kwaliteit leefomgeving			Bereikbaarheid Comfort Leefbaarheid		Kwaliteit leefomgeving
Kosten		Kosten		Gevolgschade	Kosten
Imago		Klachten	Imago	Reputatie en overlast	Imago
	Milieu		Milieu	Milieu	Milieu
	Productie verlies, asset verlies	Operationele effecten		Bedrijfs-continuïteit	Functie

2.2.2 TOETSING POTENTIELE KERNWAARDEN

De volgende stap was het onderzoeken of de zes gevonden potentiële kernwaarden overeenkomen met de belangen van de gemeente Enschede middels toetsing aan het coalitieakkoord. Tevens beschrijven enkele in paragraaf 3.2.1 genoemde literatuurwerken risico gestuurd asset management voor het bedrijfsleven. Hierom wordt ook onderzocht of gevonden potentiële kernwaarden bedrijfslevensspecifiek zijn, en daarom ongeschikt voor de toepassing van een gemeentelijk beheer.

Het uitgangspunt van deze analyse was de vier kernwaarden die door de gemeente Enschede reeds gebruikt worden. Aangezien dit onderzoek voor de gemeente Enschede verricht wordt is er gekozen niet te schrappen in de door hun gekozen kernwaarden. Dat brengt de focus van deze analyse op de twee resterende kernwaarden; functie en milieu.

Milieu

De titel van het coalitieakkoord 2014-2018 van de gemeente Enschede is “Duurzaam, samen, sterker!” (D66, 2014). Hieruit blijkt al dat duurzaamheid een zeer belangrijke rol speelt in het besturen door de gemeente Enschede. Uit een citaat uit het akkoord: “Duurzaamheid geldt dus niet alleen voor natuur en milieu, maar ook voor werkgelegenheid en een realistisch” blijkt dat milieu als een belangrijke pijler voor duurzaamheid wordt gezien. Het coalitieakkoord geeft bevestiging van het moeten gebruiken van de kernwaarde ‘milieu’.

De gemeente Enschede heeft in haar opgestelde beheermethode van riolering de term ‘milieu’ niet als individuele kernwaarde toegepast. Reden hiervoor is dat de term al verwerkt zat in de vier gekozen kernwaarden (Meijer, 2016). Om dit te kunnen toetsen is de definitie van ‘milieu’ opgezocht: “Het milieu is een omgeving en de factoren daarbij, die een invloed uitoefenen op het leven erin. Meestal is de omgeving natuur” (Milieu uwiki, 2011). De factoren die invloed uitoefenen op het leven in Enschede zijn voor een groot deel opgenomen in de kernwaarde ‘kwaliteit leefomgeving’. Alleen de term ‘natuur’ is niet verwerkt in de bijbehorende sub-verdeling van deze kernwaarde. Gezien het feit dat ‘natuur’ een zeer belangrijke rol speelt in de term ‘milieu’ is besloten dat de kernwaarde ‘milieu’ toegevoegd moet worden aan de vier bestaande kernwaarden.

Functie

De potentiële kernwaarde ‘functie’ komt voort uit de termen ‘productie verlies’, ‘asset verlies’, ‘operationele effecten’ en ‘bedrijfscontinuïteit’. Twee van de drie bronnen waarin deze termen gevonden zijn, namelijk (Heinz, 2003) en (Arunaj & Maiti, 2006) beschrijven deels (Arunaj) of volledig (Heinz) asset management vanuit het bedrijfsleven en niet vanuit een overheidsinstelling.

Dit doet de toegevoegde waarde van de kernwaarde ‘functie’ in dit onderzoek in twijfel trekken.

De functie van een brug is “het verbinden van twee punten, gescheiden door een rivier, kloof of ander obstakel, voor verkeer” (wikipedia, 2016). De functie van verbinden voor verkeer zit echter al verwerkt in de (sub)kernwaarde ‘bereikbaarheid’.

Voor duikers geldt hetzelfde. De functie van een duiker is om wateren met elkaar te verbinden (Duiker, 2014). De functie van het verbinden van water zit al verwerkt in de kernwaarde 'milieu'. Hierom biedt het geen toegevoegde waarde om 'functie' als kernwaarde te kiezen. 'Functie' wordt daarom niet meegenomen in dit onderzoek.

2.2.3 GEKOZEN KERNWAARDEN

Het toetsingskader voor risico gestuurd asset management van fietsbruggen en duikers bestaat uit een vijftal kernwaarden, de vier door gemeente Enschede gekozen kernwaarden met 'milieu' als toevoeging:

- Veiligheid en gezondheid;
- Kwaliteit leefomgeving;
 - > Bereikbaarheid;
 - > Leefbaarheid openbare ruimte;
 - > Leefbaarheid particulier terrein;
- Kosten;
- Imago;
- Milieu.

Bij het vaststellen van methodes (hoofdstuk 3) werd duidelijk dat niet al deze kernwaarden van toepassing zijn op duikers en fietsbruggen. Dit betekent dat enkele kernwaarden niet verwerkt zijn in het beheer van deze twee specifieke soorten kunstwerken.

2.3 FALEN VAN DUIKERS EN FIETSBRUGGEN

Om voor duikers en fietsbruggen eenzelfde soort methode op te stellen als voor het beheer van riolering, moest per soort kunstwerk één maatgevend faalmechanisme bepaald worden waarop ernstmatrices gebaseerd zijn. Om dit te bepalen is allereerst onderzocht welke faalmechanismen bestaan voor duikers en bruggen. Hiervoor is literatuuronderzoek verricht en zijn medewerkers (experts) van verschillende afdelingen van de gemeente Enschede geraadpleegd en geïnterviewd. Er bestaan zes categorieën faalmechanismen (A Generic Framework for the Management of Road-Related Assets, 2013):

1. Structureel falen, waarbij de fysieke conditie van een kunstwerk aangetast is;
2. Capaciteit falen, waarbij de vraag de capaciteit van een kunstwerk overtreft;
3. Niveau van dienstverlening, waarbij kwaliteit van prestatie beneden normen rijkt;
4. Veroudering, waarbij technologische veranderingen of het uitblijven van het vervangen van delen van een kunstwerk leiden tot het onrendabel zijn om het kunstwerk te onderhouden;
5. Economische kosten, waarbij de kosten benodigd om een kunstwerk te onderhouden het economische rendement overtreft;
6. Menselijke fouten die leiden tot het falen van een kunstwerk.

In dit onderzoek wordt gefocust op structureel falen. Dit is het meest vergelijkbaar met de opgestelde methodiek voor het beheer van riolering met betrekking tot stabiliteit van riolen. Tevens is benodigde informatie voor het monitoren van deze categorie het duidelijkst en meest eenvoudig te verkrijgen door inspecties.

2.3.1 FALEN VAN DUIKERS

Structurele faalmechanismen voor duikers zijn opdrijven en ontgronding. Opdrijven betekent dat de fundering van een duiker trekkrachten in plaats van drukkrachten op moet nemen. Het kan worden opgelost/voorkomen door de constructie te verzwaren. Opdrijven doet zich vooral voor tijdens het plegen van onderhoud aan een duiker, dus wanneer er geen water in de duiker staat (van Eck et al., 2006). Gezien dit feit en het gegeven van het opdrijven van een duiker naar verwachting (vrijwel) geen invloed uitoefent op de in hoofdstuk 2.2.3 gekozen kernwaarden wordt dit probleem niet gezien als de oorzaak van het maatgevend risico. De op te stellen ernstmatrix is hierom niet gebaseerd op opdrijven.

Ontgronding is het wegspoelen van zand als gevolg van een hydraulisch onverantwoord gekozen uitstroomopening van een duiker (van Eck et al., 2006). Het wegspoelen van zand kan een dergelijk ernstige mate aannemen dat het kan leiden tot scheurvorming in de duiker. Scheuren kunnen leiden

tot volledige instorting. Aangezien ontgronding als fenomeen zelf niet tot aanzienlijke effecten op de gekozen kernwaarden leidt is ook dit niet gebruikt als faalmechanisme voor de op te stellen ernstmatrix. Volledige instorting leidt daarentegen naar verwachting wel tot serieuze effecten op de gekozen kernwaarden. Dit potentiële probleem kan meerdere oorzaken hebben. Een van de meest voorkomende oorzaken voor volledige instorting is onderloop (van Eck et al., 2006). Onderloop is het fenomeen dat er water onder een duiker stroomt en sediment met zich meeneemt. Een verlies van sediment onder de fundering van een duiker leidt tot het niet meer efficiënt kunnen afdragen van krachten. Dit leidt tot scheurvorming en uiteindelijk tot instorting. Gezien de naar verwachting niet te verwaarlozen effecten van een instorting van een duiker op de gekozen kernwaarden is ‘instorting’ als faalmechanisme gekozen voor het opstellen van de ernstmatrix in hoofdstuk 3.5.

2.3.2 FALEN VAN FIETSBRUGGEN

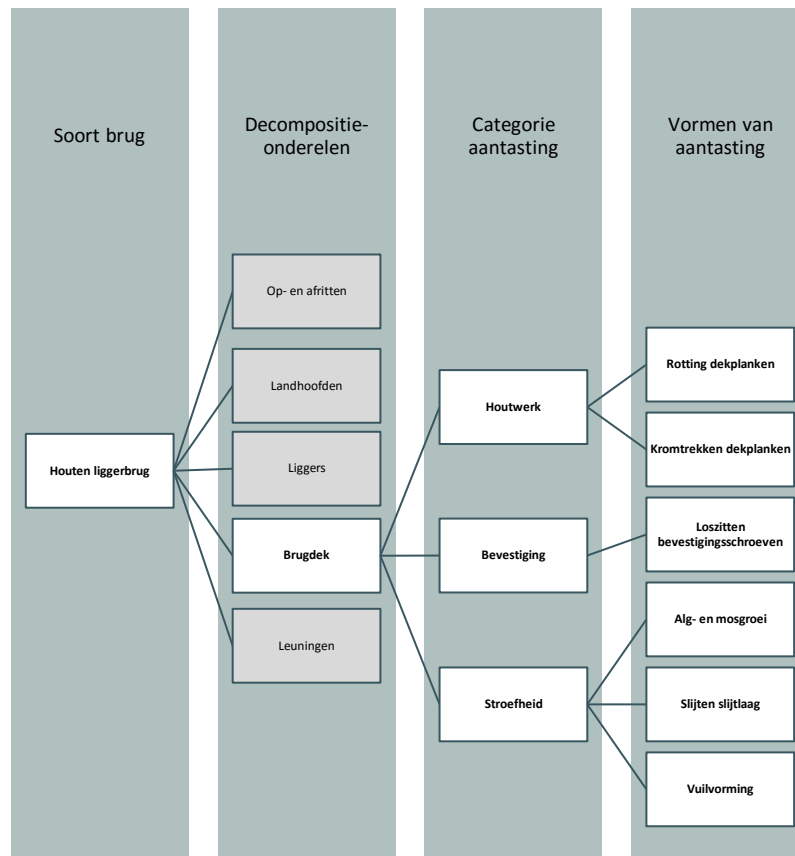
Het enige structurele faalmechanisme voor bruggen welke de gedefinieerde kernwaarden duidelijk beïnvloed is volledige instorting. De gemeentelijke experts verwachten, op basis van hun ervaring, dat bruggen (en daarmee ook fietsbruggen) zeer zelden instorten. Hierom is het niet reëel beheer hierop te laten berusten. Door adviesbureau Westenberg is geadviseerd om niet één faalmechanisme te kiezen voor een gehele brug maar over te gaan op decompositie van een brug. Hierbij hangt een te bepalen risico af van de staat waarin een (of meerdere) van deze onderdelen zich verkeren (Westenberg, 2016). Dit is een verandering ten opzichte van de methode voor riolering. Daar hangt het risico onder andere af van de algemene onderhoudsstaat van de stabiliteit van een gehele rioolbuis.

Aangezien de term ‘fietsbrug’ geen directe type brug, en daarmee niet de onderdelen van een brug beschrijft moeten type(n) bruggen bepaald worden welke in dit onderzoek onder ‘fietsbrug’ verstaan worden. Basisaannname was hierbij dat fietsbruggen relatief kleine overspanningen overbruggen en geen zware belastingen hoeven te dragen. Meest gebruikte typen brug voor deze situatie zijn balk- en liggerbruggen. Voor kleine bruggen wordt dit meestal uitgevoerd in beton of in hout (Oosterhof, 2008). Voor dit onderzoek is Martijn Wiefferink geïnterviewd (zie bijlage J). Martijn Wiefferink gaf aan dat vrijwel alle relatief kleine bruggen in Enschede geconstrueerd zijn van hout (Wiefferink, 2016). Om deze reden focust dit onderzoek zich op houten liggerbruggen. Gezien het kleine formaat van de bruggen die in dit onderzoek is aangenomen, is aangenomen dat de bruggen geen pijlers bevatten, maar slechts rusten op landhoofden.

Uit de literatuur en het interview met Martijn Wiefferink is de volgende decompositie van houten liggerbruggen vastgesteld:

- Landhoofden;
- Liggers;
- Brugdek;
- Leuningen.
- Op- en afritten

Zoals verteld in de onderzoeksfocus is alleen een methode opgesteld voor het risico gestuurd beheren van het onderdeel ‘brugdek’. Dit onderdeel beïnvloedt de kernwaarden als gevolg van aantasting op twee aspecten: stabiliteit van dekplanken en de stroefheid van het dek. Omdat er geen overkoepelend faalmechanisme is voor aantasting van beide aspecten is in overleg met experts als maatgevend faalmechanisme ‘falen van brugdek’ gedefinieerd. Voor brugdekken is geanalyseerd welke oorzaken leiden tot dit faalmechanisme. De uitkomst hiervan is weergegeven in Figuur 4. Deze informatie hiervan is verwerkt in de ingrijpmaatstaven.



Figuur 4 Oorzaken falen brugdek houten liggerbrug

3. RESULTAAT RISICO GESTUURD BEHEER DUIKERS EN FIETSBRUGGEN

In dit hoofdstuk worden voor dit onderzoek opgestelde methodes voor het uitvoeren van risico gestuurd beheer van duikers en brugdekken van fietsbruggen in de gemeente Enschede weergegeven. Deze zijn opgesteld om te testen of de methodiek die is opgesteld voor het beheren van riolering op een gelijke manier toegepast kan worden op duikers en fietsbruggen. Om de nieuwe methodes vergelijkbaar te maken met de bestaande methodiek moesten deze aan een aantal voorwaarden voldoen:

- De staat van kunstwerken moest verwerkt worden in de effectenkant van de risicobenadering middels ingrijpmaatstaven;
- Er werden ernstmatrices opgesteld met kwalitatieve beschrijvingen in elke cel;
- Risico moest zowel te bepalen zijn voor één individueel kunstwerk (elementair niveau) als voor alle kunstwerken van één soort tezamen (netwerkniveau);
- Er is één kans op falen bepaald per soort kunstwerk, welke gelijk is voor elk individueel kunstwerk van dezelfde soort;
- De algemene ernstmatrix en algemene risicomatrix waren leidend.

Zoals in de komende paragrafen duidelijk wordt is het mogelijk een met riolering vergelijkbare methodiek op te stellen voor het beheer van duikers en de decompositieonderdelen van fietsbruggen. Echter berusten de opgestelde methodes op een aantal aannames en vereenvoudigingen, deze zijn toegelicht in de discussie (hoofdstuk 4).

Zoals uitgelegd in onderzoeksmethode (hoofdstuk 1.8) zijn alle opgestelde matrices, ingrijpmaatstaven en frequenties aangepast aan de expertise van een viertal experts.

3.1 RISICO GESTUURD BEHEER DUIKERS

Zoals in hoofdstuk 3.3 is vermeld is het beheer van duikers voor dit onderzoek gebaseerd op één faalmechanisme; stabiliteit (oftewel het instorten) van duikers. Aangezien duikers ten opzichte van bruggen uit relatief weinig onderdelen bestaan, volstaat dit ene faalmechanisme voor het toespitsen van beheer. Het uitvoeren van risico gestuurd beheer van duikers kon op eenzelfde manier worden gerealiseerd als wordt gedaan voor beheer van riolering (zie hoofdstuk 2.1). Voor de basis hiervan zijn dezelfde ingrijpmaatstaven gehanteerd als bij riolering.

3.1.1 INGRIJPMAATSTAVEN DUIKERS

Er bestaat (nog) geen NEN-norm voor de inspectie van duikers en het staffelen van falen voor duikers. Om deze reden, en gezien de vergelijkbaarheid tussen duikers en rioleringsbuizen zijn dezelfde ingrijpmaatstaven gehanteerd als bij riolering. Dit is toepasbaar gezien hetzelfde faalmechanisme (instorten) is gekozen. De ingrijpmaatstaven staan weergegeven in Tabel 11.

Tabel 11 Ingrijpmaatstaven duikers

Ingrijpmaatstaven	Omschrijving
BAC 4	Breuk in buis
BAO 5	Grond zichtbaar vanuit duiker (gat)
BBD 4	Binnendringen van grond in duiker
BAP 5	Holle ruimte in beton
BAF 5	Oppervlakteschade buis

* Scores mogelijk van 1-5. Niveau 5 is ergste mate van aantasting

In deze tabel staat de drie-letterige afkorting (bijvoorbeeld BAC) voor het soort probleem (bijvoorbeeld breuk in buis). De ernst van deze problemen wordt omschreven in scores van één tot en met vijf, waarbij een hogere score een hogere ernst betekent.

Gezien het factorverschil van tien tussen frequentie-intervallen kan op basis van schattingen relatief nauwkeurig een frequentie bepaald worden. De kans op het falen van duikers is door experts vastgesteld op 'waarschijnlijk'. Dit komt neer op een frequentie van 0.3 maal per jaar, of in kwalitatieve beschrijving: vaker dan een keer per tien jaar, minder vaak dan 1 keer per jaar.

3.2 RISICO GESTUURD BEHEER FIETSBRUGGEN

Zoals vermeld in hoofdstuk 2.3 wordt door experts de kans op volledig instorten van een brug te klein geschat om daarop het beheer aan te passen (Westenberg, 2016). Hierom is decompositie toegepast bij het opstellen van een beheermethode van fietsbruggen. Alleen het decompositieonderdeel 'brugdek' is in dit onderzoek uitgewerkt.

3.2.1 INGRIJPMAATSTAVEN BRUGDEK FIETSBRUGGEN

In inspectierapporten geanalyseerde soorten van aantasting van fietsbruggen (Figuur 4) zijn vertaald naar ingrijpmaatstaven. Om te voorkomen dat aantastingen welke niet in een dusdanige mate aanwezig zijn om een ingrijpmaatstaaf te bereiken niet gedocumenteerd worden is in overleg met experts gekozen om twee extra niveaus van aantasting te definiëren. Deze niveaus zijn 'indicatieve norm' en 'attentie norm'. De indicatieve norm duidt op een kleine aanwezigheid van een aantasting zonder verdere gevolgen. De attentie norm duidt op een zwaardere aantasting waarbij de kans aanwezig is dat deze op relatief korte termijn verzwaart naar een ingrijpmaatstaaf. Het bereiken van een attentie norm dient dan ook opgevolgd te worden door het (nauwkeuriger) monitoren van de brug. Per soort aantasting is voor alle drie niveaus van aantasting een indeling gegeven. De ingrijpmaatstaven en andere niveaus van aantasting worden klein weergegeven in Tabel 15 en groot in bijlage M.

Tabel 15 Ingrijpmaatstaven brugdek

Omschrijving	Indicatieve norm	Attentie norm	Ingrijpmaatstaaf
Houtwerk	Rotting dekplank	5-10%	10-20%
	Dikte (verticaal)	10-20%	20-30%
	Breedte (horizontaal)	1-2 cm	2-3 cm
	Hoogteverschil tussen dekplanken t.g.v. kromtrekking		> 3 cm
Bevestiging	Loszittende bevestigings-schroeven	*	*
Stroefheid	Deel van begaanbaar oppervlak waarop vuil aanwezig is (alg, mos etc.)	5-10%	10-30%
	Deel van begaanbaar oppervlak waarop slijtlaag weg is	10-20%	20-40%

De gemeente Enschede hanteert de werkwijze dat wanneer tijdens reguliere inspecties geconstateerd wordt dat bevestigingsschroeven los zitten deze meteen vastgemaakt of vervangen worden. Reden hiervoor zijn de kleine kosten en korte tijd dat het duurt dit uit te voeren. Dit zou betekenen dat de ingrijpmaatstaaf hierbij één enkele loszittende schroef is. Aangezien het percentage bruggen dat ingrijpmaatstaven vertoont één van de normen is voor het bepalen van risico's voor alle fietsbruggen tezamen, en deze ingrijpmaatstaaf niet gelijkwaardig is aan de overige, is gekozen deze hier nog geen invulling te geven. Mocht op basis van risico gestuurd beheer lagere inspectiefrequenties worden aangehouden en afgeweken worden van het gelijk verhelpen van deze aantasting, dan moet alsnog overwogen worden of hiervoor niveaus van aantasting gedefinieerd moeten worden.

3.2.2 ERNSTMATRIX BRUGDEK FIETSBRUGGEN

De opgestelde ernstmatrix voor fietsbruggen is klein weergegeven in Tabel 16 en groot in bijlage N. Deze matrix is afgeleid van de algemene ernstmatrix en is gespecificeerd voor het brugdek van fietsbruggen. Voor de overige decompositieonderdelen zal nog verdere informatie aan deze matrix moeten worden toegevoegd, of zal per onderdeel een aparte ernstmatrix opgesteld moeten worden. Door de experts wordt verwacht dat het falen van een brugdek van fietsbrug geen invloed heeft op

de kernwaarden ‘milieu’ en ‘kwaliteit leefomgeving’, daarom zijn deze waarden weggelaten uit de matrix.

Tabel 16 Ernstmatrix brugdek fietsbruggen

		Waarden			
		Veiligheid & gezondheid	Bereikbaarheid	Kosten en financiën	Imago
Ernstcategorie	Zeernst	Bezwijken van bruggen boven spoor- of verkeerswegen, waardoor slachtoffers en/of meerder zwaargewonden vallen			
	Ernstig	Op meerdere bruggen in hoofdfietsroutes komen fietsers ten val ten gevolge van een slechte onderhoudstoestand van brugdekplanken	Afsluiten van spoor- of doorgaande wegen ten gevolge van instorten bovenliggende fietsbruggen	(gevolg)Schade die ontstaat door missende bruggedelen of een te glad brugdek. Meerkosten voor het verhelpen van de schade (t.o.v. reguliere vervanging)	Stadioniveau Klachten t.g.v. de kwaliteit van het brugdek van fietsbruggen
	Aanzienlijk	Op een enkele brug in een hoofdfietsroute of op meerdere bruggen in secundaire fietsroutes komen fietsers ten val ten gevolge van een slechte onderhoudstoestand van brugdekplanken	Afsluiten van secundaire wegen ten gevolge van een onveilige onderhoudstoestand van bovenliggende fietsbruggen of Afsluiten van fietsbruggen in meerdere hoofdfietsroutes	(gevolg)Schade die ontstaat door missende bruggedelen of een te glad brugdek. Meerkosten voor het verhelpen van de schade (t.o.v. reguliere vervanging)	Wijkniveau Klachten t.g.v. de kwaliteit van het brugdek van fietsbruggen
	Matig	Op een enkele brug in een secundaire fietsroute komen fietsers ten val ten gevolge van een slechte onderhoudstoestand van brugdekplanken of Op een enkele brug in een hoofdfietsroute of op meerdere bruggen in secundaire fietsroutes raken fietsers uit evenwicht ten gevolge van een matige onderhoudstoestand van brugdekplanken	Afsluiten van fietsbruggen in een enkele hoofdfietsroute of Afsluiten van bruggen in meerdere secundaire fietsroutes	(gevolg)Schade die ontstaat door missende bruggedelen of een te glad brugdek. Meerkosten voor het verhelpen van de schade (t.o.v. reguliere vervanging)	Buurtniveau Klachten t.g.v. de kwaliteit van het brugdek van fietsbruggen
	Klein	Op een enkele brug in een secundaire fietsroute is de onderhoudstoestand van de brugdekplanken niet optimaal of Op een enkele brug in een secundaire fietsroute raken fietsers uit evenwicht ten gevolge van een matig onderhouden onderhoudstoestand van brugdekplanken	Afsluiten van fietsbruggen in een enkele secundaire fietsroute	(gevolg)Schade die ontstaat door missende bruggedelen of een te glad brugdek. Meerkosten voor het verhelpen van de schade (t.o.v. reguliere vervanging)	Straatniveau Klachten t.g.v. de kwaliteit van het brugdek van fietsbruggen
	Zeernklein	Op een enkele brug in een secundaire fietsroute is de onderhoudstoestand van de brugdekplanken niet optimaal		(gevolg)Schade die ontstaat door missende bruggedelen of een te glad brugdek. Meerkosten voor het verhelpen van de schade (t.o.v. reguliere vervanging)	Incidenteel Klachten t.g.v. de kwaliteit van het brugdek van fietsbruggen

Tabel 17 Extra ernstmatrix veiligheid en gezondheid brugdek fietsbrug

	Veiligheid en gezondheid		
	Omvang probleem	Functie fietspad	Soort overbrugging
Zeernst	Instorten van > 1 fietsbrug		
Ernstig	> 20% fietsbruggen ingrijpmaatstaf	Ingrijpmaatstaven in > 1 fietsbrug aan doorgaande fietsroutes	Ingrijpmaatstaf in overbrugging over een autostrade of spoorweg
Aanzienlijk	10-20% fietsbruggen ingrijpmaatstaf of > 20% fietsbruggen Attentionnorm	> 1 Ingrijpmaatstaven secundaire fietsroute of > 1 Attentionnormen in primaire fietsroute	Ingrijpmaatstaf in overbrugging over een tramspoor, doorgaande autostrade of een kanaal of Attentionnorm in overbrugging over een autostrade of spoorweg
Matig	5-10% fietsbruggen ingrijpmaatstaf of 10-20% fietsbruggen Attentionnorm of > 20% fietsbruggen indicatieve norm	> 1 Attentionnormen in secundaire fietsroute	Ingrijpmaatstaf in overbrugging over een binnenstedelijke gebiedsontwikkelingsweg (50 km/h) of Attentionnorm in overbrugging over tramspoor, doorgaande autostrade of een kanaal
Klein	1-5% fietsbruggen ingrijpmaatstaf of 5-10% fietsbruggen Attentionnorm of 10-20% fietsbruggen indicatieve norm	> 1 indicatieve normen in primaire fietsroute	Attentionnorm of Ingrijpmaatstaf in overbrugging over een binnenstedelijke autostrade (30 km/h) of overige autostradeverengingen
Zeernklein	1-5% fietsbruggen Attentionnorm of 5-10% fietsbruggen indicatieve norm	> 1 indicatieve normen in secundaire fietsroute	

Tabel 18 Extra ernst matrix bereikbaarheid brugdek fietsbrug

	Bereikbaarheid		
	Omvang probleem	Locatie en functie weg	Omreissafstand
Zeernst			
Ernstig	Ingrijpmaatstaven in meer dan 20% van de fietsbruggen	Instorten van een fietsbrug boven een spoor- of doorgaande weg	
Aanzienlijk	Ingrijpmaatstaven in 10-20% van de fietsbruggen	Ingrijpmaatstaven in meerdere fietsbruggen aan doorgaande fietsroutes	Ingrijpmaatstaven bij bruggen met omreissafstand van > 1.000m
Matig	Ingrijpmaatstaven in 5-10% van de fietsbruggen	Ingrijpmaatstaven in een enkele fietsbrug aan doorgaande fietsroutes of Ingrijpmaatstaven in meerdere fietsbruggen aan secundaire fietsroutes	Ingrijpmaatstaven bij bruggen met omreissafstand van 500-1000m
Klein	Ingrijpmaatstaven in 1-5% van de fietsbruggen	Ingrijpmaatstaven in een enkele fietsbrug aan secundaire fietsroutes	Ingrijpmaatstaven bij bruggen met omreissafstand van 200-500m
Zeernklein	Ingrijpmaatstaven in minder dan 1% van de fietsbruggen		Ingrijpmaatstaven bij bruggen met omreissafstand van 100-200m

3.2.3 EXTRA ERNSTMATRICES BRUGDEK FIETSBRUG

Omdat voor de kernwaarden ‘veiligheid & gezondheid’ en ‘bereikbaarheid’ zeer uitgebreide informatie benodigd is om categorie van ernst van falen te bepalen zijn hiervoor extra ernstmatrices opgesteld. Het invullen van alle voorwaarden in elke cel in Tabel 16 zou een te volle invulling te betekenen, wat ten koste gaat van de overzichtelijkheid. Hoeveel slachtoffers vallen als gevolg van een falend brugdek hangt bijvoorbeeld niet alleen af van de intensiteit van de weg, maar ook waarop een slachtoffer valt mocht een dekplank bezwijken door rotting. Deze extra matrices zijn net als bij riolering gedefinieerd aan de hand van de reeds bepaalde ingrijpmaatstaven en staan klein weergegeven in Tabel 17 en Tabel 18 en groot in bijlage O. De invulling van de kernwaarden ‘veiligheid & gezondheid’ en ‘bereikbaarheid’ in Tabel 16 is dient als brug tussen de algemene ernstmatrix en deze twee extra ernstmatrices. Hierbij geldt net als bij riolering en duikers dat de ernstcategorie van een incident voor deze kernwaarden bepaald wordt uit deze twee extra ernstmatrices.

3.2.4 FREQUENTIE FALEN BRUGDEK FIETSBRUGGEN

De frequentie voor het falen van brugdekken is door de gemeentelijke experts op basis van hun ervaring vastgesteld op ‘geregeld’. Dit komt neer op een frequentie van 3 maal per jaar, of in kwalitatieve beschrijving: vaker dan een keer per jaar, minder vaak dan 1 keer per maand.

3.3 STAPPENPLAN AANPASSINGEN METHODIEK NAAR ANDER DOMEIN

In dit hoofdstuk worden kort de stappen omschreven die doorlopen moeten worden om een bestaande methode van risico gestuurd beheer aan te passen voor toepassing op een ander soort kunstwerk.

1. Zorg dat voldoende kennis aanwezig is over de aan te passen methode. Weet welke aannames gedaan zijn en aan welke voorwaarden de op te stellen methodes moeten voldoen;
2. Bepaal op het moment van opstellen een actueel toetsingskader met mogelijke kernwaarden. Toets vervolgens welke kernwaarden van toepassing zijn op een gekozen soort kunstwerk;
3. Analyseer op welke manieren een kunstwerk kan falen middels literatuuronderzoek maar ook middels analyse van inspectierapporten. Indien volledig falen van het totale kunstwerk onaannemelijk is kan er overgegaan worden op decompositie. Analyseer hierbij op welke manieren decompositieonderdelen kunnen falen. Hierbij wordt een risico geformuleerd per decompositieonderdeel van een kunstwerk;
4. Stel aan de hand van verschillende manieren van falen een staffelsysteem op middels ingrijpmaatstaven;
5. Verwerk deze manieren van falen en ingrijpmaatstaven in een ernstmatrix. Geef hieraan een kwalitatieve invulling welke correspondeert met de algemene ernstmatrix. Gebruik hierbij de ervaring en expertise van experts;
6. Stel frequenties vast van de gekozen faalmechanismen.
7. Test de methode.

4. DISCUSSIE

In dit hoofdstuk wordt het doorlopen proces van het opstellen van de twee methodes geanalyseerd. Hierbij ligt de focus op randvoorwaarden voor het toepassen van de methodes, de kwaliteit van de opgestelde beheermethodes en wordt weergegeven welke verbeteringen nog te behalen zijn.

Enige uit dit onderzoek te concluderen randvoorwaarde bij toepassing van risico gestuurd beheer is dat informatie en documentatie in voldoende mate aanwezig moet zijn. Hiermee wordt bedoeld op informatie als frequenties van falen maar ook soorten aantasting, welke voortkomen uit inspectierapporten. Deze informatie is onder andere benodigd voor het bepalen van faalmechanismen en het opstellen van ingrijpmaatstaven. Tijdens dit onderzoek zijn er geen restricties voor toepassing van deze methodes opgemerkt. Het is mogelijk dat in de toekomst bij toepassing op meer soorten kunstwerken wel restricties geconcludeerd worden. Voor nu worden geen restricties verwacht bij toepassing op andere kunstwerken. Wel zijn er een aantal bediscussieerbare aspecten voortgekomen uit dit onderzoek, deze worden hieronder behandeld.

Op algemeen niveau kan er geconcludeerd worden dat dit onderzoek voornamelijk aandacht besteedt aan de effecten van een incident en minder aan de kans op een incident. Dit is een gevolg van de voorwaarde dat opgestelde methodes gebaseerd moeten zijn op een vaste kans op falen. Hierdoor is alleen het effect van een incident variabel en is hierin te staffelen.

Een tweede bediscussiebaar algemeen aspect van dit onderzoek is de bureaucratische werkwijze van het opstellen van beheermethodes. Wegens het missen van documentatie binnen gemeente Enschede zijn de opgestelde methodes voor een aanzienlijk deel gebaseerd op normen en waarden van vier experts. Hierbij is te denken aan de vastgestelde frequenties van faalmechanismen, maar ook aan de kwalitatieve invulling van de ernstmatrices. Nadeel hiervan is dat gemaakte keuzes niet onderbouwd zijn door literatuur, en daardoor niet gevalideerd zijn. Voordeel hiervan is dat de opgestelde methodes en daarbij gemaakte keuzes zeer goed aangepast zijn aan de werkwijze van gemeente Enschede. De methodes zijn erg gepersonaliseerd voor gemeente Enschede.

Op een gedetailleerder niveau (binnen de opgestelde methodes) zijn de volgende punten discussiebaar:

- Er zijn vijf kernwaarden bepaald die dienen als toetsingskader voor potentiële incidenten. Echter zijn in beide opgestelde methodes maar vier van deze vijf kernwaarden verwerkt. De kernwaarde milieu is niet toegepast. Voor fietsbruggen was er bij falen geen invloed op deze kernwaarde. Voor instorten van duikers werd wel impact op milieu (natuur) verwacht. Verwerking van deze kernwaarden in de beheermethode van duikers was niet mogelijk als gevolg van missende documentatie betreffende milieuaspecten. Als deze informatie in de toekomst wel beschikbaar is kan deze kernwaarde worden verwerkt in beheermethodes.
- Als faalmechanisme voor brugdekken is in samenwerking met vier experts gekozen voor 'falen van brugdek'. Dit is geen concreet faalmechanisme. Het bepalen van een frequentie is eenvoudiger voor een concreet faalmechanisme (bijvoorbeeld instorten rioolbuis). Gezien de twee verschillende aarden van potentiële risico's, gladheid en stabiliteit, kon geen overkoepelend faalmechanisme bepaald worden. Er is in overleg met de experts niet gekozen om één van deze twee faalmechanismen als maatgevend te beschouwen gezien voor beide aspecten aanzienlijke impact op kernwaarden werd verwacht door de experts. Deze keuze heeft echter geen belangrijke invloed op uitkomst van de methode aangezien door de experts dezelfde frequentie werd bepaald voor het falen van gladheid als het falen van stabiliteit van brugdekken.
- De opgestelde ingrijpmaatstaven voor de brugdekken missen informatie over de bevestigingsschroeven. Omdat dit mankement tijdens reguliere inspecties altijd verholpen wordt zou de ingrijpmaatstaaf al één enkele loszittende schroef betekenen. Deze

ingrijpmaatstaaf is daarom niet vergelijkbaar met de ingrijpmaatstaven van de andere aspecten (stroefheid brug en situatie dekplanken) en is daarom weggelaten in dit onderzoek. Zodra risico gestuurd beheer uitgevoerd wordt, en blijkt dat lagere inspectiefrequenties aangehouden kunnen worden zullen er grotere effecten zichtbaar worden van loszittende bevestiging. Dan moet overwogen worden of hiervoor alsnog ingrijpmaatstaven bepaald worden.

- In de bestaande methode voor rioleringsbeheer, en daarom ook in de opgestelde methodes voor beheer van duikers en fietsbruggen is de kans op falen een vaste waarde voor alle objecten. Dit betekent dat voor een kunstwerk wat één jaar oud is dezelfde kans op falen aangenomen wordt als een kunstwerk dat bijvoorbeeld veertig jaar oud is. De gemeente is van plan te onderzoeken hoe deze vaste waarde variabel gemaakt kan worden.

De opgestelde methodes zijn duidelijk nog niet optimaal en allesomvattend. Echter het begin van een allesomvattende methode is gemaakt. Vanuit hier kunnen de methodes geoptimaliseerd worden aan de hand van analyses, praktijktesten en verbeterde documentatie. Dit is een iteratief proces en de reeds bepaalde methodes bieden een goed format om vanuit te optimaliseren.

5. CONCLUSIE

5.1 TOEPASBAARHEID RISICO GESTUURD BEHEER

Het doel van dit onderzoek is het analyseren van de toepasbaarheid van risico gestuurd beheer voor kunstwerken, op een gelijke manier als rioleringsbeheer. Na het uitvoeren van dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat risico gestuurd beheer toepasbaar is op duikers en op het brugdek van fietsbruggen. Het opstellen van beheermethodes voor duikers en brugdekken van fietsbruggen vereiste een zeer verschillende aanpak (decompositie en geen decompositie, veel en weinig aanpassing vanuit rioleringsbeheer). Toch is voor beide soorten kunstwerken succesvol een beheermethode opgestelde die zeer gepersonaliseerd is voor de gemeente Enschede. Het opstellen van de beheermethode van duikers behoeft weinig aanpassingen ten opzichte van de methode voor rioleringsbeheer. De beheermethode van brugdekken kan eenvoudig aangepast worden naar beheer van de andere decompositieonderdelen van fietsbruggen. Hiervoor gelden namelijk dezelfde te doornemen stappen. Uitdaging is hierbij wel het bepalen van een faalmechanisme per decompositieonderdeel waarvoor een frequentie te bepalen is.

Uit de toepasbaarheid van risico gestuurd beheer op duikers en fietsbruggen wordt geconcludeerd dat risico gestuurd beheer, zoals toegepast op riolering, toepasbaar is op (alle) kunstwerken. Hiermee is de hoofdvraag beantwoord. Hierbij moet er wel rekening mee gehouden worden dat elk kunstwerk een andere aanpak behoeft. Zo verschillen bijvoorbeeld kernwaarden per kunstwerk, maar ook het eventueel moeten toepassen van decompositie. Belangrijk is ook dat de opgestelde methodes nu niet optimaal uitgevoerd kunnen worden als gevolg van missende informatie. Nader onderzoek en betere documentatie van de gemeente Enschede kunnen noodgedwongen aannames vervangen door wetenschappelijk onderbouwde gegevens. Bovendien zijn opgestelde methodes gepersonaliseerd voor gemeente Enschede. Bij toepassing van een van deze methodes buiten gemeente Enschede zal getoetst moeten worden of deze voldoen aan de belangen en normen en waarden van de desbetreffende locatie.

5.2 WORDT RISICO GESTUURD BEHEER AANGERADEN?

Zoals te lezen in de discussie (hoofdstuk 4) zijn er nog meerdere verbeteringen te behalen in het risico gestuurd beheer zoals deze opgesteld is voor riolering, duikers en brugdekken van fietsbruggen. Desalniettemin raad ik wel aan om de methode te gebruiken voor het beheren van kunstwerken. Er is ten slotte maar één restrictie gevonden voor de toepassing van risico gestuurd beheer. En ondanks de bediscussieerbare aspecten van deze methodes worden deze methodes gebruikt als model. De uitkomst van dit model is niet leidend. De interpretatie van dit model door verantwoordelijken wel. Zolang deze verantwoordelijken kennis hebben van de vereenvoudigingen binnen deze 'modellen' kan daarop geanticipeerd worden en kunnen bijvoorbeeld uit voorzorg extra inspecties gepland worden. Het besluit van verantwoordelijken blijft leidend. Tevens maakt de toepassing van risico gestuurd beheer onderhoudstoestanden van verschillende kunstwerken met elkaar vergelijkbaar op een overzichtelijke manier. Dit maakt prioritering van vereist onderhoud mogelijk.

6. REFLECTIE EN AANBEVELINGEN VERVOLGONDERZOEK

Hoewel dit geen verplicht onderdeel is van een scriptie, behandel ik in dit hoofdstuk enkele interessante en opmerkelijke bevindingen die ik tijdens dit onderzoek heb ervaren. Aan de hand van deze bevindingen zijn aanbevelingen gedaan voor het uitvoeren van vervolgonderzoek.

Ik vond het opvallend dat bij de methodiek voor rioleringsbeheer de onderhoudsstaat van riolering wordt verwerkt in het effect van een incident. Ik had verwacht dat juist de kans op falen van deze informatie afhankelijk zou zijn. Aangezien risico een product is van kans en effect maakt het in principe niet uit welke informatie in kans en welke in effect verwerkt wordt. Echter het verwerken van de onderhoudsstaat van riolering in de effect-kant van de risicoformule elimineert de optie om deze informatie te verwerken in de kans op falen. Deze eliminatie maakt het uitdagend om kans op falen locatie (of kunstwerk-) specifiek te maken. Aangezien de onderhoudsstaat niet ook verwerkt kan worden in de kans, moet hiervoor een aanname gedaan worden. In dit geval is door gemeente Enschede de aanname gemaakt om voor alle riolering dezelfde kans op instorten te stellen. Dit is gedaan op basis van historische gegevens. Ik zou aanbevelen vervolgonderzoek te verrichten naar de verwerking van de onderhoudsstaat binnen risico gestuurd beheer. Onderzocht zou kunnen worden of deze informatie verwerkt zou moeten worden in het effect van of in de kans op een incident. Als blijkt dat het verwerkt moet worden in het effect van een incident zou onderzocht kunnen worden hoe de kans op een incident locatie (en kunstwerk) specifiek gemaakt kan worden.

Een tweede opvallende ontdekking vond ik de toepassing van ingrijpmaatstaven om de staat van kunstwerken in te verwerken. Bij de opgestelde methode voor rioleringsbeheer zijn vijf niveaus van aantasting gedefinieerd. Echter is voor riolering alleen de ingrijpmaatstaaf verwerkt in ernstmatrices. Ik vraag mij af hoe risico's op te stellen zijn voor riolering waarbij ingrijpmaatstaven (nog) niet bereikt zijn, maar waarbij wel aantasting aangetroffen is. De methode van fietsbrugbeheer bevat drie niveaus van aantasting. Voor het beheer van fietsbruggen zijn overige niveaus van aantasting wel verwerkt in ernstmatrices en kunnen risico's opgesteld worden voor verschillende maten van aantasting. In vervolgonderzoek zou onderzocht kunnen worden hoe overige niveaus van aantasting verwerkt moeten worden in beheermethodes van riolering en duikers.

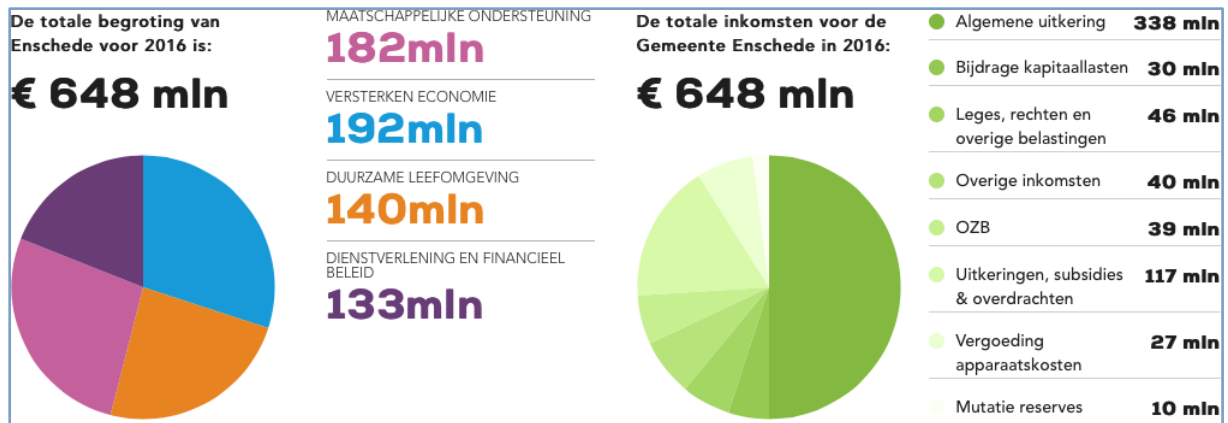
7. BIBLIOGRAFIE

- (2013). *A Generic Framework for the Management of Road-Related Assets*. Sindney Australië: Austroads .
- Arunraj, N., & Maiti, J. (2006). *Risk-based maintenance - Techniques and applications*. Kharagpur, India: Elsevier.
- Bussiness dictionary*. (2016). Opgehaald van Bussiness dictionary: <http://www.businessdictionary.com/definition/risk.html#ixzz44kxjF7z1>
- CMSAM - Wat is asset management*. (2016). Opgehaald van CMSAM: <http://www.cmsam.nl/Wat-is-asset-management>
- D66, r. (2014). *Duurzaam, samen, sterker*. Enschede: redactie D66.
- Duiker*. (2014, 10 20). Opgehaald van Wikipedia: [https://nl.wikipedia.org/wiki/Duiker_\(kunstwerk\)](https://nl.wikipedia.org/wiki/Duiker_(kunstwerk))
- Hartemink, J., & Meijer, R. (2015). Proeftuin Enschede: risicogestuurd (afval)waterbeheer. In *Proeftuin Enschede: risicogestuurd (afval)waterbeheer* (p. 43). Enschede.
- Hartman, A., & Dewulf, G. (2015). *Effectiveness of infrastructure asset management at public agencies*. Enschede, Nederland: University of Twente.
- Heinz, F. (2003). *Risk based asset management*. Barcelona, Spanje: Cired.
- ing. Rik Meijer, g. E. (2016, 4 11). Experiences riks based asset management of sewerage. (M. Brüningmeyer, Interviewer)
- (2010). *Inspectieresultaat Enschede*. Enschede: Westenberg.
- ir. Jan Hartemink, H. R., & ing. Rik Meijer, g. E. (2015). *Proeftuin Enschede: risicogestuurd (afval)waterbeheer*. Enschede: gemeente Enschede.
- koers053*. (2016). Opgehaald van enschede.nl: <http://www.koers053.enschede.nl/>
- Liggerbrug*. (2015, 5 2). Opgehaald van Wikipedia: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Liggerbrug>
- Meijer, R. (2016, 5 2). risico gestuurd beheer riolering . (M. Brüningmeyer, Interviewer)
- Milieu uwiki*. (2011, 11 10). Opgehaald van uwiki: <http://www.uwiki.nl/wiki/Milieu>
- Movares*. (2016). Opgehaald van Movares.nl: <https://movares.nl/project/risicogestuurd-beheer-onderhoud-railinfrastructuur/>
- (2014). *NEN3399*. NEN.
- Oosterhof, J. (2008). Kracht + vorm. In J. Oosterhof, *Kracht + vorm* (pp. 32-36). Zoetermeer: Bouwen met staal.
- (2015). *Project waterveiligheid*. Enschede: Dr. M.S. Krol.

- Reliningadvies BV*. (2016, 05 25). Opgehaald van Wat is relining:
<http://www.reliningadvies.nl/index.php/wat-is-relining>
- Rotterdam. (2016). *risicogestuurdbeheer*. Opgehaald van rotterdam.nl:
<http://www.rotterdam.nl/risicogestuurdbeheer>
- van Eck, P., de Boer, E., & Sanders, F. (2006). *Syllabus inleiding civiele techiek*. Delft: TU Delft, faculty Civil Engineering & Geosciences.
- Velden, R. v., & Wisse, J. (2013). *Risico-gestuurd beheer rioolgemalen*. Woudenberg, Utrecht, Nederland.
- Westenberg, F. (2016). *Implementatie risico gestuurd beheer en onderhoud - Kunstwerken*. Harderwijk: Westenberg.
- Wiefferink, M. (2016, 5 30). Interview falen van duikers en fietsbruggen. (M. Brüningmeyer, Interviewer)
- Wikipedia - risk analysis*. (2016). Opgehaald van wikipedia.org:
https://en.wikipedia.org/wiki/Risk_analysis
- wikipedia. (2016, 03 24). *Brug wikipedia*. Opgehaald van Wikipedia:
[https://nl.wikipedia.org/wiki/Brug_\(bouwwerk\)](https://nl.wikipedia.org/wiki/Brug_(bouwwerk))

BIJLAGEN

BIJLAGE A INKOMSTEN EN UITGAVEN ENSCHEDE 2016



Figuur 5 Begroting gemeente Enschede 2016 (koers053, 2016)

De kosten voor het beheren van civiele kunstwerken valt onder de uitgavepost 'duurzame leefomgeving'.

BIJLAGE B ALGEMENE ERNSTMATRIX GEMEENTE ENSCHEDE

Tabel 19 Algemene ernstmatrix

		Veiligheid & gezondheid	Waarden			Kosten en financiën	Imago
			Kwaliteit leefomgeving				
			Bereikbaarheid	Leefbaarheid openbare ruimte (OR)	Leefbaarheid particulier terrein		
		A: erg belangrijk gebied B: tamelijk belangrijk gebied					
Ernstcategorie	Zeer ernstig	Één of meer dodelijke slachtoffers en/of meer dan 5 zwaar gewonden (of ernstig zieken)	n.v.t. voor riolering	n.v.t. voor riolering	n.v.t. voor riolering	≥ 10 M€	Aftreden gehele college van bestuur waterschap
	Ernstig	1-5 Zwaar gewonden en/of ernstig zieken, meer dan 10 licht gewonden of zieken	1. Meerdere categorieën A niet meer bereikbaar en/of 2. Op stadsniveau grootschalige wegafzettingen. 3. Gedurende meerdere uren	Op stadsniveau: 1. Flinker delen van de OR zijn voor lange tijd niet bruikbaar en/of 2. Er treedt op grote schaal vervuiling, verloedering en stankoverlast op	Op stadsniveau: 1. Woongenot is in meerdere wijken van de stad ernstig aangetast gedurende meerdere dagen en/of 2. Meer dan 5 woningen onbewoonbaar	≥ 1 M€ < 10 M€	Aftreden wethouder of lid dagelijks bestuur waterschap
	Aanzienlijk	1 Zwaar gewonde of ernstig zieke / 5-10 licht gewonden of zieken	1. Één of meerdere categorieën A niet meer bereikbaar gedurende 1-2 uur of 2. Één of meerdere categorieën B niet meer bereikbaar gedurende meerdere uren of 3. Op stadsniveau diverse wegafzettingen en -afsluitingen gedurende 1-2 uur of 4. Op wijkniveau veel wegafsluitingen gedurende meerdere uren	Op wijkniveau: 1. Delen van de OR zijn voor lange tijd niet bruikbaar of 2. Er treedt op grote schaal vervuiling, verloedering en stankoverlast op	Op wijkniveau: 1. Woongenot is in één wijk ernstig aangetast gedurende meerdere dagen en/of 2. 1-5 Woningen onbewoonbaar	≥ 100 k€ < 1 M€	Op grote schaal klachten, forse negatieve publiciteit in media en RTV, en/of meerdere raadvragen
	Matig	1-5 Licht gewonden of zieken	1. Één of meerdere categorieën A niet meer bereikbaar gedurende 0-1 uur of 2. Één of meerdere categorieën B niet meer bereikbaar gedurende 1-2 uur of 4. Op wijkniveau wegafzettingen en -afsluitingen gedurende 1-2 uur	Op buurtniveau: 1. Delen van de OR zijn voor lange tijd niet bruikbaar of 2. Er treedt vervuiling, verloedering en stankoverlast op	Woongenot is in één wijk aangetast gedurende 1-2 dagen, op buurtniveau is het woongenot aangetast gedurende meerder dagen	≥ 10 K€ < 100 K€	Klachten en negatieve publiciteit op wijkniveau
	Klein	1 Licht gewonde of zieke	Op buurtniveau: Wegafzettingen en -afsluitingen gedurende 1-2 uur of Op straatniveau: Wegafzettingen - en afsluitingen gedurende meerdere uren.	Op straatniveau: 1. Delen van de OR zijn voor lange tijd niet bruikbaar of 2. Er treedt vervuiling, verloedering en stankoverlast op	Woongenot is in één buurt aangetast gedurende 1-2 dagen, op straatniveau is het woongenot aangetast gedurende meerder dagen	≥ 1 K€ < 10 K€	Meerdere klachten in een straat
	Zeer klein	Geen gewonden of zieken	Cluster van enkele woningen: Wegafzettingen en -afsluitingen gedurende maximaal 1-2 uur.	Enkele woningen: 1. Kleine delen van de OR zijn voor lange tijd niet bruikbaar of 2. Er treedt vervuiling, verloedering en stankoverlast op	Enkele woningen: Woongenot is enigszins aangetast gedurende 1-2 dagen	< 1 K€	Individuele klacht

BIJLAGE C RIOOLSTABILITEIT SPECIFIEKE ERNSTMATRIX

Tabel 20 Ernstmatrix effect instorten riool

		Waarden					
		Veiligheid & gezondheid	Kwaliteit leefomgeving			Kosten en financiën	Imago
			Bereikbaarheid A: erg belangrijk gebied B: tamelijk belangrijk gebied	Leefbaarheid openbare ruimte (OR)	Leefbaarheid particulier terrein		
Ernstcategorie	Zeer ernstig	Één of meer dodelijke slachtoffers en/of meer dan 5 zwaar gewonden (of ernstig zieken)	n.v.t. voor riolering	n.v.t. voor riolering	n.v.t. voor riolering	≥ 10 M€	Aftreden gehele college van bestuur waterschap
	Ernstig	1-5 Zwaar gewonden en/of ernstig zieken, meer dan 10 licht gewonden of zieken	1. Meerdere categorieën A niet meer bereikbaar en/of 2. Op stadsniveau grootschalige wegafzettingen. 3. Gedurende meerdere uren	Op stadsniveau: 1. Flinker delen van de OR zijn voor lange tijd niet bruikbaar en/of 2. Er treedt op grote schaal vervuiling, verloedering en stankoverlast op	Op stadsniveau: 1. Woongenot is in meerdere wijken van de stad ernstig aangetast gedurende meerdere dagen en/of 2. Meer dan 5 woningen onbewoonbaar	≥ 1 M€ < 10 M€	Aftreden wethouder of lid dagelijks bestuur waterschap
	Aanzienlijk	1 Zwaar gewonde of ernstig zieke / 5-10 licht gewonden of zieken	1. Één of meerdere categorieën A niet meer bereikbaar gedurende 1-2 uur of 2. Één of meerdere categorieën B niet meer bereikbaar gedurende meerdere uren of 3. Op stadsniveau diverse wegafzettingen en -afsluitingen gedurende 1-2 uur of 4. Op wijkniveau veel wegafsluitingen gedurende meerdere uren	Op wijkniveau: 1. Delen van de OR zijn voor lange tijd niet bruikbaar of 2. Er treedt op grote schaal vervuiling, verloedering en stankoverlast op	Op wijkniveau: 1. Woongenot is in één wijk ernstig aangetast gedurende meerdere dagen en/of 2. 1-5 Woningen onbewoonbaar	≥ 100 k€ < 1 M€	Op grote schaal klachten, forse negatieve publiciteit in media en RTV, en/of meerdere raadvragen
	Matig	1-5 Licht gewonden of zieken	1. Één of meerdere categorieën A niet meer bereikbaar gedurende 0-1 uur of 2. Één of meerdere categorieën B niet meer bereikbaar gedurende 1-2 uur of 4. Op wijkniveau wegafzettingen en -afsluitingen gedurende 1-2 uur	Op buurtniveau: 1. Delen van de OR zijn voor lange tijd niet bruikbaar of 2. Er treedt vervuiling, verloedering en stankoverlast op	Woongenot is in één wijk aangetast gedurende 1-2 dagen, op buurtniveau is het woongenot aangetast gedurende meerder dagen	≥ 10 K€ < 100 K€	Klachten en negatieve publiciteit op wijkniveau
	Klein	1 Licht gewonde of zieke	Op buurtniveau: Wegafzettingen en -afsluitingen gedurende 1-2 uur of Op straatniveau: Wegafzettingen - en afsluitingen gedurende meerdere uren.	Op straatniveau: 1. Delen van de OR zijn voor lange tijd niet bruikbaar of 2. Er treedt vervuiling, verloedering en stankoverlast op	Woongenot is in één buurt aangetast gedurende 1-2 dagen, op straatniveau is het woongenot aangetast gedurende meerder dagen	≥ 1 K€ < 10 K€	Meerdere klachten in een straat
	Zeer klein	Geen gewonden of zieken	Cluster van enkele woningen: Wegafzettingen en -afsluitingen gedurende maximaal 1-2 uur.	Enkele woningen: 1. Kleine delen van de OR zijn voor lange tijd niet bruikbaar of 2. Er treedt vervuiling, verloedering en stankoverlast op	Enkele woningen: Woongenot is enigszins aangetast gedurende 1-2 dagen	< 1 K€	Individuele klacht

BIJLAGE D EXTRA ERNSTMATRICES RIOLERING

Tabel 21 Staat van rioolbuis gebonden ernstmatrix - veiligheid en gezondheid

Veiligheid en gezondheid			
	Omvang probleem	Locatie en functie weg	Diameter riool
Zeer ernstig	Ingrijpmaatstaven in meer dan 25% van de strengen	Ingrijpmaatstaven in meer dan 10% van de strengen onder: - doorgaande wegen - calamiteitenroutes	Ingrijpmaatstaven bij leidingen > 1.000mm
Ernstig	Ingrijpmaatstaven in 10-25% van de strengen	Ingrijpmaatstaven in 5-10% van de strengen onder: - doorgaande wegen - calamiteitenroutes	Ingrijpmaatstaven bij leidingen 700<D<1.000mm
Aanzienlijk	Ingrijpmaatstaven in 5-10% van de strengen	Ingrijpmaatstaven in 1-5% van de strengen onder: - doorgaande wegen - calamiteitenroutes	Ingrijpmaatstaven bij leidingen 600<D<700mm
Matig	Ingrijpmaatstaven in 1-5% van de strengen	Ingrijpmaatstaven in 1-5% van de strengen onder: - fietspaden	Ingrijpmaatstaven bij leidingen 500<D<600mm
Klein	Ingrijpmaatstaven in minder dan 1% van de strengen	Ingrijpmaatstaven in minder dan 1% van de strengen onder woonstraten	Ingrijpmaatstaven bij leidingen 400<D<500mm
Zeer klein	-	-	Ingrijpmaatstaven bij leidingen < 400mm

Tabel 22 Staat van rioolbuis gebonden ernstmatrix - bereikbaarheid

Bereikbaarheid:				
	Omvang probleem	Locatie en functie weg	Tunnels	Diameter riool
Zeer ernstig				
Ernstig	Hele stad Ingrijpmaatstaven in meer dan 25% van de strengen	Ingrijpmaatstaven in meer dan 25% van de strengen onder: - doorgaande wegen - calamiteitenroutes	Ingrijpmaatstaven onder tunnels in hoofdafvoerroutes	Ingrijpmaatstaven bij leidingen > 1.000mm
Aanzienlijk	Hele stad Ingrijpmaatstaven in 5-10% van de strengen of 1 wijk > 25 %	Ingrijpmaatstaven in 5-25% van de strengen onder: - doorgaande wegen - calamiteitenroutes	Ingrijpmaatstaven onder secundaire tunnels	Ingrijpmaatstaven bij leidingen 700<D<1.000mm
Matig	1 Of enkele wijken Ingrijpmaatstaven in 5-25% van de strengen	Ingrijpmaatstaven in 1-5% van de strengen onder: - doorgaande wegen - calamiteitenroutes	Ingrijpmaatstaven onder onderdoorgangen	Ingrijpmaatstaven bij leidingen 500<D<700mm
Klein	Hele stad Ingrijpmaatstaven in 1-5% van de strengen	Ingrijpmaatstaven in 1-5% van de strengen onder: - Wijkverzamelwegen - fietspaden	Ingrijpmaatstaven onder fiets- en voetgangerstunnels	Ingrijpmaatstaven bij leidingen 400<D<500mm
Zeer klein	1 Of enkele wijken Ingrijpmaatstaven in 1-5% van de strengen	Ingrijpmaatstaven in minder dan 1% van de strengen onder woonstraten		Ingrijpmaatstaven bij leidingen < 400mm

Voor een overzicht van de ingrijpmaatstaven zie bijlage E op de volgende pagina.

BIJLAGE E MAATSTAVEN INSTORTEN RIOLERING

Tabel 23 Ingrijpmaatstaven instorten riolering (NEN3399, 2014)

Ingrijpmaatstaven	Omschrijving
BAC 4-5 breuk	Breuk in buis
BAO 5	Grond zichtbaar vanuit buis (gat)
BBD 4-5	Binnendringen van grond in rioolbuis
BAP 5	Holle ruimte in beton
BAF 5	Oppervlakteschade buis

De termen als BAC en BAO zijn benamingen opgesteld in NEN-normen. De getallen 4 of 5 geven de mate waarin het probleem optreedt in een rioolstreng aan. Een of meerdere breuk(en) die op kleinere schaal voorkomen (bijvoorbeeld BAC 2) wordt niet beschouwd als een probleem wat aangepakt moet worden. Daarom worden deze buiten beschouwing gelaten.

BIJLAGE F RISICOMATRIX

Tabel 24 Algemene risicomatrix

		Frequentie categorie					
		(vrijwel) Onmogelijk	Onwaarschijnlijk	Mogelijk	Waarschijnlijk	Geregeld	Vaak
		0,0003 (x/jaar)	0,003 (x/jaar)	0,03 (x/jaar)	0,3 (x/jaar)	3 (x/jaar)	30 (x/jaar)
		< 1/1000 jaar	≥ 1/1000 jaar < 1/100 jaar	≥ 1/100 jaar < 1/10 jaar	≥ 1/10 jaar < 1/jaar	≥ 1/jaar < 1/maand	≥ 1/maand
Categorie van ernst	Zeer ernstig (1000)	M	H	ZH	EH	EH	EH
	Ernstig (100)	L	M	H	ZH	EH	EH
	Aanzienlijk (10)	ZL	L	M	H	ZH	EH
	Matig (1)	ZL	ZL	L	M	H	ZH
	Klein (0,1)	ZL	ZL	ZL	L	M	H
	Zeer klein (0,01)	ZL	ZL	ZL	ZL	L	M

ZL	Zeer laag risico	H	Hoog risico
L	Laag risico	ZH	Zeer hoog risico
M	Matig risico	EH	Extreem hoog risico

BIJLAGE G FUNCTIONEREN METHODIEK RIOLERINGSBEHEER MIDDELS EEN VOORBEELDSITUATIE

Om het functioneren van de methodiek weer te geven wordt in deze bijlage een voorbeeld behandeld. Waarden weergegeven in dit voorbeeld zijn puur fictief.

Dit voorbeeld behandelt het vinden van het risico van een groot stuk riool onder de Hengelosestraat te Enschede. De Hengelosestraat is een belangrijke toegangsweg naar het stadscentrum (categorie A). Tijdens een reguliere inspectie is in deze rioolstreng geconstateerd dat grond zichtbaar is vanuit de buis. Dit werd in een dusdanige mate geconstateerd dat een ingrijpmaatstaaf bereikt is (Tabel 25).

Tabel 25 Bereiken ingrijpmaatstaaf

Ingrijpmaatstaven	Omschrijving
BAC 4-5 breuk	Breuk in buis
BAO 5	Grond zichtbaar vanuit buis (gat)
BBD 4-5	Binnendringen van grond in rioolbuis
BAP 5	Holle ruimte in beton
BAF 5	Oppervlakteschade buis

Schade als gevolg van instorting van dit stuk riool wordt geschat op 5 miljoen euro. Geschat wordt dat particuliere ruimte en openbare ruimte op wijkniveau overlast ondervinden van een instorting, met ook op wijkniveau klachten als gevolg.

Om het risico van de stabiliteit van een stuk riolering te vinden moet allereerst geanalyseerd worden wat het effect is op de vier gedefinieerde kernwaarden in geval van instorten van een riool. Hiervoor zijn de riool stabiliteit specifieke matrix (zie bijlage C) en de twee extra ernstmatrices (bijlage D) leidend. Hierbij is de hoogst behaalde categorie van ernst maatgevend. De informatie uit bovenstaande alinea wordt ingevuld in de matrices, het resultaat hiervan is weergegeven in de onderstaande tabellen (Tabel 26, Tabel 27, Tabel 28).

Tabel 26 Scores veiligheid en gezondheid

Veiligheid en gezondheid			
	Omvang probleem	Locatie en functie weg	Diameter riool
Zeer ernstig	Ingrijpmaatstaven in meer dan 25% van de strengen	Ingrijpmaatstaven in meer dan 10% van de strengen onder: - doorgaande wegen - calamiteitenroutes	Ingrijpmaatstaven bij leidingen > 1.000mm
Ernstig	Ingrijpmaatstaven in 10-25% van de strengen	Ingrijpmaatstaven in 5-10% van de strengen onder: - doorgaande wegen - calamiteitenroutes	Ingrijpmaatstaven bij leidingen 700<D<1.000mm
Aanzienlijk	Ingrijpmaatstaven in 5-10% van de strengen	Ingrijpmaatstaven in 1-5% van de strengen onder: - doorgaande wegen - calamiteitenroutes	Ingrijpmaatstaven bij leidingen 600<D<700mm
Matig	Ingrijpmaatstaven in 1-5% van de strengen	Ingrijpmaatstaven in 1-5% van de strengen onder: - fietspaden	Ingrijpmaatstaven bij leidingen 500<D<600mm
Klein	Ingrijpmaatstaven in minder dan 1% van de strengen	Ingrijpmaatstaven in minder dan 1% van de strengen onder woonstraten	Ingrijpmaatstaven bij leidingen 400<D<500mm
Zeer klein	-	-	Ingrijpmaatstaven bij leidingen < 400mm

Tabel 27 Scores bereikbaarheid

Bereikbaarheid:				
	Omvang probleem	Locatie en functie weg	Tunnels	Diameter riool
Zeer ernstig				
Ernstig	Hele stad Ingrijpmaatstaven in meer dan 25% van de strengen	Ingrijpmaatstaven in meer dan 25% van de strengen onder: - doorgaande wegen - calamiteitenroutes	Ingrijpmaatstaven onder tunnels in hoofdafvoerroutes	Ingrijpmaatstaven bij leidingen > 1.000mm
Aanzienlijk	Hele stad Ingrijpmaatstaven in 5-10% van de strengen of 1 wijk > 25 %	Ingrijpmaatstaven in 5-25% van de strengen onder: - doorgaande wegen - calamiteitenroutes	Ingrijpmaatstaven onder secundaire tunnels	Ingrijpmaatstaven bij leidingen 700<D<1.000mm
Matig	1 Of enkele wijken Ingrijpmaatstaven in 5-25% van de strengen	Ingrijpmaatstaven in 1-5% van de strengen onder: - doorgaande wegen - calamiteitenroutes	Ingrijpmaatstaven onder onderdoorgangen	Ingrijpmaatstaven bij leidingen 500<D<700mm
Klein	Hele stad Ingrijpmaatstaven in 1-5% van de strengen	Ingrijpmaatstaven in 1-5% van de strengen onder: - Wijkverzamelwegen - fietspaden	Ingrijpmaatstaven onder fiets- en voetgangerstunnels	Ingrijpmaatstaven bij leidingen 400<D<500mm
Zeer klein	1 Of enkele wijken Ingrijpmaatstaven in 1-5% van de strengen	Ingrijpmaatstaven in minder dan 1% van de strengen onder woonstraten		Ingrijpmaatstaven bij leidingen < 400mm

Tabel 28 Voorbeeld case ernst instorten riolering

		Waarden				
		Veiligheid & gezondheid	Kwaliteit leefomgeving			Kosten en financiën
			Bereikbaarheid	Leefbaarheid openbare ruimte (OR)	Leefbaarheid particulier terrein	
			A: erg belangrijk gebied B: tamelijk belangrijk gebied			Imago
Ernstcategorie	Zeer ernstig	Omvang stadsniveau In de gehele stad verzakkingen van de weg veroorzaakt door riolering Functie wegen Instorten van riolen onder één of meerdere - hoofdverkeerswegen, - busbanen of - calamiteitsroutes, waardoor ongelukken ontstaan				(gevolg)Schade die ontstaat door instortingen of verstoppingen; Meerkosten voor het verhelpen van de schade (t.o.v. reguliere vervanging)
	Ernstig	Omvang wijkniveau In één of enkele wijken verzakkingen van de weg veroorzaakt door riolering Functie wegen Instorten van riolen onder één of meerdere - hoofdverkeerswegen, - busbanen of - calamiteitsroutes, waardoor ongelukken ontstaan	Meerdere locaties categorie A niet meer bereikbaar door instorting riolen Stadsniveau Op diverse locaties instortingen van riolen ook onder doorgaande wegen waardoor grote delen van de stad niet of slecht bereikbaar zijn dat leidt tot blokkering van deze wegen	Stadsniveau Onder alle typen wegen: - instorting van riolen waardoor de openbare ruimte niet bruikbaar is	Stadsniveau Afvalwater kan vanuit woningen en bedrijven niet wegstromen door verstoppingen	(gevolg)Schade die ontstaat door instortingen of verstoppingen; Meerkosten voor het verhelpen van de schade (t.o.v. reguliere vervanging)
	Aanzienlijk	Omvang buurtniveau In één of enkele buurten verzakkingen van de weg veroorzaakt door riolering Functie wegen Instorten van riolen onder één - hoofdverkeersweg - busbaan of - calamiteitsroute, of onder meerder overige wegen, waardoor ongelukken ontstaan	Wijkniveau - Enkele gevallen van instorting van riolen onder doorgaande wegen en/of - Diverse gevallen (>5) van instorting onder overige wegen dat leidt tot blokkering van deze wegen	Wijkniveau - Instorting van riolen waardoor de openbare ruimte niet bruikbaar is	Wijkniveau Afvalwater kan vanuit woningen en bedrijven niet wegstromen door verstoppingen	(gevolg)Schade die ontstaat door instortingen of verstoppingen; Meerkosten voor het verhelpen van de schade (t.o.v. reguliere vervanging)
	Matig	Omvang straatniveau Verzakking van enkele woonstraten door instorting van enkele riolen Functie wegen Instorten van riolen alleen onder overige wegen, waardoor ongelukken ontstaan	Buurtniveau - Een enkel geval van instorting van een riool onder een buurtverzamelweg - Enkele gevallen (1-5) van instorting onder woonstraten dat leidt tot blokkering van deze straten	Buurtniveau - Instorting van riolen waardoor de openbare ruimte niet bruikbaar is	Buurtniveau Afvalwater kan vanuit woningen en bedrijven niet wegstromen door verstoppingen	(gevolg)Schade die ontstaat door instortingen of verstoppingen; Meerkosten voor het verhelpen van de schade (t.o.v. reguliere vervanging)
	Klein	Incidenteel Verzakking van één woonstraat door instorting van één riool (eindstreng)	Straatniveau Instorting van een riool onder een woonstraat dat leidt tot blokkering van deze weg	Straatniveau - Instorting van riolen waardoor de openbare ruimte niet bruikbaar is	Straatniveau Afvalwater kan vanuit woningen en bedrijven niet wegstromen door verstoppingen	(gevolg)Schade die ontstaat door instortingen of verstoppingen; Meerkosten voor het verhelpen van de schade (t.o.v. reguliere vervanging)
	Zeer klein	Incidenteel Geval van verzakking van maaiveld zonder verkeersfunctie als gevolg van instorting van riolen	Incidenteel Instorting van een riool onder een doodlopende weg of woonstraat waarbij doorgang niet geblokkeerd raakt	Incidenteel - Instorting van een riool waardoor de openbare ruimte niet bruikbaar is	Incidenteel Afvalwater kan vanuit woningen en bedrijven niet wegstromen door verstoppingen	Incidenteel Klachten over instortingen van riolen en/of verstoppingen en de gevolgen daarvan

De mate van ernst bedraagt 'ernstig', aangezien de hoogste waarde maatgevend is. Vervolgens moet de frequentie van het instorten geanalyseerd worden. Deze bedraagt 4 maal per jaar, oftewel 'geregeld' Dit stuk riolering scoort een risico van 'extreem hoog' zoals weergegeven in Tabel 29.

Tabel 29 Voorbeeld case risico instorten riolering

		(vrijwel) Onmogelijk	Onwaarschijnlijk	Mogelijk	Waarschijnlijk	Geregeld	Vaak
	Freq. (keer/jaar)	0,0003	0,003	0,03	0,3	3	30
	Frequentie	< 1/1000 jaar	≥ 1/1000 jaar < 1/100 jaar	≥ 1/100 jaar < 1/10 jaar	≥ 1/10 jaar < 1/jaar	≥ 1/jaar < 1/maand	≥ 1/maand
Categorie van ernst	Zeer ernstig (1000)	M	H	ZH	EH	EH	EH
	Ernstig (100)	L	M	H	ZH	EH	EH
	Aanzienlijk (10)	ZL	L	M	H	ZH	EH
	Matig (1)	ZL	ZL	L	M	H	ZH
	Klein (0,1)	ZL	ZL	ZL	L	M	H
	Zeer klein (0,01)	ZL	ZL	ZL	ZL	L	M

Er zijn een drietal soorten te plegen onderhoud mogelijk, waarvan bijbehorende informatie staat weergegeven in Tabel 30. Ook deze informatie is fictief. Er is een doelmatigheidstoets uitgevoerd voor alle drie mogelijke maatregelen. De uitslag van deze toets staat ook weergegeven in Tabel 30.

Doelmatigheid is volgens formule 2 berekend:

$$\text{Doelmatigheid} = \frac{(\text{risico voor onderhoud}) - (\text{risico na onderhoud})}{\text{kosten van desbetreffende onderhoud (per 10.000€)}} \quad (\text{formule 2})$$

Voorbeeld berekening doelmatigheid vervangen rioolbuis:

$$\text{Doelmatigheid} = \frac{(300 - 0.03)}{200} = 1.49 \approx 1.5$$

Tabel 30 Doelmatigheid soorten onderhoud

Soort onderhoud	Kosten (€)	Risico na onderhoud	Doelmatigheid
Vervangen	2M	Laag	1.5
Relinen	500K	Laag	6.0
Kleine reparatie	200K	Hoog	14.9

Gezien de uitkomst van de doelmatigheidstoets zal er in dit geval gekozen worden om kleine reparaties uit te voeren, en daarmee het risico te verlagen van 'extreem hoog' naar 'hoog'. Dit ligt onder de grenswaarde 'zeer hoog' die de gemeente heeft vastgesteld.

BIJLAGE H INTERVIEW RISICO GESTUURD BEHEER RIOLERING RIK MEIJER

Interviewer: Martijn Brüningmeyer

Geïnterviewde: Rik Meijer

Functie geïnterviewde: Senior beleidsadviseur gemeente Enschede

Datum: 02-05-2016

Het doel van dit interview is het verkrijgen van verdiepende informatie over de toepassing van risico gestuurd asset management betreffende riolering door de gemeente Enschede. De vragen zijn opgesteld om het stappenplan en gemaakte beslissingen genoemd in 'Proeftuin risico gestuurd beheer' verder te verduidelijken en zo een goede analyse te kunnen maken van deze methodiek. Het interview bestaat uit een zevental vragen, dit relatief kleine aantal biedt ruimte om extra vragen tussendoor te stellen.

1. Kunt u kort in uw eigen woorden uitleggen hoe deze methodiek werkt en hoe deze tot stand is gekomen?

We kregen te horen dat we voor het beheren van riolering minder geld beschikbaar kregen, in verband met een afgesproken maximale stijging van rioolheffing. Hierdoor kon er minder geld geïnvesteerd worden in riolering. Tegelijkertijd was het niet goed in te schatten welke aspecten van riolering investeringen behoeften (grondwater, rioolwater, hemelwater of waterkwaliteit). Er was dus behoefte aan een methodiek die, ongeacht het thema, te volgen is voor college en raad. Vervolgens is vastgesteld wat zij belangrijk vinden, namelijk de organisatiewaarden. Een aantal van deze waarden zijn wettelijk geregeld. Veiligheid en gezondheid bijvoorbeeld, wij zijn wettelijk verplicht om de veiligheid van mens en dier te waarborgen.

Als je weet welke thema's belangrijk zijn, hoe maak je daar een keuze in? Deze keuze is gemaakt door ernst van categorieën in te delen. Wat vind je hoe erg? Er is literatuur onderzoek gedaan naar reeds uitgevoerde methodes van risico management en asset management door andere instellingen. Daar gebruikte men vrijwel overal zes categorieën van ernst. Zodoende is ook hier gekozen voor zes categorieën. Voor elke kernwaarde is per categorie van ernst een passende omschrijving opgesteld. Vervolgens hebben we gekeken welke gevolgen even erg (zwaar) voelen. Welke vermindering van bereikbaarheid is bijvoorbeeld gelijk aan welke impact op gezondheid. Dit thema is overstijgend voor riolering. Ziek is ziek, of dat nu komt door watervergiftiging of stankoverlast. Vergelijkbaarheid vormt een onafhankelijke methodiek, die overleg mogelijk maakt met mensen die geen kennis van riolering hebben.

De volgende uitdaging is het bepalen van de kans. Met hemelwater was dit makkelijk. We weten welke bui hoe vaak voorkomt. Met rioolvervanging is dit lastiger. Hierbij is gekeken naar hoe vaak het voorkomt dat een riool in Enschede instort. Die kans vullen we in bij riolering in de matrix. Voor grondwater is bijvoorbeeld gekeken naar hoe vaak er zich water in de kruipruimte van huizen bevindt.

Als je risico's gevonden hebt moet je afspreken welke acceptabel zijn. Er waren al afspraken gemaakt over de maximale stijging van rioolheffing. Deze waren bepalend voor het maximale geaccepteerde risico.

2. Hoe zijn jullie tot de vier organisatiewaarden gekomen?

Met name uit bestaande beleidsdocumenten over wet- en regelgeving. Ook uit gesprekken met de politiek zijn waarden geconcludeerd. Het (vijfde) thema 'milieu' is geopperd, er is gekozen om deze niet op te nemen in de kernwaardes omdat 'milieu' al verweven zit in alle andere kernwaardes. De kernwaarde kwaliteit leefomgeving is nog specifiekter op te delen. Hiervoor hebben wij gekeken naar

wat wij belangrijk vinden, waar willen wij op sturen? Deze belangen, en daarmee de kernwaardes zijn per organisatie verschillend. Desalniettemin worden de waardes die wij gekozen hebben ook veel gebruikt buiten Enschede.

- Wie bedoelt u met 'wij'?

Wij is de politiek. De voorbereiding is een ambtelijk proces waarbij ook externe specialisten worden ingeschakeld. De besluitvorming/vaststelling als methodiek wordt door de gemeenteraad gedaan.

- Waarom is kernwaarde kwaliteit leefomgeving wel opgedeeld en de andere kernwaarden niet?

Omdat deze nog meer een 'paraplu term' is dan de rest. Hoe kun je wat zeggen over veiligheid en gezondheid? Dat uit zich in zieken en gewonden. Maar kwaliteit leefomgeving is een veel breder begrip. Hoe prettig voel je je op een bepaalde plek? Hoe prettig woon je ergens? Dat zijn vragen die je kan stellen bij dit onderwerp. Het had ook in tweeën gesplitst kunnen worden. Maar de vraag of je ergens weg kan komen moet ook meegenomen worden. Wegen kunnen verzakken ten gevolge van bijvoorbeeld grondwaterstand variaties.

De gekozen kernwaardes en opsplitsing hiervan is gebonden aan het huidige bestuur, deze dingen kunnen verschillen per bestuur.

3. Waarom is er gekozen voor een factor tien verschil in categorieën van ernst?

Dat is een redelijk gebruikelijke verdeling. Uit achtergrond is deze verdeling logaritmisch. Die factor 10 zorgt ervoor dat je ook kan categoriseren als je werkt met niet nauwkeurige gegevens, zoals de kosten van een schade. Grotere stappen geven duidelijkere verschillen. Tussenschappen van 11 of 5 kan natuurlijk ook. Maar wij ervaren dat wij met deze bandbreedte redelijk goed conclusies kunnen trekken uit beschikbare gegevens.

Deze numerieke waarden gebruiken we pas bij het bepalen van doelmatigheid. De kernwaarde 'financiën' is de trekker geweest in de verdeling van factor 10, aangezien deze waarden ook numeriek uitgedrukt worden. Daarna zijn de andere kolommen van kernwaarden aangepast aan vergelijkbare effecten aan een bedrag X.

4. Hoe is de overkoepelende risicotabel gevormd?

Er is met elkaar (ambtelijk) met mensen uit riolering, met mensen buiten het vakgebied en anderen gekeken naar andere bestaande tabellen. Een van de vraagstukken waar wij tegenaan liepen was: 'moet klachten er wel in?' Maar mensen gaan niet klagen voor niks. We zien vaak dat als een effect op imago hoog scoort dat deze op andere kernwaarden ook hoog scoort.

- Wie waren belangrijk bij dit vormgeven?

We hadden een ambtelijke werkgroep vanuit het vakgebied riolering en collega's uit andere thema's (bijvoorbeeld wegen). Samen hebben wij een eerste aanzet gemaakt, deze is besproken en vervolgens aangescherpt. Daarna is er door het management gekeken of we de juiste keuzes hebben gemaakt. Na deze analyse is nogmaals de tabel aangescherpt voordat deze naar de politiek is gegaan.

5. Hoe is de algemene risicotabel riolering vertaald naar een riool gespecificeerde risicotabel?

Er is gekeken naar hemelwater, grondwater en waterkwaliteit. Als je de overkoepelende matrix hebt gemaakt is er nog geen idee wanneer een risico ontstaat. Hoe moet ik mijn beheer en onderhoud hierop inrichten? Er is geanalyseerd hoe kernwaarden worden beïnvloed door de toestand van

riolering. Een voorbeeld: 'hoe kan je ziek worden of gewond raken t.g.v. een toestand van riolering? Dit kan door in aanraking te komen met rioolwater, als een riool instort bijvoorbeeld. Maar als een riool instort en je fietst in het gat, dan raak je ook gewond. Of je er wel of niet in kan storten is afhankelijk van het grote van het riool. Is instorting overal even erg? Nee. Dit is afhankelijk van het al dan niet aanwezig zijn van een secundaire route, de grote van de bovenliggende weg etc.

Deze methodiek biedt de optie om gegronde keuzes te maken met je bestuur. We gaan niet preventief alles onderhouden, daar is geen geld voor. We gaan goede afwegingen maken.

6. Hoe wordt gemeten in welke mate een maatregel kernwaarden beïnvloedt?

Voorbeeld hemelwater. Stel de riolering is slecht, het risico is te hoog. We kunnen een aantal dingen doen. We kunnen alles vervangen. Er wordt aangenomen dat dan alle risico's naar de laagst mogelijke waarde gaan. Dat heeft natuurlijk een grote kostenpost. Je kan het ook gaan relinen, dit betekent dat je in een bestaande buis een soort kunststofkous blaast, welke uitgehard wordt. Dit maakt de buis sterker, maar gaat niet zo lang mee als een nieuwe betonnen. Deze oplossing delen wij door middel van logisch redeneren in een categorie 10 en niet in 1. Een stuk van de buis relinen of repareren deel je dan in op een categorie 100. Voor een deel is het dus inschatten op welke waarde iets uitkomt. De keuze van een factor 10 verschil maakt het makkelijker om toe te delen. Met behulp van de factor tien kan je vrij precies toedelen

7. Kunt u een voorbeeld noemen van een situatie waarbij de doelmatigheidstoets invloedrijk was?

Veel van de riolering in Enschede is aan vervanging toe.

Op een aantal locaties gaan we relinen. Bijvoorbeeld onder een belangrijke weg, relinen is sneller om te realiseren én tijdens werkzaamheden kunnen mensen er nog langs rijden. Waar vervanging een wegafsluiting vereist, kan bij relinen nog 1 rijstrook geopend blijven.

Voorheen werden deze aspecten ook meegenomen bij het afwegen van mogelijke oplossingen, maar deze afwegingen speelden zich af in de hoofden van geselecteerde mensen. Met deze methodiek kan je laten zien welke afweging is gemaakt en waarom. Het proces is helderder.

Bij het aspect hemelwateroverlast zijn de soort oplossingen en de uitvoeringsvolgorde ervan bepaald met behulp van doelmatigheid. Momenteel worden er twee van deze oplossingen uitgevoerd, namelijk aan de Oldenzaalsestraat en De heurne.

BIJLAGE I INTERVIEW FALLEN VAN DUIKERS EN FIETSBRUGGEN ROBERT WENSINK

Interviewer: Martijn Brüningmeyer

Geïnterviewde: Robert Wensink

Functie geïnterviewde: gegevensbeheerder kunstwerken gemeente Enschede

Datum: 24-05-2016

Het doel van dit interview is het verkrijgen van empirische informatie over de faalmechanismen van duikers en bruggen en bijbehorende frequenties. Dit interview is opgesteld om te analyseren welke faalmechanismen volgens een expert frequenter voorkomen in de gemeente Enschede en tot welke mogelijke effecten deze faalmechanismen leiden. Dit interview bestaat uit een vijftal vragen. Dit kleine aantal maakt het mogelijk extra vragen die tijdens het interview reizen te stellen binnen de beschikbare tijd.

1. Wat is naar uw idee het meest voorkomende faalmechanisme in de gemeente Enschede voor duikers en bruggen?

Geen idee. Daar heb ik als gegevensbeheerder geen zicht op. Kleinere duikers hebben we niet eens allemaal in beeld in Enschede. De grotere duikers zijn welk opgenomen in het beheersysteem.

2. Wat is naar uw idee per kunstwerk het faalmechanisme met het grootste effect op de gekozen kernwaarden?

De belangrijkste kernwaarde is veiligheid. Er zijn in Enschede maar een paar grote kunstwerken, de rest zijn kleine kunstwerken. We hebben bijvoorbeeld de Westerval een groot kunstwerk, een brug. Deze is pas 15 jaar oud dus daar is nog niet zo'n groot risico aanwezig. In totaal hebben wij als gemeente Enschede drie echt grote kunstwerken, deze kunnen grote impact hebben op de kernwaarden, de overige kunstwerken vormen meer kans op overlast.

De grootste faalangst voor bruggen en duikers is instorten. Een andere, meer voorkomende angst voor bruggen is dat een brug afgesloten moet worden voor verkeer. Veiligheid, maar ook bereikbaarheid zijn dus de belangrijkste kernwaarden. Kleinere kunstwerken worden gerepareerd zodra er een klein mankement is, bijvoorbeeld het vervangen van een dek plank van een bruggetje.

Door de ondiepe portemonnee zijn we bereid een risico te lopen. Zolang de veiligheid gewaarborgd kan worden vinden wij het goed. Stel een duiker in buitengebied stort in en als gevolg daarvan moet een bewoner 500 meter omrijden naar zijn huis, dan is dat volgens de gemeente nog geen direct probleem.

3. In hoeverre wordt het falen van kunstwerken en het gepleegde onderhoud door de gemeente gedocumenteerd?

We registreren uitgevoerde inspecties. De inspecties die het insectiebureau aan ons levert bevatten ook advies met betrekking tot maatregelen om geïnspecteerde problemen te verhelpen. Het gepleegde onderhoud registreren we wel maar de oorzaak van een mankement en de reden van het gepleegde onderhoud niet. Zo registreren we bijvoorbeeld alleen de nieuwkomst van een nieuwe duiker, maar niet waarom deze nieuwe duiker ergens geplaatst is.

Het inspectiebureau constateert een mankement en biedt maatregelen aan. Daar luisteren we naar. We vinden de maatregelen interessanter dan de mankementen. Dat heet correctief onderhoud, we repareren alleen als er iets mis is.

4. Kunt u een voorbeeld noemen van een gebeurtenis van de door u genoemde faalmechanismen bij vraag 1 en 2 voor zowel duikers als bruggen?

Ik heb geen voorbeelden, ik bemoei me alleen bij de registratie en niet bij de beheerbeslissingen.

5. Wat moet er veranderen om faalmechanismen en frequenties hiervan beter in kaart te krijgen, en zodoende efficiënter beheer mogelijk te maken?

We gaan de behoefte voor beter documenteren voelen zodra falen vaker voorkomt. Dat zal zeker gaan gebeuren aangezien we nu risico's accepteren met de introductie van risico gestuurd beheer. Documentatie verloopt nu al beter en wordt meer gedaan dan vroeger, eerst was het nog meer een 'hap-snap -proces' (hiermee werd bedoeld dat beheer alleen werd uitgevoerd door te repareren waar een mankement gemeld/geconstateerd was). Nu proberen we wel meer te documenteren. Het grote gevaar hierbij is dat we 100 dingen gaan bijhouden en maar met 50 dingen wat doen. Straks hebben we geen informatie beschikbaar die we nodig hebben en wel over informatie beschikken die we niet nodig hebben. Documenteren kost namelijk geld. Ik kan nu geen keuze maken of er iets moet veranderen of niet, dat zal moet blijken uit een kosten baten analyse. Echter is het beheer in de gemeente Enschede tot nu toe altijd goed gegaan.

BIJLAGE J INTERVIEW FALEN VAN DUIKERS EN FIETSBRUGGEN MARTIJN WIEFFERINK

Interviewer: Martijn Brüningmeyer

Geïnterviewde: Martijn Wiefferink

Functie geïnterviewde: Projectleider stadsingenieurs gemeente Enschede

Datum: 30-05-2016

Het doel van dit interview is het verkrijgen van empirische informatie over het falen van duikers en bruggen en bijbehorende frequenties. Dit interview is opgesteld om te analyseren welke faalmechanismen volgens een expert frequenter voorkomen in de gemeente Enschede en tot welke mogelijke effecten deze faalmechanismen leiden. Tevens zal middels dit interview de mening van een expert worden verkregen over het opdelen van bruggen in onderdelen. Dit interview bestaat uit een achttal vragen.

1. Wat is naar uw idee het meest voorkomende faalmechanisme in de gemeente Enschede voor duikers en bruggen?

Falen komt zelden voor bij landhoofden, meestal faalt er iets aan het brugdek. Een houten landhoofd is zeer onderhoudsgevoelig, hout moet namelijk vaker onderhouden worden dan beton. Bij het falen van het brugdek kan je denken aan houten dekplanken of een leuning. De voornaamste reden van gepleegd onderhoud is slijtage en ouderdom. Zo werkt dat met hout, als je het niet onderhoud (bijvoorbeeld schilderen of conserveren) dan komt het een keer aan het einde van hun levensduur. Een brugdek vereist het eerst onderhoud, daarna pas de liggers.

Over duikers kan ik deze informatie niet geven, daar heb ik geen idee van.

2. Wat is naar uw idee per kunstwerk het faalmechanisme met het grootste effect op de gekozen kernwaarden?

Voor duikers is dit voor mij instorten, dan zakt de onderliggende weg in. De ernst hiervan is afhankelijk van de locatie van de duiker, ligt deze onder een drukke of rustige weg?

Over het algemeen zal een brug nooit volledig instorten. Waarschijnlijk faalt dan een dekplank of een leuning. Een groot effect op kernwaarden is bijvoorbeeld als leuningen inrotten en iemand ziet dat niet, leunt er tegenaan en valt van de brug. Met kan ook door een dekplank zakken, maar dan lig je niet meteen onder de brug. Falen van die onderdelen leidt tot de grootste risico's.

3. Kunt u een voorbeeld noemen van het falen van een duiker en een brug in Enschede?

Voor een brug, nee. Er is wel eens een brug afgezet geweest. Toen was de verharding naar de brug ernstig ingezakt, wel een centimeter of 30. Door het afschuiven van zand van het talud was ook zand weggespoeld wat lag op de overgang tussen de brug en het land. Er was een flinke kuil ontstaan tussen de brug en het land.

Wat betreft duikers, is er ooit in Boekelo een duiker ingezakt in de Windmolenweg, dat is een drukke weg.

Het risico zit naar mijn idee voornamelijk in dat je systeem niet 100% dekkend is. Elke weg staat gedocumenteerd maar ik denk niet dat alle bruggen gedocumenteerd staan. Laat staan dat alle bruggen überhaupt bekend zijn dat ze bestaan. Als dat niet bekend is wordt daar natuurlijk ook geen inspectie uitgevoerd. Toen ik nog bij de afdeling beheer werkte bezochten we stadsdelen en lieten door vertegenwoordigers een lijst met bij ons bekende kunstwerken controleren op volledigheid. Bij elk bezoek werd geconcludeerd dat er kunstwerken niet bij ons bekend waren. Dus niet alles was, en waarschijnlijk is, bekend. We hebben relatief gezien veel riolering en wegen maar weinig kunstwerken. Daarom is het moeilijker een beheersysteem te maken en toe te passen voor kunstwerken net zoals voor wegen en riolering.

4. Van welk type brug zijn de meeste fietsbruggen in Enschede?

De meeste kleine bruggen in Enschede zijn liggerbruggen gemaakt van hout. Dit houdt in houten liggers met een dekplank erop. In de wijk Esmarken zijn heel veel kleine bruggetjes, deze zijn ook van hout gemaakt. Er is in Enschede maar één brug waar ook staal in zit, deze bevindt zich over de aan de Aukevleer straat.

5. Door ingenieursbureau Westenberg is voorgesteld om het falen van bruggen te analyseren middels decompositie (een opsomming van onderdelen van een brug). Vervolgens moet per decompositie-onderdeel en voor elke unieke combinatie van deze onderdelen vastgesteld worden welke bedrijfswaarden hieraan gekoppeld zijn.

Hoe kijkt u tegen deze aanpak aan?

Een riool bestaat uit minder onderdelen dan een brug. Daar ligt de oplossing voor een probleem vaak in het vervangen van putten, buizen of allebei. Bruggen bestaan uit meer onderdelen. Zo heb je landhoofden, brugdek, liggers, op -en afritten en leuning. Eerder werd beleid uitgevoerd met redenen uiteenlopend van opleveren van een esthetisch mooi resultaat tot het echt vereist zijn van te plegen onderhoud ten behoeve van veiligheid. Tegenwoordig wordt alleen onderhoud uitgevoerd als het echt noodzakelijk is en anders niet, daar is geen budget voor. Omdat bruggen uit veel onderdelen bestaan en elk onderdeel kan bijdragen aan gevaar denk ik dat het goed is te werken met decompositie.

Bij het beheer van wegen wordt bij het constateren van een mankement wel een besloten te wachten met het plegen van onderhoud om vervolgens in één keer groter onderhoud te plegen. Reden hiervoor kan ook zijn dat er tijdelijk geen geld beschikbaar is. Dat wachten kan bij bruggen niet, als dekplanken gaan rotten en dit niet tijdig aangepakt wordt zullen ook de liggers gaan rotten.

6. In welke onderdelen zou u een brug opdelen?

Landhoofden, liggers, brugdek, leuning en op -en afritten.

7. Welke onderdelen zijn naar uw idee hebt belangrijkste bij de vorming van een potentieel risico?

Dat vind ik moeilijk om te zeggen, Als een ligger het begeeft is het meteen goed mis, maar de kans daarop is zeer klein. Ik denk dat de drie onderdelen leuning, brugdek en liggers de belangrijkste zijn. Het is een geheel wat invloed heeft op elkaar. Als dekplanken niet onderhouden worden verslechteren de liggers vanzelf ook. De landhoofden en op- en afritten vind ik iets minder belangrijk aangezien als die falen er slechts kuilvorming optreedt, terwijl het falen van de overige drie onderdelen tot ergere gevolgen kan leiden.

8. Hoe zou naar uw idee een brug een risico toegewezen moeten krijgen naar aanleiding van de staat van (combinaties van) onderdelen.

Ik denk dat verschillende onderdelen tot verschillende grootte van risico's leiden. De combinatie van de drie onderdelen: leuning, brugdek en liggers kunnen leiden tot grotere risico's. Dit komt door het hoogteverschil met onderliggende grond. Bij falen van een landhoofd ontstaat kuilvorming maar bij falen van een leuning kan een persoon van een brug af vallen in een watergang of op een weg eronder.

BIJLAGE K ERNSTMATRIX DUIKERS

Tabel 31 Ernstmatrix effect instorten duiker

		Waarden			
		Veiligheid & gezondheid	Bereikbaarheid A: erg belangrijk gebied B: tamelijk belangrijk gebied	Kosten en financiën	Imago
Ernstcategorie	Zeer ernstig	Omvang stadsniveau In de gehele stad verzakkingen van de weg veroorzaakt door duikers Functie wegen Instorten van duikers onder één of meerdere - hoofdverkeerswegen, - busbanen of - calamiteitenroutes, waardoor ongelukken ontstaan		(gevolg)Schade die ontstaat door instortingen of verstoppingen; Meerkosten voor het verhelpen van de schade (t.o.v. reguliere vervanging)	
	Ernstig	Omvang wijkniveau In één of enkele wijken verzakkingen van de weg veroorzaakt door duikers Functie wegen Instorten van duikers onder één of meerdere - hoofdverkeerswegen, - busbanen of - calamiteitenroutes, waardoor ongelukken ontstaan	Meerdere locaties categorie A niet meer bereikbaar door instorting duikers Stadsniveau Op diverse locaties instortingen van duikers ook onder doorgaande wegen waardoor grote delen van de stad niet of slecht bereikbaar zijn dat leidt tot blokkering van deze wegen	(gevolg)Schade die ontstaat door instortingen of verstoppingen; Meerkosten voor het verhelpen van de schade (t.o.v. reguliere vervanging)	Stadsniveau Klachten over instortingen en/of verstoppingen van duikers en de gevolgen daarvan
	Aanzienlijk	Omvang buurtniveau In één of enkele buurten verzakkingen van de weg veroorzaakt door duikers Functie wegen Instorten van duikers onder één - hoofdverkeersweg - busbaan of - calamiteitenroute, of onder meerder overige wegen, waardoor ongelukken ontstaan	Wijkniveau - Enkele gevallen van instorting van duikers onder doorgaande wegen en/of - Diverse gevallen (>5) van instorting onder overige wegen dat leidt tot blokkering van deze wegen	(gevolg)Schade die ontstaat door instortingen of verstoppingen; Meerkosten voor het verhelpen van de schade (t.o.v. reguliere vervanging)	Wijkniveau Klachten over instortingen en/of verstoppingen van duikers en de gevolgen daarvan
	Matig	Omvang straatniveau Verzakking van enkele woonstraten door instorting van enkele duikers Functie wegen Instorten van duikers alleen onder overige wegen, waardoor ongelukken ontstaan	Buurtniveau - Een enkel geval van instorting van een duiker onder een buurtverzamelweg - Enkele gevallen (1-5) van instorting onder woonstraten dat leidt tot blokkering van deze straten	(gevolg)Schade die ontstaat door instortingen of verstoppingen; Meerkosten voor het verhelpen van de schade (t.o.v. reguliere vervanging)	Buurtniveau Klachten over instortingen en/of verstoppingen van duikers en de gevolgen daarvan
	Klein	Incidenteel Verzakking van één woonstraat door instorting van één duiker	Straatniveau Instorting van een duiker onder een woonstraat dat leidt tot blokkering van deze weg	(gevolg)Schade die ontstaat door instortingen of verstoppingen; Meerkosten voor het verhelpen van de schade (t.o.v. reguliere vervanging)	Straatniveau Klachten over instortingen en/of verstoppingen van duikers en de gevolgen daarvan
	Zeer klein	Incidenteel Geval van verzakking van maaiveld zonder verkeersfunctie als gevolg van instorting van duikers	Incidenteel Instorting van een duiker onder een doodlopende weg of woonstraat waarbij doorgang niet geblokkeerd raakt		Incidenteel Klachten over instortingen en/of verstoppingen van duikers en de gevolgen daarvan

BIJLAGE L EXTRA ERNSTMATRICES VEILIGHEID & GEZONDHEID EN BEREIKBAARHEID DUIKERS

Tabel 32 Extra ernstmatrix veiligheid en gezondheid duikers

Veiligheid en gezondheid			
	Omvang probleem	Locatie en functie weg	Diameter duiker
Zeer ernstig	Ingrijpmaatstaven in meer dan 25% van de duikers	Ingrijpmaatstaven in meer dan 10% van de duikers onder: - doorgaande wegen - calamiteitenroutes	Ingrijpmaatstaven bij duikers > 1.500mm
Ernstig	Ingrijpmaatstaven in 10-25% van de duikers	Ingrijpmaatstaven in 5-10% van de duikers onder: - doorgaande wegen - calamiteitenroutes	Ingrijpmaatstaven bij duikers 1.000<D<1.500mm
Aanzienlijk	Ingrijpmaatstaven in 5-10% van de duikers	Ingrijpmaatstaven in 1-5% van de duikers onder: - doorgaande wegen - calamiteitenroutes	Ingrijpmaatstaven bij duikers 700<D<1.000mm
Matig	Ingrijpmaatstaven in 1-5% van de duikers	Ingrijpmaatstaven in 1-5% van de duikers onder: - fietspaden	Ingrijpmaatstaven bij duikers 500<D<700mm
Klein	Ingrijpmaatstaven in minder dan 1% van de duikers	Ingrijpmaatstaven in minder dan 1% van de duikers onder woonstraten	Ingrijpmaatstaven bij duikers 400<D<500mm
Zeer klein	-	-	Ingrijpmaatstaven bij duikers < 400mm

Tabel 33 Extra ernstmatrix bereikbaarheid duikers

Bereikbaarheid				
	Omvang probleem	Locatie en functie weg	Omrijafstand	Diameter duiker
Zeer ernstig				
Ernstig	Hele stad Ingrijpmaatstaven in meer dan 25% van de duikers	Ingrijpmaatstaven in meer dan 25% van de duikers onder: - doorgaande wegen - calamiteitenroutes	Ingrijpmaatstaven bij duikers met omrijafstand van > 10 km	Ingrijpmaatstaven bij duikers > 1.000mm
Aanzienlijk	Hele stad Ingrijpmaatstaven in 5-10% van de duikers of 1 wijk > 25 %	Ingrijpmaatstaven in 5-25% van de duikers onder: - doorgaande wegen - calamiteitenroutes	Ingrijpmaatstaven bij duikers met omrijafstand van 5-10 km	Ingrijpmaatstaven bij duikers 700<D<1.000mm
Matig	1 Of enkele wijken Ingrijpmaatstaven in 5-25% van de duikers	Ingrijpmaatstaven in 1-5% van de duikers onder: - doorgaande wegen - calamiteitenroutes	Ingrijpmaatstaven bij duikers met omrijafstand van 2-5 km	Ingrijpmaatstaven bij duikers 500<D<700mm
Klein	Hele stad Ingrijpmaatstaven in 1-5% van de duikers	Ingrijpmaatstaven in 1-5% van de duikers onder: - Wijkverzamelwegen - fietspaden	Ingrijpmaatstaven bij duikers met omrijafstand van 1-2 km	Ingrijpmaatstaven bij duikers 400<D<500mm
Zeer klein	1 Of enkele wijken Ingrijpmaatstaven in 1-5% van de duikers	Ingrijpmaatstaven in minder dan 1% van de duikers onder woonstraten	Ingrijpmaatstaven bij duikers met omrijafstand van < 1 km	Ingrijpmaatstaven bij duikers < 400mm

Tabel 34 Ingrijpmaatstaven duikers

Ingrijpmaatstaven	Omschrijving
BAC 4	Breuk in buis
BAO 5	Grond zichtbaar vanuit duiker (gat)
BBD 4	Binnendringen van grond in duiker
BAP 5	Holle ruimte in beton
BAF 5	Oppervlakteschade buis

* Scores mogelijk van 1-5. Niveau 5 is ergste mate van aantasting

BIJLAGE M INGRIJPMAATSTAVEN BRUGDEK

Omschrijving			Indicatieve norm	Attentie norm	Ingrijpmaatstaaf
Houtwerk	Rotting dekplank	Dikte (verticaal)	5-10%	10-20%	> 20%
		Breedte (horizontaal)	10-20%	20-30%	> 30%
	Hoogteverschil tussen dekplanken t.g.v. kromtrekking		1-2 cm	2-3 cm	> 3 cm
Bevestiging	Loszittende bevestigings-schroeven		*	*	*
Stroefheid	Deel van begaanbaar oppervlak waarop vuil aanwezig is (alg, mos etc.)		5-10%	10-30%	> 30 %
	Deel van begaanbaar oppervlak waarop slijtlaag weg is		10-20%	20-40%	> 40 %

* Nog geen invulling

BIJLAGE N ERNSTMATRIX BRUGDEK FIETSBRUGGEN

Tabel 35 Ernstmatrix effecten falen brugdek fietsbruggen

		Waarden			
		Veiligheid & gezondheid	Bereikbaarheid	Kosten en financiën	Imago
Ernstcategorie	Zeer ernstig	Bezwijken van bruggen boven spoor- of verkeerswegen, waardoor slachtoffers en/of meerder zwaargewonden vallen	-	-	-
	Ernstig	Op meerdere bruggen in hoofd fietsroutes komen fietsers ten val ten gevolge van een slechte onderhoudstoestand van brugdekplanken	Afsluiten van spoor- of doorgaande wegen ten gevolge van instorten bovenliggende fietsbrug(gen)	(gevolg)Schade die ontstaat door missende bruggedelen of een te glad brugdek Meerkosten voor het verhelpen van de schade (t.o.v. reguliere vervanging)	Stadsniveau Klachten t.g.v de kwaliteit van het brugdek van fietsbruggen
	Aanzienlijk	Op een enkele brug in een hoofd fietsroute of op meerdere bruggen in secundaire fietsroutes komen fietsers ten val ten gevolge van een slechte onderhoudstoestand van brugdekplanken	Afsluiten van secundaire wegen ten gevolge van een onveilige onderhoudsstaat van bovenliggende fietsbruggen of Afsluiten van fietsbruggen in meerdere hoofd fietsroutes	(gevolg)Schade die ontstaat door missende bruggedelen of een te glad brugdek Meerkosten voor het verhelpen van de schade (t.o.v. reguliere vervanging)	Wijkniveau Klachten t.g.v de kwaliteit van het brugdek van fietsbruggen
	Matig	Op een enkele brug in een secundaire fietsroute komen fietsers ten val ten gevolge van een slechte onderhoudstoestand van brugdekplanken of Op een enkele brug in een hoofd fietsroute of op meerdere bruggen in secundaire fietsroutes raken fietsers uit evenwicht ten gevolge van een matige onderhoudstoestand van brugdekplanken	Afsluiten van fietsbruggen in een enkele hoofd fietsroute of Afsluiten van bruggen in meerdere secundaire fietsroutes	(gevolg)Schade die ontstaat door missende bruggedelen of een te glad brugdek Meerkosten voor het verhelpen van de schade (t.o.v. reguliere vervanging)	Buurniveau Klachten t.g.v de kwaliteit van het brugdek van fietsbruggen
	Klein	Op een enkele brug in een hoofd fietsroute is de onderhoudstoestand van de brugdekplanken niet optimaal of Op een enkele brug in een secundaire fietsroute raken fietsers uit evenwicht ten gevolge van een matige onderhoudstoestand van brugdekplanken	Afsluiten van fietsbruggen in een enkele secundaire fietsroute	(gevolg)Schade die ontstaat door missende bruggedelen of een te glad brugdek Meerkosten voor het verhelpen van de schade (t.o.v. reguliere vervanging)	Straatniveau Klachten t.g.v de kwaliteit van het brugdek van fietsbruggen
	Zeer klein	Op een enkele brug in een secundaire fietsroute is de onderhoudstoestand van de brugdekplanken niet optimaal	-	(gevolg)Schade die ontstaat door missende bruggedelen of een te glad brugdek Meerkosten voor het verhelpen van de schade (t.o.v. reguliere vervanging)	Incidenteel Klachten t.g.v de kwaliteit van het brugdek van fietsbruggen

BIJLAGE O EXTRA ERNSTMATRICES VEILIGHEID & GEZONDHEID EN BEREIKBAARHEID BRUGDEK

FIETSBRUGGEN

Tabel 36 Extra ernstmatrix veiligheid en gezondheid brugdek fietsbrug

Veiligheid en gezondheid			
	Omvang probleem	Functie fietspad	Soort overbrugging
Zeer ernstig	Instorten van ≥ 1 fietsbrug	-	-
Ernstig	$\geq 20\%$ fietsbruggen ingrijpmaatstaaf	Ingrijpmaatstaven in ≥ 1 fietsbrug aan doorgaande fietsroutes	Ingrijpmaatstaaf in overbrugging over een autosnelweg of spoorweg
Aanzienlijk	10-20% fietsbruggen ingrijpmaatstaaf of $\geq 20\%$ fietsbruggen Attentienorm	≥ 1 Ingrijpmaatstaven insecundaire fietsroute of ≥ 1 Attentienormen in primaire fietsroute	Ingrijpmaatstaaf in overbrugging over treinspoor, doorgaande autoverkeersweg of een kanaal of Attentienorm in overbrugging over een autosnelweg of spoorweg
Matig	5-10% fietsbruggen ingrijpmaatstaaf of 10-20% fietsbruggen Attentienorm of $\geq 20\%$ fietsbruggen indicatieve norm	≥ 1 Attentienormen in secundaire fietsroute	Ingrijpmaatstaaf in overbrugging over een binnenstedelijke gebiedsontsluitingsweg (50 km/h) of Attentienorm in overbrugging over treinspoor, doorgaande autoverkeersweg of een kanaal
Klein	1-5% fietsbruggen ingrijpmaatstaaf of 5-10% fietsbruggen Attentienorm of 10-20% fietsbruggen indicatieve norm	≥ 1 Indicatieve normen in primaire fietsroute	Attentienorm of ingrijpmaatstaaf in overbrugging over een binnenstedelijke autostraat (30 km/h) of overige autoverkeerswegen
Zeer klein	1-5% fietsbruggen Attentienorm of 5-10% fietsbruggen indicatieve norm	≥ 1 Indicatieve normen in secundaire fietsroute	-

Tabel 37 Extra ernstmatrix bereikbaarheid brugdek fietsbrug

Bereikbaarheid			
	Omvang probleem	Locatie en functie weg	Omreisafstand
Zeer ernstig	-	-	-
Ernstig	Ingrijpmaatstaven in meer dan 25% van de fietsbruggen	Instorten van een fietsbrug boven een spoor- of doorgaande weg	-
Aanzienlijk	Ingrijpmaatstaven in 10-25% van de fietsbruggen	Ingrijpmaatstaven in meerdere fietsbruggen aan doorgaande fietsroutes	Ingrijpmaatstaven bij bruggen met omreisafstand van > 1.000m
Matig	Ingrijpmaatstaven in 5-10% van de fietsbruggen	Ingrijpmaatstaven in een enkele fietsbrug aan doorgaande fietsroutes of Ingrijpmaatstaven in meerdere fietsbruggen aan secundaire fietsroutes	Ingrijpmaatstaven bij bruggen met omreisafstand van 500-1000m
Klein	Ingrijpmaatstaven in 1-5% van de fietsbruggen	Ingrijpmaatstaven in een enkele fietsbrug aan secundaire fietsroutes	Ingrijpmaatstaven bij bruggen met omreisafstand van 200-500m
Zeer klein	Ingrijpmaatstaven in minder dan 1% van de fietsbruggen	-	Ingrijpmaatstaven bij bruggen met omreisafstand van 100-200m