

12_103 WL Rapporten

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Vlaamse overheid

Mobiliteit en

Openbare Werken

departement

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

33333

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Pereira, F.; Franken, T.; Smets, S.; Vanderkimpen, P.; Verwaest, T.; Mostaert, F.

Februari 2015

WL2015R12_103_1

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Pereira, F.; Franken, T.; Smets, S.; Vanderkimpen, P.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2015). Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken: Versie 4.0. WL Rapporten, 12_103. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Waterbouwkundig Laboratorium

Flanders Hydraulics Research

Berchemlei 115

B-2140 Antwerpen

Tel. +32 (0)3 224 60 35

Fax +32 (0)3 224 60 36

E-mail: waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.waterbouwkundiglaboratorium.be

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welk andere wijze ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

Documentidentificatie

Titel: Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken:

Opdrachtgever: Waterbouwkundig Laboratorium Ref.: WL2015R12_103_1

Keywords (3-5): Zennebekken, Overstromingen

Tekst (p.): 86 Bijlagen (p.): 8

Vertrouwelijk: Ja Uitzondering: Opdrachtgever

Intern

Vlaamse overheid

Vrijgegeven vanaf: /

Nee Online beschikbaar

Goedkeuring

Auteur

Pereira, F.

Franken, T.

Smets S.

Revisor

Vanderkimpen, P

Projectleider

Pereira, F.

Coördinator

Studie & Advies

Verwaest, T.

Afdelingshoofd

Mostaert, F.

Revisies

Nr. Datum Omschrijving Auteur(s)

- 1.0 05/02/2015 Conceptversie Pereira, F.; Franken, T.; Smets, S.
- 2.0 09/02/2015 Inhoudelijke revisie Vanderkimpfen, P.
- 3.0 11/02/2015 Revisie opdrachtgever Verwaest, T.
- 4.0 12/02/2015 Definitieve versie Pereira, F.

Samenvatting

Naar aanleiding van de overstromingen van november 2010 in het Zennebekken werd het Waterbouwkundig Laboratorium gevraagd om een geïntegreerde studie uit te voeren i.v.m. de problematiek van de overstromingen in het Zennebekken. De studie heeft als doel om een interregionale oplossing te formuleren om de wateroverlast van een was zoals november 2010 te voorkomen.

Hiervoor werd het huidige hydrodynamische model eerst uitgebreid met de overstromingsgebieden in Wallonië opwaarts van Tubize (Tubekke). Vervolgens werd dit uitgebreid model gebruikt om verschillende alternatieven en combinaties van alternatieven te bestuderen. Op basis van deze inzichten werd een "Interregionaal overstromingsbeheerplan van het Zennebekken" voorgesteld.

Dit voorstel geeft een evenwichtige verdeling van de werken en maatregelen tussen de drie regio's en benut zo veel mogelijk de baten van het vermindering van overstromingen tussen de regio's. Bovendien probeert het voorstel om de Zenne maximaal als natuurlijke afwatering van het Zennebekken te herstellen. De voorgestelde combinatie van maatregelen leidt tot een significante verlaging van de maximale waterstanden langs het kanaal en langs de Senne te Tubize. Als gevolg daarvan zullen er voor een event als dat van november 2010 geen overstromingen meer optreden in deze twee gebieden.

Met dit plan zullen de maximale waterstanden langs de Zenne in Vlaanderen en in Brussel overal dalen, enkel afwaarts van de Catala-stuw valt een lichte stijging te verwachten. Bovendien zullen de voorgestelde maatregelen niet leiden tot een verhoging van de maximale waterstanden in de Zenne afwaarts Brussel. De globale kost van deze maatregelen wordt geraamd op ongeveer 108 miljoen Euro. Dit voorstel moet verder verfijnd worden in het kader van de specifieke overstromingsrisicobeheerplannen (ORBP) van de drie gewesten. Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 I

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Inhoudstafel

1. Inleiding	7
1.1. Doel van de studie	7
1.2. Overzicht van het overleg tussen de verschillende entiteiten	7
1.3. Structuur van het rapport	8
2. Beschrijving van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken	9
2.1. Studiegebied	9
2.2. Historisch overzicht	11
2.3. Het systeem (huidige toestand).....	13
2.4. Overzicht van overstromingen in het Zennebekken	16
2.5. De was van november 2010	18
2.5.1. Beschrijving van de neerslag	18
2.5.2. Bodemverzadiging	22
2.5.3. Hydrologische reactie en beschrijving van de was van november 2010	23
3. Hydrodynamische modellering van de Zenne	27
3.1. Beschikbare modellen	27
3.1.1. Hydrodynamische model Zennebekken	27
3.2. Uitbreiding hydrodynamische model opwaarts Tubize	31
3.2.1. Gebruikte gegevens	31
3.2.2. Opbouw hoofdwaterlopenmodel	33
3.2.3. Modellering van de overstromingsgebieden	35
3.2.4. Randvoorwaarden	36
3.2.5. Resultaten	36
3.2.6. Conclusies en aanbeveling van het uitbreiden van het model	39
4. Scenario analyses	40
4.1. Verkennende scenario's (Gevoeligheidsanalyses)	41
4.1.1. Effect van bredere langsriolen (S4)	42
4.1.2. Effect van bredere schuiven in combinatie met bredere langsriolen (S5)	42
4.1.3. Effect van bredere schuiven in combinatie met de huidige langsriolen (S6).....	44
4.1.4. Effect van het verdieping van de Zenne en het Kanaal met 4 m in combinatie met de bestaande schuiven en langsriolen (S12)	44
4.1.5. Effect van de verbreding van het Kanaal (+40m) en de Zenne (+20m) in combinatie met de huidige schuiven en langsriolen (S13)	45
4.1.6. Effect van de verbreding van het Kanaal (+40m) en de Zenne (+20m) in combinatie met bredere schuiven en bredere langsriolen (S15)	47
4.1.7. Effect van de verbreding van de Zenne (+20m) in combinatie met bredere schuiven en huidige langsriolen langs het kanaal (S17)	48

4.1.8. Conclusies gevoeligheidsanalyses	50
4.2. Geanalyseerde maatregelen en alternatieven	51
4.2.1. Huidige-referentie toestand	51
4.2.2. Analyses van de Stuw op de Zenne te Lembeek	53
4.2.3. Maatregelen in Wallonië.....	53
4.2.4. Maatregelen in de Zenne in Vlaanderen opwaarts Brussel	55
4.2.5. Maatregelen in de Zenne in Brussel	57
4.2.6. Maatregelen in de Zenne in Vlaanderen afwaarts Brussel	59
4.2.7. Maatregelen in het Kanaal tussen Ronquières en de Schelde	61
4.3. Analyses en resultaten van de geanalyseerde maatregelen	65
Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken	
Definitieve versie WL2015R12_103_1 II	
F-WL-PP10-1 Versie 04	
GELDIG VANAF: 12/11/2012	
4.3.1. Effect van een aangepaste bediening van de stuw op de Zenne te Lembeek (S-03)	66
4.3.2. Effect van het inrichten van (1,4 M m ³) bergingsvolume in Wallonië opwaarts Rebecq. (S-02)	67
4.3.3. Effect van een aangepaste bediening van de stuwen te Lembeek en Catala-site (S-05)	68
4.3.4. Effect van de verruiming van de Zenne in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. (S-06)	70
4.3.5. Effect van de verruiming van de Zenne opwaarts Brussel. (S-07)	71
4.3.6. Effect van de verruiming van de Zenne opwaarts Brussel en in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest en berging in Wallonië opwaarts Rebecq. (S-08)	72
4.3.7. Effect van de verruiming van de Zenne/Senne opwaarts Brussel en berging in Wallonië opwaarts Rebecq. (S-09).....	74
4.3.8. Bijkomend effect door bredere stuwen en langsriolen (Kanaal)	75
5. Voorgestelde oplossing	77
5.1. Interregionaal overstromingsbeheerplan voor het Zennebekken	77
5.1.1. Senne in Wallonië	77
5.1.2. Zenne in Vlaanderen opwaarts Brussel	77
5.1.3. Zenne in Brussel	77
5.1.4. Zenne afwaarts Brussel	77
5.1.5. Maatregelen langs het kanaal	78
5.2. Effecten van het voorgestelde Interregionale overstromingsbeheerplan voor het Zennebekken (S-018) 79	
5.3. Kosten	80
5.3.1. Gecontroleerd overstromingsgebied(en) (GOG)	80
5.3.2. Dijkverhoging Zenne	81
5.3.3. Kunstwerken en bruggen	81
5.3.4. Aanpassing langsriolen Lembeek	82
5.3.5. Herinrichting	82
5.3.6. Bredere stuwen en langsriolen langs het kanaal	83
5.3.7. Totale kosten van het voorgestelde Interregionale overstromingsbeheerplan voor het Zennebekken (S-018)	83
6. Conclusies en aanbevelingen.....	84
6.1. Aanbevelingen	85
7. Referenties	86

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 III

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

Lijst van de tabellen

Tabel 1: 20 grootste neerslaggebeurtenissen bij variërende aggregatieduur (Ukkel)	18
Tabel 2: 20 grootste stormen bij variërende aggregatieduur (Stehoux)	21
Tabel 3: Overzicht van de gemodelleerde sluizen.	27
Tabel 4: Overzicht van de gemodelleerde waterloopgedeeltes.	28
Tabel 5: Overzicht van de topografische opmetingen.	30
Tabel 6: Initiële modelbestanden uitbreiding Zenne/Zeekanaal model	31
Tabel 7: Geanalyseerde verkennende scenario's (gevoeligheidsanalyses)	41

Tabel 8: Bestudeerde openingen segment stuw op de Zenne te Lembeek.	53
Tabel 9: Samenvatting van de te verhogen bruggen, Zenne en Afleiding van de Zenne te Zemst.	61
Tabel 10: Bestudeerde openingen voor de segmentstuw op de Zenne in Lembeek.	66
Tabel 11: Samenvatting van het voorgestelde Interregionale overstromingsbeheerplan van het Zennebekken	78
Tabel 12: Overzicht van de investeringskost voor de dijkverhoging langs de Zenne afwaarts Brussel.	81
Tabel 13: Overzicht van de investeringskost voor Bypass van Catala	81
Tabel 14: Overzicht van de investeringskost voor bruggen in de Zenne te Zemst	82
Tabel 15: Overzicht van de investeringskost voor de kokers aan de Bollinckxstraat	82
Tabel 16: Overzicht van de investeringskost voor de kokers aan de langsriolen Lembeek	82
Tabel 17: Verbreding Zenne - Overzicht van de totale kostprijs.	82
Tabel 18: Overzicht van de investeringskost voor het uitbreiden van de Langsriolen.	83
Tabel 19: Overzicht van de totale kosten.	83

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 IV

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

Lijst van de figuren

Figuur 1: Overzichtskaart van het studiegebied	9
Figuur 2: Overzichtskaart reliëf van het studiegebied	10
Figuur 3: Verloop van de Zenne afgeleid uit de Ferrariskaarten	11
Figuur 4: Origineel verloop en de opeenvolgende overkappingen van de Zenne (Nakhlé, 2014)	12
Figuur 5: Algemeen schema van het systeem (Pereira, 2006).....	14
Figuur 6: Zenne ter hoogte van Anderlecht	16
Figuur 7: Neerslaghoeveelheid per maand te Ukkel. 2010: rood, Gemiddelden: blauw	18
Figuur 8: Cumulatieve neerslag Ukkel (09/11/2010 00:00 - 16/11/2010 00:00)	19
Figuur 9: Ruimtelijke verdeling neerslag tijdens de storm november 2010	20
Figuur 10: Neerslag i.f.v. aggregatieduur met aanduiding IDF - curves, Stehoux	21
Figuur 11: Ogenblikkelijke en antecedente neerslag voor stormen geselecteerd op basis van neerslagmeetreeks Stehoux	22
Figuur 12: Jaarlijkse evolutie L/Lmax uit hydrologisch model van de Zenne opwaarts Tubize.	23
Figuur 13: Afvoeren vanuit Wallonië (Boeckx et al 2011)	24
Figuur 14: Afvoeren langs de Zenne en het Kanaal opwaarts Brussel, november 2010.	24
Figuur 15: Cumulatieve volumes opwaarts Brussel, november 2010.	25
Figuur 16: Overzicht van de debietsverdeling opwaarts Brussel, november 2010.	25
Figuur 17: Extreme-waarden verdeling, debieten Zenne te Tubize.	26

Figuur 18: Overzicht van de gemodelleerde waterlopen (WL-Model)	29
Figuur 19: Voorbeeld van topografische opmetingen Senne/Sennette	32
Figuur 20: Beschikbaar DEM van winterbed voor Senne/Sennette	33
Figuur 21: Geïmplementeerd traject van Senne/Sennette	34
Figuur 22: Voorbeeld van geïmporteerd dwarsprofiel Senne	34
Figuur 23: Volledige modelschematisatie Senne/Sennette	35
Figuur 24: Detail van het modelschematisatie Senne/Sennette	36
Figuur 25: Lengteprofiel met maximale gesimuleerde waterstand voor november 2010 met het uitgebreide model	37
Figuur 26: Waterstandsverloop voor het “oude” en uitgebreide model ter hoogte van de opwaartse rand van het oude model	37
Figuur 27: Debietsverloop voor het “oude” en uitgebreide model ter hoogte van de opwaartse rand van het oude model	38
Figuur 28: Waterstandsverloop voor het “oude” en uitgebreide model ter hoogte van de taalgrens	38
Figuur 29: Debietsverloop voor het “oude” en uitgebreide model ter hoogte van de taalgrens	39
Figuur 30: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van bredere langsriolen (S4).....	42
Figuur 31: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van bredere schuiven in combinatie met bredere langsriolen (S5).	43
Figuur 32: Lengteprofiel van de Zenne met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van bredere schuiven in combinatie met bredere langsriolen (S5).	43
Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken	
Definitieve versie WL2015R12_103_1 V	
<small>F-WL-PP10-1 Versie 04</small>	
<small>GELDIG VANAF: 12/11/2012</small>	
Figuur 33: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van bredere schuiven in combinatie met de huidige langsriolen (S6).	44
Figuur 34: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van de verdieping van de Zenne en het Kanaal met 4 m in combinatie met de bestaande schuiven en langsriolen (S12).	45
Figuur 35: Lengteprofiel van de Zenne met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van de verdieping van de Zenne en het Kanaal met 4 m in combinatie met de bestaande schuiven en langsriolen (S12).	45
Figuur 36: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van de verbreding van het Kanaal en de Zenne, in combinatie met de huidige schuiven en langsriolen (S13).	46
Figuur 37: Lengteprofiel van de Zenne met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van de verbreding van het Kanaal en de Zenne, in combinatie met de huidige schuiven en langsriolen (S13).	46
Figuur 38: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van de verbreding van het Kanaal en de Zenne, in combinatie met bredere schuiven en bredere langsriolen (S15).	47
Figuur 39: Lengteprofiel van de Zenne met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van de verbreding van het Kanaal en de Zenne, in combinatie met bredere schuiven en bredere langsriolen (S15).	48
Figuur 40: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van de verbreding van de Zenne in combinatie met bredere schuiven en huidige langsriolen langs het kanaal (S17).	49

Figuur 41: Lengteprofiel van de Zenne met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van de verbreding van de Zenne in combinatie met bredere schuiven en huidige langsriolen langs het kanaal (S17).	49
Figuur 42: Locatie van de Catala stuw, Zenne te Drogenbos.	52
Figuur 43: Ontwerp plannen van het Hydro-Catala project.(Duquennoi, 2014)	52
Figuur 44: segment stuw Zenne te Lembeek. (Pereira, 2006)	53
Figuur 45: Invoeren van bergingsvolume opwaarts Rebecq.	54
Figuur 46: natte oppervlakte en verloop van het bergingsvolume in functie van de waterhoogte.	54
Figuur 47: Aanpassingen in de dwarsprofielen van de Senne tussen Rebecq en de gewestgrens	55
Figuur 48: Aanpassingen in de dwarsprofielen van de Zenne in Vlaanderen opwaarts Brussel	55
Figuur 49: huidige en aangepaste lengteprofiel van de Zenne in Vlaanderen opwaarts Brussel	56
Figuur 50: overzicht Bypass Hydro-Catala.	57
Figuur 51: Aanpassingen in de dwarsprofielen van de Zenne in Brussel opwaarts de overwelling.	58
Figuur 52: Voorbeeld van aangepaste profielen van de Zenne ter hoogte van de Korte Hertstraat	58
Figuur 53: Aanpassingen in het lengteprofiel van de Zenne in Brussel.	59
Figuur 54: Overzicht van de bruggen langs de Zenne en Afleiding van de Zenne, te Zemst	60
Figuur 55: Dijkverhoging langs de Zenne afwaarts Brussel	60
Figuur 56: Dijkverhoging langs de Afleiding van de Zenne	61
Figuur 57: Overzicht van de huidige toestand van de afwatering langs de Sluis van Lembeek.	62
Figuur 58: Overzicht van de aangepaste toestand van de afwatering langs de Sluis van Lembeek.	62
Figuur 59: Aanpassingen in de dwarsprofielen van de langsriool van de sluis te Lot	63
Figuur 60: Dwarsdoorsnede van de langsriool, sluis te Molenbeek (Pereira,2006)	63
Figuur 61: Dwarsdoorsnede van de inlaatstructuur, sluis te Molenbeek. (Pereira, 2006)	64
Figuur 62: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van een aangepaste bediening van de stuw op de Zenne te Lembeek.	66
Figuur 63: Lengteprofiel van de Zenne met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van een aangepaste bediening van de stuw op de Zenne te Lembeek.	67
Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken	
Definitieve versie WL2015R12_103_1 VI	
F-WL-PP10-1 Versie 04	
GELDIG VANAF: 12/11/2012	
Figuur 64: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van berging (1,4M m ³) in Wallonië opwaarts Rebecq.	68
Figuur 65: Lengteprofiel van de Zenne met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van berging (1,4M m ³) in Wallonië opwaarts Rebecq.	68
Figuur 66: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van een aangepaste bediening van de stuwen te Lembeek en Catala-stuw.	69
Figuur 67: Lengteprofiel van de Zenne met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van een aangepaste bediening van de stuwen te Lembeek en Catala-stuw.	69
Figuur 68: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van de verruiming	

van de Zenne in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.	70
Figuur 69: Lengteprofiel van de Zenne met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van de verruiming van de Zenne in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.	70
Figuur 70: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van de verruiming van de Zenne opwaarts Brussel.	71
Figuur 71: Lengteprofiel van de Zenne met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van de verruiming van de Zenne opwaarts Brussel.	72
Figuur 72: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van de verruiming van de Zenne opwaarts Brussel (VL) en in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BRU) en berging in Wallonië opwaarts Rebecq.	73
Figuur 73: Lengteprofiel van de Zenne met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van de verruiming van de Zenne opwaarts Brussel (VL), het Brusselse hoofdstedelijke gewest (BRU) en berging in Wallonië opwaarts Rebecq.	73
Figuur 74: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van de verruiming van de Zenne/Senne opwaarts Brussel en berging in Wallonië opwaarts Rebecq.	74
Figuur 75: Lengteprofiel van de Zenne met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van de verruiming van de Zenne/Senne opwaarts Brussel en berging in Wallonië opwaarts Rebecq.	75
Figuur 76: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: bijkomend effect door bredere stuwen en langsriolen.	76
Figuur 77: Lengteprofiel van de Zenne met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: bijkomend effect door bredere stuwen en langsriolen.	76
Figuur 78: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van het Interregionale overstromingsbeheerplan voor het Zennebekken.	79
Figuur 79: Lengteprofiel van de Zenne met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van het Interregionale overstromingsbeheerplan voor het Zennebekken.	80
Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken	
Definitieve versie WL2015R12_103_1 7	

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

1. Inleiding

Naar aanleiding van de overstromingen van november 2010 (voornamelijk Zennebekken en Denderbekken), werd de problematiek van de overstromingen doorverwezen naar een “Verenigde Commissie voor Leefmilieu, Natuur, Ruimtelijke Ordening en Onroerend Erfgoed en voor Mobiliteit en Openbare Werken” van het Vlaams parlement. Verschillende hoorzittingen werden georganiseerd en resulteerden in een resolutie “betreffende het beheersen van wateroverlast in het kader van een integraal waterbeleid” met verschillende aanbevelingen¹.

Een van de belangrijkste elementen voor de analyses van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken is gerelateerd aan het interregionaal karakter van het bekken en het gebrek aan een integraal modelinstrumentarium. Op 26/07/2011 werd het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) uitgenodigd op een interkabinettenoverleg waar een aantal afspraken werden gemaakt om een geïntegreerde studie uit te voeren en de problematiek van de overstromingen in het Zennebekken op te lossen. Tijdens dit overleg werd afgesproken dat het WL zijn bestaande integrale hydrodynamische model (Vlaanderen- Brussel) zou uitbreiden naar Wallonië en de betrokken administraties in Wallonië en Brussel daarvan op de hoogte zou brengen met de vraag tot uitwisseling van informatie. Het huidige rapport geeft een samenvatting van deze studie en van de resultaten.

1.1. Doel van de studie

De studie heeft als doel om een interregionale oplossing te formuleren voor de overstromingsproblematiek van het Zennebekken. Om dit doel te bereiken is het nodig om eerst het bestaande hydrodynamisch model uit te breiden en op basis daarvan een integrale oplossing aan te bieden om de wateroverlast van een was zoals november 2010 te voorkomen in het Zennebekken.

We maken hier een verschil tussen het opstellen van overstromingsrisicobeheerplannen die eerder een risico benadering hebben (kans x gevolg), dit wordt verder uitgewerkt via de conventionele kanalen (CIW,

overstromingsbekkenbeheerplannen, enz...) en de huidige studie die focust op het verminderen van de wateroverlast ten gevolge van "een" particulier event (in dit geval november 2010). Vervolgens zijn deze resultaten te beschouwen als een startpunt voor het opstellen van een Interregionaal Overstromingsrisicobeheerplan (ORBP) van het Zennebekken en zullen deze verder verfijnd moeten worden eens ze in een ontwerpfase komen. Op basis van deze resultaten kunnen interregionale afspraken gemaakt worden over een integrale aanpak van de wateroverlast langs het Zennebekken.

1.2. Overzicht van het overleg tussen de verschillende entiteiten

Naast de technische inspanningen is het belangrijkste aspect van de huidige studie wellicht het intensieve overleg dat gepleegd is met alle waterbeheerders van de drie gewesten. Deze resultaten zouden nooit bereikt zijn zonder de constructieve en positieve samenwerking van alle waterbeheerders. We willen hierbij uitdrukkelijk onze dank uitspreken naar alle betrokkenen. Hieronder geven we een overzicht van het gevoerde proces dat getuigt van de wil tot samenwerking.

Zoals boven vermeld, is het WL op 26/07/2011 belast met het uitvoeren van een studie met als doel de problematiek van de overstromingen op te lossen. In eerste instantie werden een aantal alternatieven opgesteld met het bestaande modelinstrumentarium dat grotendeels het Zennebekken modelleert (zie §3.). Deze berekeningen waren eerder te beschouwen als gevoeligheidsanalyses van het systeem en de resultaten als verkennende resultaten. Op 02/02/2012 organiseerde het Waterbouwkundig Laboratorium een overleg met W&Z om de stand van zaken van de modellering toe te lichten. Uit de resultaten werd geconcludeerd dat de uitbreiding van het model met de overstromingen opwaarts Tubize (Tubike) onmisbaar was voor een correcte analyse van de overstromingsproblematiek.

Op 22/03/2012 werd de stand van zaken van studies en modellering in het kader van het Interregionaal Overleg voor de Waterwegen (IOW commissie V) toegelicht en besproken met de vertegenwoordigers van het Voorstel van resolutie (T. Rombouts et al.) betreffende het beheersen van wateroverlast in het kader van een integraal waterbeleid, Parl.St. VI.Parl. 2010-2011, nr. 1221/2

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 8

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

de Service Publique de Wallonie-Service d'Études Hydrologiques (SETHY), Ministère Wallon de l'Équipement et des Transports (MET) en de vertegenwoordigers van de Haven van Brussel. Er werd beslist om het model verder uit te breiden met de overstromingsgebieden opwaarts Tubize alsook werden de nodige afspraken gemaakt voor uitwisseling van gegevens.

Op 26/03/12 werd een overlegvergadering georganiseerd tussen het WL en de beheerders van het Kanaal en de Zenne in Vlaanderen (resp. W&Z en VMM). Tijdens de vergadering werd dezelfde informatie toegelicht zoals al verstrekt tijdens de vergadering met de commissie V. In een zeer constructieve sfeer werd de nood om het model uit te breiden nog eens bevestigd alsook het engagement om de nodige uitwisseling van gegevens te garanderen. Bovendien werd aanbevolen om de BIM (Brusselse Instituut voor Milieu) en de DGRN (Waals gewest) op de hoogte te brengen en hen te betrekken bij de toelichting van de resultaten.

Door de beperkte beschikbaarheid van gegevens liep de uitbreiding van het model vertraging op. Pas op 26/06/2012 i.p.v. 15/05/2012 werd een eerste overlegvergadering georganiseerd met de beheerders van de waterlopen (bevaarbaar en onbevaarbaar) van de drie gewesten (VMM, BIM, W&Z, DGRN, SPW, SETHY, WL) om de modeluitbreiding en de verkennende resultaten toe te lichten. Aangezien de Waalse collega's niet aanwezig konden zijn, werd dezelfde toelichting pas later, op 2 oktober 2013 in Namen, aan de waterbeheerders van Wallonië gegeven.

Na deze intensieve ronde van overleg met de verschillende waterbeheerders werden een aantal voorlopige conclusies geformuleerd en werd er gediscussieerd over mogelijke alternatieven richting een globale oplossing. Op basis van deze verkennende resultaten schoven de waterbeheerders een aantal mogelijke alternatieven naar voren voor verdere analyse. Aan de hand van een selectie van maatregelen (berging, verbreding, nieuwe structuren, enz.) stelde het WL een voorstel en berekening op van Interregionale oplossing. De resultaten van dat voorstel werden op 15 april 2014 toegelicht aan de waterbeheerders van de bevaarbare en onbevaarbare waterlopen van de drie gewesten. Het huidige rapport geeft een gedetailleerde beschrijving van de resultaten van deze studie, rekening houdend met de opmerkingen geformuleerd in die vergadering.

Naast verschillende overlegmomenten georganiseerd door de administratie werden ook bredere interregionale ontmoetingsmomenten georganiseerd, zoals de Interregionale info dag in Halle (13/02/2012) georganiseerd door Coördinatie Zenne vzw, Contrat de Rivière Senne en het Bekken-secretariaat Zenne Dijle. Het WL, de SPW en Haven van Brussel gaven er een toelichting over de situatie van november 2010. Op 17/01/2013 en 23/04/2013 kwamen de Vlaamse, Waalse en Brusselse parlementsleden samen voor een gemeenschappelijke commissievergadering. Op 26/09/2013 was er een interparlementaire vergadering met terreinbezoek in Tubize. Op geen van deze drie bijeenkomsten werd het Waterbouwkundig Laboratorium uitgenodigd.

1.3. Structuur van het rapport

Hoofdstuk 2 geeft een beschrijving van de overstromingsproblematiek van het Zennebekken. We

bespreken de kenmerken van het stroomgebied, geven een beknopt historisch overzicht van het ontstaan van het systeem en beschrijven de huidige toestand. Daarnaast geven we een samenvatting van vorige studies en acties betreffende de overstromingsproblematiek en lichten we kort de situatie van november 2010 toe.

In *hoofdstuk 3* geven we een beschrijving van de bestaande modellen gevolgd door een beschrijving van de uitbreiding van het hydrodynamisch model. In *hoofdstuk 4* bespreken we de scenario analyses in detail en lichten we de effecten van de verschillende maatregelen toe.

Op basis van de resultaten van hoofdstuk 4, beschrijven we in *hoofdstuk 5* een voorstel van een integrale oplossing die naar een vermindering van de wateroverlast zal leiden. Hierbij bespreken we ook de kosten van de verschillende maatregelen. Tenslotte formuleren we in *hoofdstuk 6* een aantal conclusies en aanbevelingen.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 9

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

2. Beschrijving van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

2.1. Studiegebied

Het kanaal naar Charleroi en het Zeekanaal Brussel-Schelde vormen samen de waterweg die de verbinding maakt tussen Charleroi, Brussel en via de Zeeschelde met Antwerpen, daarom wordt dit de ABC-as genoemd. Deze twee kanalen snijden met hun 102 km het hydrografisch bekken van de Zenne door. Door de verschillende deelstromen die rechtsreeks in het kanaal komen en de overlaten tussen de Zenne en het kanaal, vormen deze twee waterlopen de afwatering van het volledige Zennebekken. De problematiek van de Zenne en het Kanaal kunnen niet van elkaar losgekoppeld worden.

Het studiegebied (Figuur 1) heeft een stroomgebied van 1385 km², waarvan 468 km² rechtstreeks het kanaal voedt, 802 km² vloeien in de Zenne (rechtstreeks of via het rioolstelsel), een 113 km² stromen bij droge afvoer naar de Zenne en de piekafvoer wordt naar het kanaal afgeleid.

Figuur 1: Overzichtskaart van het studiegebied

Figuur 2 geeft een overzicht van het reliëf. Het zuidelijke deel van het bekken (in Wallonië) is voornamelijk golvend en met heuvels die zeer steil kunnen worden, dit gebied heeft voornamelijk een agrarisch karakter en de Zennevallei is hier eerder smal. Het gebied ten zuidoosten van Brussel is een woonkerngebied maar heeft ook belangrijke natuurgebieden. De Brusselse agglomeratie is vooral een woonkerngebied. Ten noorden van Brussel heeft de grond opnieuw een agrarische bestemming, met concentraties van Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 10

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

industriegebieden rond het kanaal, in het bijzonder aan de grens met Brussel en tussen Willebroek en de monding van de Rupel in de Zeeschelde.

Ten oosten en westen van de Zennevallei tussen de gewestgrens en Vilvoorde bevinden zich verschillende relatief brede valleien (Zuunbeek, Molenbeek, Neerpedebeek), de Woluwe zelf is een belangrijke zijrivier met een specifieke problematiek. De vallei van de Zenne zelf, waarin zich ook het kanaal bevindt, daalt van 41 m TAW (te Tubize) tot 30 m TAW ter hoogte van Halle. De vallei tot Halle is zeer smal (1km breed) maar verbreedt zich afwaarts tot 2500 m ter hoogte van Drogenbos en blijft relatief beperkt tot 1500 m tot opwaarts Vilvoorde.

De vorm van het bekken samen met de topografie, het bodemtype en het landsgebruik maken van dit bekken een stroomgebied dat zeer snel kan reageren op neerslag. De natuurlijke vallei, in het bijzonder in Vlaanderen, zal er altijd overstromingsgevoelig blijven als deel van een natuurlijk proces, dit omdat in de natuurlijke overstromingsvallei van de Zenne menselijke ontwikkeling heeft plaats gevonden.

Figuur 2: Overzichtskaart reliëf van het studiegebied

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 11

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

2.2. Historisch overzicht

De Zenne ontspringt in de provincie Henegouwen op het grondgebied van de gemeente Naast ten zuiden van Soignies. De bron is gelegen op de noordelijke helling van het plateau genaamd "Bois de Dottignies" op een hoogte van 120 m TAW. Vanaf haar oorsprong heeft de Zenne verschillende bekkens onder andere de Senette, de Molenbeek, Zuunbeek en verschillende andere zijbekkens. De Zenne stroomt langs Brussel en mondt uit in de Dijle bij het Zennegat. Op deze manier, naast de natuurlijke functie als uitwatering van het Zennebekken, was de Zenne een van de belangrijkste redenen voor het bestaan en de ontwikkeling van Brussel.

De Zenne fungeerde dan als waterweg die de economische groei van Brussel mogelijk maakte, echter omstreeks 1300 werd de bevaarbaarheid verhinderd door de verzanding van de Zenne afwaarts Brussel. Om dit probleem op te lossen werd een kanalisatieproject van de Zenne uitgevoerd (1436) echter zonder de

verwachte resultaten te bereiken. Als gevolg daarvan werd een toelating gegeven (1477) voor het uitgraven van een kanaal tussen Brussel en de Rupel. Op deze manier werd niet alleen de verzandingsproblematiek opgelost maar kon ook de tol van de stad Mechelen vermeden worden. De werken werden gestart rond 1550 en voltooid in 1561.

Door de aanleg van het kanaal werd het belang van de Zenne beperkt tot het voeden van het kanaal en het afvoeren van rioolwater en de wassen, op die manier stroomde de Zenne nog altijd open langs de stad zoals te zien is in de Ferraris Kaarten (Figuur 3). Om de regelmatig terugkerende overstromingen tegen te houden, werden vanaf 1772 verschillende werken in de Zenne uitgevoerd. Rond 1867 besloot men om de eerste overwelving (eerste overkapping) van de Zenne uit te voeren.

Begin de 20^{ste} eeuw werd beslist om bijkomende werken uit te voeren. Er ontstonden plannen om een tweede overkapping uit te voeren, deze keer met een significante verandering van het tracé van de oorspronkelijke Zenne. In Figuur 4 geven we een overzicht van de twee overkappingen van de eerste overwelving.

Figuur 3: Verloop van de Zenne afgeleid uit de Ferrariskaarten

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 12

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 4: Origineel verloop en de opeenvolgende overkappingen van de Zenne (Nakhlé, 2014)

Om de problematiek van de frequente overstromingen van de Zenne en het watertekort in het kanaal te verhelpen besloot de regering (Guns, 1973) om 90 m³/s vanuit de Zenne naar het kanaal af te leiden met behulp van een overlaat te Lembeek (66 m³/s) samen met een watervang te Aa (24 m³/s). Dit debiet van 90 m³/s moest door het inrichten van een overlaat afwaarts Vilvoorde opnieuw in de Zenne worden geloosd. Omdat bij vloedregime het debiet van de Zenne te Brussel op 150 m³/s geschat werd, moest de nieuwe te bouwen overwelving (2^{de} overkapping) voldoen aan het afvoeren van een maximum debiet van 60 m³/s. De verschillende werken werden tussen 1931 en 1955 uitgevoerd:

- 1931-1955: de werken voor de 2^{de} overkapping.
- 1935: watervang van de Aa;
- 1935: afleiding van de Zenne en regelstuwen in Eppegem;
- van 1937 dateren de plannen van de Ninoofsepoort;
- 1940-1947: de verbetering en kalibreringswerken tussen Vilvoorde en Eppegem;
- 1942-1948: de zelfaanzuigende hevels te Vilvoorde;
- 1955: overstort te Lembeek;

Ondertussen werd het kanaal Samber-Brussel gegraven (1827-1832) voor schepen van 70 ton. Tussen 1879 en 1936 werden verschillende werken uitgevoerd. Later tussen 1947 en 1968 werd het vak Charleroi-Clabecq geherprofileerd en werd het hellend vlak te Ronquières voltooid. Om periodes van watertekort te voorkomen met oog op de bevaarbaarheid van het kanaal werden tussen Ronquières en de Schelde twee bekkens rechtstreeks naar het Kanaal afgeleid:

- 1961: afleiding van de Hain rechtstreeks naar het kanaal;
- 1966: afleiding van de Samme rechtstreeks naar het kanaal.

Een uitgebreide samenvatting van de ontwikkeling van het systeem Zenne-Kanaal is te vinden in het deelrapport "Inventarisatie" (Pereira, 2006), een meer gedetailleerde historische beschrijving is te vinden in "mod.279-13" (Guns, 1973).

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 13

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

2.3. Het systeem (huidige toestand)

In Figuur 5 stellen we een schema voor van het systeem. Deze figuur stelt het kanaal voor vanaf het Hellend Vlak van Ronquières tot aan de Zeesluis van Wintam. Alle sluisen zijn aangeduid behalve de Sluis van Ittre, die niet ingebouwd werd in het hydrodynamisch model.

De belangrijkste pompstations die het overtollige water van verschillende bekkens naar het kanaal pompen zijn aangeduid, samen met de pompstations die gebruikt worden voor de verschillende sluisen.

In hetzelfde schema tonen we de belangrijkste elementen van de Zenne vanaf Tubize tot aan de monding in de Rupel. De belangrijkste stuwen, overlaten, de verschillende deelstromen en zijrivieren zijn voorgesteld als invoerpunten.

Het Kanaal en de Zenne lopen parallel zonder belangrijke interactie tot in Lembeek, waar het overtollige water van de Zenne via de overlaat in het kanaal stort. Verder afwaarts in de Zenne bevindt zich de Oude Zenne die een by-pass vormt.

Ter hoogte van Halle duikt de Zenne onder het kanaal via een duiker en loopt ze er parallel met het kanaal tot aan de overlaat van de Aa waar het tweede belangrijke interactiepunt zich bevindt. Tussen Anderlecht en Vilvoorde zijn verschillende andere overstorten vanuit de Zenne naar het kanaal maar deze zijn van minder belang.

In het pand tussen Anderlecht en Vilvoorde worden de droogweerafvoer en de regenafvoer tot 16 m³/s van de stroomgebieden op de linkeroever afgeleid naar de RWZI Brussel Noord. Overtollig water van deze

stroomgebieden wordt naar de Zenne afgevoerd via overlagen en sifons onder het kanaal.

De afvoer langs het kanaal gebeurt niet via de sluisen maar via de verschillende langsrionen die parallel lopen met de sluisen. Het overtollige water dat langs de verschillende overstorten naar het kanaal is gestuurd, komt terug in de Zenne afwaarts Brussel via de zelfaanzuigende hevels te Vilvoorde. Er wordt geen significant stormdebiet afgevoerd afwaarts de sluis van Zemst.

Afwaarts Zemst komen verschillende deelstromen in het kanaal terecht via pompstations en overlagen (de Vliet, de Zielbeek). Verder afwaarts is het kanaal met de Zeeschelde verbonden via de sluis van Wintam. In de huidige schematisatie, en voor wat de Zenne betreft, is rekening gehouden met de 2 overwelvingen van de Zenne in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. Echter duiden we het verloop van verschillende collectoren (bestaande en geplande) niet in detail aan omdat deze niet ingebouwd zijn in het model.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 14

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 5: Algemeen schema van het systeem (Pereira, 2006)

Sluis
Invoer
Overstort
Limnigraaf
Pomp
Stuw
Duikers
Sector stuw
Hefschuiven
kanaal
Zenne
6-Lembeek
7-Halle
10-Anderlecht
12-Zemst
Vilvoorde
Schaarbeek
Ronquieres
Beysegem
Lembeek
Hain
Epegem
Tubize
Maasdalbeek
Drootbeek
Molenbeek
Hevels
Hoofdriool Brussel
Nieuwe Maalbeek
Oude Maalbeek
Maalbeek
AA
Waals gewest
Vlaams gewest
Brussels gewest
Vlaams gewest
Neerpedebeek
Broekbeek
De Vliet
9-Ruisbroek
8-Lot Lot
Ukkel
Drogenbos
Herdendijk-
Ziterbeek
Lotbeek
Sennete
Samber
Zeesluis Wintam
Woluwe
Haren
Marly
Samme
oude sluis
Kleine Willebroek
Sasbeek
Tangebeek
Trawool
Budasesteenweg
Vijvers koninklijk domein
11-Molenbeek
Paruc
Ninoofsepoort
Riolering Anderlecht
Riolering Vorst
Riolering-N-Z
verbinding+ST Gillis
Groebengracht Molenbeek-Beersel
Zuunbeek
Hell. Vlak
Ronquieres
Zielbeek
3 fontainen
Pacapime
Catala
Nieuwe collector Brussel Noord

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Uit dit schema kunnen we afleiden dat het Kanaal en de Zenne een complex systeem vormen met een zeer grote interactie tussen beide, wat gebeurde als gevolg van de beslissingen van begin 20^{ste} eeuw. De schuiven en langsriolen van de sluizen hebben een verschillende capaciteit afgestemd op het oorspronkelijke ontwerp:

- Opwaarts Lembeek (Ittre en Lembeek) is de afvoer artificieel en daarom kan men niet spreken van een capaciteit voor hoge afvoeren.
- Tussen Lembeek en Anderlecht (Halle, Lot-Ruisbroek, Ruisbroek en Anderlecht zelf) hebben de schuiven en langsriolen een ontwerp debiet van 72 m³/s, wat afgestemd is op de 66 m³/s afkomstig van de overlaat van Lembeek en de beperkte bijkomende debieten tussen Lembeek en Anderlecht.
- De schuiven en langsriolen van Molenbeek hebben 4 schuiven in plaats van 3, op die manier is de afvoercapaciteit afgestemd op de te verwachten debieten van Anderlecht samen met de 24 m³/s van de watervang van de Aa.
- Afwaarts Molenbeek kan de afgeleide afvoer terug naar de Zenne geloosd worden via de Hevels van Vilvoorde die een ontwerpdebiet hebben van 90 m³/s.
- Rekening houdend met het ontwerpdebiet van 150 m³/s, is de ontwerpcapaciteit van de eerste overwelving (tweede overkapping) van de Zenne gelijk aan 60 m³/s.
- De tweede overwelving heeft rekening gehouden met het extra debiet in Brussel, in het bijzonder de Maalbeek en heeft daarom een ontwerpcapaciteit van 90 m³/s.

In het tweede deel van de 20^{ste} eeuw zijn belangrijke lokale aanpassingen uitgevoerd zonder rekening te houden met het effect daarvan in het systeem als een geheel. Voor de afleiding van de Hain en de Samme rechtstreeks naar het kanaal (om de problemen van voeding voor het kanaal tegen te gaan), is geen rekening gehouden met de toename van de hoge afvoeren.

De afvoercapaciteit van schuiven en langsriolen van de sluizen is sindsdien niet meer afgestemd op de mogelijke hoge afvoeren. Bovendien is de Zenne al sinds 1955 niet meer gewaardeerd als een waterloop met als primaire functie de natuurlijke afvoer van zowel lage als "normale" hoge afvoeren. Dit resulteerde in een vermindering van de afvoercapaciteit van de bedding van de Zenne en het inpalmen van het natuurlijke overstromingsgebied zoals te zien is in de Figuur 6 ter hoogte van Anderlecht. De oorspronkelijke afvoercapaciteit van de Zenne langs Brussel is 60 m³/s maar die wordt niet volledig benut. In de huidige toestand worden maar 40 m³/s langs de Zenne afgevoerd.

Een tweede gevoelig aspect is dat het systeem sterk beïnvloed wordt door de werking van de verschillende structuren (stuwen, schuiven, overlaten, enz...). Deze kunstwerken worden beheerd door verschillende diensten van de verschillende administraties van de drie gewesten. Nergens in België is de administratieve versnippering van het watersysteem groter dan in het Zennebekken. Desondanks zoeken de verschillende beheerders maximaal afstemming tussen elkaar met de middelen waarover ze beschikken in het bijzonder tijdens crisismomenten.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 16

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 6: Zenne ter hoogte van Anderlecht

2.4. Overzicht van overstromingen in het Zennebekken

Na de overstromingen van november 2010 in Vlaanderen en in het bijzonder het Zennebekken besliste het Uitgebreid Bureau van het Vlaams Parlement op 22/11/2010 om de problematiek van waterbeheer en wateroverlast te verwijzen naar de "Verenigde Commissies voor Leefmilieu, Natuur, Ruimtelijke Ordening en Onroerend Erfgoed en Mobiliteit en Openbare Werken". Tussen 13 januari tot 22 maart 2011 hielden de verenigde commissies hoorzittingen met de Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid en de bekkencoördinatoren, met diverse wetenschappers en andere actoren.

Op 7 juli 2011 werd door het Vlaams Parlement een resolutie goedgekeurd betreffende het beheersen van wateroverlast in het kader van een integraal waterbeleid (zie §1.). Een gelijkaardige resolutie werd goedgekeurd op 23 mei 2012 door het Waalse parlement. Op 15 september 2012 keurde het Brussels Hoofdstedelijk Parlement een Waterbeheerplan goed.

Op 17 januari 2013 zijn Vlaamse, Waalse en Brusselse parlementsleden samengekomen voor een gemeenschappelijke commissievergadering waar het inter-gewestelijk karakter van de overstromingen in het Zennebekken verder werd besproken.

Verschiede actoren en persmiddelen stellen deze bijeenkomsten en resoluties voor als een primeur voor de problematiek van de Zenne. Maar zowel de overstromingen als het opstellen van de commissies met besluiten en resoluties zijn een terugkerend fenomeen in het Zennebekken. De overstromingen en mogelijke oplossingen werden al besproken sinds het begin van het ontstaan van de stad Brussel zoals we kunnen afleiden uit het: "*invention et proposition pour empêcher et presvenir les damages et intérêts dont la basseville est annuellement fatiguée, par le débordement de la Rivière de Senne (1644)*", vermeld in het werk van Renard (Renard, 1865).

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Guns (Guns, 1973) vermeldt in zijn werk de volgende gebeurtenissen met uitgebreide overstromingen tot het einde van de 18^e eeuw:

- 1614.
- 1643.
- februari 1658
- juni 1662
- juli 1662
- februari 1716
- januari 1729
- januari 1740 en januari 1772

En verder dankzij betere schriftelijke documentatie kunnen we de volgende periodes met wateroverlast identificeren:

- 17 januari 1816
- 20 januari 1820
- 23 en 24 februari 1839, waar uitgebreide overstromingen worden vermeld tussen Halle en Vilvoorde, op 24/02/1839 trad het kanaal van Charleroi eveneens buiten haar oevers aan de verschillende sluizen.
- 4 en 5 juni 1839
- 11 oktober 1843
- 15,16 en 17 augustus 1850 met een geschat debiet te Vilvoorde van 150 m³/s.
- 18 en 19 december 1880
- 25 januari 1891
- 10 en 11 augustus 1895
- 8 juni 1898
- 21 mei 1908
- 4 juni 1908

Op 07/03/1839 werd een commissie opgericht (onder voorzitterschap van de gouverneur van Brabant) om de overstromingsproblematiek aan te pakken. Als gevolg daarvan werden subcommissies opgericht met verslagen en rapporten die op 2/10/1839 tot een voorstel van maatregelen leidde.

Na de overstromingen van 1843 en 1850 werd vastgesteld dat de voorgestelde maatregelen van oktober 1839 onvoldoende resultaat opleverden en op 19 juli 1861 richtte de Provincie Brabant een andere commissie op, die verslag bracht op 8 mei 1863 en later na verschillende andere technische commissies rapporten en verslagen leidde tot het Koninklijk Besluit van 29 november 1866. De werken werden aangevat rond 1867 (zie § 2.2).

Na de overstromingen van 1891 werd in 1895 door de provincie Brabant een nieuwe commissie opgericht, gevolgd door de rapportering van verschillende technische commissies: februari 1897, februari 1898. Op 2/7/1898 werd via ministerieel besluit beslist om nog een andere technische commissie op te richten onder het voorzitterschap van Prof. Helleputte. Het verslag van deze commissie stelde onder andere voor om 90 m³/s via een verbeterde Zenne af te leiden en de Zenneafvoer (opwaarts Brussel) volledig af te leiden naar het kanaal.

Vanaf begin de 20^{ste} eeuw werd begonnen aan de verschillende infrastructuurwerken en de problematiek werd verder besproken op lokaal niveau tussen de betrokken gemeenten. We kunnen echter niet uitsluiten dat er wellicht ook andere gelijkaardige gemeentelijke commissies actief waren.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 18

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

2.5. De was van november 2010

In de periode van 13 tot 15 november 2010 zijn verschillende rivieren in Vlaanderen en Wallonië buiten hun oevers getreden. Tijdens het weekend van 13 tot 14 november was in het bijzonder het Zennebekken opwaarts Brussel getroffen door zware overstromingen.

Zoals vermeld in § 2.4. zijn overstromingen in het Zennebekken een terugkerend fenomeen. Het is echter zeer uitzonderlijk dat zelfs het kanaal buiten zijn oevers is getreden (voor het eerst sinds de moderniseringswerken van 1900-1968) en dat zelf over de sluizen een overstort is waargenomen.

2.5.1. Beschrijving van de neerslag

Om de hoeveelheid gevallen neerslag correct te interpreteren is het nodig rekening te houden met de hoeveelheid neerslag die gevallen is tijdens verschillende aggregatieniveaus: antecedente neerslag gerelateerd aan de recessieconstante van het bekken (in dit geval 80 dagen) en die de bodemvochtigheidsgraad zal bepalen, de dagelijkse neerslag en tenslotte de neerslag per uur die bepalend kan zijn voor wateroverlast in het bijzonder in kleine bekkens of waar de grond volledig verzadigd is. Uit een vergelijking van de gemiddelde neerslag (te Ukkel) voor de maanden voorafgaand aan het event

van november 2010, met de langjarige gemiddelden (Figuur 7) kunnen we afleiden dat de neerslagwaarden in de maanden augustus tot september significant groter zijn dan het gemiddelde. Als we echter de meetgegevens analyseren voor verschillende aggregatieperiodes Tabel 1 (1 dag, 4 dagen en 80 dagen) kunnen we vaststellen dat dit geen uitzondering is. Er waren in het verleden verschillende andere periodes meer dan 80 dagen antecedente neerslag.

Figuur 7: Neerslaghoeveelheid per maand te Ukkel. 2010: rood, Gemiddelden: blauw

Tabel 1: 20 grootste neerslaggebeurtenissen bij variërende aggregatieduur (Ukkel)

1 dag 4 dagen 80 dagen

Nr	Neerslag	Datum	Neerslag	Datum	Neerslag	Datum
1	66.2	7/10/2009	100.5	31/08/1996	386.5	8/03/1995
2	57.6	2/06/1992	92.7	14/11/2010	356.2	25/11/1984
3	52.2	29/08/1996	90.2	22/10/1986	356.1	6/10/2001
4	51.3	13/11/2010	84.2	9/10/2009	346.0	8/11/1998
5	47.2	15/09/1986	81.3	5/06/1992	341.1	12/01/1991
6	41.5	8/09/2010	80.8	17/08/2010	340.7	20/08/1992

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 19

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

1 dag 4 dagen 80 dagen

Nr	Neerslag	Datum	Neerslag	Datum	Neerslag	Datum
7	41.0	28/10/1990	73.2	1/01/2003	333.3	27/01/1994
8	40.6	21/10/1986	72.4	22/12/1995	321.9	27/09/2010
9	40.0	14/09/1984	69.5	26/12/1999	319.2	18/02/2000
10	38.8	12/08/1996	67.3	14/10/1993	317.9	3/01/2003
11	38.7	15/08/2010	65.2	28/10/1990	314.9	20/03/1988
12	36.9	3/08/2008	63.7	17/09/1984	298.3	29/07/1987
13	36.5	30/04/1991	63.1	16/09/1986	296.1	25/01/2011
14	36.5	28/08/2003	62.2	9/09/2010	286.8	4/04/2002
15	32.8	12/07/1992	60.0	9/09/1984	279.9	29/07/2000
16	32.8	14/10/1993	59.7	14/01/2004	279.5	10/04/2001
17	32.8	28/05/1995	59.1	30/03/1986	278.7	21/12/2009
18	32.5	22/07/2004	58.2	19/07/1987	275.7	27/07/2007
19	32.5	3/08/2006	58.2	19/09/2001	267.6	8/06/1985
20	32.1	7/03/1989	56.8	29/12/1994	266.2	22/03/1999

Figuur 8 geeft de cumulatieve neerslag weer voor de periode van 9 november 2010 tot 15 november 2010 zoals opgemeten door de pluviograaf in Ukkel (KMI). Uit deze figuur kunnen we afleiden dat er 3 neerslagzones over het land zijn getrokken gedurende deze periode. De 3^e en laatste neerslagzone, die begon op 12/11 12u en duurde tot 14/11 12u, was verantwoordelijk voor de grootste neerslaghoeveelheden. De neerslag van 11 november zorgde voor een (beperkte) piekafvoer, die nog niet overal genormaliseerd was toen het op vrijdag 12 november opnieuw begon te regenen. De grootste intensiteiten vielen zaterdag overdag.

Figuur 9 geeft een beeld van de ruimtelijke spreiding van deze neerslag over Vlaanderen. Deze figuur is opgemaakt op basis van gevalideerde puntmetingen van het KMI voor de locaties waar de terugkeerperiode van de neerslag 20 jaar of hoger was (KMI, 2010). Uit deze figuur kunnen we afleiden dat het Zennebekken net opwaarts Brussel een van de meest getroffen gebieden was met meer dan 125 mm in 4 dagen

Figuur 8: Cumulatieve neerslag Ukkel (09/11/2010 00:00 - 16/11/2010 00:00)

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 20

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 9: Ruimtelijke verdeling neerslag tijdens de storm november 2010

De terugkeerperiode van de neerslag is bepaald aan de hand van de IDF-curves (Intensiteit-Duur-Frequentiecurve)

van Ukkel en Stehoux (in het opwaartse Zennebekken). Uit Figuur 10 kunnen we afleiden dat tot een aggregatietijd van 10u, de terugkeerperiode van de gevallen neerslag lager is dan 2 jaar. Voor een aggregatieduur

van 2 tot 6 dagen hebben we te maken met neerslaghoeveelheden met een terugkeerperiode tussen 20 en 50 jaar

voor Ukkel en van 50 jaar voor Stehoux. Dat wil zeggen dat de hoeveelheid gevallen neerslag in het opwaartse deel

van het Zennebekken uitzonderlijk is (T50) maar niet extreem uitzonderlijk.

Als we de dagelijkse neerslag analyseren kunnen we vaststellen dat de gebeurtenis van november 2010 geen

uitzonderlijke situatie is. Voor Stehoux hebben we te maken met neerslaghoeveelheden met een terugkeerperiode

van 10 jaar. Aan de hand van de analyses van deze neerslaggegevens kunnen we geen verklaring geven voor het

15 32.8 12/07/1992 60.0 9/09/1984 279.9 29/07/2000
16 32.8 14/10/1993 59.7 14/01/2004 279.5 10/04/2001
17 32.8 28/05/1995 59.1 30/03/1986 278.7 21/12/2009
18 32.5 22/07/2004 58.2 19/07/1987 275.7 27/07/2007
19 32.5 3/08/2006 58.2 19/09/2001 267.6 8/06/1985
20 32.1 7/03/1989 56.8 29/12/1994 266.2 22/03/1999

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 22

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 11: Ogenblikkelijke en antecedente neerslag voor stormen geselecteerd op basis van neerslagmeetreeks Stehoux

Uit Figuur 11 kunnen we afleiden dat het event van november 2010 (11/10) een hoge voorafgaande 4-dagen neerslag heeft samen met een hoge voorafgaande 80-dagen neerslag. Een gelijkaardige analyse op de pluviometer ter hoogte van Ukkel toont aan dat deze combinatie van de hoeveelheid neerslag geaggregeerd over 4 dagen en 80 dagen sinds 1951 nog nooit eerder is voorgekomen. Deze uitzonderlijke situatie verklaart het uitzonderlijk extreme karakter van de was van november 2010. Een meer gedetailleerde beschrijving van de hydrologische situatie van de was van november 2010 is te vinden in het rapport "Wasgebeurtenis van 11 tot 16 november 2010, (Boeckx et al. ,2011).

2.5.2. Bodemverzadiging

Al onmiddellijk na de gebeurtenissen van november werd geopperd dat de bodem verzadigd was. Om hier een beter inzicht in te krijgen, werd gebruikt gemaakt van een hydrologische modellering met de hydrologische NAM-modellen.

Aangezien NAM een conceptueel, gebiedsgemiddeld model is, kunnen we geen van de parameters een exacte fysische waarde toedichten. We kunnen de parameter L/L_{max} zien als een maat voor bodemverzadiging maar we kunnen deze hier niet volledig aan gelijk stellen!

L_{max} staat voor de maximale inhoud van een (lager) reservoir₂ in de bodem en is te interpreteren als het gemiddelde maximale bodemvochtgehalte in de wortelzone dat beschikbaar is voor vegetatieve transpiratie. L_{max} is dus een constante in het hydrologische NAM-model en is onder andere afhankelijk van het type bodem.

L is een maat voor het bodemvochtgehalte op een bepaald moment van het lager reservoir. Voor de berekening hiervan houdt het model rekening met het voorafgaande bodemvochtgehalte, de hoeveelheid neerslag die (niet meer) geborgen kan worden aan de oppervlakte, de hoeveelheid neerslag die afstroomt en de hoeveelheid water die doorstroomt naar het grondwater. Deze hoeveelheden worden berekend met afgelijke parameters gerelateerd aan bodemeigenschappen en bodemgebruik. Wanneer L gelijk wordt aan L_{max} maken gebruik van 3 reservoirs, een oppervlakte reservoir, een lager reservoir (met 'grootte' L_{max}) en een grondwaterreservoir.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 23

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

L_{max} kan het reservoir als 'vol' beschouwd worden, en is de bodem volledig verzadigd. Hoe dichter L/L_{max} bij 1 ligt, hoe meer verzadigd de bodem is.

In Figuur 12 geven we de evolutie van de parameter L/L_{max} doorheen het jaar weer van 1952 tot en met 2010 voor het hydrologische bekken opwaarts van Tubize (Zenne). Voor ieder tijdstip van het jaar is eveneens de gemiddelde waarde van deze parameter bepaald en weergegeven in Figuur 12. Hier wordt duidelijk aangetoond dat de bodemverzadiging begin november reeds abnormaal hoog was. Deze abnormaal hoge waarde van bodemverzadiging is initieel veroorzaakt door de storm van 15 & 16 augustus 2010. De uitzonderlijk hoge neerslaghoeveelheden tijdens de maanden augustus en september hebben ervoor gezorgd dat deze bodemverzadiging enkel verder is blijven stijgen. In dat licht is het ook weinig verwonderlijk dat een dergelijke situatie aanleiding gaf tot massale overstromingen.

Figuur 12: Jaarlijkse evolutie L/L_{max} uit hydrologisch model van de Zenne opwaarts Tubize.

2.5.3. Hydrologische reactie en beschrijving van de was van november 2010

De meteorologische situatie beschreven in § 2.5.1 samen met de hoge bodemverzadiging van het opwaartse deel van het Zennebekken heeft geleid tot uitzonderlijke extreme afvoeren. In deze omstandigheden zal de meeste gevallen neerslag op een snelle manier een bijdrage leveren aan de oppervlakte afvoer, en dit sterk beïnvloed door de bodemverzadiging, eerder dan door het effect van de verstedelijking van het stroomgebied. Het reliëf en de vorm van het stroomgebied hebben verder de gebeurtenis bepaald. De verschillende zijrivieren hebben gelijktijdig hoge debieten afgevoerd richting enerzijds de natuurlijke afwatering van het systeem (de Zenne) en anderzijds de afgeleide bekkens (Haine en Samme) naar het Kanaal.

Figuur 13 geeft een overzicht van de afvoeren vanuit Wallonië: Zenne te Tubize (donderblauw), Samme te Ronquières (oranje), Senette te Oisquerc (groen) en de Hain te Brain-le-Chateau (lichtblauw). Figuur 14 geeft een overzicht van de totale afvoer langs de Zenne en het Kanaal samen met het debiet in het kanaal opwaarts Brussel, en in Figuur 15 geven we de cumulatieve volumes (in miljoenen kubieke meters) weer.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 24

Figuur 13: Afvoeren vanuit Wallonië (Boeckx et al 2011)

Figuur 14: Afvoeren langs de Zenne en het Kanaal opwaarts Brussel, november 2010.

0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
180
12-11-10
12-11-10
13-11-10
13-11-10
14-11-10
14-11-10
15-11-10
15-11-10
16-11-10
16-11-10

Q (m³/s)

Q Totaal opwts. Brussel
Q Kanaal opwts. Brussel
Q Zenne opwts. Brussel

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 25

Figuur 15: Cumulatieve volumes opwaarts Brussel, november 2010.

Uit deze figuren kunnen we afleiden dat de totale afvoer van het Zennebekken opwaarts Brussel voor november 2010 ongeveer 160 m³/s bedroeg, te vertalen naar een totaal was-volume van 30.000.000 m³. In de volgende figuur wordt een overzicht weergegeven van de debietsverdeling opwaarts Brussel.

Figuur 16: Overzicht van de debietsverdeling opwaarts Brussel, november 2010.

Van deze totale afvoer werden 40-50 m³/s afgevoerd langs het kanaal vanuit Wallonië (Samme+ Hain) en 120-130 m³/s zijn binnen Vlaanderen langs de Zenne gekomen. Het gemeten debiet in de Zenne te Tubize was ongeveer 85 m³/s, wat we kunnen beschouwen als een uitzonderlijk event met een terugkeerperiode van ongeveer 500 jaar (zie Figuur 17)

0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
30
32
34
36
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
180
11-11-10
12-11-10
13-11-10
14-11-10
15-11-10
16-11-10

Cum Vol M m³

Q (m³/s)

Q Totaal opwts. Brussel
Q Bijdrage Vlaanderen (Lembeek-grens) naar de Zenne
cum. Vol. in M m³ Totaal voor Brussel
cum. Vol. in M m³ Bijdrage Vlaanderen naar Zenne

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 26

Figuur 17: Extreme-waarden verdeling, debieten Zenne te Tubize.

Ter hoogte van Lembeek werd de afvoer van de Zenne grotendeels naar het kanaal afgeleid, wat resulteerde in een totale afvoer van 120 m³/s langs het kanaal en 30-40 m³/s langs de Zenne. De gevolgen van deze uitzonderlijke debieten langs het kanaal waren dan ook te verwachten:

De uitwateringswerken van de sluizen langs het kanaal naar Charleroi in het pand Ronquieres-Lembeek

(Tussen Ittre en Lembeek) zijn niet ontworpen (jaren 30' vorige eeuw) voor de opgetreden afvoeren. Daarom leidden deze naar verhoogde waterstanden in beide panden. Men kan hier niet spreken van een ontwerpfout of een beheersingsfout van de structuren. De structuren zijn immers nooit ontworpen voor het afvoeren van de natuurlijke debieten van de Hain en de Samme.

Zoals vermeld in § 2.2., is de afvoercapaciteit van de schuiven en langsriolen van de verschillende sluisen afwaarts Lembeek ontworpen voor een maximaal debiet van 66 m³/s langs het kanaal in het pand Lembeek-Anderlecht, om die reden hebben de schuiven een afvoercapaciteit van 72 m³/s met het normale streefpeil (een veiligheidsmarge dus van 6 m²/s). Ter hoogte van Anderlecht kan water vanuit de Zenne naar het kanaal afgeleid worden (tot 24 m³/s) en daarom heeft de sluis van Molenbeek (langsriolen en schuiven) een ontwerpcapaciteit van 90 m³/s.

Tijdens de was van november 2010 zijn 120-130 m³/s afgevoerd naar het kanaal wat een ruime overschrijding is van het ontwerpdebiet. Bijgevolg is het logisch dat de waterstanden in het kanaal dan hoge waterpeilen bereiken die zelfs hoger zijn dan de kruinhoogte van de sluisen. Uit de verschillende helicoptervluchten kunnen we zien dat de langsriolen onder druk hebben gewerkt, wat nooit zo bedoeld was bij het ontwerp in het begin van de 20^{ste} eeuw. De waterstanden langs het kanaal in het pand afwaarts Anderlecht waren zo hoog dat de overlaat van de Aa geen 24 m³/s kon afvoeren vanuit de Zenne naar het kanaal, er werden echter ongeveer 16 m³/s afgeleid.

De was van november 2010 was dus een uitzonderlijk natuurlijk fenomeen dat waarschijnlijk in de toekomst opnieuw zal optreden. De uitzonderlijke hoge waterpeilen en overstromingen kunnen volledig verklaard worden door het feit dat de ontwerpcapaciteit van de verschillende structuren in het systeem ruim overschreden werd tijdens de was van november 2010. In het verslag van de was (Boeckx, L. 2011) en het CIW verslag werden verschillende knelpunten aangeduid onder andere de verbetering van de waterbeheersing van de verschillende structuren, wat een correcte aanbeveling is maar die echter niet aan de basis ligt van de opgetreden overstromingen.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 27

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

3. Hydrodynamische modellering van de Zenne

3.1. Beschikbare modellen

Het Zennebekken is grotendeels gemodelleerd met behulp van de hydrodynamische modellen opgesteld door de verschillende waterbeheerders. Bovendien zijn er ook modellen opgesteld vanuit de academische hoek in het bijzonder door de VUB.

Onder andere zijn er de modellen van de VMM (Zenne opwaarts Brussel, Zuunbeek, Woluwe, enz) die de onbevaarbare waterlopen in Vlaanderen modelleren. Er zijn ook verschillende rioleringsmodellen opgesteld door Aquiris en Aquafin, die eerder lokale modellen zijn. Bovendien zijn niet alle rioolstelsels gemodelleerd. Ook de provincies beschikken over hydrodynamische modellen van een aantal waterlopen van derde categorie. En het BIM van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest werkt momenteel aan de modellering van de Zenne in Brussel.

Pas in 2004, in het kader van een opdracht van W&Z (destijds NV Zeekanaal en Watergebonden Grondbeheer Vlaanderen), werd een integraal numeriek hydrologisch en hydraulisch model van het volledige systeem opgesteld, dat in staat is om de verschillende interacties tussen het Kanaal en de Zenne te simuleren. Dat model ("hydrodynamisch model van het Zennebekken of WL model genoemd") wordt beheerd door het Waterbouwkundig Laboratorium. In het kader van het GESZ project heeft de VUB een model van de Zenne opgesteld op basis van het model van het WL.

3.1.1. Hydrodynamische model Zennebekken

Het hydrodynamisch model omvat naast de panden in Vlaanderen ook het bovenpand van het Kanaal naar Charleroi in het Waals Gewest en het tussenpand in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.

Het kanaal is dus gemodelleerd vanuit het Hellend Vlak van Ronquières tot aan de monding in de Zeeschelde. De aftakkingen naar de Zenne ter hoogte van de hevels te Vilvoorde (het Vilvoordse Dok) en naar de Rupel (oude sluis Willebroek) zijn ook ingevoerd in het model.

De meeste sluisen zijn gemodelleerd, de sluis E5-Ittre bevindt zich in het vereenvoudigde deel van het model en is daarom niet in het model ingevoerd. De volgende tabel geeft een overzicht van de gemodelleerde sluisen en hun locatie:

Tabel 3: Overzicht van de gemodelleerde sluisen.

Id Naam M11-Branch M-11

chainage

E- 6 Lembeek ZEEKANAAL_OPWTS_VILV 950

E- 7 Halle ZEEKANAAL_OPWTS_VILV 4850

E- 8 Lot ZEEKANAAL_OPWTS_VILV 8600

E- 9 Ruis ZEEKANAAL_OPWTS_VILV 11700

E- 10 Anderlecht ZEEKANAAL_OPWTS_VILV 15100

E- 11 Molenbeek ZEEKANAAL_OPWTS_VILV 19300

E- 12 Zemst ZEEKANAAL_AFWTS_VILV 10700

E- Zeesluis Wintam ZEEKANAAL_AFWTS_VILV 26300

E- Oud-Wintam OUD_WINTAM 350

E- Klein Willebroek KLEIN_WILLEBROEK 1150

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 28

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

De Zenne is gemodelleerd vanaf Tubize tot aan de monding in de Rupel, er zijn slechts een aantal overstromingsgebieden ter hoogte van Halle in het model ingebouwd. De zijrivieren zijn niet hydrodynamisch gemodelleerd behalve de Zuunbeek en de Sennette die via fictieve takken zijn voorgesteld.

De belangrijkste structuren van het systeem, die de interactie tussen de Zenne en het kanaal bepalen, zijn in het model ingevoerd en worden in detail beschreven in het deelrapport 4 van de studie "Opmaak van numerieke hydrologische en hydraulische modellen van het Kanaal naar Charleroi en Zeekanaal Brussel-Schelde" (Pereira, 2007). De twee overwelvingen van de Zenne in Brussel zijn ook in het model ingevoerd. In Figuur 18 en Tabel 4 geven we een overzicht van de gemodelleerde waterlopen.

Tabel 4: Overzicht van de gemodelleerde waterloopgedeeltes.

Naam M11-Branch topo ID lengte (km)

Zeekanaal Ronquieres-gewestgrens (Lembeek) RONQUIERES_GEWESTGRENS TYPE 12.1

Zeekanaal Lembeek-Vilvoorde ZEEKANAAL_OPWTS_VILV 2006 28.1

Zeekanaal Vilvoorde-Zeeschelde ZEEKANAAL_AFWTS_VILV 2006 26.9

Aftakking naar de Zenne HEVELS 2006 1.8

Aftakking naar de Rupel KLEIN_WILLEBROEK 2006 1.2

Aftakking naar de Rupel OUD_WINTAM 2006 1.0

Aftakking van de Aa AA ONTWERP 0.3

Grote Molenbeek GROTE-MOLENBEEK FICTIEF 12.0

Zenne (Tubize-gewestgrens) ZENNE_WALLONIE TYPE 2.6

Zenne (opwaarts brussel) ZENNE_OPWTS_BRUSSEL AMINAL 20.7

Zenne (Brussel) ZENNE_BRUSSEL 2001 14.2

eerste overwelving van de Zenne KOKER-ZENNE-1STE-OVERVELV 2001 6.8

Zenne afwaarts Vilvoorde ZENNE HUIDIGE 24.7

Zenne Afleiding ZENNEAFL HUIDIGE 3.0

Oude Zenne OUDEZENNE HUIDIGE 1.4

Kleine Zenne KLZE AMINAL 1.2

By-pass in Lembeek BY-PASS-LEMBEEK TYPE 0.2

By-pass Laines Daoust BY-PASS-LAINES-DAOUST 2001 0.3

Zunbeek ZUUNBEEK FICTIEF 6.0

Sennete SENNETTE FICTIEF 12.0

Zeeschelde (Zemst-Schelle) ZEESCHELDE HUIDIGE 8.8

Rupel RUPEL huidige 11.5

Beneden Nete afwaarts Dufel BENEDENNETE huidige 9.8

Beneden Dijle BENEDENDIJLE huidige 6.4

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 29

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 18: Overzicht van de gemodelleerde waterlopen (WL-Model)

Voor de dwarssecties van het hydrodynamisch model werd gebruik gemaakt van verschillende bronnen: topografische gegevens, ontwerpplannen van verschillende structuren, het model van de Zenne (AMINAL afdeling Water) en het SIGMA-model (Afdeling Zeeschelde). De volgende tabel geeft een overzicht van de dwarsprofielen voor de gemodelleerde waterlopen.

gemodelleerde waterlopen

niet gemodelleerde waterlopen

Hellende vlak Ronquieres

Tubize

Temse

Schelle

Duffel

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 30

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

Tabel 5: Overzicht van de topografische opmetingen.

Waterloop Aard gegevens Datum bron

Zeekanaal Ronquieres-gewestgrens (Lembeek) typeprofiel - typeprofiel

Zeekanaal Lembeek-Vilvoorde opgemeten 2006 geo XYZ

Zeekanaal Vilvoorde-Zeeschelde opgemeten 2006 geo XYZ

Aftakking naar de Zenne opgemeten 2006 geo XYZ

Aftakking naar de Rupel opgemeten 2006 geo XYZ

Aftakking naar de Rupel opgemeten 2006 geo XYZ

Aftakking van de Aa ontwerp-plannen - ontwerp-plannen
 Grote Molenbeek typeprofiel - type-profiel
 Zenne (Tubize-gewestgrens) typeprofiel - type-profiel
 Zenne (opwaarts Brussel) opgemeten 2002 Model-AMINAL Afd. Water
 Zenne (Brussel-opwts. overwelving) opgemeten 2001 Bultiau, Desmet& Demeur
 eerste overwelving van de Zenne ontwerpplannen
 - ontwerp-plannen
 Zenne (afwaarts Brussel) opgemeten 1998 De Neuter & Associes
 Zenne afwaarts Vilvoorde opgemeten 2001 Sigma-model
 Zenne Afleiding opgemeten 2001 Sigma-model
 Oude Zenne opgemeten 2001 Sigma-model
 Kleine Zenne opgemeten 2002 Model-AMINAL Afd. Water
 By-pass in Lembeek typeprofiel - -
 By-pass Laines Daoust opgemeten 2001 Bultiau, Desmet& Demeur
 Zuunbeek typeprofiel - -
 Sennete typeprofiel - -
 Zeeschelde (Zemst-Schelle) opgemeten 2001 Sigma-model
 Rupel opgemeten 2001 Sigma-model
 Beneden Nete afwaarts Dufel opgemeten 2001 Sigma-model
 Beneden Dijle opgemeten 2001 Sigma-model

Aan de opwaartse randen van het hydrodynamisch model bevinden zich deelstroomgebieden die door limnigrafen bemeten worden. De gemeten debieten worden opgelegd als inloophydrogram voor het model. Een aantal opwaartse stroomgebieden werden niet bemeten. In dat geval zijn de inloophydrogrammen berekend met het hydrologisch model NAM. Voor de Beneden Nete en de Dijle is gebruikt gemaakt van de gesimuleerde debieten met een model van het volledige Zeescheldebekken (het zogenaamde Sigmamodel).

Aan de afwaartse randen is het model gekoppeld aan een deel van het model van de Zeeschelde. Op basis van het volledige Sigma-model werden waterstanden gesimuleerd in volgende locaties, later opgelegd als afwaartse randvoorwaarden:

- Zeeschelde ter hoogte van Temse.
- Zeeschelde ter hoogte van Schelle.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 31

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

3.2. Uitbreiding hydrodynamische model opwaarts Tubize

Het bovenvermelde hydrodynamisch model is gebruikt voor verschillende studies, scenarioanalyses en als basis voor het opstellen van het online voorspellingsmodel van het HIC dat vandaag operationeel is.

Bovendien zijn met dit model een aantal verkennende scenarioberekeningen uitgevoerd met de bedoeling maatregelen te bepalen om de overstromingen van november 2010 te voorkomen. Rekening houdend met het feit dat de invloed van de bestudeerde scenario's zich kan uitstrekken tot opwaarts Tubize, is het model uitgebreid met de overstromingsgebieden in Wallonië.

3.2.1. Gebruikte gegevens

Initiële modelbestanden

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de bestanden op basis waarvan de modeluitbreiding is gestart. De randvoorwaarden die bij dit model horen laten toe om het event van november 2010 te simuleren.

Tabel 6: Initiële modelbestanden uitbreiding Zenne/Zeekanaal model

Type bestand	Naam	Datum
Simulatiebestand	737_04_nov-2010_S1.sim11	12-10-11 16:46
Netwerk	737_04_ZEEKANAAL-S1_350.nwk11	07-10-11 12:29
Dwarsprofieleninformatie	ZEEKANAAL-S0.xns11	10-10-11 16:11
Randvoorwaarden	Nov-2010.bnd11	05-10-11 14:57
Hydrodynamische parameters	ZEEKANAAL-S0-NOV-2010.hd11	07-10-11 13:36
Initiële parameters	Mike11.ini	10-03-06 10:45

Topografische informatie

Gedigitaliseerde opmetingen van de Senne en Sennette in Wallonië zijn ter beschikking gesteld door de SPW. Het betrof allerlei plannen van het terrein, kunstwerken en dwarsprofielen in hun huidige toestand en ook deels bij een ontworpen toestand. Daarnaast zijn een aantal tekstbestanden en shapefiles aangeleverd met de xyz waarden van de dwarsprofielen. Uit de plannen leiden we af dat de opmetingen dateren van 1968. Figuur 19 is een voorbeeld van een grondplan.

Daarnaast is er eveneens een door SPW aangeleverd (recent) DEM ("Digital Elevation Model") van de winterbedding van de Senne/Sennette beschikbaar, met een resolutie van 1x1 m. Figuur 20 geeft een overzicht van de totaliteit van de beschikbare DEM gegevens bij SPW. Voor deze studie is de Senne tot opwaarts Rebecq en het meest afwaartse stuk van de Sennette ter beschikking gesteld.

Tenslotte zijn ook digitale gegevens ter beschikking gesteld met betrekking tot de overstromingsuitgestrektheid. Om de te modelleren zone te bepalen is gebruik gemaakt van gegevens van het geoportaal <http://cartographie.wallonie.be/NewPortailCarto/>. Dit bevat de "Alea d'inondation" voor de

waterlopen in Wallonië.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 32

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 19: Voorbeeld van topografische opmetingen Senne/Sennette

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 33

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 20: Beschikbaar DEM van winterbed voor Senne/Sennette

3.2.2. Opbouw hoofdwaterlopenmodel

In een eerste fase is een aslijn voor de te modelleren waterlopen gemaakt op basis van de hydrografische atlas van Wallonië (zie Figuur 21). Daarnaast zijn de door SPW aangeleverde dwarsprofielen omgezet naar een geschikt formaat voor Mike11 (zie Figuur 22).

In een volgende stap is geprobeerd om kunstwerken te implementeren in het model. Alhoewel hiervan plannen beschikbaar waren, dateerden deze ook van eind de jaren 60. Een vluchtige controle leerde dat bepaalde kunstwerken niet meer bestonden en dat er nieuwe bijgekomen waren. Een bijkomende moeilijkheid was dat op basis van de plannen niet exact teruggevonden kon worden waar deze kunstwerken zich bevonden. Toch werden enkele kunstwerken initieel in het model opgenomen. Wanneer de eerste simulaties met wassen uitgevoerd werden, stelden we echter vast dat deze kunstwerken enorme opstuwingen genereerden die leidden tot totaal onrealistische resultaten. Daarom is besloten om de geïmplementeerde bruggen uit het model te verwijderen.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 34

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 21: Geïmplementeerd traject van Senne/Sennette

Figuur 22: Voorbeeld van geïmporteerd dwarsprofiel Senne

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 35

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

3.2.3. Modelleren van de overstromingsgebieden

Vervolgens zijn in dit model de overstromingsgebieden geïmplementeerd. Figuur 23 geeft een overzicht van de gemodelleerde overstromingsgebieden en hun modelschematisatie. De uitgestrektheid van de gemodelleerde gebieden is bepaald op basis van de "Alea d'inondation" die terug te vinden is op <http://cartographie.wallonie.be/NewPortailCarto/>

We maakten een onderscheid tussen het modelleren via parallelle takken en via reservoirs. Parallelle takken zijn gebruikt voor die stukken waar stroming in de overstromde vallei verondersteld kan worden. Reservoirs zijn gebruikt voor zones waar zich nauwelijks of geen stroming voordoet en die vrij klein zijn. Parallelle takken zijn eigenlijk parallelle rivieren met dwarsprofielen waar in droge toestand geen water doorstroomt. Elke 200 m werd een dwarsprofiel gegenereerd in deze takken. Dit gebeurde op basis van het DEM. De parallelle takken werden elke 300-400m verbonden met de Senne of met elkaar via zogenaamde "Link Channels". Deze bevatten de eigenschappen van de oever en modelleren de hoeveelheid water die over de oever naar de vallei of omgekeerd stroomt. De belangrijkste eigenschappen van zo'n Link Channel is een breedte/hoogte relatie. Deze is bepaald ofwel op basis van de hoogte van de oevers in de dwarsprofielen van de Senne ofwel indien dit lager lag dan het DEM, op basis van de hoogtes in het DEM. Daarnaast zijn voor een aantal kleinere gebieden reservoirs bepaald en gemodelleerd doormiddels een hoogte/oppervlakte relatie. Deze hoogte oppervlakte relatie is eveneens bepaald op basis van het DEM. De reservoirs zijn ook verbonden met de Senne door middel van een link channel, waarvan de eigenschappen op analoge wijze bepaald zijn als deze van de parallelle takken.

Figuur 23: Volledige modelschematisatie Senne/Sennette

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 36

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 24: Detail van het modelschematisatie Senne/Sennette

3.2.4. Randvoorwaarden

Als opwaartse randvoorwaarden voor het model is gebruik gemaakt van het gemeten debiet van de Zenne te Tubize, wat een overschatting is voor het opwaartse deel (Rebecq) maar hierdoor is de volumebalans afwaarts Tubize wel behouden. In een volgende actualisatiefase van het model kan hieraan wel verbeterd worden. Het debiet dat in het niet-uitgebreide model voor de Sennette gebruikt werd, is overgenomen in het uitgebreide model. Dit is geen probleem aangezien beide randen zich op dezelfde plaats bevinden.

Voor de resterende opwaartse en afwaartse randvoorwaarden is gebruik gemaakt van de al bestaande waterstanden en debieten van het niet-uitgebreide model.

3.2.5. Resultaten

Figuur 25 toont een lengteprofiel met daarop de maximale gesimuleerde waterstanden voor het event van november 2010. Op de figuur is ook aangeduid waar zich ongeveer het centrum van Tubize bevindt en waar de opwaartse rand van het oorspronkelijke model was. Deze bevond zich midden in het centrum van Tubize, waardoor het oorspronkelijke model minder geschikt is om uitspraken te doen omtrent de overstromingsveiligheid te Tubize. Het nieuwe model bevat de Senne tot 9 km opwaarts van Tubize. Op de figuur is duidelijk te zien dat te Tubize en opwaarts ervan het water boven de oevers komt en er overstromingen zullen zijn. Afwaarts Tubize en richting Taalgrens blijft het water binnen de oevers. Figuur 26 en Figuur 27 geven het verloop van de waterstand en het debiet weer ter hoogte van de opwaartse rand van het oorspronkelijke model voor zowel de simulatie van het nieuwe als het oude model. Voor de waterstanden zijn de lage waterstanden met het nieuwe model nu 10-20 cm hoger en voor de hoge waterstanden nu 30-40 cm lager. Dit verschil is te verklaren door het feit dat in het oorspronkelijke model gewerkt is met geschatte dwarsprofielen voor de Senne en omdat in het nieuwe model de Senne nu kan overstromen, wat de maxima zou moeten verlagen.

Bij de debieten is er een groot verschil merkbaar maar dit is volledig te wijten aan het feit dat in het nieuwe model een groot deel van het water in de overstromingszones stroomt en niet in de Senne. Figuur 28 en Figuur 29 tonen voor dezelfde simulaties het waterpeil en debiet ter hoogte van de taalgrens. Op deze locatie zijn de verschillen veel kleiner.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 37

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

Algemeen is er ook een tijdsverschuiving op te merken tussen het voorkomen van de piek. Dit is te wijten aan de gevolgde methode voor het bepalen van de opwaartse rand van het nieuwe model. Dit is dezelfde tijdreeks als in het oude model, maar nu 9 km meer opwaarts opgelegd, waardoor het water er iets langer over doet om zijn piek te bereiken.

Figuur 25: Lengteprofiel met maximale gesimuleerde waterstand voor november 2010 met het uitgebreide model

Figuur 26: Waterstandsverloop voor het "oude" en uitgebreide model ter hoogte van de opwaartse rand van het oude model

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 38

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 27: Debietsverloop voor het "oude" en uitgebreide model ter hoogte van de opwaartse rand van het oude model

Figuur 28: Waterstandsverloop voor het "oude" en uitgebreide model ter hoogte van de taalgrens

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 39

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 29: Debietsverloop voor het "oude" en uitgebreide model ter hoogte van de taalgrens

3.2.6. Conclusies en aanbeveling van het uitbreiden van het model

Om de invloed van maatregelen te kunnen bestuderen op een integrale manier, is het model uitgebreid met een stuk van de Senne/Sennette in Wallonië, waarbij ervoor gezorgd is dat de valleien kunnen overstromen. Ter hoogte van de taalgrens komen de resultaten van de 2 modellen goed overeen. Ter hoogte van de vroegere opwaartse rand zijn er afwijkingen, maar deze kunnen logisch verklaard worden. Het uitgebreide model kan gebruikt worden voor het verfijnen van de reeds eerder uitgevoerde scenario berekeningen.

Toch zijn er een aantal onzekerheden i.v.m. de data die een belangrijke invloed op de resultaten kunnen hebben.

- De opmetingen van de waterloop en kunstwerken dateren van eind de jaren zestig. Allerlei werkzaamheden die sindsdien uitgevoerd zijn en die invloed kunnen hebben op het afvoergedrag, zijn dus niet vervat in het model. Het is daarom aangeraden om een volledige topografische opmeting uit te voeren van Senne en Sennette.
- De aan ons toegeleverde gegevens hadden slechts betrekking op een deel van de Senne en Sennette. Voor de Senne zou het handig zijn mochten de topografische gegevens zich iets verder opwaarts uitstrekken, zodat de opwaartse rand ter hoogte van de limnigraaf van Steenkerque komt te liggen. Voor de Sennette was slechts een zeer klein stukje beschikbaar voor deze studie. Gezien de vele interacties tussen de Sennette en het kanaal Brussel-Charleroi zou het nuttig zijn om ook deze meer uitgebreid in het model op te nemen.
- De gebruikte methode voor de opwaartse rand zorgt onmiskenbaar voor een overschatting van de waterstanden opwaarts van Tubize. Een verbetering hiervan is mogelijk door het uitvoeren van een hydrologische studie en door het uitbreiden van het hydrodynamisch model tot de limnigraaf te Steenkerque
- Wegens het ontbreken van gegevens is er geen nieuwe kalibratie uitgevoerd van het model. Eenmaal voldoende gegevens beschikbaar zijn, kan dit uitgevoerd worden.

4. Scenario analyses

Rekening houdend met de complexiteit van het studiegebied, is in eerste instantie een gevoeligheidsanalyse van het systeem uitgevoerd. Op basis van het niet uitgebreide hydrodynamisch model (op dat moment bestond er nog geen uitgebreid model) zijn verschillende scenario's of alternatieven geanalyseerd. Op basis van deze gevoeligheidsanalyses zijn een aantal knelpunten en mogelijke oplossingen geïdentificeerd, de resultaten ervan zijn toegelicht aan de verschillende beheerders (zie § 1.2.) Een beschrijving van deze maatregelen en de resultaten van de simulaties zijn weergegeven in § 4.1.

Na de uitbreiding van het model (zie § 3.2.) en in samenwerking (afstemming) met de verschillende beheerders (zie § 1.2.) zijn een aantal maatregelen (of een combinatie ervan) geanalyseerd. Een beschrijving van deze maatregelen en de resultaten van de simulaties worden toegelicht in § 4.2.

Tenslotte wordt op basis van de inzichten van § 4.1., § 4.2 en de opmerkingen van de verschillende waterbeheerders, aanwezig in het overleg van 15 april 2014 (zie § 1.2), een voorstel van "Interregionale Overstromingsbeheerplan voor het Zennebekken" voorgesteld (§5.).

Hierbij is het wel belangrijk te benadrukken dat de uitgevoerde analyse geen Overstromingsrisicobeheerplan is zoals de Europese Overstromingsrichtlijn uit 2007 (Richtlijn 2007/60/EG) vraagt. De richtlijn vraagt dat de verschillende alternatieven eerder zouden overwogen worden aan de hand van overstromingsrisicoanalyses en bij voorkeur, volgens de tweede waterbeleidsnota, door middel van een meerlaagse-water-veiligheid (MLWV) benadering. Het startpunt van onze opdracht was echter het formuleren van een voorstel om wateroverlast ten gevolge van een was vergelijkbaar met die van november 2010 te vermijden.

Om de huidige opdracht te realiseren zijn de verschillende maatregelen (of de combinatie ervan) geëvalueerd aan de hand van grafieken, waar de lengteprofielen met het maximale gesimuleerde waterpeil (nov. 2010) van het Kanaal en de Zenne weergegeven worden. In elke grafiek wordt het maximale gesimuleerde waterpeil van zowel de huidige (of referentie) toestand als de specifieke geëvalueerde maatregel getoond. Bovendien wordt in de tweede as het verschil tussen beide (in cm.) weergegeven, zodat op een eenvoudige manier een daling of stijging van de waterstanden vastgesteld kan worden als effect van de bestudeerde maatregel.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 41

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

4.1. Verkennende scenario's (Gevoeligheidsanalyses)

In eerste instantie zijn verschillende verkennende scenario's uitgevoerd om te identificeren hoe het systeem zal reageren op een aantal mogelijke ingrepen (maatregelen), onder andere verschillende openingsmogelijkheden van de schuiven langs de structuren in het Kanaal, ook de uitbreiding van de afvoercapaciteit door extra schuiven en grotere langsriolen. Verder zijn er ook verschillende mogelijkheden voor de verruiming van het Kanaal en de Zenne geëvalueerd, en dit zowel voor de verdieping als de verbreding van de huidige profielen. Voor de verdieping is zelfs een scenario waar een verdieping van 4 m bestudeerd is.

In de volgende tabel geven we een gedetailleerde beschrijving van de bestudeerde maatregelen en de combinatie ervan:

Tabel 7: Geanalyseerde verkennende scenario's (gevoeligheidsanalyses)

B stuwen/schuiven (m)

ID Beschrijving Profielen B Langsriolen Lembeek Andere Molenbeek

S0 huidige toestand max opening van 4.00 m huidige huidige (6m) 2x2 & 1x2 3x2 4x2

S1 huidige toestand max opening van 3.50 huidige huidige (6m) 2x2 & 1x2 3x2 4x2

S2 huidige toestand max opening van 2.10 huidige huidige (6m) 2x2 & 1x2 3x2 4x2

S3 bijkomende schuif huidige huidige (6m) 3x2 & 1x2 4x2 5x2

S4 huidige schuiven (max opening van 3.50)

brede langsriolen

huidige brede (12m) 2x2 & 1x2 3x2 4x2

S5 max breedte stuwen (beschikbaar

ruimte);brede langsriolen

huidige brede (12m) 1x8.6 & 1x2 1x8.6 1x11.90

S6 max breedte stuwen (beschikbaar

ruimte);huidige langsriolen (behalve

Lembeek)

huidige huidige (6m) 1x8.6 & 1x2 1x8.6 1x11.90

S7 huidige schuiven & langsriolen; gebaggerd

Kanaal -2m

kanaal gebag. -2m huidige (6m) 2x2 & 1x2 3x2 4x2

S8 huidige schuiven & langsriolen; gebaggerd

Zenne -2m

kanaal gebag. -2m huidige (6m) 2x2 & 1x2 3x2 4x2
S9 huidige schuiven & langsriolen; gebaggerd
Kanaal & Zenne -2m
Zenne+ Zekanaal -2m huidige (6m) 2x2 & 1x2 3x2 4x2
S12 huidige stuwen & langsriolen; gebaggerd
Kanaal & Zenne -4m
Zenne+ Zekanaal -4m huidige (6m) 2x2 & 1x2 3x2 4x2
S13 huidige schuiven & langsriolen; verbreden
Zenne 20m Zeekanaal 40 m
verbreden Zenne
20m Zeekanaal 40 m
huidige (6m) 2x2 & 1x2 3x2 4x2
S14 brede stuwen; huidige langsriolen;
verbreden Zenne 20m Zeekanaal 40 m
verbreden Zenne
20m Zeekanaal 40 m
huidige (6m) 1x8.6 & 1x2 1x8.6 1x11.90
S15 brede stuwen & langsriolen; verbreden
Zenne 20m Zeekanaal 40 m
verbreden Zenne
20m Zeekanaal 40 m
brede (12m) 1x8.6 & 1x2 1x8.6 1x11.90
S16 huidige schuiven; brede langsriolen;
verbreden Zenne 20m Zeekanaal 40 m
verbreden Zenne
20m
brede (12m) 2x2 & 1x2 3x2 4x2
S17 brede stuwen; huidige langsriolen
(behalve Lembeek); verbreden alleen
Zenne 20m
verbreden Zenne
20m
huidige (6m) 1x8.6 & 1x2 1x8.6 1x11.90

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 42

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

4.1.1. Effect van bredere langsriolen (S4)

De afvoercapaciteit van de structuren naast de sluis is bepaald door de schuiven en de langsriolen. Om het effect van de langsriolen te bestuderen, werd een scenario opgesteld (S4) waar de bestaande schuiven zijn gemodelleerd in combinatie met bredere langsriolen. In dit geval is de huidige totale breedte van 6 m vervangen door een totale breedte van 12m, dit is dus een verdubbeling.

Uit de resultaten (zie Figuur 30) kunnen we afleiden dat dit scenario tot een aanzienlijke daling van het waterpeil in het pand opwaarts de sluis van Lembeek zal leiden. Dit is te verklaren door het feit dat de huidige langsriolen van de sluis van Lembeek (zoals vermeld in §2.2.) niet ontworpen zijn voor het afvoeren van overtollige debieten.

Verder afwaarts in het kanaal is het effect eerder beperkt; in de Zenne zelf is de daling van het waterpeil verwaarloosbaar. We kunnen dus concluderen dat het verbreden van de afvoercapaciteit van de langsriolen (zonder aanpassing van de schuiven) niet zal leiden tot een vermindering van de wateroverlast langs het kanaal, behalve voor het pand opwaarts de sluis van Lembeek.

Figuur 30: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010:

effect van bredere langsriolen (S4)

4.1.2. Effect van bredere schuiven in combinatie met bredere langsriolen (S5)

Dit scenario is opgesteld om het gecombineerde effect van bredere langsriolen en bredere schuiven te analyseren. Naast de bredere langsriolen (totale breedte 12 m i.p.v. 6m) zijn de verschillende schuiven aangepast zodat de huidige opening maximaal benut kan worden. Dit vertaalt zich naar een totale breedte van 8,6 m (i.p.v. 6,0) voor de schuiven van Halle, Lot, Ruisbroek en Anderlecht. Voor Molenbeek 11,90 m (i.p.v. 8,0 m).

Uit de resultaten (zie Figuur 31) kunnen we afleiden dat deze maatregelen zullen leiden naar een significante daling van de waterstanden langs het kanaal. De was van november 2010 zal dan niet meer leiden tot overstromingen vanuit het kanaal maar zal wel leiden naar een lichte toename (25 cm) van de waterstanden in het kanaal afwaarts de sluis van Molenbeek

Langs de Zenne (zie Figuur 32) opwaarts Brussel zijn de effecten eerder beperkt wat dus niet zal leiden naar een vermindering van de wateroverlast voor een was zoals die van november 2010. De toename van waterstanden langs het kanaal in het pand Molenbeek-Zemst zal leiden naar hogere debieten langs de

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 43
F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Hevels van Vilvoorde met als gevolg een toename van de waterstanden in de Zenne afwaarts Brussel. Dit impliceert dus extra wateroverlast voor de gemeenten Epepegem en Zemst.

Figuur 31: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van bredere schuiven in combinatie met bredere langsriolen (S5).

Figuur 32: Lengteprofiel van de Zenne met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van bredere schuiven in combinatie met bredere langsriolen (S5).

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken
Definitieve versie WL2015R12_103_1 44

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

4.1.3. Effect van bredere schuiven in combinatie met de huidige langsriolen (S6)

De vorige twee scenario's hebben het effect aangetoond van ingrepen in de langsriolen en de schuiven langs het kanaal. Om een bijkomende analyse uit te voeren is scenario S6 berekend waar de huidige langsriolen bestudeerd zijn in combinatie met bredere schuiven.

Uit de resultaten van dit scenario kunnen we concluderen dat deze combinatie van maatregelen nog altijd een aanzienlijke verlaging van de waterstanden langs het kanaal zal toelaten, met als gevolg geen wateroverlast voor een was zoals van november 2010. De effecten van deze waterverlaging zullen niet merkbaar zijn langs de Zenne en dit voor zowel opwaarts Brussel als afwaarts Brussel.

Figuur 33: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van bredere schuiven in combinatie met de huidige langsriolen (S6).

4.1.4. Effect van het verdieping van de Zenne en het Kanaal met 4 m in combinatie met de bestaande schuiven en langsriolen (S12)

Verschillende bronnen hebben aangeklaagd dat het "achtergestelde" baggeren van de waterlopen zou beschouwd moeten worden als voornaamste oorzaak van de wateroverlast van november 2010. Om het effect van een verdieping te bestuderen is scenario S12 opgesteld waar een theoretische verruiming van de profielen van de Zenne en het Kanaal is toegepast door middel van een verdieping van -4,0 m.

Uit de resultaten (zie Figuur 34 en Figuur 35) van de simulaties van dit extreme scenario kunnen we afleiden dat de verdieping van de waterlopen (Zenne en Kanaal) niet zal leiden tot een daling van de maximale waterstanden voor een event als november 2010. Op basis van deze resultaten kunnen we dus concluderen dat achtergestelde baggerwerken van de waterlopen niet kunnen beschouwd worden als de voornaamste oorzaak van de wateroverlast van november 2010. De uitbreiding van de afvoercapaciteit van het kanaal en de Zenne is eerder te zoeken in een verbreding van de waterlopen dan in de uitdieping van de huidige profielen.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken
Definitieve versie WL2015R12_103_1 45

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 34: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van de verdieping van de Zenne en het Kanaal met 4 m in combinatie met de bestaande schuiven en langsriolen (S12).

Figuur 35: Lengteprofiel van de Zenne met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van de verdieping van de Zenne en het Kanaal met 4 m in combinatie met de bestaande schuiven en langsriolen (S12).

4.1.5. Effect van de verbreding van het Kanaal (+40m) en de Zenne (+20m) in combinatie met de huidige schuiven en langsriolen (S13)

Scenario S13 bestudeert de mogelijkheid van de uitbreiding van de afvoercapaciteit van de waterlopen (Zenne en Kanaal) door een uitbreiding van de huidige profielen zonder uitdieping van het bodempeil (verdieping). Om dit effect te begroten werden de profielen van het kanaal en de Zenne met 40 en 20 m uitgebreid, beide maatregelen zijn te beschouwen als extreme maatregelen, bedoeld om de gevoeligheid van het systeem te begroten ten opzichte van de maatregel.

Uit de resultaten kunnen we afleiden dat het effect langs het kanaal eerder beperkt is met een daling van de waterstanden van ongeveer 25 cm, overstromingen vanuit het kanaal ter hoogte van Ruisbroek zijn nog altijd mogelijk. Dit bevestigt dat de afvoercapaciteit van het kanaal geen beperkend element is in het Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 46

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

systeem en dat een verdere uitbreiding van de profielen van het kanaal niet zal leiden naar een significante daling van de maximale waterstanden, behalve voor het pand Anderlecht - Molenbeek.

Uit Figuur 37 kunnen we afleiden dat een verbreding van de Zenne zal leiden naar een aanzienlijke verlaging van de waterstanden langs de Zenne, tot zelfs 150 cm daling opwaarts Brussel. Dit alternatief zal leiden naar het voorkomen van de wateroverlast voor een event als november 2010 langs de Zenne opwaarts Brussel. Hierbij kunnen we ook concluderen dat de beperkte afvoercapaciteit van de Zenne een van de belangrijkste oorzaken is van de wateroverlast van november 2010.

Figuur 36: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van de verbreding van het Kanaal en de Zenne, in combinatie met de huidige schuiven en langsriolen (S13).

Figuur 37: Lengteprofiel van de Zenne met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van de verbreding van het Kanaal en de Zenne, in combinatie met de huidige schuiven en langsriolen (S13).

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 47

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

4.1.6. Effect van de verbreding van het Kanaal (+40m) en de Zenne (+20m) in combinatie met bredere schuiven en bredere langsriolen (S15)

Eenmaal het effect van de verbreding van de waterlopen geanalyseerd is (§ 4.1.5), is in scenario S15 het gecombineerde effect van deze verbreding (S13), bestudeerd samen met een verbreding van de langsriolen en de verschillende schuiven (§4.1.3 S6).

De resultaten van deze simulaties tonen we in de volgende figuren. Uit deze lengteprofielen met de maximale waterstanden langs het Kanaal en de Zenne, kunnen we afleiden dat deze gecombineerde maatregelen (S15) zullen leiden naar een aanzienlijke daling van de waterstanden langs het kanaal, en dit voor alle panden. Bijgevolg zullen geen overstromingen meer optreden vanuit het kanaal en de daling van het waterpeil zal tot 175 cm bedragen. Bovendien zal er geen significante toename optreden in de afwaartse panden van het kanaal.

Voor de Zenne zelf zullen deze maatregelen leiden naar een significante daling van de waterstanden (tot 175 cm). Bovendien zullen er geen overstromingen meer optreden voor een event als november 2010. Het toenemende debiet langs Brussel zal niet leiden tot een significante toename van de waterstanden in de Zenne afwaarts Brussel, maar toch verwachten we een toename van ongeveer 25 cm in de Zenne te Epegem en Zemst.

Figuur 38: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van de verbreding van het Kanaal en de Zenne, in combinatie met bredere schuiven en bredere langsriolen (S15).

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 48

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 39: Lengteprofiel van de Zenne met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van de verbreding van het Kanaal en de Zenne, in combinatie met bredere schuiven en bredere langsriolen (S15).

4.1.7. Effect van de verbreding van de Zenne (+20m) in combinatie met bredere schuiven en huidige langsriolen langs het kanaal (S17)

Tenslotte, rekening houdend met de resultaten van de vorige scenario's, is er een laatste scenario opgesteld waar bredere schuiven bestudeerd zijn samen met het behoud van de huidige langsriolen (behalve Lembeek) en de verbreding van enkel de Zenne opwaarts Brussel (S17).

In Figuur 40 en Figuur 41 geven we de resultaten weer voor de maximale waterstand langs het Kanaal en langs de Zenne. Uit deze figuren kunnen we afleiden dat de voorgestelde combinatie van maatregelen zal leiden tot een significante daling van de waterstanden langs het kanaal (tot 150 cm) behalve voor het pand Ruisbroek-Lot, waar de daling amper 25 cm zal bedragen, met als gevolg dat mogelijk nog overstromingen vanuit het kanaal kunnen optreden voor een event als november 2010.

Dankzij deze combinatie van maatregelen zullen de waterstanden langs de Zenne opwaarts Brussel aanzienlijk dalen (tot 175 cm) met als gevolg het voorkomen van overstromingen voor een event als november 2010. Afwaarts Brussel zullen de maximale waterstanden eerder stijgen met 25 tot 50 cm.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 49

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 40: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van de verbreding van de Zenne in combinatie met bredere schuiven en huidige langsriolen langs het kanaal (S17).

Figuur 41: Lengteprofiel van de Zenne met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van de verbreding van de Zenne in combinatie met bredere schuiven en huidige langsriolen langs het kanaal (S17).

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 50

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

4.1.8. Conclusies gevoeligheidsanalyses

De uitgevoerde scenario's hebben ons een beter inzicht gegeven in hoe het systeem (Zenne en Kanaal) zal reageren op de verschillende maatregelen en een combinatie van maatregelen, als een was zoals die van november 2010 zich terug zou voordoen. Op basis van de verschillende berekeningen kunnen we de volgende conclusies formuleren:

- De belangrijkste oorzaak van de wateroverlast van november 2010 is het overtollige uitzonderlijke debiet vanuit het opwaartse deel van het Zennebekken.
- De bijdrage van de afvoer afkomstig van de onbevaarbare waterlopen in Vlaanderen is eerder beperkt.
- De wateroverlast langs het Kanaal is veroorzaakt door het feit dat het afgevoerde debiet de ontwerpcapaciteit van de structuren heeft overschreden.
- Een verhoging van de afvoercapaciteit van de langsriolen en schuiven zal leiden tot een significante daling van de waterstanden langs het kanaal, maar zonder gunstig effect voor de Zenne. Bovendien zal dit leiden naar een verhoging van het overstromingsgevaar in Epegem en

Zemst

- De langsriolen van Lembeek vormen wel een beperkende factor voor de afvoer van hoge debieten in het pand Ittre-Lembeek.
 - De beperkte afvoer capaciteit van de Zenne opwaarts Brussel is een van de belangrijkste oorzaken van de wateroverlast van november 2010
 - De verdieping van de Zenne of het Kanaal heeft geen significante impact op de vermindering van overstromingen.
 - De verbreding van de waterlopen (Kanaal en Zenne) heeft een gunstig effect voor de Zenne maar is eerder beperkt voor het Kanaal.
 - De verbreding van de waterlopen (Kanaal en Zenne) in combinatie met bredere schuiven en bredere langsriolen heeft een zeer gunstig effect op heel het systeem en vermindert het overstromingsgevaar opwaarts Brussel.
 - Een verbreding van het kanaal heeft geen significante invloed op de vermindering van het overstromingsgevaar.
 - Een verbreding van de Zenne en van de schuiven, zonder een verbreding van de langsriolen, leidt niet tot het voorkomen van overstromingen langs het kanaal in het pand Ruisbroek-Lot.
 - Deze verkennende berekening houdt geen rekening met de invloed van de Zenne in Wallonië. Om een correct beeld te krijgen van het effect van de ingrijpende maatregelen is er nood aan een hydrodynamisch model met de overstromingsgebieden van de Zenne in Wallonië.
- Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken
Definitieve versie WL2015R12_103_1 51

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

4.2. Geanalyseerde maatregelen en alternatieven

Zoals vermeld in §1.2., zijn in navolging van het overleg met de waterbeheerders en op basis van de resultaten van de verkennende simulaties (§4.1.), een aantal mogelijke alternatieven naar voren geschoven voor verdere analyse:

- Huidige-referentie toestand 2014:
 - Alle schuiven zijn operationeel met een maximale opening van 3,55 m.
 - De huidige toestand van Hydro-Catala is ingevoerd.
- Analyses van de Segmentstuw op de Zenne te Lembeek.
 - Aangepaste opening van de segmentstuw.
- Wallonië:
 - Een mogelijke berging van 1.400.000 m³ opwaarts Rebecq wordt bestudeerd.
 - Verruiming van de Senne naar een totale breedte van 14 m. Met behoud van het huidige bodempeil.
- Zenne Vlaanderen opwaarts Brussel:
 - Verruiming van de Zenne naar een totale breedte van 16 m. Met behoud van het huidige bodempeil, behalve een bodemverlaging opwaarts de Catala stuw.
 - Aanpassing van structuren (bypass Catala, Pacapime stuw), nieuwe regeling voor stuwen Catala en Lembeek.
- Zenne in Brussel:
 - Verruiming van de Zenne naar een totale breedte van 20 m. Met behoud van het huidige bodempeil maar met een afgraving.
 - Aanpassing van brug Bollinckxstraat.
 - Aanpassen van de Zenne afwaarts de overwelving. Bodempeil = 9,91 m. T.A.W.
- Zenne Vlaanderen afwaarts Brussel:
 - Geen verruiming.
 - Dijkverhoging vanaf afwaarts Vilvoorde tot aan de 2^e brug E19
 - Bruggenverhoging
- Kanaal Ronquières- Schelde:
 - Bredere stuwen(ter vervanging van de schuiven) en langsriolen in alle sluisen.

In de volgende paragrafen beschrijven we de verschillende maatregelen.

4.2.1. Huidige-referentie toestand

Voor het berekenen van de huidige-referentietoestand is gebruik gemaakt van het uitgebreide model (zie § 3.2.) en zijn hierbij een aantal aanpassingen ingevoerd, omdat ze al geïmplementeerd zijn of op korte termijn zullen geïmplementeerd worden. Daarom is dit scenario genoemd als de huidige-referentietoestand. Alle schuiven langs het kanaal zijn verondersteld een maximale operationele opening te hebben van 3.55m. Een fictieve structuur is ingevoerd ter hoogte van de Sluis van Zemst om rekening te kunnen houden met de extra afvoer via de sluis in Zemst. De dwarsprofielen van de twee overwelvingen in de Zenne in Brussel zijn nog altijd opgesteld op basis van type profielen, aangezien de nieuwe bathymetrie nog niet beschikbaar was.

Ter hoogte van Drogenbos bevindt zich in de Zenne een privé stuw (Catala Stuw) die sinds 2014 aangepast is aan de noden van het Hydro-Catala project. Het Hydro-Catala project bestaat uit een hydrodynamische schroef uitvoering op de Catala site voor het opwekken van energie, deze schroef gebruikt een van de drie openingen van de oude structuur. In Figuur 42 is de locatie aangeduid en Figuur 43 geeft een overzicht van de bestaande toestand

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken
Definitieve versie WL2015R12_103_1 52

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 42: Locatie van de Catala stuw, Zenne te Drogenbos.

Figuur 43: Ontwerp plannen van het Hydro-Catala project.(Duquennoi, 2014)

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 53

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

4.2.2. Analyses van de Stuw op de Zenne te Lembeek

20 m afwaarts de overlaat van Lembeek bevindt zich in de Zenne een segmentstuw die in beheer van W&Z is. Deze stuw is vast met een opening van 60 cm. Wanneer de waterstanden opwaarts boven de 34.72 m TAW zouden stijgen, zal de structuur ook overstort toelaten. De stuw wordt niet automatisch bediend.

Figuur 44: segment stuw Zenne te Lembeek. (Pereira, 2006)

Al voor de was van november 2010 werden verschillende opmerkingen gegeven omtrent de bediening van deze stuw. Na de overstromingen van november 2010 hebben verschillende actoren dit aangeduid als de oorzaak van de overstromingen in Wallonië. Om een antwoord te geven op deze vragen, zijn een aantal simulaties uitgevoerd met verschillende openingen van de stuw . De volgende tabel geeft een overzicht van de verschillende bestudeerde openingen.

Tabel 8: Bestudeerde openingen segment stuw op de Zenne te Lembeek.

Stuw opening Lembeek (cm) Network M-11

20 12_103_ZEEKANAAL_S-008.nwk11

60 01-huidige.nwk11

100 12_103_ZEEKANAAL_S-009.nwk11

120 03-Lembeek-120.nwk11

180 03-Lembeek-180.nwk11

200 12_103_ZEEKANAAL_S-010.nwk11

volledig open 12_103_ZEEKANAAL_S-011.nwk11

4.2.3. Maatregelen in Wallonië

In Wallonië zijn twee maatregelen geanalyseerd, enerzijds de inrichting van wachtbekkens om overtollig water te bergen en anderzijds de verruiming van de Senne in Wallonië om de waterafvoer te vergroten. Het bergingsvolume van 1.400.000 m³ opwaarts Rebecq is bestudeerd door middel van een enkel reservoir dat toegevoegd is aan het opwaartse deel van het hydrodynamisch model (opwaarts Rebecq), Figuur 45 toont de locatie van dit reservoir en hoe het ingevoerd is in het hydrodynamische model, Figuur 46 geeft de natte oppervlakte en het verloop van het bergingsvolume in functie van de hoogte van dit reservoir. Hierbij is het belangrijk te benadrukken dat dit een fictieve locatie is met als bedoeling het effect van de berging in Wallonië te analyseren door een of meer wachtbekkens met een totaal volume van 1.400.000 m³.

De exacte locatie of locaties van deze wachtbekkens is eerder in het kader van een specifieke studie te bepalen.

Het vergroten van de afvoercapaciteit is bestudeerd door de verruiming van de secties langs de Senne in Wallonië vanuit Rebecq tot aan de gewest grens (zie Figuur 21). Hierbij is een type profiel bestudeerd, dat het huidige bodempeil behoudt met een verbreding (indien nodig) van de secties tot een maximale breedte

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 54

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

van 14 m, zoals getoond wordt in Figuur 47. De effecten van deze maatregelen worden toegelicht in § 4.3.1.

Figuur 45: Invoeren van bergingsvolume opwaarts Rebecq.

Figuur 46: natte oppervlakte en verloop van het bergingsvolume in functie van de waterhoogte.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 55

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 47: Aanpassingen in de dwarsprofielen van de Senne tussen Rebecq en de gewestgrens

4.2.4. Maatregelen in de Zenne in Vlaanderen opwaarts Brussel

Om de afvoercapaciteit van de Zenne in Vlaanderen opwaarts Brussel te verhogen is een verruiming van de Zenne bestudeerd met een verbreding van de dwarsprofielen tot 16 m breed. De meeste profielen zijn al breed genoeg om aan deze breedte te voldoen, Figuur 48 geeft een voorbeeld van de aanpassingen.

Voor de waterloop is het huidige bodemprofiel grotendeels behouden, behalve voor het traject tussen Lot (1 km afwaarts het meetstation Zenne te Lot) en de Catala stuw waar een bodemverlaging wel is toegepast

zoals te zien in Figuur 49

Figuur 48: Aanpassingen in de dwarsprofielen van de Zenne in Vlaanderen opwaarts Brussel

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 56

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 49: huidige en aangepaste lengteprofiel van de Zenne in Vlaanderen opwaarts Brussel

De belangrijkste structuren langs de Zenne zijn aangepast aan de uitgebreide profielen. De segmentstuw van Lembeek is behouden maar de regeling is aangepast rekening houdend met de resultaten van de analyses uitgevoerd in § 4.2.2. De Pacapime stuw is aangepast aan een vaste stuw van 12 m breed met een kruinhoogte van 30,50 m. TAW.

De huidige Hydro-Catala site en de regeling zelf is behouden, op die manier kan het bedrijf maximaal energie produceren in situaties van normale afvoeren. Ter hoogte van de Hydro centrale van Catala wordt er een bypass voorzien op de linkeroever van de Zenne. Deze heeft een bodembreedte van 8 m, een talud van 6/4 en een hoogte van 4 m. De bypass heeft een totale lengte van 240 m. Voor de inlaatstructuur wordt een stuw voorzien met een hoogte van 3,50 m en een breedte van 6 m. Tijdens een normaal regime zal deze stuw volledig opgehaald (gesloten) worden. Indien de afvoer in de Zenne een alarmdebiet overschrijdt (25 m³/s ter hoogte van het station te Lot, voor deze analyses) dan wordt de stuw geopend en treedt de bypass in werking. Dezelfde regeling is ook toegepast in de huidige stuwen voor de scenario's waar geen bypass is ingericht. De volgende figuur geeft een overzicht van deze aanpassing.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 57

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 50: overzicht Bypass Hydro-Catala.

4.2.5. Maatregelen in de Zenne in Brussel

De maatregelen langs de Zenne in Brussel (Hoofdstedelijk Gewest) zijn verdeeld in drie geografische delen:

- De open Zenne opwaarts de eerste overwelving.
- De eerste en tweede overwelving.
- De open Zenne afwaarts de tweede overwelving en opwaarts de gewest grens.

De afvoercapaciteit van de Zenne opwaarts Brussel is een van de beperkende factoren in het systeem daarom is een verruiming van de dwarsprofielen van de Zenne tot een totale breedte van 20 m bestudeerd. Om de bagger kosten te verminderen zijn de profielen maar deels uitgegraven zoals aangeduid wordt in Figuur 51, Figuur 52 geeft een voorbeeld van de implementatie van deze profielen. Het huidige bodemprofiel is behouden, behalve voor het pand tussen de verbinding met de Aa en het begin van de eerste overwelving, zodat er geen verschil meer zou bestaan tussen het bodempeil van de open Zenne en de overwelving (zie Figuur 53).

De afvoercapaciteit van de brug ter hoogte van de Bollinckxstraat is aangepast door de toevoeging van twee kokers van 6 m op 6 m (en 24 m lang) parallel met de huidige Bollinckxbrug te Brussel. Rekening houdend met de mogelijke hoge kosten van ingrepen in de overwelvingen (eerste en tweede overwelving in Brussel), zijn er geen aanpassingen voorzien in de twee overwelvingen.

Afwaarts de tweede overwelving is er geen ruimte voor een uitbreiding van de dwarsprofielen, in dit traject is tussen het einde van de tweede overwelving en de gewestgrens het bodempeil wel verlaagd tot 9,91 m TAW (zie Figuur 53).

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 58

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 51: Aanpassingen in de dwarsprofielen van de Zenne in Brussel opwaarts de overwelving.

Figuur 52: Voorbeeld van aangepaste profielen van de Zenne ter hoogte van de Korte Hertstraat

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 59

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 53: Aanpassingen in het lengteprofiel van de Zenne in Brussel.

4.2.6. Maatregelen in de Zenne in Vlaanderen afwaarts Brussel

De afvoercapaciteit van de secties van de Zenne afwaarts Brussel is voldoende om het debiet van november 2010 te kunnen afvoeren, daarom is geen verdere uitbreiding of verdieping voorzien. Hoewel er in deze sectie geen overstromingen werden waargenomen tijdens de was van november 2010, traden er wel hoge waterstanden op. Deze hoge waterstanden brachten de stabiliteit van sommige bruggen in gevaar, in het bijzonder de brug van de Brusselsesteenweg in Epegem.

Om een oplossing te bieden aan deze problematiek wordt een dijkverhoging van 50 cm voorzien langs beide oevers van de Zenne tussen de Radiatorenstraat en de spoorbrug voor de tweede brug E-19 (zie Figuur 54). Een gelijkaardige dijkverhoging wordt voorzien langs de Afleiding van de Zenne. Figuur 55 en Figuur 56 geven een overzicht van de dijkverhoging langs de Zenne en de Afleiding van de Zenne.

De uitvoering van deze dijkverhoging zal de afvoer van hogere debieten toelaten zonder een risico op

overstromingen, maar zal tegelijk ook het optreden van hogere waterstanden langs de Zenne toelaten. Als gevolg daarvan wordt de verhoging van een aantal bruggen voorzien. Figuur 54 geeft een overzicht van de bruggen, de te verhogen bruggen zijn in oranje aangeduid. Tabel 9 geeft een samenvatting van de huidige bruggen en de aanpassingen.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 60

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 54: Overzicht van de bruggen langs de Zenne en Afleiding van de Zenne, te Zemst

Figuur 55: Dijkverhoging langs de Zenne afwaarts Brussel

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 61

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 56: Dijkverhoging langs de Afleiding van de Zenne

Tabel 9: Samenvatting van de te verhogen bruggen, Zenne en Afleiding van de Zenne te Zemst.

Branch Chainage Straat

Bredte

(m) L (m)

Huidige

sluiten peil

(m TAW)

H max

nov 2010

(m TAW)

Nieuwe

sluiten

peil

(m TAW)

Verhoging

(cm)

ZENNEAFL 1044 Stationslaan 9.55 25 8.77 9.10 9.30 53

ZENNEAFL 1908 Damstraat 13.85 25 9.57 9.90 10.10 53

ZENNE 16750 Brusselsesesteenweg 15.36 30 10.55 11.24 11.44 88

ZENNE 19051 Havendoklaan 10.80 30 12.00 12.17 12.37 37

ZENNE 20285 Jan Frans

Willemsstraat

14.42 30 11.80 12.22 12.42 62

ZENNE 20665 Radiatorenstraat 11.47 28 11.80 12.25 12.45 65

4.2.7. Maatregelen in het Kanaal tussen Ronquières en de Schelde

Uit de gevoeligheidsanalyse bleek duidelijk dat de afvoercapaciteit van het kanaal enkel vergroot kan worden door een gecombineerde uitbreiding van schuiven en langsriolen. Om dit gecombineerde effect te analyseren zijn de volgende aanpassingen bestudeerd:

- Afwatering sluis te Lembeek.
- Afwatering sluizen van Halle, Lot, Ruisbroek en Anderlecht.
- Afwatering sluis van Molenbeek.

Afwatering sluis te Lembeek

In de huidige toestand wordt het overtollige water in Lembeek afgevoerd via een langsriool met een lengte van 381 m die bestaat uit de combinatie van een 14 m koker met 3 schuiven, gevolgd door een open gracht van 274 m lang en tenslotte door een 40 m koker met twee openingen (Pereira F., 2006). Figuur 57 geeft een overzicht van de dwarssecties van de huidige toestand. In Figuur 58 wordt de aangepaste situatie aangeduid, waar de dwarssecties van de open gracht uitgebreid worden van een bodembreedte van 2,40 m. naar 9,00 m. De twee kokers blijven onveranderd om kosten te besparen.

De huidige inlaatstructuur heeft 3 schuiven (onderstroom-structuren) met een totale breedte van 6 m. Deze schuiven worden vervangen door 1 stuw (overstroom-structuur) met een totale breedte van 8 m.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 62

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 57: Overzicht van de huidige toestand van de afwatering langs de Sluis van Lembeek.

Figuur 58: Overzicht van de aangepaste toestand van de afwatering langs de Sluis van Lembeek.

Afwatering sluizen van Halle, Lot, Ruisbroek en Anderlecht

De afwatering van de sluizen van Halle, Lot, Ruisbroek en Anderlecht hebben dezelfde afvoercapaciteit en hetzelfde ontwerp. Daarom is ervoor gekozen om afgestemde aanpassingen in te voeren in de drie sluizen zodat het effect van bredere stuwen (i.p.v. schuiven) en langsriolen kan bestudeerd worden.

De nu gesloten langsriolen (met een breedte van 6,0 m) worden vervangen door open langsriolen van 9,0 m. breed. (zie Figuur 59). De schuiven (naast de verschillende sluizen) worden aangepast zodat de huidige opening maximaal benut kan worden. Dit impliceert dat de huidige schuiven vervangen worden door stuwen met een totale breedte van 8,60 m (i.p.v. 6,0).

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Figuur 59: Aanpassingen in de dwarsprofielen van de langsriool van de sluis te Lot

Afwatering sluis van Molenbeek

De afwatering naast de sluis van Molenbeek heeft een grotere afvoercapaciteit met 4 schuiven in plaats van 3. De 132 m lange langsriool heeft een gebogde vorm met een breedte van 8 m. en een hoogte van 7 m. Figuur 60 geeft een overzicht van de dwarsdoorsnede van de langsriool en Figuur 61 geeft een overzicht van de inlaatstructuur. De 4 schuiven worden vervangen door een stuw met een totale breedte van 11,90 m, de gesloten langsriool wordt vervangen door een open langsriool van 12 m breed.

Figuur 60: Dwarsdoorsnede van de langsriool, sluis te Molenbeek (Pereira,2006)

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 64

Figuur 61: Dwarsdoorsnede van de inlaatstructuur, sluis te Molenbeek. (Pereira, 2006)

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 65

4.3. Analyses en resultaten van de geanalyseerde maatregelen

Om een volledige en onderbouwde oplossing voor de overstromingen te kunnen vinden zijn verschillende simulaties uitgevoerd met behulp van het uitgebreide hydrodynamisch model. De verschillende maatregelen beschreven in § 4.2. of een combinatie ervan zijn vervolgens ingebouwd in het model en verder geëvalueerd op basis van de maximale waterstanden.

- (S-03): Ten eerste is het afzonderlijke effect van een aangepaste bediening van de stuw op de Zenne in Lembeek bestudeerd zoals beschreven in § 4.2.2.

- (S-02): Daarna is het afzonderlijke effect van de inrichting van een of meer wachtbekkens in Wallonië (met een totaal bergingsvolume van 1.400.000 m³) bestudeerd.

Vervolgens en rekening gehouden met de resultaten van de aangepaste bediening van de stuw in Lembeek en met de voorafgaande simulaties, zijn de volgende combinaties van maatregelen geanalyseerd:

- (S-05): Een aangepaste bediening van de stuwen op de Zenne in Lembeek en ter hoogte van de Catala-site.

- (S-06): De maatregelen bestudeerd in S-05 aangevuld met de verruiming van de Zenne in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, tussen de gewestgrens Vlaanderen-Brussel en de eerste overwelling en tussen de tweede overwelling en de gewestgrens Brussel-Vlaanderen.

- (S-07): De maatregelen bestudeerd in S-06 aangevuld met de verruiming van de Zenne in Vlaanderen opwaarts Brussel, tussen Lembeek en de gewestgrens Vlaanderen-Brussel.

- (S-08): De maatregelen bestudeerd in S-07 aangevuld met het inrichten van 1,4Mm³ bergingsvolume opwaarts Rebecq.

- (S-09): De maatregelen bestudeerd in S-08 samen met de verruiming van de Senne in Wallonië tussen Rebecq en de gewestgrens Wallonië-Vlaanderen.

- (S-10): De maatregelen bestudeerd in S-09 samen met bredere stuwen en bredere langsriolen in de verschillende sluizen van het Kanaal.

De verschillende verruimingingen houden ook rekening met de nodige aanpassingen van bruggen en structuren langs de waterloop. In de volgende paragrafen lichten we de resultaten van deze simulaties toe aan de hand van grafieken met de lengteprofielen met het maximale gesimuleerde waterpeil (voor nov. 2010) van het Kanaal en de Zenne.

In elke grafiek wordt het maximale gesimuleerde waterpeil van de specifieke geëvalueerde maatregel vergeleken met de referentietoestand. In de tweede as wordt het verschil tussen beide (in cm.) weergegeven, op die manier kan op een eenvoudige wijze een daling of stijging van de waterstanden vastgesteld worden als effect van de bestudeerde maatregel.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 66

4.3.1. Effect van een aangepaste bediening van de stuw op de Zenne te Lembeek (S-03)

In Tabel 10 tonen we een samenvatting van de resultaten waar we voor elke bestudeerde opening de debieten langs de overlaat van Lembeek en op de Zenne te Lot weergegeven, samen met het verschil in cm van de maximale waterstand voor elk alternatief t.o.v. de huidige toestand (opening 60 cm).

Geen van de geanalyseerde alternatieven, zelfs deze waar de stuw volledig open is, resulteerde in een verhoging of verlaging van de maximale waterstanden in de Senne ter hoogte van Tubize. Dit bewijst dat in de huidige configuratie met de overlaat-stuw te Lembeek, de bediening van de stuw geen invloed heeft op de maximale waterstanden (en overstromingen) in Wallonië.

Tabel 10: Bestudeerde openingen voor de segmentstuw op de Zenne in Lembeek.

Stuw opening
Lembeek (cm)

Q overlaat
 Lembeek
 (m³/s)
 Q Zenne
 te Lot
 (m³/s)
 Verschil
 waterstanden,
 Kanaal 400 m
 opwaarts Lot
 (cm)
 Verschil
 waterstanden,
 Zenne 160 m
 afwaarts sifon
 Halle (cm)
 Verschil
 waterstanden,
 Zenne 250 m
 afwaarts Catala
 (cm)
 20 84.1 23.3 17 -30 -29
60 80.4 28.4 0 0 0
 100 77.1 33.2 -17 23 16
120 73.9 36.7 -55 46 31
 180 67.1 42.3 -127 80 47
 200 67.3 42.4 -129 81 50
 volledig open 63.9 44.9 -132 99 53

Rekening houdend met deze resultaten is gekozen om verder te werken met een vaste opening van 120 cm. i.p.v. de huidige 60 cm. Deze maatregel leidt naar een daling van de waterstanden met 25 tot 60 cm langs het kanaal afwaarts de sluis van Lembeek. Dit zal waarschijnlijk voldoende zijn om de overstromingen vanuit het kanaal net te vermijden (voor een event als november 2010). Er is geen verandering berekend in de waterstanden voor het pand Ittre-Lembeek.

Er is geen invloed berekend (positief of negatief) langs de Senne in Wallonië. Het verhoogde debiet langs de Zenne richting Brussel (36,7 m³/s i.p.v. 28.4 m³/s) zal een lichte stijging van de waterstanden afwaarts Halle veroorzaken (25 tot 50 cm) zonder dat dit tot bijkomende overstromingen leidt, bovendien zal deze toename niet meer merkbaar zijn ter hoogte van de samenvloeiing met de Aa.

Figuur 62: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van een aangepaste bediening van de stuw op de Zenne te Lembeek.
 Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken
 Definitieve versie WL2015R12_103_1 67

F-WL-PP10-1 Versie 04
 GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 63: Lengteprofiel van de Zenne met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van een aangepaste bediening van de stuw op de Zenne te Lembeek.

Conclusie:

Een aangepaste regeling voor de stuw van Lembeek met een stuwopening van 120 cm i.p.v. de huidige 60 cm zal grotendeels de natuurlijke afvoer van het Zennebekken herstellen en zal meer compatibel zijn met de oorspronkelijke ontwerpcapaciteit van de afwateringstructuren langs de sluisen in het kanaal. Als gevolg daarvan kunnen de overstromingen vanuit het kanaal vermeden worden zonder dat er significante bijkomende effecten (positief of negatief) optreden in Wallonië.

4.3.2. Effect van het inrichten van (1,4 M m³) bergingsvolume in Wallonië opwaarts Rebecq. (S-02)

De resultaten van deze simulatie tonen een significante daling van de waterstanden (tot 150 cm) langs het kanaal behalve voor het pand opwaarts de sluis van Lembeek (Ittre-Lembeek), waar geen daling berekend is. De overstromingen vanuit het kanaal kunnen vermeden worden voor een event als november 2010.

Dankzij deze maatregel zullen de waterstanden langs de Senne (in Wallonië) ter hoogte van Tubize met 20-40 cm dalen, wat een belangrijke verbetering is, deze volstaan echter niet om de overstromingen ter hoogte van Tubize volledig te vermijden. Langs de Zenne in Vlaanderen afwaarts Halle zullen er geen significante veranderingen optreden.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken
 Definitieve versie WL2015R12_103_1 68

F-WL-PP10-1 Versie 04
 GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 64: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van berging (1,4M m³) in Wallonië opwaarts Rebecq.

Figuur 65: Lengteprofiel van de Zenne met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van berging (1,4M m³) in Wallonië opwaarts Rebecq.

Conclusie:

Het inrichten van een (of meer) bufferbekken(s) opwaarts Rebecq (met een totaal bergingsvolume van 1.400.000 m³) heeft een significante invloed op de vermindering van het overstromingsgevaar langs het

kanaal en in Wallonië maar is eerder beperkt langs de Zenne in Vlaanderen, bovendien zal dit niet volstaan om de overstromingen ter hoogte van Tubize volledig te vermijden.

4.3.3. Effect van een aangepaste bediening van de stuwen te Lembeek en Catala-site (S-05)

Een aangepaste regeling voor de stuw van Lembeek met een stuw opening van 120 cm. i.p.v. de huidige 60 cm en het openen van de Catala stuw als het debiet te Lot groter dan 25 m³/s is, leidt naar een verlaging van de waterstanden langs het kanaal (tot 60 cm) in het pand tussen Lembeek en Anderlecht. Er zal geen daling merkbaar zijn in het pand opwaarts de sluis van Lembeek (Ittre-Lembeek).

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 69

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Langs de Senne in Wallonië is geen verandering berekend ter hoogte van Tubize. Langs de Zenne in Vlaanderen afwaarts Halle zullen de waterstanden stijgen (tussen 25 tot 50) zonder dat dit tot bijkomende overstromingen leidt. De waterstanden in het pand opwaarts de Catala stuw, dat in nov. 2010 bijna overstroomd was, zullen lokaal dalen tot 75 cm voor de stuw. De waterpeilen onmiddellijk afwaarts de Catala stuw zullen wel licht stijgen (25 cm) maar er zullen geen veranderingen meer optreden langs de Zenne afwaarts de Aa.

Figuur 66: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van een aangepaste bediening van de stuwen te Lembeek en Catala-stuw.

Figuur 67: Lengteprofiel van de Zenne met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van een aangepaste bediening van de stuwen te Lembeek en Catala-stuw.

Conclusie:

Een aangepaste regeling (stuw opening Lembeek 120 cm. en Catala stuw open als $Q_{Lot} > 25 \text{ m}^3/\text{s}$) leidt tot een vermindering van de waterstanden in het kanaal (tot 60 cm) met een eerder beperkte stijging van de waterstanden langs de Zenne afwaarts.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 70

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

4.3.4. Effect van de verruiming van de Zenne in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. (S-06)

Een bijkomende verruiming (naast de maatregelen van S-05) van de open Zenne in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest zal resulteren in een bijkomende verlaging (tot 75 cm) van de waterstanden langs het kanaal in het pand tussen Lembeek en Anderlecht. Er zal geen daling merkbaar zijn in het pand opwaarts de sluis van Lembeek (Ittre-Lembeek).

De waterstanden langs de Senne te Tubize zullen onveranderd blijven. Langs de Zenne in Vlaanderen zullen de waterstanden ook onveranderd (t.o.v. S-05 d.w.z. een toename van 50 cm afwaarts Halle) blijven. De waterpeilen afwaarts de Catala stuw zullen nog verder stijgen (40 cm) maar in dit scenario zullen de waterstanden in de Zenne in Brussel met 50 cm dalen opwaarts de eerste overwelling en tot 75 cm dalen afwaarts de tweede overwelling.

Figuur 68: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van de verruiming van de Zenne in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.

Figuur 69: Lengteprofiel van de Zenne met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van de verruiming van de Zenne in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 71

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Conclusie:

De verruiming van de open Zenne in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, opwaarts en afwaarts de overwelvingen en tot aan de gewestgrens met Vlaanderen (in combinatie met de vorige maatregel S-05), zal leiden naar een verlaging van 75 cm in de waterstanden van de open Zenne in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.

4.3.5. Effect van de verruiming van de Zenne opwaarts Brussel. (S-07)

Een bijkomende verruiming (naast de maatregelen van S-06) van de Zenne in Vlaanderen opwaarts Brussel tussen Lembeek en de gewestgrens Vlaanderen-Brussel, zal de afvoer afgeleid via de overlaat van Lembeek naar het kanaal verminderen. Op die manier zullen de waterstanden langs het kanaal in het pand tussen Lembeek en Anderlecht met 100 cm. dalen. Er zal nog altijd geen daling merkbaar zijn in het pand opwaarts de sluis van Lembeek (Ittre-Lembeek).

De waterstanden langs de Senne te Tubize zullen onveranderd blijven. Langs de Zenne in Vlaanderen zullen de waterstanden dalen met 25 tot 40 cm afwaarts Halle en tot 60 cm opwaarts de Catala stuw. De waterpeilen afwaarts de Catala stuw zullen nog verder stijgen (75 cm) en de waterstanden in de Zenne in Brussel zullen dalen met slechts 40 cm opwaarts de eerste overwelling en 60 cm afwaarts de tweede overwelling.

Figuur 70: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van de verruiming van de Zenne opwaarts Brussel

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 72

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 71: Lengteprofiel van de Zenne met maximaal waterpeil voor Nov. 2010:
effect van de verruiming van de Zenne opwaarts Brussel.

Conclusie:

Een verdere verruiming van de Zenne in Vlaanderen opwaarts Brussel resulteert in een significante verlaging van de waterstanden zowel in het kanaal (daling van 100 cm.) als in de Zenne. In de Zenne afwaarts Halle tot 50 cm, de Zenne in Brussel 40 cm opwaarts de eerste overwelving en 60 cm afwaarts de tweede overwelving. Deze bijkomende maatregelen zullen dus (naast de verlagingen van het vorige scenario) leiden tot de verlaging van de waterstanden langs de Zenne in Vlaanderen opwaarts Brussel. Als gevolg daarvan zullen de overstromingen in dit pand verminderen.

4.3.6. Effect van de verruiming van de Zenne opwaarts Brussel en in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest en berging in Wallonië opwaarts Rebecq. (S-08)

De verruiming van de Zenne in Vlaanderen en Brussel gecombineerd met de inrichting van een (of meer) bufferbekken(s) opwaarts Rebecq, leidt naar een significante verlaging van de waterstanden langs het kanaal (tot 200 cm) in het pand tussen Lembeek en Anderlecht. Er zal geen daling merkbaar zijn in het pand opwaarts de sluis van Lembeek (Ittre-Lembeek).

Dankzij deze bijkomende maatregel zullen de waterstanden langs de Senne (in Wallonië) ter hoogte van Tubize tot 50 cm dalen, maar dit zal nog altijd niet volstaan om de overstromingen ter hoogte van Tubize volledig te vermijden. Langs de Zenne in Vlaanderen zullen de waterstanden dalen tot 40 cm afwaarts Halle en tot 75 cm opwaarts de Catala stuw. De waterpeilen afwaarts de Catala stuw zullen minder stijgen (60 cm) en de waterstanden in de Zenne in Brussel zullen dalen met 50 cm opwaarts de eerste overwelving en 75 cm afwaarts de tweede overwelving.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 73

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 72: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010:
effect van de verruiming van de Zenne opwaarts Brussel (VL) en in het
Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BRU) en berging in Wallonië opwaarts Rebecq.

Figuur 73: Lengteprofiel van de Zenne met maximaal waterpeil voor Nov. 2010:
effect van de verruiming van de Zenne opwaarts Brussel (VL), het Brusselse hoofdstedelijke gewest (BRU)
en berging in Wallonië opwaarts Rebecq.

Conclusie:

De verruiming van de Zenne in Vlaanderen en in Brussel, gecombineerd met de inrichting van een (of meer) bufferbekken(s) opwaarts Rebecq, heeft een significante invloed op de vermindering van het overstromingsgevaar langs het kanaal en langs de Zenne/Senne in Wallonië, Vlaanderen en Brussel, maar zal niet volstaan om de overstromingen ter hoogte van Tubize volledig te vermijden.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 74

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

4.3.7. Effect van de verruiming van de Zenne/Senne opwaarts Brussel en berging in Wallonië opwaarts Rebecq. (S-09)

Uit de resultaten leiden we af dat deze combinatie van maatregelen (verruiming van de Zenne in Vlaanderen en Brussel gecombineerd met de verruiming van de Senne in Wallonië en de inrichting van bufferbekkens opwaarts Rebecq) zal leiden naar een significante daling van de waterstanden langs het kanaal (tot 150 cm). De was van november 2010 zal dan niet meer leiden tot overstromingen vanuit het kanaal en zal geen toename van de waterstanden in het kanaal afwaarts veroorzaken.

Dankzij deze combinatie van maatregelen zullen de waterstanden langs de Senne in Wallonië ter hoogte van Tubize tot bijna 100 cm dalen, wat zal resulteren in de sterke vermindering van het overstromingsgevaar in Tubize. Door het vergroten van de afvoercapaciteit van de Zenne/Senne zullen de waterstanden langs de Zenne in Vlaanderen dalen tot 40 cm afwaarts Halle en tot 75 cm opwaarts de Catala stuw.

De waterpeilen afwaarts de Catala stuw zullen nog altijd stijgen (60 cm), zonder dat dit het overstromingsgevaar vergroot. De waterstanden in de Zenne in Brussel zullen dalen met 50 cm opwaarts de eerste overwelving en 75 cm afwaarts de tweede overwelving.

Figuur 74: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010:
effect van de verruiming van de Zenne/Senne opwaarts Brussel en berging in Wallonië opwaarts Rebecq.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 75

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 75: Lengteprofiel van de Zenne met maximaal waterpeil voor Nov. 2010:

effect van de verruiming van de Zenne/Senne opwaarts Brussel en berging in Wallonië opwaarts Rebecq.

Conclusie:

Een combinatie van maatregelen namelijk de inrichting van een (of meer) bufferbekken(s) opwaarts Rebecq, de verruiming van de Senne in Wallonië, de verruiming van de Zenne in Vlaanderen, de verruiming van de open Zenne in Brussel en de aanpassing van de bediening van de stuwen te Lembeek en Catala site (deze laatste gecombineerd met een bypass) zullen leiden naar een significante vermindering van het overstromingsgevaar langs het kanaal en langs de Zenne/Senne in Wallonië, Vlaanderen en Brussel. Het overstromingsgevaar ter hoogte van Tubize zal ook sterk verminderen, bovendien zal er geen bijkomende stijging veroorzaakt worden afwaarts Brussel en zelfs een daling ter hoogte van Epegem.

4.3.8. Bijkomend effect door bredere stuwen en langsriolen (Kanaal)

De bovenvermelde maatregelen hebben als doel het herstellen van het natuurlijk karakter van de Zenne als uitwatering van het Zennebekken en worden verder gecombineerd met het verhogen van de afvoercapaciteit van het kanaal door middel van de uitbreiding van de langsriolen van de verschillende sluizen (Lembeek tot Molenbeek), en het vervangen van de huidige schuiven door bredere stuwen.

De resultaten tonen een significante verlaging van de waterstanden langs het kanaal (tot 200 cm) in het pand Lembeek-Anderlecht. Deze keer is er wel een verlaging van de waterstanden (tot 150 cm) in het pand Ittre-Lembeek. De waterstanden langs de Senne/Zenne tonen dezelfde grootte orde van verlaging dan het vorige scenario, met als enige verschil dat er nu geen lichte daling is gevonden ter hoogte van Epegem.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 76

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 76: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: bijkomend effect door bredere stuwen en langsriolen.

Figuur 77: Lengteprofiel van de Zenne met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: bijkomend effect door bredere stuwen en langsriolen.

Conclusie:

De verruiming van de waterlopen (Senne en Zenne) in combinatie met het opzetten van een wachtbekken opwaarts Rebecq alsook bredere stuwen en langsriolen in het kanaal is een interessant alternatief maar leidt niet tot een significante bijkomende vermindering van de waterstanden van de Zenne of het kanaal, behalve voor het pand opwaarts de sluis van Lembeek (verlaging tot 150 cm.).

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 77

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

5. Voorgestelde oplossing

Op basis van de resultaten van de uitgevoerde simulaties (§ 4.3.) en rekening houdend met de inzichten van de gevoeligheidsanalyses (§ 4.1.), kunnen we een alternatief naar voren schuiven dat op een efficiënte manier een antwoord kan bieden op het doel van de opdracht (zie §1.2.):

“Een interregionale oplossing te formuleren voor het vermijden van overstromingen in het Zennebekken voor een event als de was van november 2010”.

In de volgende delen geven we een beschrijving van dit alternatief samen met de toelichting van de effecten van deze maatregelen in de waterstanden langs het kanaal en de Senne/Zenne.

5.1. Interregionaal overstromingsbeheerplan voor het Zennebekken

Het voorgestelde interregionale overstromingsbeheerplan van het Zennebekken bevat dus de volgende maatregelen:

5.1.1. Senne in Wallonië

In Wallonië zullen een of meerdere bufferbekkens ingericht worden opwaarts Rebecq met een totaal bergingsvolume van 1.400.000 m³. Bovendien zal de afvoercapaciteit van de Senne tussen Rebecq en de gewestgrens met Vlaanderen (1.984 m.) vergroot worden door de verruiming van de huidige dwarsprofielen tot een breedte van 14 m en het behouden van het huidige bodempeil zoals getoond in Figuur 47.

5.1.2. Zenne in Vlaanderen opwaarts Brussel

De afvoercapaciteit van de Zenne in Vlaanderen opwaarts Brussel zal vergroot worden door het verruimen van de huidige dwarsprofielen tot 16 m breed (zie Figuur 48). Voor de meeste dwarsprofielen zal het huidige bodempeil behouden worden behalve voor het traject tussen Lot en de Catala site waar een bodemverlaging zal toegepast worden.

De Pacapime stuw zal vervangen worden door een vaste stuw van 12 m breed met een kruinhoogte van 30,50 m. TAW. Aan de segmentstuw te Lembeek zal geen aanpassing gebeuren, behalve het vergroten van de vaste opening van de stuw naar 120 cm.

De huidige Hydro-Catala, inclusief hun regeling, zal onveranderd blijven, maar het overtollige water zal afgevoerd worden door een 240 m lange bypass op de linkeroever van de Zenne. Deze bypass zal een bodembreedte van 8 m hebben met een talud van 6/4 en een hoogte van 4 m. Voor de inlaatstructuur wordt een stuw voorzien met een hoogte van 3,50 m en een breedte van 6 m. Tijdens een normaal regime zal deze stuw volledig opgehaald (gesloten) worden en pas in werking treden als de afvoer in de Zenne te Lot 25 m³/s zal overschrijden.

5.1.3. Zenne in Brussel

De afvoercapaciteit van de open Zenne opwaarts Brussel zal vergroot worden door het verruimen van de huidige dwarsprofielen tot een totale breedte van 20 m, maar deels uitgegraven zoals beschreven wordt in § 4.1.5. en aangeduid wordt in Figuur 51. Het huidige bodem peil zal behouden blijven, behalve voor het pand tussen de verbinding met de Aa en het begin van de eerste overwelling (zie Figuur 53). Tussen het einde van de tweede overwelling en de gewestgrens zal enkel het bodempeil verlaagd worden tot 9,91 m TAW (zie Figuur 53).

De afvoercapaciteit van de brug ter hoogte van de Bollinckxstraat is aangepast door het toevoegen van twee kokers van 6 m op 6 m parallel met de huidige Bollinckxbrug in Brussel.

5.1.4. Zenne afwaarts Brussel

Afwaarts Brussel wordt een dijkverhoging van 50 cm. langs beide oevers van de Zenne voorzien tussen de Radiatorenstraat en de spoorbrug voor de tweede brug E-19 (zie Figuur 54). Een gelijkaardige dijkverhoging van 50 cm wordt ook voorzien langs de Afleiding van de Zenne. Bovendien zullen een aantal bruggen verhoogd worden. Tabel 9 geeft een samenvatting van de bruggen en de aanpassingen.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 78

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

5.1.5. Maatregelen langs het kanaal

Langs het kanaal blijft de huidige infrastructuur behouden, alleen de open gracht van de langsriolen van de sluis van Lembeek wordt vergroot. De kokers en de inlaatstructuur en de afwaartse kokers kunnen onveranderd blijven.

In de volgende tabel geven we een samenvatting van de bovenvermelde maatregelen.

Tabel 11: Samenvatting van het voorgestelde Interregionale overstromingsbeheerplan van het Zennebekken

Senne in Wallonië

Bufferbekken opwaarts Rebecq 1.400.000 m³

Verruiming Senne Bodem 8 m., totaal breedte 14m. behouden huidig bodempeil

Zenne Vlaanderen opwaarts Brussel

Verruiming Zenne

Bodem 8 m., totaal breedte 16 m.; lokaal bodemverlaging thv Catalastuw

en duiker Halle (sifon)

Opening stuw Lembeek 1,20 m.

Bypass Catala 240 m., 5 m. breed

Regeling stuw Bypass Catala Open als Q thv Lot > 25m³/s

Nieuwe stuw Pacapime 12 m. breed

Zenne in Brussel

Verruiming Zenne

Bodem 6 m., totaal breedte 20 m.; afgravingsprofiel; bodemverlaging

afwaarts de 2^e overwelling

Aanpassing van Brug Bollinckxstraat 2 kokers 6m. x 6m.

Zenne Vlaanderen afwaarts Brussel

Dijkverhoging Zenne 50 cm. afwaarts Vilvoorde tot aan de 2^e brug E19

Dijkverhoging Afleiding v.d. Zenne 50 cm.

Bruggenverhoging

Stationslaan 53 cm.

Damstraat 53 cm.

Brusselsesteenweg 88 cm.

Havendoklaan 37 cm.

Jan Frans Willemsstraat 62 cm.

Radiatorenstraat 65 cm.

Kanaal Ronquières- Schelde

Aanpassen langsriolen Lembeek Bodem 9 m., totaal breedte 11 m.+ Stuw 8m Breed

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 79

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

5.2. Effecten van het voorgestelde Interregionale overstromingsbeheerplan voor het Zennebekken (S-018)

De combinatie van maatregelen beschreven in § 5.1. is ingevoerd in het uitgebreide hydrodynamische model en vervolgens is de was van november 2010 berekend. De resultaten zijn geëvalueerd op basis van de maximale waterstanden.

De resultaten voor de maximale waterstand langs het Kanaal en langs de Senne/Zenne zijn weergegeven in Figuur 78 en Figuur 79. Uit deze figuren leiden we af dat de voorgestelde combinatie van maatregelen zal leiden naar een significante daling van de waterstanden langs het kanaal (tot 125 cm) inclusief het pand Ittre-Lembeek, waar de daling 100 cm zal bedragen. Als gevolg van deze daling in de waterstanden zullen er geen overstromingen meer vanuit het kanaal kunnen optreden voor een event als november 2010.

De waterstanden langs de Senne in Wallonië zullen dalen met 100 cm ter hoogte van Tubize, verder afwaarts in Vlaanderen zullen de maximale waterstanden dalen met 25 tot 50 cm ter hoogte van Halle en tot 75 cm ter hoogte van de Catala stuw. Alleen afwaarts de Catala stuw zullen de waterpeilen stijgen (tot

50 cm), zonder dat dit het overstromingsgevaar zal vergroten langs de Zenne, echter met een nadelige opstuwning van de afwatering van de Zuunbeek.

De maximale waterstanden in de Zenne in Brussel zullen 50 cm dalen opwaarts de eerste overwelling en tot 75 cm afwaarts de tweede overwelling. De voorgestelde maatregelen zullen er geen bijkomende stijging van de waterstanden langs de Zenne afwaarts Brussel veroorzaken en bovendien zullen de verhoogde bruggen de huidige situatie verbeteren.

Figuur 78: Lengteprofiel van het Kanaal met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van het Interregionale overstromingsbeheerplan voor het Zennebekken.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken
Definitieve versie WL2015R12_103_1 80

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 79: Lengteprofiel van de Zenne met maximaal waterpeil voor Nov. 2010: effect van het Interregionale overstromingsbeheerplan voor het Zennebekken.

5.3. Kosten

De kosten van de verschillende maatregelen worden berekend met behulp van de kostentool gebruikt in het kader van de studie "Overstromingsrisicobeheerplannen (ORBP) in Vlaanderen", uitgevoerd in opdracht van W&Z afdeling Bovenschelde. (Blanckaert et al2015) In bijlage A wordt een beschrijving van de tool gegeven.

De kosten die in rekening gebracht worden zijn onder andere:

- de aannemingskost (bouwkost)
- engineeringkosten
- de aankoopkost voor de verwerving van het grondvlak van de dijk
- inrichtingkosten

Deze 'voorzienbare bekende' kosten worden vervolgens verhoogd met een percentage om 'voorzienbare nader te bepalen' kosten in rekening te brengen. Samen vormen ze de 'voorzienbare' kosten. De 'voorzienbare' kosten worden tenslotte verhoogd met een percentage om de 'onvoorzienbare' kosten in rekening te brengen. De som vormt de totale bouwkosten.

Engineeringkosten worden als percentage van de totale bouwkosten bepaald, afhankelijk van de complexiteit van de werken. De engineeringkosten vormen samen met de bouwkosten de totale investeringskosten.

In de studie "Overstromingsrisicobeheerplannen (ORBP) in Vlaanderen", werden verder de onderhoud-, inspectie- en exploitatiekosten bepaald als een percentage van het totale investeringsbedrag. Voor de huidige opdracht berekenen we dus alleen de investeringskosten.

5.3.1. Gecontroleerd overstromingsgebied(en) (GOG)

Opwaarts Rebecq worden één of meerdere GOG's voorzien met een totale capaciteit van 1.400.000 m³. Voor de kosteninschatting van het GOG wordt er verondersteld dat het bergingsvolume van 1.400.000 m³ verdeeld wordt over 5 GOG's. Op basis van vorige kosteninschattingen wordt de verwachte kostprijs van een GOG met een bergingsvolume van ongeveer 300.000 m³ geschat op ongeveer 1.750.000 €. Deze kostprijs omvat de onteigening van de landbouwgrond en de constructie van de dijken en de beweegbare structuur. Dit brengt de geschatte kost voor een bergingsvolume van 1.400.000 m³ op 8.750.000 €.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 81

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

5.3.2. Dijkverhoging Zenne

De kostenberekeningen zijn gebeurd op basis van eenheidsprijzen per meter die zijn opgesteld voor type maatregelen zoals het plaatsen van een gronddijk. Voor de typegronddijk is er geopteerd voor een dijkverhoging met 0,5 m van de bestaande dijk. Er wordt uitgegaan van een kruinbreedte van 5 m. De volgende tabel geeft een overzicht van de totale investeringskost.

Tabel 12: Overzicht van de investeringskost voor de dijkverhoging langs de Zenne afwaarts Brussel.

Type maatregel Lengte [m] Investeringskost [€/m] Kost [€]

Dijk Zenne 9.750 162,80 1.587.336,08

Dijk afleiding Zenne 7.750 162,80 1.261.728,68

Inrichting 17.500 141,53 2.476.687,50

5.3.3. Kunstwerken en bruggen

Bypass van Catala

Ter hoogte van de hydrocentrale van Catala wordt er een bypass voorzien op de linkeroever van de Zenne. Deze heeft een bodembreedte van 6 m, een talud van 6/4 en een hoogte van 4 m. De bypass heeft een totale lengte van 240 m. Het afgegraven volume bedraagt bijgevolg ongeveer 11.520 m³. Er wordt verondersteld dat de eerste halve meter van het profiel in de breedte vervuld is. Voor de inlaatstructuur wordt een vaste stuw voorzien van 3,5 m hoog. Voor erosiebescherming van het kanaal wordt er stortsteen voorzien. Tabel 13 geeft een overzicht van de totale investeringskost.

Tabel 13: Overzicht van de investeringskost voor Bypass van Catala

Type maatregel Lengte [m] Volume (m³)

/ aantal

Investeringskost
[€/eenheid] Investeringskost [€]
Opgraving bypass 240 11.520 41,63 479.520,00
Stuw 1 22.177,80 22.177,80
Inrichting 240 -- 341,77 82.025,89
Subtotaal 583.723,69

Stuw Pacapime

De stuw van Pacapime wordt vernieuwd met een breedte van 12,00 m. Voor de aanpassing van de stuw van Pacapime wordt dezelfde eenheidskost gebruikt als voor de stuw aan de bypass van Catala nl: 22.177,80 €.

Aanpassing bruggen

Voor de kostprijs van het aanpassen van een brug wordt er een berekende kost van 3.400.000 € ingegeven in de kostentool. Deze is gebaseerd op de kostenschatting in de maatschappelijke kosten baten analyse van het Projectconsortium MKBA Seine Schelde West (2008). Verder is deze kostenschatting aangepast rekening houden met de laatste informatie van W&Z afdeling Zeekanaal. De volgende tabel geeft een overzicht van de investeringskosten.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 82

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Tabel 14: Overzicht van de investeringskost voor bruggen in de Zenne te Zemst

Type maatregel Aantal Investeringskost
[€/eenheid] Investeringskost [€]
Bruggen 6 2.164.500,00 12.987.000,00
Inrichting 6 499.500,00 2.997.000,00
Subtotaal 15.984.000,00

Ter hoogte van de Bollinckxstraat worden twee kokers van 6 m op 6 m (24m lang) ingericht. De kost van deze maatregelen wordt geraamd op 5.161.500 €. De volgende tabel geeft een overzicht van de investeringskosten.

Tabel 15: Overzicht van de investeringskost voor de kokers aan de Bollinckxstraat

Type maatregel Lengte [m] Volume (m³) /
aantal
Investeringskost
[€/eenheid]
Investeringskost
[€]
opgraving -- 4.000 41,63 166.500,00
Kokers 24 2 1.831.500,00 3.663.000,00
Inrichting 1 1.332.000,00 1.332.000,00
Subtotaal 5.161.500,00

5.3.4. Aanpassing langsriolen Lembeek

De open langsriolen worden uitgebreid, het afgegraven volume bedraagt bijgevolg ongeveer 11.124 m³. Er wordt een nieuwe stuw voorzien van 8 m breed. Dit komt neer op een totale kost, inclusief bijkomende kosten, van 4.737.721.50 €. De volgende tabel geeft een overzicht van de investeringskosten.

Tabel 16: Overzicht van de investeringskost voor de kokers aan de langsriolen Lembeek

Type maatregel Lengte [m] Volume (m³) /
aantal
Investeringskost
[€/eenheid]
Investeringskost
[€]
Opgraving open langsriool 274 11.124 43,29 481.575,28
Stuw -- 1 4.162.500,00 4.162.500,00
Inrichting 274 341,77 93.646,23
Subtotaal 4.737.721,50

5.3.5. Herinrichting

Er worden verruimingen voorzien van de Senne in Wallonië, de Zenne opwaarts Brussel en de Zenne in Brussel. In Tabel 17 wordt een overzicht gegeven van de ingrepen en de totale kostprijs van de toegepaste maatregelen.

Tabel 17: Verbreding Zenne - Overzicht van de totale kostprijs.

Type maatregel Lengte [m] Volume (m³) Investeringskost
[€/m³]
Investeringskost
[€]
Zenne Wallonië 11.984 596.473 41,63 24.828.188,63
Zenne opwaarts Brussel 19.568 876.760 43,29 37.954.940,40
Zenne Brussel 1.957 97.850 44,96 4.398.846,75
Totaal Subtotaal 67.181.975,78

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

5.3.6. Bredere stuwen en langsriolen langs het kanaal

De kosten van deze maatregelen worden begroot voor illustratieve redenen. De maatregelen maken geen deel van de voorgestelde "Interregionale overstromingsbeheerplan voor het Zennebekken". Voor de aanpassing van de langsriolen van de sluizen op het kanaal tussen Lembeek en Molenbeek wordt er uitgegaan van een aanpassing van de langsriolen. De riolen worden opengebrouwen en de schuiven worden vervangen door stuwen. Op basis van gegevens van W&Z wordt de investeringskost van een nieuwe stuw geraamd op 3.000.000 €. Dit komt neer op een totale kost, inclusief bijkomende kosten, van 37.462.500 €. De volgende tabel geeft een overzicht van de investeringskosten.

Tabel 18: Overzicht van de investeringskost voor het uitbreiden van de Langsriolen.

Type maatregel	Aantal	Investeringskost
[€/eenheid]		Investeringskost [€]
Stuw	5	4.995.000,00
Langsriolen	5	2.497.500,00
Subtotaal		37.462.500,00

5.3.7. Totale kosten van het voorgestelde Interregionale overstromingsbeheerplan voor het Zennebekken (S-018)

In de volgende tabel wordt een overzicht weergegeven van de totale investeringskosten van het voorgestelde Interregionale overstromingsbeheerplan voor het Zennebekken:

Tabel 19: Overzicht van de totale kosten.

Type maatregel	Beschrijving	Kost [€]
Berging	Wallonië 1.400.000 m ³	8.750.000
Herinrichting	-Zenne -Wallonië 12 km	24.828.189
Herinrichting	-Zenne -opwts Brussel 20 km	37.954.940
Herinrichting	-Zenne Brussel 2 km	4.398.847
Bypass	Catala 1	583.724
Pacapime stuw	1	22.178
Kokers	Bollinckxstraat 2 (6x6m)	5.161.500
Langsriool	Lembeek 274 m	4.737.722
Bruggen	Zemst 6	15.984.000
Dijkverhoging	Zenne 10 km	2.967.205
Dijkverhoging	Afleiding Zenne 8 km	2.358.547
Totaal		107.746.851

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 84

6. Conclusies en aanbevelingen

Het Zennebekken is een complex watersysteem dat sterk beïnvloed is door menselijk ingrijpen. Deze menselijke ingrepen hebben het natuurlijk karakter van het stroomgebied voorgoed veranderd zodat de afwatering van het volledige Zennebekken vandaag gebeurt door het gecombineerde effect van de Zenne en het Kanaal. De problematiek van de Zenne en het Kanaal kunnen dus niet van elkaar losgekoppeld worden.

De belangrijkste oorzaak van de overstromingen van november 2010 in het Zennebekken is de uitzonderlijke afvoer vanuit het opwaartse deel van het Zennebekken die ruim de ontwerpcapaciteit overschreed van de verschillende structuren in het systeem. De beperkte afvoercapaciteit van sommige panden van de Senne/Zenne speelt hier ook een rol. De bijdrage van de afvoer afkomstig van de onbevaarbare waterlopen in Vlaanderen is eerder beperkt.

Tijdens deze studie hebben we het effect van verschillende maatregelen bestudeerd. Hieronder geven we een samenvatting van de conclusies:

- De langsriolen van Lembeek zijn niet ontworpen voor de hoge afvoeren afkomstig van de Hain en de Samme en vormen dus een beperkende factor voor de afvoer van hoge debieten in het pand Ittre-Lembeek. Het vergroten van de afvoercapaciteit van de langsriolen zal een significant effect hebben in het verminderen van de maximale waterstanden in het pand Ittre-Lembeek
- De stuw van Lembeek speelt een belangrijke rol in de debietsverdeling tussen de Zenne en het Kanaal en de waterstanden afwaarts, maar heeft een zeer beperkte invloed op de overstromingen opwaarts in de Senne ter hoogte van Tubize. Een aangepaste regeling voor de stuw van Lembeek met een stuw opening van 120 cm i.p.v. de huidige 60 cm zal de natuurlijke afvoer van het Zennebekken grotendeels herstellen en zal meer compatibel zijn met de oorspronkelijke ontwerpcapaciteit van de afwateringstructuren langs de sluizen in het kanaal. Als gevolg daarvan zullen de overstromingen vanuit het kanaal vermeden kunnen worden zonder dat er significante bijkomende effecten (positief of negatief) zullen optreden in Wallonië
- De inrichting van één (of meer) bufferbekken(s) opwaarts Rebecq (met een totaal bergingsvolume van 1.400.000 m³) heeft een significante invloed op de vermindering van het overstromingsrisico langs het kanaal en in Wallonië maar eerder beperkt langs de Zenne in Vlaanderen, bovendien zal

dit niet volstaan om de overstromingen ter hoogte van Tubize volledig te vermijden.

- Een verdieping van de Zenne of het Kanaal heeft geen significante impact op de vermindering van overstromingen.
- De verbreding van beide waterlopen (Kanaal en Zenne) in Vlaanderen heeft een gunstig effect voor de Zenne, maar is eerder beperkt voor het Kanaal.
- Een verbreding van het kanaal heeft geen significante invloed op de vermindering van het overstromingsrisico.
- De afvoercapaciteit van de Senne in Wallonië is beperkt. De verruiming van de Senne tussen Rebecq en Tubize kan leiden (in combinatie met andere maatregelen) tot een verlaging van de maximale waterstanden in Wallonië
- De verruiming van de Zenne in Vlaanderen opwaarts Brussel kan leiden (in combinatie met andere maatregelen) tot een significante verlaging van de waterstanden zowel in het kanaal als in de Zenne.
- De verruiming van de open Zenne in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, opwaarts en afwaarts de overwelvingen en tot aan de gewestgrens met Vlaanderen (in combinatie met andere maatregelen) kan leiden tot een verlaging van de waterstanden van de open Zenne in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.

Op basis van deze inzichten is er een voorstel naar voren geschoven. Dat voorstel geeft een evenwichtige verdeling van de werken en maatregelen tussen de drie regio's en en benut zo veel mogelijk de baten van het vermindering van overstromingen tussen de regio's. Bovendien probeert het voorstel om de Zenne maximaal te herstellen als een natuurlijke afwatering van het Zennebekken.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 85

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

De voorgestelde combinatie van maatregelen leidt tot een significante verlaging van de maximale waterstanden langs het kanaal en langs de Senne te Tubize, als gevolg daarvan zullen er geen overstromingen meer optreden in deze twee gebieden voor een event als het event van november 2010. De maximale waterstanden langs de Zenne in Vlaanderen en in Brussel zullen overal dalen, enkel afwaarts van de Catala-stuw valt een lichte stijging te verwachten. Bovendien zullen de voorgestelde maatregelen niet leiden tot een verhoging van de maximale waterstanden in de Zenne afwaarts Brussel.

De globale kost van deze maatregelen bedraagt ongeveer 108 miljoen € .

6.1. Aanbevelingen

Het voorgestelde plan is opgesteld als antwoord op een specifiek event (de was van november 2010) en er zijn geen analyses uitgevoerd in termen van overstromingsrisico (gevolg van de overstromingen). Het moet verder verfijnd worden in het kader van de specifieke overstromingsrisicobeheerplannen (ORBP) van de drie gewesten.

Aanvullend formuleren we ook nog volgende aanbevelingen:

- De bathymetrie van de verschillende waterlopen moet geactualiseerd worden.
- Belangrijke aanpassingen in de structuren moeten in het model ingevoerd worden.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 86

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

7. Referenties

Blanckaert, J.; Gullentops, C.; Franken, T.; Bogman, P.; Swings, J.; Pereira, F.; Vanderkimpen, P.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2015). Overstromingsrisicobeheerplannen in Vlaanderen: Rapport ORBP Leie, Bovenschelde, Gentse Kanalen, IJzer en Kanaal Charleroi. Versie 4.0. WL Rapporten, 13_098. Waterbouwkundig Laboratorium & IMDC nv: Antwerpen, België.

Boeckx, L.; Deschamps, M.; Franken, T.; D'Haeseleer, E.; Vanneuville, W.; Viaene, P.; Van Eerdenbrugh, K.; Mostaert, F. (2011). Wasgebeurtenissen 11-16 november 2010: Beschrijving hydrologische gebeurtenissen. Versie 2_0. WL Rapporten, 738_03. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Claessens, J.; Sterling, A. (1973). Studie van de Zenne: alarmsysteem op de Woluwe. WL Rapporten, 279_9. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. 17 + appendices pp.

Coen, I.; Roovers, P. (1981). Studie van de Zenne: verlaat van de Nieuwe Maalbeek via de Zenne naar het Zeekanaal. WL Rapporten, 279_19. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. III, 58 + tables, appendices pp.

Cosyn, J. (1975). Studie van de waterbeheersingswerken in de Zennevallei afwaarts van Brussel: stageverslag. Openbaar Ambt. Algemene Directie voor Selectie en Vorming: Brussel. 57 pp.

De Laet, P.; Coen, I.; Verbist, F. (1986). Watervang van de Aa te Anderlecht tussen Zenne en Kanaal Brussel-Charleroi. WL Rapporten, 436. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. 30 + appendices pp.

Dewil, P. (2010). Inondations dans le sous-bassin de la Senne 13-15 novembre 2010 [Présentation]. Plateforme Inondations, vendredi 3 décembre 2010, Rebecq. 25 slides.

Duquennois G. : persoonlijke communicatie Gregory Duquennois: AQWatt (B-3511 Stokrooie-Hasselt)

Engels, J.; De Laet, P.; Smets, E. (1994). Hevels te Vilvoorde. WL Rapporten, 279_20. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. 5 + appendices pp.

Guns, P.; Sterling, A (1973); Bibliografie van de Zenne. WL Rapporten, 279-13; Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Guns, P.; Sterling, A. (1974). De overstromingen in het Zennebekken van 1900 tot 1974. WL Rapporten, 279_15. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. 85 + appendices pp.

Hiver, J.M.; Coen, I.; Roovers, P. (1978). Agglomération Bruxelloise et abords: étude générale - Déversoir du Maelbeek. Rapport intérimaire 1: implantation des stations de mesures. WL Rapporten, 279_18. Laboratoire de Recherches Hydrauliques: Anvers. 24 + appendices pp.

Nakhlé, L.; Raynaud, F. (2014). Kanaal Hoezo Kanaal?; Agentschap voor Territoriale Ontwikkeling (ATO): Brussels Hoofdstedelijk Gewest, België

Pereira, F (2006). Opmaak van numerieke hydrologische en hydraulische modellen van het Kanaal naar Charleroi en Zeekanaal Brussel-Schelde: deelrapport 1. Inventarisatie. Versie 2.0. IMDC Rapport

Pereira, F (2007). Opmaak van numerieke hydrologische en hydraulische modellen van het Kanaal naar Charleroi en Zeekanaal Brussel-Schelde: deelrapport 4: hydrodynamica, opzetten en kalibreren van het hydrodynamische model. Versie 2.0. IMDC Rapport

Renard, L (1865) Assainissement de Bruxelles, Suppression radicale de l'insalubrité de la Senne par la collecte sur le pplace des engrais humains et leur restitution integrae à l'agriculture.

Richtlijn 2007/60/EG van het Europees Parlement en de Raad van 23 oktober 2007 over beoordeling en beheer van overstromingsrisico's

Sterling, A. (1973). Etude de la Senne: inondations de la Woluwe. WL Rapporten, 279_14. Laboratoire de Recherches Hydrauliques: Anvers. 47 + appendices pp.

Verschaeren, W.; Verbist, F.; Roovers, P. (1983). Paruck: hydraulische studies. WL Rapporten, 324_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. 29 + appendices pp.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken
Definitieve versie WL2015R12_103_1 B1
F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Bijlage A kostentool

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken
Definitieve versie WL2015R12_103_1 B2

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

A.1 Inleiding

In de ORBP opdracht worden de baten van maatregelen afgewogen tegen de bijhorende kosten. De baten worden bepaald als de vermindering van het overstromingsrisico. Deze volgen uit berekeningen van overstromingsschade en -risico die gebieddekkend voor Vlaanderen worden uitgevoerd met behulp van de LATIS software ontwikkeld door het HIC. Hierbij wordt gebruikt gemaakt van gegevens die uniform beschikbaar zijn voor gans Vlaanderen. Het doel is niet de schade bij een bepaalde gebeurtenis exact te voorspellen, wel om een inschatting te geven van de verwachte grootteorde, en om te kunnen vergelijken met andere gebieden, waarvoor dezelfde basisgegevens gebruikt werden. De kostenraming is op dezelfde wijze opgevat in de ORBP opdracht. Hiertoe is door IMDC een kostentool ontwikkeld.

In wat volgt wordt een overzicht gegeven van de opvatting van de kostenraming en de mogelijke maatregelen. Vervolgens wordt een voorbeeld van de kostenraming van een GOG gegeven.

A.2 Opvatting van de kostenraming

A.2.1 Van conceptueel ontwerp tot raming

Het ramen of schatten van de kosten van een bepaald werk, beoogt het berekenen van een kostenbedrag uit een aantal gegeven parameters: bijvoorbeeld de kost van een dijkverhoging, gegeven de afmetingen en de materiaaltypes.

De berekening van de ramingsprijs uit de invoerparameters geschiedt via volgende tussenstappen:

- voor elk mogelijk type maatregel wordt eenmaal een geparametriseerd conceptueel ontwerp gemaakt. Uit het conceptueel ontwerp volgen een aantal kostenposten.
- voor elke kostenpost wordt de benodigde hoeveelheid berekend op basis van de door de gebruiker ingevoerde parameters.
- voor elke kostenpost wordt de kostprijs berekend uit een eenheidsprijs voor de betreffende post en de in de vorige stap berekende hoeveelheden.

De drie bovenstaande stappen zijn samen te vatten als: conceptueel ontwerp, berekening van hoeveelheden en berekening van kosten.

Het conceptueel ontwerp van een maatregel wordt voorafgaandelijk eenmaal gemaakt, in het kader van het opstellen van de kostentool. De benodigde hoeveelheden worden uitgedrukt in functie van nader door de gebruiker in te vullen parameters.

A.2.2 Prijzendatabank

Naast de invoer van gewenste afmetingen en materialen, is er nood aan een prijzendatabank met prijzen voor de verschillende kostenposten. Deze wordt ook eenmaal opgesteld. Het opstellen van de prijzendatabank vormt een belangrijke taak. Op basis van een grote hoeveelheid data van reëel

uitgevoerde waterbeheersingswerken worden kostprijzen afgeleid. De meest eenvoudige werkwijze is het bepalen van een gemiddelde prijs per post. Een meer gedetailleerder benadering houdt het bepalen van de kostprijs in functie van de hoeveelheid in.

Kostprijzen van reëel uitgevoerde waterbeheersingswerken in Vlaanderen werden enerzijds geselecteerd uit data die door verschillende partijen specifiek en uitsluitend voor de kostenraming in het kader van de ORBP opdracht aangeleverde werden. Anderzijds werden kostprijzen geselecteerd uit reeds in bestaande databanken opgenomen data bij de uitvoering van verschillende opdrachten door of voor volgende partijen: VMM AOW, IMDC, Technum Tractebel Engineering, Aquafin, Waterwegen en Zeekanaal NV, nv De Scheepvaart, afdeling Maritieme Toegang, verschillende provinciebesturen en lokale besturen. Een mogelijkheid wordt voorzien om de door de opgestelde prijzendatabank geleverde prijs te overschrijven met een in de betreffende situatie meer geschikte prijs. Zo kan de gebruiker een eenheidsprijs ingegeven, indien hij specifieke informatie heeft voor een bepaalde maatregel onder specifieke omstandigheden. Bijvoorbeeld kan de eenheidskost van grondverzet tijdelijk overschreven worden door een hogere ingegeven waarde omdat de grond lokaal zeer vervuild is.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 B3

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

A.2.3 Bekende/nader te detailleren en voorziene/onvoorziene kosten

In functie van het beoogde detail voor de kostenraming, zullen een aantal posten niet weerhouden worden in de raming. Het opnemen van een kostenpost die een klein aandeel heeft in de totale ramingsprijs heeft beperkt nut. Bijvoorbeeld de kost voor een draadafsluiting in de raming van de bouw van een nieuwe stuw, zal een klein aandeel hebben in de totaalprijs. Het weglaten van die kleine posten betekent ook vereenvoudiging: bij het ramen van de kostprijs van een maatregel is het detailniveau met enkel de grote posten en een post voor andere werken voldoende.

De kosten van de bovenvermelde posten, moeten evenwel op een andere manier in rekening gebracht worden. Zo wordt een post “voorziene nader te detailleren” kosten als percentage (25%) van de “voorziene bekende” kosten opgenomen.

De “voorziene bekende” kosten vormen samen met de “voorziene nader te detailleren” kosten de “voorziene kosten”. De “voorziene kosten” van een maatregel zijn alle posten, bekend of nader te detailleren, die steeds deel uitmaken van elke maatregel van dat type. Zo heeft bijvoorbeeld elk pompstation een post “pompen” (voorzien en bekend) en een post “afwerking terrein” (voorzien nader te detailleren).

Daarnaast wordt een post “onvoorziene kosten” als percentage (20%) van de “voorziene” kosten in rekening gebracht. Onvoorziene kosten kunnen bijvoorbeeld voortkomen uit de grondmechanische parameters van de bodem. Zo beïnvloedt de grondgesteldheid het type en daarmee de kostprijs van de fundering van een structuur. Een andere mogelijke onvoorziene kost wordt gevormd door de milieuhygiënische kwaliteit van de bodem. De som van de “voorziene” en “onvoorziene” kosten geeft de totale bouwkost.

De totale “bouwkost” wordt vermeerderd met de “studie/-engineeringkost”. Deze wordt klassiek als percentage (5% à 15%) van de totale bouwkost bepaald, afhankelijk van de complexiteit van de werken en de totale bouwkost. De engineeringkosten vormen samen met de bouwkosten de totale “investeringskost”. Bovenop de investeringskosten worden een aantal toekomstige kosten, zoals een totaal jaarlijks kostenpercentage voor exploitatie en onderhoud (5%), beschouwd (zie §A.2.4). De uitsplitsing van de “totale kost” van een maatregel wordt weergegeven in Figuur bijlage A - 1.

Figuur bijlage A - 1: Uitsplitsing van de totale kost van een maatregel

5% per jaar

5-15%

20%

25%

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 B4

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

A.2.4 Kostenposten in de toekomst

Naast de investeringskosten van een bepaalde maatregel, waarvan de methode van raming uitvoerig toegelicht wordt in §A.2.3, kennen bepaalde maatregelen extra kostenposten: afschrijving, onderhoud en exploitatie.

Wat afschrijving betreft, kan gesteld worden dat bepaalde (constructies van) onderdelen een bepaalde afschrijvingstermijn zullen toegekend worden. Na afloop van de afschrijvingstermijn moeten zij in principe vervangen worden. Indien nu bijvoorbeeld een periode van 100 jaar beschouwd wordt, zal een onderdeel van een constructie dat op 20 jaar afgeschreven wordt, 5 maal vervangen moeten worden tijdens die periode. Er wordt aangenomen dat er geen herinvestering gemaakt wordt tijdens de planningshorizon. De maatregel wordt met andere woorden afgeschreven over de volledige planningshorizon. Dergelijke aanname veronderstelt wel een grondig en doorgedreven onderhoud.

Onderhoud is op te splitsen in twee categorieën: regelmatig klein onderhoud en groot onderhoud. Het klein onderhoud wordt verondersteld jaarlijks op te treden, het groot onderhoud zal aan een lagere frequentie voorkomen.

Een laatste kost die zich in de toekomst bevindt, zijn exploitatiekosten. De exploitatiekosten worden uitgemaakt door personeelskosten, elektriciteitskosten (en onderhoudskosten). In de onderhoudskosten zijn wel al de personeelskosten voor onderhoud inbegrepen. De exploitatiekosten worden op een maandelijkse schaal beschouwd.

In de huidige opdracht worden onderhouds-, inspectie- en exploitatiekosten in rekening gebracht.

Afschrijvingskosten worden niet beschouwd voor bouwkundige werken. De actualisatie gebeurt niet bij de kostenbepaling, maar bij de kosten-baten afweging.

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 B5

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

A.3 Mogelijke maatregelen

A.3.1 Aggregatie van maatregelen

In het geheel van denkbare maatregelen dient een onderscheid gemaakt te worden tussen het niveau "bouwsteen" en het niveau "cluster".

Daarbij zijn de maatregelen van het niveau "bouwsteen" de basismaatregelen zoals bv. een onteigening of een dijkverhoging. Een niveau hoger, worden deze basismaatregelen gecombineerd tot "clusters" van maatregelen:

- cluster "verwerven"
- cluster "grondwerken"
- cluster "waterkering"
- cluster "kunstwerk"

Een speciale vorm van een gecombineerde maatregel in deze context is een GOG. De inrichting van een GOG omvat mogelijk een combinatie van basismaatregelen uit verschillende maatregelenclusters:

ontteigening, dijkverhoging, bouw van een inlaatconstructie, bouw van een uitlaatconstructie...

De kost wordt bepaald op niveau van de basismaatregelen en nadien gesommeerd om tot de kost van de gecombineerde maatregel te komen.

A.3.2 Overzicht van maatregelen – niveau bouwsteen

Onderstaand wordt per cluster van maatregelen een overzicht gegeven van de bouwsteenmaatregelen:

Verwerven:

waarde van gronden;

waarde van gebouwen;

waarde van handelsfondsen;

kosten van afbraak van gebouwen;

Grondwerken:

ruiming van een waterloop;

dijkverhoging / -verlaging;

afgraving;

Waterkering:

bouw van een waterkerende muur;

bouw van een stalen damwand;

afbraak van bestaande waterkering;

Kunstwerk:

doorvoerconstructies;

vaste stuwen;

beweegbare stuwen;

pompstations;

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 B6

F-WL-PP10-1 Versie 04

GELDIG VANAF: 12/11/2012

A.4 Vergelijking kostenraming ORBP-Seine Schelde West

Onderstaand wordt een vergelijking gemaakt tussen de eenheidsprijzen die gebruikt zijn in de MKBA (Maatschappelijke kosten-baten) studie van Seine Schelde West (SSW) en de ORBP-VMM studie. Omdat de studies andere percentages hanteren voor de verrekening van onvoorziene kosten (20% bij ORBP en 5% bij SSW), engineeringkosten (11% bij ORBP en 10% bij SSW) en toekomstige kosten (5%/jaar bij ORBP en 0.75-1.5%/jaar bij SSW) liggen de bekomen totale kosten sterk uiteen.

Onderstaand wordt een overzicht gegeven van de initiële kostprijzen die gebruikt zijn in beide studies.

Omdat de toegepaste percentages sterk verschillen tussen beide studies, lopen de totale kosten sterk

uiteen. De eenheidsprijzen worden daarom best vergeleken als kostenraming, voordat bijkomende kosten verrekend worden. Uit *Tabel bijlage A - 1* blijkt dat de kost van een nieuwe stuw en het aanpassen van een brug sterk onderschat worden in de ORBP studie. Voor de eenheidsprijzen van een jaagpad en een dijk zijn er echter wel goede overeenkomsten. De eenheidsprijzen voor een damwand zijn eveneens lager in de ORBP studie. In de ORBP studie is er voor de onderhouds- en exploitatiekosten slechts 2%/jaar gerekend voor damwanden in de veronderstelling dat damwanden robuust zijn en minder onderhoud vereisen dan bijvoorbeeld gronddijken.

Op basis van de gegevens in *Tabel bijlage A - 1* is er besloten om de eenheidskosten voor stuwen en bruggen die in de ORBP-VMM studie gebruikt zijn voor deze ORBP studie aan te passen naar de kostenramingen van SSW. Voor de kostprijs van de damwanden zijn er geen aanpassingen gebeurd. De kostenramingen hebben dezelfde grootteorde. Omdat de kostprijs van een damwand sterk afhankelijk is van de lokale situatie en omdat er in de ORBP studie geen scenario's zijn met een positieve NAW waarin er damwanden gebruikt worden is er beslist om de kostenraming voor damwanden niet aan te passen.

Tabel bijlage A - 1: Overzicht van de eenheidsprijzen van maatregelen bij verschillende kostenposten voor de ORBP en SSW studie

Kostenraming Voorziene kosten Bouwkosten Investeringskosten Totale kosten

Overige

kosten

- Nader te detailleren

en indirecte kosten

Onvoorziene

kosten

Engineeringkosten Onderhoud en

exploitatiekosten

Studie SSW ORBP SSW ORBP SSW ORBP SSW ORBP SSW ORBP

Perc. [%] - - - 5 en 20 5 20 10 11.22-

8.58-6.63₃

0.75-1.5 2-5

Brug

[10³EUR]

2 610-

4 270

1 000 2 610-

4 270

1 260 2 741-

4 484

1 512 3 015-

4 932

1 612 4 620-

7 558

4 837

Stuw

[10³EUR]

10 000 400 10 000 400 10 500 400 11 550 434 17 700 1 303

Jaagpad

[EUR/m]

140 120 140 151 147 181 162 202 248 605

Dijk

[EUR/m³]

15 13-17 15 16-21 16 19-26 17 21-29 27 64-86

Damwand

[EUR/m]

6 500-

13 500

2 545 6 500-

13 500

3 206 6 825-

14 175

3 848 7 508-

15 593

4 280 11 505-

23 896

7 703

A.5 Voorbeeld kostenberekening GOG

De inrichting van een GOG is een combinatie van basismaatregelen uit verschillende maatregelenclusters. Voor een GOG worden de volgende kostenposten in rekening gebracht:

- o het aanleggen van een afsluitdijk(en);
- o het bouwen van een regelkunstwerk;
- o het aanleggen van dijk(en) ter bescherming van woningen die bedreigd worden door de aanleg van het GOG.

Bijkomend worden de kosten in rekening gebracht voor de onteigening van enerzijds de overstromingscontour met een terugkeerperiode van één jaar binnen het GOG, alsook het grondvlak van de aan te leggen dijklichamen

Onderstaand wordt elke kostenpost in detail besproken voor het voorbeeld van het GOG Kasteelmolen met vulpeil 46.0mTAW in het modelgebied van de Maarkebeek.

A.5.1 Aanleggen afsluitdijk

Bij de aanleg van een afsluitdijk wordt steeds een veiligheidsmarge van 0.5 m in rekening genomen. De kruinhoogte van de aan te leggen dijk is dus steeds 0.5m hoger dan het vooropgestelde vulpeil. In het geval van een harde waterkering wordt eerder 0.3 m gehanteerd. In Figuur bijlage A - 2 wordt een detail van de kostentool weergegeven met aanduiding van de verschillende kostenposten voor het aanleggen van de afsluitdijk.

Figuur bijlage A - 2: Detail van de kostenposten voor het aanleggen van een afsluitdijk uit de kostentool

A.5.2 Aanleggen dijk ter bescherming woning

Bij de aanleg van een dijk ter bescherming van een individuele woning worden gelijkaardige kosten in rekening genomen. In Figuur bijlage A - 3 wordt een detail van de kostentool weergegeven met aanduiding van de verschillende kostenposten voor het aanleggen van de dijk.

Figuur bijlage A - 3: Detail van de kostenposten voor het aanleggen van een dijk ter bescherming van een woning uit de kostentool

Interregionale studie van de overstromingsproblematiek in het Zennebekken

Definitieve versie WL2015R12_103_1 B8

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

A.5.3 Regelkunstwerk

De raming van de kostprijs van een beweegbare stuw vraagt een aantal parameters, die in de fase van conceptueel ontwerp niet gekend zijn. Daarom is een vaste totale kostprijs afgeleid voor een beweegbare stuw, waarin een onderscheid gemaakt wordt tussen een beweegbare stuw op een bevaarbare waterloop (47 285 000 EUR), een waterloop van 1^{ste} categorie (1 302 900 EUR) en een waterloop van 2^{de} categorie (820 500 EUR)..

Het verschil in bouwkost van een beweegbare stuw op een bevaarbare waterloop en waterlopen van 1^{ste} en 2^{de} categorie wordt gevormd door een aantal parameters. Zo is de breedte van de waterloop en dus van de structuur groter bij een bevaarbare waterloop dan bij waterlopen van 1^{ste} en 2^{de} categorie.

Daarnaast zijn beweegbare structuren op een bevaarbare waterloop complexere structuren, waardoor het gebruik van geprefabriceerde (beton)elementen minder voorkomt en de engineeringkosten hoger liggen. Daartegenover staan beweegbare stuw op een waterloop van 2^{de} categorie, waarbij eventueel gebruik kan gemaakt worden van geprefabriceerde elementen en de grotere eenvoud de engineeringkosten kan drukken.

A.5.4 Onteigening grondvlak dijk(en)

Ter bepaling van de kosten van het aankopen van het grondvlak van de dijk zijn in de kostentool regioafhankelijke

prijzen voor verschillende landgebruiksklassen beschikbaar.

In het huidige voorbeeld bestaat het landgebruik voornamelijk uit akker- en weiland. Volgens de modelsimulaties betreft het een locatie die in de huidige toestand ook reeds frequent overstroomt. Daarom is er voor gekozen om de waarde gelijk te stellen aan deze van de laagste categorie landbouwgrond.

Figuur bijlage A - 4: Detail van de onteigening van het grondvlak van een dijk uit de kostentool

A.5.5 Overige kosten

De overige kosten zijn bepaald zoals beschreven in §A.2.3 en §A.2.4. De som van de totale investeringskost en de toekomstige onderhouds- en exploitatiekost geeft de totale kostprijs, die weergegeven wordt in de ORBP rapportering.

Waterbouwkundig Laboratorium

Flanders Hydraulics Research

Berchemlei 115
B-2140 Antwerpen
Tel. +32 (0)3 224 60 35
Fax +32 (0)3 224 60 36
E-mail: waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be
www.waterbouwkundiglaboratorium.be