

DECISION SUPPORT TOOL GRENSMAAS

Ontwikkeling van een DST-prototype ter ondersteuning van
doelstellingen Hoogwaterveiligheid en Natuurontwikkeling in de
Gemeenschappelijke Maas

Alexander Van Braeckel & Merlijn Jocque

EMFloodResilience

INTERREG Euregio Maas-Rijn | Project No. EMR228

Auteurs:

Alexander Van Braeckel, Merlijn Jocque
Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

Reviewers:

Amber Mertens, Erika Van den Bergh, Gunther Van Ryckegem

Het INBO is het onafhankelijk onderzoeksinstituut van de Vlaamse overheid dat via toegepast wetenschappelijk onderzoek, data- en kennisontsluiting het biodiversiteitsbeleid en -beheer onderbouwt en evalueert.

Vestiging:

Herman Teirlinckgebouw
INBO Brussel
Havenlaan 88, 1000 Brussel
vlaanderen.be/inbo

e-mail:

alexander.vanbraeckel@inbo.be

Wijze van citeren:

Van Braeckel A. & Jocque M. (2023). Decision Support Tool Grensmaas. Ontwikkeling van een DST-prototype ter ondersteuning van doelstellingen Hoogwaterveiligheid en Natuurontwikkeling in de Gemeenschappelijke Maas. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2023 (54). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
DOI: doi.org/10.21436/inbor.100191213

D/2023/3241/423

Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2023 (54)

ISSN: 1782-9054

Verantwoordelijke uitgever:

Hilde Eggermont

Fotocover:

Ooibossen binnen de Grensmaas scheiden de stroombanen tijdens het hoogwater van juli 2021 - @Yves Adams-Vildaphoto

The EMFloodResilience project is being carried out within the context of Interreg V-A Euregio Meuse-Rhine and is 90% funded from the European Regional Development Fund.



Dit werk valt onder een Creative Commons Naamsvermelding-GelijkDelen 4.0 Internationaal-licentie.

Decorative geometric shapes in blue and yellow triangles are located in the bottom-left corner of the page.

DECISION SUPPORT TOOL GRENSMAAS
Ontwikkeling van een DST-prototype ter
ondersteuning van doelstellingen
Hoogwaterveiligheid en Natuurontwikkeling in de
Gemeenschappelijke Maas

Alexander Van Braeckel & Merlijn Jocque

doi.org/10.21436/inbor.100191213

Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2023 (54)





Dankwoord/Voorwoord

We willen graag onze dank uitspreken aan de directe Interreg-partners van Rijkswaterstaat met speciale dank aan Robert Slomp, Martijn Antheunisse en Frank Collas, maar ook de collega's Roy Frings, Siebolt Folkertsma, Klaartje Giesberts, Lyke Bosma,...; De Vlaamse Waterweg nv met o.a. Joke Verstraelen, Bert Soors,... om mee dit INTERREG project te mogen uitwerken.

Dank aan geassocieerde partner Agentschap Natuur en Bos met Katleen Vandenbergh en Liesbet Van Laer voor hun waardevolle bijdragen en ondersteuning met Ecodyn-input uit hun vorige project.

Dank aan alle partners uit het natuurveld, de natuurbeheerders, het Rivierpark Maasvallei van Regionaal Landschap Kempen en Maasland met o.a. Katrien, Regina, Ruben, Margriet,...; Natuurmonumenten met o.a. Rob vS, Rob G., Ward, Gaby, ...; Staatsbosbeheer met Pascal, Guido, John, Kay, ...; Natuurpunt met Esther, Bertie,...; Stichting Limburgs Landschap met Frans, Sophie; ARK met Hettie, Ykelien,... voor hun waardevolle input, toetsing aan het veld en ondersteuning.

Ook dank aan alle experts en andere spelers in de Gemeenschappelijke Maas zoals het Maas in Beeld-team Kris en Gijs, Ron, Alphons, Pepijn - WWF, Joshua - Radboud Universiteit Nijmegen, Sofie - Thomas Moore, Vlaamse Landmaatschappij met o.a. Lien, Edith of geïnteresseerden uit andere riviersystemen zoals Valère, Nelson, Yanick van het Semois Nationaal Park voor hun waardevolle input.

Als laatste willen we het Waterschap Limburg en al de andere Interreg-partners bedanken en specifiek John, Sven, Charles, Marc en Wouter voor de organisatie.

Samenvatting

De Grensmaas of Gemeenschappelijke Maas, die in 2021 te maken kreeg met overstromingen, benadrukt de dynamische relatie tussen mens en natuur. Dit voorval onderstreept het belang van maatregelen voor hoogwaterbeveiliging in combinatie met het behoud van de natuur.

Al sinds de jaren '90 bestaat een spanningsveld tussen overstromingsrisico's en natuurlijke ontwikkeling van het rivierecosysteem. Dit heeft geleid tot beleidsinitiatieven zoals 'Levende Grensmaas' en 'Groen voor Grind', die zich inzetten voor het combineren van natuurontwikkeling met maatregelen voor hoogwaterbeheersing. Door het ontbreken van een goede ruimtelijke koppeling in deze grensoverschrijdende context zijn beslissingsondersteunende tools (DST's) een grote meerwaarde om de complexe besluitvormingsprocessen te faciliteren, met als doel een balans te vinden tussen deze twee prioriteiten.

In het kader van het INTERREG EMFloodResilience project, richt deze studie zich op de ontwikkeling van een Decision Support Tool (DST) rond hoogwaterveiligheid en natuurontwikkeling in de Grensmaas. Het DST zal opereren vanuit een raamwerk gebaseerd op de huidige Nederlandse en Belgische wetgeving over waterbeheer, natuurbescherming en hoogwaterveiligheid. Het DST omvat niet alleen bestaande gegevens, maar integreert ook nieuwe datalagen die speciaal zijn ontworpen om relevante informatie te verschaffen. Deze nieuwe lagen houden rekening met aspecten van waterveiligheid, zoals de hoogteverschillen tussen de dijkkruin en extreme hoogwaterstanden, stroombanen, en de identificatie van functioneel bos als natuurgebaseerde oplossing. Dat biedt voordelen zoals golfdemping voor dijkenbescherming en het geleiden van hoogwaterstromen. Verder is nieuwe informatie ingebracht over de actuele natuurwaarde van het gebied en zijn de mogelijke standplaatsen van bossen, graslanden en pionierhabitats geëvalueerd met behulp van het ECODYN-model.

De ontwikkeling van het Decision Support Tool (DST) prototype voor de Grensmaas gebeurde in drie stappen: een initiële situatieanalyse, de ontwikkeling van het concept, en de evaluatie door middel van casestudies. Deze ontwikkeling kwam tot stand door een intensieve samenwerking tussen verschillende partners, waaronder natuurbeheerders, rivierbeheerders en dijkbeheerders, en met bijdragen van diverse experts. Dit resulteerde in het creëren van een Regionaal Activiteiten Diagram en een Kwalitatief Systeem Diagram, die beide de dynamiek tussen hoogwaterveiligheid en natuurontwikkeling in beeld brengen. Het DST-prototype is ontworpen om besluitvorming te ondersteunen rondom hoogwaterveiligheid en natuurontwikkeling, en bevat scenario's die natuurlijke successie, extensieve begrazing en hooibeheer over periodes van 10 en 50 jaar simuleren. Dit instrument biedt gebruikers waardevolle inzichten in toekomstige ontwikkelingen en assisteert bij het maken van goed onderbouwde beheerbeslissingen.

Het DST-prototype voor de Grensmaas belicht de complexiteit van regionale activiteiten en concentreert zich binnen dit project op een specifiek segment daarvan. Dit prototype kent verschillende sterke punten, zoals duidelijke doelstellingen en een reeks van diverse scenario's, maar wordt ook beperkt door zijn afhankelijkheid van modelgegevens en een beperkte capaciteit voor beslissingsondersteuning. Voor verdere verfijning en ontwikkeling is een flexibele, *agile* aanpak nodig. Daarbij speelt de feedback van stakeholders een cruciale rol. Deze aanpak moet gericht zijn op consensusvorming en het integratie van diverse doelstellingen. Een belangrijk aspect van de verdere ontwikkeling is dat het DST toegankelijk moet zijn en voorzien van real-time gegevens en een gebruikersvriendelijke interface. Daarnaast is het oprichten van



een gecentraliseerd beslissingsondersteunend punt essentieel, vooral voor het beheren en delen van grensoverschrijdende data.

Het is haalbaar om doelstellingen op het gebied van hoogwaterveiligheid en natuurontwikkeling te integreren. Daarbij zijn effectieve communicatie en samenwerking tussen betrokken partijen van essentieel belang. Het gebruik van natuurgebaseerde oplossingen en de creatie van multifunctionele ontwerpen kunnen een sleutelrol spelen in het vinden van een evenwicht tussen deze doelstellingen. Daarnaast zijn onderzoek en het vergroten van bewustzijn cruciale factoren voor het succesvol samenvoegen van natuurontwikkeling met overstromingsrisicobeheer.

Summary

The Border Meuse or Common Meuse, which faced flooding in 2021, highlights the dynamic relationship between humans and nature. This incident underscores the importance of measures for flood protection and preservation of nature. Conflicts between flood risks and natural development have existed since the 1990s. This has led to policy initiatives such as 'Levende Grensmaas' and 'Groen voor Grind', which has put effort into the integration of nature conservation with flood risk management measures. Decision Support Tools (DSTs) play an essential role in facilitating complex decision-making processes in this area, aiming to find a balance between these two priorities.

In the context of the INTERREG EMFloodResilience project, this study focuses on the development of a DST regarding flood safety and nature development in the Common Meuse. The DST will operate within a framework based on current Dutch and Belgian/Flemish legislation on water management, nature conservation and flood safety. The DST includes not only existing data but also integrates new data layers specifically designed to provide relevant information. These new layers take into account aspects of water safety, such as the height differences between the dike crown and extreme high water levels, stream flow paths, and the identification of functional forests as nature based solutions. That offers benefits such as damping waves for dike protection and guiding high water stream flows. Additionally, new information has been introduced about current natural value of the area, and potentials of forests, grasslands, and pioneer habitats have been evaluated using the ECODYN model.

The development of the prototype of the Decision Support Tool (DST) for the Common Meuse took place in three steps: an initial situation analysis, development of the concept, and evaluation through case studies. This development was achieved through intensive collaboration between various partners, including nature managers, river managers, and dike managers, and with contributions from various experts. This has resulted in the creation of a Regional Activities Diagram (RAD) and a Qualitative System Diagram (QSD), both of which illustrate the dynamics between flood safety and nature development. The DST prototype is designed to support decision-making around flood safety and nature development and includes scenarios that simulate natural succession, extensive grazing, and hay management over periods of 10 and 50 years. This tool provides users with valuable insights into future developments and assists in making well-founded management decisions.

The prototype of the Decision Support Tool (DST) for the Common Meuse highlights the complexity of regional activities and focuses on one specific segment. This prototype has several strengths, such as clear objectives and a range of diverse scenarios, but is also limited by its dependence on model data and limited decision support capacity. For further refinement and development, a flexible, agile approach is needed, where feedback from stakeholders plays a crucial role. This approach should be aimed at consensus building and integrating diverse objectives. An important aspect of further development is that the DST must be accessible, equipped with real-time data, and a user-friendly interface. In addition, the establishment of a centralized decision support point is essential, especially for managing and sharing cross-border data.

It is feasible to integrate objectives in the field of flood safety and nature development, where effective communication and collaboration between involved parties are essential. The use of nature based solutions and the creation of multifunctional designs can play a key role in finding a balance between these objectives. In addition, research and increasing awareness are crucial factors for successful merging of nature development with flood risk management.

Aanbevelingen voor beheer en beleid

De aanbevelingen voor beheer en beleid zijn gericht op het verzoenen van de doelstellingen voor hoogwaterveiligheid en natuurontwikkeling. Enkele sleutelpunten uit deze aanbevelingen zijn:

1. Het primaire doel van het voorgestelde Decision Support Tool (DST) prototype is het **integreren van beschikbare data** en deze te visualiseren op een eenvoudige grensoverschrijdende manier zodat ze bijdragen tot het nemen van geïnformeerde beslissingen voor het natuurherstel, -ontwikkeling en hoogwaterbeheer binnen het RivierPark Maasvallei. Het valt aan te bevelen dat verdere initiatieven worden ontwikkeld die beschikbare data en expertise in overstromingsbeheer en ecologie bij elkaar brengen, de gegevens online vrij beschikbaar stellen, gemakkelijk toegankelijk te maken en up to date houden.
2. Het is cruciaal om **effectieve communicatie** tussen alle betrokken partijen te bevorderen. Dit betekent het ontwikkelen van een diepgaand begrip van elkaars doelen en belangen. Betere communicatie tussen de betrokken partijen leidt tot betere samenwerking en kennisdeling. Dat is essentieel voor het creëren van een gezamenlijke en breed gedragen visie op de ontwikkeling van het RivierPark Maasvallei. Het voorgestelde DST prototype kan een eerste stap zijn. Deze DST-tool kan gebruikt worden om tot een gezamenlijk gedragen vegetatiebeheer te komen dat als een belangrijke beleidsprioriteit van de Vlaams Nederlandse Bilaterale Maascommissie naar voor wordt geschoven.
3. **Hoogwaterveiligheid** waarborgen en **natuurontwikkeling** kunnen **samengaan**. Het huidige DST-prototype geeft aan waar **bossen functioneel** als natuurgebaseerde oplossing zouden kunnen ingezet worden om windgolven af te zwakken en zo de levensduur van dijken te verhogen en de stroomgeleiding te verbeteren.
4. Het gebruik van **multifunctionele ontwerpen**, zoals innovatieve dijken maar ook weerd- en oeververlagingen die natuurontwikkeling ondersteunen, kan een impactvol element zijn in overstromingsrisicobeheerstrategieën. Inclusie van flauwe hellingen, steilranden en habitatniches in het ontwerp kan de ontwikkeling van diverse planten- en dierenpopulaties faciliteren.
5. Bijkomend onderzoek naar de integratie van natuurontwikkeling en natuurgebaseerde oplossing in overstromingsbeheerstrategieën kan bijdragen aan effectievere oplossingen en kan het publieke bewustzijn vergroten over de voordelen van deze benadering. Het **informerend van het publiek over de rol van natuurlijke ecosystemen** in het vergroten van veerkracht en het verminderen van overstromingsrisico's kan leiden tot meer draagvlak en acceptatie van maatregelen die zowel veiligheid als natuurlijke omgeving bevorderen.
6. **Verdere uitwerking** van het prototype van het DST voor de **Grensmaas** moet gebeuren in **samenwerking met** alle partners van beide landen:
 - rivier- en dijkbeheerders Rijkswaterstaat, Waterschap Limburg, De Vlaamse Waterweg,
 - natuurbeleid: Agentschap Natuur en Bos en de Nederlandse Provincie Limburg,
 - natuurbeheerders: Natuurmonumenten, Natuurpunt, Staatsbosbeheer, Stichting Limburgs Landschap, ARK,...

Samen kunnen meer gedragen argumenten gemakkelijk uitgewisseld worden. Bovendien is er een scala aan aanvullende onderwerpen die onderzocht en geïntegreerd kunnen worden, zoals de interactie tussen recreatie en natuurbehoud, onder andere.

1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 26



4.2.4	Gebruiksvriendelijkheid	76
4.2.5	Veiligheid en Privacy	76
5	Discussie	77
5.1	Algemeen	77
5.2	Grensmaas activiteiten.....	78
5.3	DST prototype evaluatie.....	78
5.3.1	Algemeen	78
5.3.2	Sterktes prototype DST	78
5.3.2.1	Duidelijk gedefinieerde doelen	78
5.3.2.2	Identificeren van alternatieven.....	78
5.3.3	Tekortkomingen prototype DST.....	79
5.3.3.1	Algemeen	79
5.3.3.2	Tekortkomingen van gebruikte modellen	79
5.3.3.3	Beperkte beslissingsondersteuning	79
5.3.3.4	Data (real-time en beschikbaarheid).....	79
5.3.3.5	Betrokkenheid van belanghebbenden	80
5.3.3.6	Onduidelijke criteria.....	80
5.4	Volgende stappen uitwerking DST	80
5.4.1	Algemeen	80
5.4.2	Optimalisaties van de onderdelen	81
5.4.2.1	Dijkhoogwatermarge.....	81
5.4.2.2	Strijk lengte	81
5.4.2.3	Functioneel bos als stroomgeleider	82
5.4.2.4	Functioneel bos als golfdemper	82
5.4.2.5	Natuurpotentiekaart	82
5.4.3	Toekomstige modules in het DST.....	83
5.5	Toekomstig gebruik als een grensoverschrijdende beslissingsondersteunende toepassing	84
5.6	Aanbevelingen om de doelstellingen van veiligheid en natuurlijkheid te verzoenen	84
6	Conclusies.....	86
	Referenties	87
	Bijlagen	90
1.	Workshops ‘Op weg naar een ruimtelijke afwegingstool DST-prototype ter ondersteuning van doelstellingen hoogwaterveiligheid en natuurlijkheid’	90
1.1.	DST-workshop Allier (Moulins, France, 23 – 27 May 2023).....	90
1.2.	DST-workshop Maastricht (1 June 2023).....	93
1.3.	Resultaten workshop Allier & Maastricht	94
2.	Workshops Aftoetsen van DST-argumenten rond waterveiligheid en natuur’	95
////////////////////////////////////		

2.1. verslag ECODYN & DST-Veldbezoek Hochter Bampd beheerdersoverleg en aftoetsen DST-kaarten in het veld (25 september 2023) 95

2.2. Workshop Impact hoogwater op de natuur van de Grensmaas: data, impact en tools (19 oktober 2023, Maastricht) 96

////////////////////////////////////



Figuur 3.20 Rivierzonering in de Grensmaas op basis van de ECODYN fysiotoopmodule in het Actueel Ontwerp (AO) in België en Nederland.	52
Figuur 3.21 Fysiotopen in de Grensmaas op basis van de ECODYN fysiotoopmodule in het Actueel Ontwerp (AO) in België en Nederland.	53
Figuur 3.22 Fysiotopen in de Grensmaas na een hoogwater van 3000 m ³ /s op basis van de ECODYN fysiotoopmodule in het Actueel Ontwerp (AO) in België en Nederland.	54
Figuur 3.23 Verwachte struweel- en bosontwikkeling (ha) in de rivierbed- en bankzone van het stroomvoerende deel van de Grensmaas op basis van de ECODYN bosmodule in het Actueel Ontwerp (AO) in België en Nederland (modelonzekerheid groter gestuwd riviertraject).	56
Figuur 3.24 Potenties voor boscotopen in het stroombergend deel in het Gemeenschappelijke Maasgebied op basis van de ECODYN modelresultaten in het Actueel Ontwerp (AO).	57
Figuur 3.25 Potenties voor graslandecotopen in het Gemeenschappelijke Maasgebied op basis van de ECODYN modelresultaten in het Actueel Ontwerp (AO).	59
Figuur 3.26 Potenties voor pionierecotopen in het Gemeenschappelijke Maasgebied op basis van de ECODYN modelresultaten in het Actueel Ontwerp (AO).	61
Figuur 3.27 Verwachte ontwikkeling van vegetatiestructuur in het ongestuwde deel van de Gemeenschappelijke Maas onder extensief begrazingsbeheer met runderen en paarden volgens de ECODYN begrazingsmodule voor alle natuurbestemmingsgebieden in het Actueel Ontwerp (AO) na 10 jaar (A) en 50 jaar (B).	63
Figuur 3.28 Vegetatiestructuur in het ongestuwde deel van de Gemeenschappelijke Maas onder hooilandbeheer in het stroombergend deel voor alle natuurbestemmingsgebieden in het Actueel Ontwerp (AO).	65
Figuur 4.1 Schematisch overzicht van alle activiteiten in de Gemeenschappelijke Maas in een Regionaal Activiteiten Diagram.	66
Figuur 4.2 Kwalitatief Systeem Diagram omtrent de relatie tussen hoogwaterveiligheid en natuurontwikkeling als basis voor de ontwikkeling van het prototype DST ter ondersteuning van beslissingsneming omtrent beheer voor terreinen in de Grensmaas.	67
Figuur 4.3 Conceptbasis DST prototype voor de Grensmaas	69
Figuur 4.4 DST prototype structuur gemaakt ter ondersteuning van beheer beslissingen voor terreinen in de Grensmaas. Vertrekkende van een bepaald gebied, kunnen in verscheidene beheer en temporele scenario's datalagen uit verschillende modules toegevoegd worden om de huidige en de te verwachten situatie beter in te schatten en een geïnformeerde beslissing te nemen naar ingrepen en beheer toe.	69
Figuur 4.5 Struweel en bospotenties bij extensieve begrazing na 50 jaar, berekend met ECODYN, evenals aanduiding van drie stroombanen (Z1-Z3) waar bos verwijderd moet worden.	73
Figuur 4.6 Op basis van hoogwaterveiligheidsaspecten, huidige natuurwaarde, natuurpotenties komen als belangrijkste Vlaamse zoekzones voor lange termijn boskernen uit op het gebied Negenoord-Kerkeweerd en Hochter Bampd.	74
Figuur 4.7 Huidige natuurwaarde en hoogwaterveiligheid bijdrage van de bossen van Hochter Bampd.	75
Figuur 5.1 DST Grensmaas/Gemeenschappelijke Maas prototype met verschillende toekomstige modules	83
Figuur B1 Weergave inputresultaten die leiden tot Regionaal Activiteiten Diagram Gemeenschappelijke Maas	92
Figuur B2 Weergave samenvattende tabel van de inputresultaten uit beide DST-input workshops die leiden tot Regionaal Activiteiten Diagram Gemeenschappelijke Maas.	94

Foto 2.1 Zachthout- en hardhoutooibos ontwikkeling in Meers tijdens het hoogwater 17 juli 2021 (©Vildaphoto Yves Adams).	16
Foto B1 Workshop 1 - DST Concept base (step 1), brainstorming with stakeholders (Allier) in one of two discussion groups.	91
Foto B2 Workshop 2 – OP WEG NAAR EEN RUIMTELIJKE AFWEGINGSTOOL DST-PROTOTYPE), brainstorm met experts, rivier- en dijkbeheerders, natuurbeheerders en -beleids mensen; presentatie en discussie.	93

Lijst van tabellen

Tabel 4.1 Overzicht van de beschikbare informatielagen die als kaart (●) of in tabelvorm (T) beschikbaar zijn) voor de verschillende scenario's in het DST prototype omtrent hoogwaterveiligheid en natuurwaarde.	70
Tabel 4.2 Struweel en bosoppervlaktepotenties onder begrazing met toenemend oppervlak waar houtigen verwijderd worden binnen ongestuwde deel van de Grensmaas	72



1 INLEIDING

1.1 ALGEMEEN

De Grensmaas, een uniek en dynamisch rivierlandschap, staat symbool voor de voortdurende wisselwerking tussen mens en natuur. De catastrofale overstromingen in Europa van juli 2021, hebben de kwetsbaarheid van het gebied onderstreept en de discussie over hoogwaterveiligheid en natuurbehoud opnieuw aangewakkerd. De reactie op deze tragische gebeurtenissen is een hernieuwde inzet om de Grensmaas te laten terugkeren naar een meer natuurlijke rivierdynamiek.

Centraal in deze discussie staat het belang van hoogwaterveiligheid (zie onder andere vorige studies zoals Van Braeckel & Van Looy 2004, Van Braeckel & Jocque 2023, etc.). De discussie rondom conflicterende belangen van overstromingsveiligheid en de behoefte aan een meer natuurlijke ontwikkeling van vegetatie speelt al sinds de hoge rivierafvoeren in 1993/1995. In 1994 is voor het Vlaamse deel van de Maasvallei het ruimtelijk concept 'Levende Grensmaas' ontwikkeld, dat een natuurlijkere rivier met meer contact tussen de rivier en haar vallei vooropstelt. De voornaamste doelen van dit concept omvatten natuurontwikkeling en rivierherstel gekoppeld aan een verhoogde hoogwaterbescherming. Voor het Nederlandse deel van de Maasvallei werd reeds in 1990 het concept 'Groen voor Grind' gelanceerd en is in het voorjaar 2007 een definitief Grensmaasplan vastgesteld. Voor het Vlaamse deel heeft de Vlaamse regering in mei 2001 de nodige wijzigingen in het Gewestplan Maasland goedgekeurd. Destijds is ook gesproken over het reserveren van ruimte voor natuurlijke vegetatie in de berekening van ontwerpwaterstanden, maar dit voorstel is nooit vastgelegd. Sindsdien zijn verschillende beleidswijzigingen en maatregelen genomen, zoals het "Ruimte voor de Rivier"-programma, om de waterstanden te verlagen en de ontwikkeling van de uiterwaarden te bevorderen. Deze ontwikkelingen hebben geleid tot een toename van vegetatie in het gebied, wat op zijn beurt invloed heeft op de waterstanden.

De complexe situatie met conflicterende belangen van overstromingsrisicobeheer en natuurontwikkeling maken het voor natuurbeheerders vaak moeilijk om beslissingen naar beheer te nemen. Voor hen is het beheer van het landschap een uitdagende taak waarbij enerzijds rekening gehouden moet worden met noodzakelijke zaken (bvb. hoogwaterveiligheid) en anderzijds afwegingen gemaakt moeten worden naar onder andere natuurwaarden voor specifieke soorten en/of habitats. Bijvoorbeeld, bij de ontwikkeling van het landschap kunnen specifieke soorten, zoals de kwartelkoning, of bepaalde habitats, zoals alluviale bossen, als prioriteit worden gesteld om bij te dragen aan de overleving van deze soort in de Grensmaasvallei en bij het behalen van natuurdoelstellingen en het voldoen aan Europese natuurbehoudsdoelstellingen. Beheer ter behoud en bevordering van deze specifieke soorten en habitats hebben consequenties naar andere soorten en habitat en mogelijks ook de hoogwaterveiligheid.

Gebiedsbeheerders staan voor complexe uitdagingen, waarbij ze verschillende belangen en doelstellingen moeten afwegen en het grote aanbod aan informatie efficiënt kunnen gebruiken om tot een ondersteunde beslissing te komen. Een beslissingsondersteunende tool (DST) kan een waardevol instrument zijn om de beschikbare informatie op een gestructureerde manier aan te bieden, zodat gebiedsbeheerders verschillende opties kunnen afwegen en de juiste beslissingen nemen. Door het gebruik van een DST kunnen verschillende scenario's worden

geëvalueerd en kan worden bepaald welke maatregelen het meest effectief zijn voor zowel overstromingsrisicobeheer als natuurontwikkeling.

1.2 DSS/DST

Met het voortdurend groeiende aanbod van informatie en de complexiteit en onzekerheid waarmee organisaties en beleidsmakers worden geconfronteerd, wordt het steeds belangrijker om besluitvormingsprocessen te ondersteunen met geavanceerde technologieën en instrumenten. Decision Support Systems (DSS) en Decision Support Tools (DST) spelen een cruciale rol in dit streven naar effectieve besluitvorming (Sprague & Watson 1986, Turban et al. 2004).

Decision Support System (DSS) verwijst naar geïntegreerde informatiesystemen die gegevens, modellen en analytische technieken combineren om besluitvormers te voorzien van waardevolle inzichten en aanbevelingen. Deze systemen zijn ontworpen om de complexiteit van het besluitvormingsproces te verminderen en de efficiëntie en effectiviteit ervan te verbeteren. Een DSS wordt gebruikt om drie niveaus van hardware/software aan te duiden die variëren in mogelijkheden en daardoor verschillende doelen en taken hebben (Sprague & Watson, 1986). Elk DSS biedt de middelen om complexe problemen te begrijpen en op te lossen. Het eerste niveau is het Specifiek DSS. Dit is het systeem waarmee gebruikers een taak kunnen uitvoeren die verband houdt met een set van onderling verbonden problemen door het nodige werk te verrichten, zoals een gegevensverzamelingsprogramma (Sprague & Watson, 1986). Het tweede niveau van DSS-technologieën is de DSS-generator, die de mogelijkheid heeft om een specifiek DSS op te bouwen met behulp van een platform van hardware en software (Sprague & Watson, 1986). Het derde en laatste deel zijn DSS- of DST-tools. DST's zijn specifieke softwaretoepassingen of tools die gebruikers toegang geven tot modellen, scenario-analyses en simulaties, waardoor ze inzicht krijgen in de mogelijke resultaten en de impact van verschillende opties. Voor de Grensmaas mikken we om deze laatste toe te passen.

1.3 DST VOOR GRENSMAAS

In 2021 heeft de Vlaams Nederlandse Bilaterale Maascommissie (VNBM) opdracht gegeven voor twee evaluaties: de ene gericht op waterveiligheid (Meijer & Agtersloot 2020) en de andere op de natuurontwikkelingsdoelen (Van Braeckel & Jocque 2023). Deze twee evaluaties lieten mogelijke conflictpunten zien tussen natuurontwikkelingsdoelen en waterveiligheidsdoelen en hebben aangetoond dat er een gemeenschappelijke aanpak en taal nodig is tussen waterbeheerders en natuurbeheerders. Een DST kan dienen als een brug tussen deze verschillende belanghebbenden, waarbij het helpt om de complexiteit van de situatie te begrijpen, informatie te structureren en de besluitvorming te ondersteunen. Door gezamenlijk gebruik te maken van een DST kunnen waterbeheerders en natuurbeheerders tot weloverwogen beslissingen komen die zowel de veiligheid als de natuurontwikkeling langs de Grensmaas ten goede komen.

Dit project maakt deel uit van het Interreg-project EMFloodResilience, dat zich richt op het onderzoeken van de impact van de overstromingen in 2021 en het ontwikkelen van strategieën om ons beter voor te bereiden op toekomstige extreme hoogwatergebeurtenissen.

2 DOEL

Dit rapport legt de grondslag voor het ontwikkelen van een prototype van een Decision Support Tool (DST), speciaal ontworpen voor het beheer van terreinen langs de Grensmaas of Gemeenschappelijke Maas. Het richt zich voornamelijk op de doelstellingen van hoogwaterbescherming en natuurontwikkeling. De kerngedachte van gebiedsgericht beheer in dit rapport is het nastreven van zoveel mogelijk win-win situaties voor alle betrokken partijen.

In dit rapport analyseren we de voordelen, uitdagingen en de diverse toepassingsmogelijkheden van het DST-prototype. Daarnaast presenteren we enkele concrete praktijkvoorbeelden die de bijdrage van het DST aan verbeterde besluitvormingsprocessen en het realiseren van duurzame en meer doelgerichte uitkomsten belichten. Dit document markeert de initiële fase van het DST en dient voornamelijk als basis voor productieve gesprekken tussen waterbeheerders, beheerders van natuurgebieden en andere betrokken partijen. Het doel is om gezamenlijk te werken aan een breed gedragen beheerstrategie voor de Grensmaasvallei.

Foto 2.1 Zachthout- en hardhoutoobos ontwikkeling in Meers tijdens het hoogwater 17 juli 2021



(©Vildaphoto Yves Adams).

3 CONTEXT EN BOUWSTENEN VOOR DST IN DE GRENSMAAS

In dit hoofdstuk schetsen we kort het studiegebied (3.1), bespreken we de wettelijke kaders waarin het DST prototype ontwikkeld is (3.2), evenals de bijhorende ontwikkelingsdoelen voor hoogwaterveiligheid en natuur (3.3), overlopen we wat de beschikbare data voor gebruik (3.4) en welke data specifiek voor dit project gegenereerd werden en op welke manier (3.5).

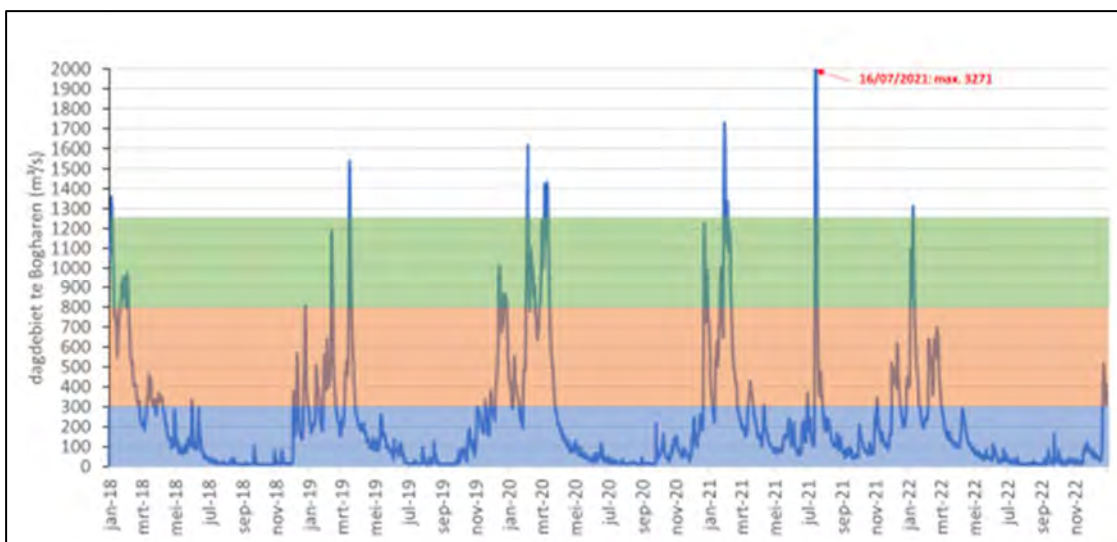
3.1 STUDIEGEBIED

De Grensmaas of Gemeenschappelijke Maas, het studiegebied, is een 47 km lang onbevaarbaar deel van de Maas dat stroomt van Lanaken en Borgharen (Bosscherveld) naar Kessenich en Thorn (Wessem) en de grens vormt tussen België (Belgisch Limburg) en Nederland (Nederlands Limburg) (Figuur 3.1).

Het ongestuwde deel loopt tot Kinrooi (Klauwenhof), het gestuwde stroomafwaarts hiervan tot in Thorn. De Grensmaas is uniek omdat het de enige grindrivier in de lage landen is. Door het regenrivierkarakter kunnen de waterafvoeren sterk variëren, met lage afvoeren van 10 m³/s tijdens droge perioden, jaarlijkse hoge winterafvoeren boven de 1500m³/s en uitzonderlijk extreme hoogwaterafvoeren van wel meer dan 3.000 m³/s zoals in juli 2021 (Figuur 3.2). Deze omstandigheden zorgen voor het transport van grote hoeveelheden grind en zand. De rivier heeft hier een grotendeels natuurlijke regenafhankelijke overstromingsdynamiek en stroomt door een breed dal met onder andere hardhoutoobossen, zachthoutoobossen, éénjarige plantengemeenschappen op voedselrijke sliboevers van dynamische rivieren en voedselrijke soortenrijke ruigtes langs waterlopen. Deze habitats hebben specifieke kenmerkende planten- en diersoorten, kensoorten voor de Maasvallei maar ook een aantal kwetsbare en zeldzame planten- en diersoorten. Zowel in [Nederland](#) als in [België](#) staat de Grensmaas op de lijst van de Natura 2000-gebieden.



Figuur 3.1 Het studiegebied omvat het ongestuwde deel van de Grensmaas of 'Gemeenschappelijke Maas' dat stroomt van Lanaken en Maastricht (Bosscherveld) tot Kinrooi en Maaseik (Klauwenhof) (www.rivierparkmaasvallei.eu).



Figuur 3.2 Gemiddeld dagdebiet te Borgharen (m³/s, bron: RWS) met de opeenvolgende rivierzones van onder naar boven rivierbedzone (blauw), lage oeverzone (oranje), lage (groen) en hoge weerd.

In de loop van de laatste 150 jaar gingen heel wat natuurlijke biotopen verloren door rivierafsnijdingen en intensivering van het landgebruik (Van Looy 2003). De intense neerslag van 1993 en 1995 veroorzaakten forse overstromingen met flinke schade tot gevolg. Dat leidde tot een reeks van initiatieven met als hoofddoel het risico op overstromingen verkleinen. Een reeks van parallelle initiatieven langs Vlaamse en Nederlandse zijde streven sinds de jaren negentig naar herstel van de natuurlijke rivierdynamiek, met meer contact tussen de rivier en haar vallei. Het herstellen van de rivierdynamiek gaat samen met de aanleg van grote oppervlakten nieuwe natuur waarbij gekeken wordt hoe dit best te combineren met de exploitatie van grind als grondstof voor de nationale behoefte aan beton voor de bouwsector. De overstromingen van juli 2021 bevestigden de nood aan meer ruimte voor de rivier, voldoende sediment voor de rivier en een natuurlijke rivierdynamiek.

3.2 WETTELIJKE KADERS IN DE GEMEENSCHAPPELIJKE MAAS

3.2.1 Nederland

Het waterkwaliteitsbeheer is op nationaal niveau wettelijk geregeld in de Wet verontreiniging oppervlaktewateren, de Wet verontreiniging zeewater, de Wet milieubeheer en de Wet bodembescherming. Naast het kwaliteitsbeheer is de beheersing van de hoeveelheid oppervlaktewater van belang. Dit waterkwantiteitbeheer is vooral geregeld in de Wet op de waterhuishouding.

3.2.1.1 Natuurbeschermingswet

De "[Wet natuurbescherming](#)", die op 1 januari 2017 in Nederland in werking trad, voorziet in de bescherming van natuurgebieden, planten en dieren. Deze wet reguleert de aanwijzing en bescherming van Natura 2000-gebieden en stelt specifieke regels op voor de bescherming van bepaalde plant- en diersoorten. Activiteiten die schade kunnen veroorzaken aan deze soorten zijn onder bepaalde omstandigheden verboden. Daarnaast bevat de wet bepalingen over de bescherming van bomen en bossen en stelt het voorwaarden voor het kappen ervan. Ook worden er voorwaarden beschreven waaronder jacht is toegestaan en hoe schade veroorzaakt door beschermde diersoorten kan worden bestreden. Tot slot worden in de wet de taken en bevoegdheden van overheidsinstanties bij de uitvoering en handhaving uiteengezet, evenals de sancties bij overtredingen.

3.2.1.2 Wet op de Ruimtelijke Ordening (WRO)

De [“Wet op de ruimtelijke ordening \(Wro\)”](#) stelt regels voor de ruimtelijke ordening in Nederland. De wet is in werking getreden op 1 juli 2008. De Wro bevat bepalingen over de ruimtelijke ontwikkeling van gebieden, de inrichting van de ruimte en de bescherming van het milieu en het landschap. De wet legt de verantwoordelijkheid voor de ruimtelijke ordening bij de gemeenten, provincies en het Rijk. Elk van deze overheden heeft zijn eigen taken en bevoegdheden op het gebied van ruimtelijke ordening. De Wro voorziet in verschillende instrumenten voor ruimtelijke ordening, zoals bestemmingsplannen, inpassingsplannen en structuurvisies. Bestemmingsplannen zijn plannen van gemeenten waarin de bestemming van gronden wordt vastgelegd. Inpassingsplannen zijn plannen van het Rijk of de provincie die voorrang hebben boven bestemmingsplannen. Structuurvisies geven de grote lijnen van de ruimtelijke ontwikkeling weer. De wet bevat ook regels voor de procedure van het opstellen, wijzigen en vaststellen van deze plannen. Zo moeten bestemmingsplannen elke tien jaar worden herzien. Ook zijn er regels voor inspraak en beroep bij de vaststelling van plannen. De Wro heeft als doel om een evenwichtige en duurzame ruimtelijke ontwikkeling te bevorderen. Hierbij wordt rekening gehouden met de belangen van bewoners, bedrijven, overheden en andere belanghebbenden. De wet streeft naar een goede balans tussen de verschillende functies van de ruimte, zoals wonen, werken, recreatie en natuur.

3.2.1.3 Waterwet

De Nederlandse Waterwet, die in werking trad op 22 december 2009, is gericht op het duurzaam beheren van oppervlaktewater en grondwater en streeft naar een betere samenhang tussen waterbeleid en ruimtelijke ordening. De wet kent bevoegdheden toe aan diverse waterbeheerders zoals waterschappen en provincies. Voor activiteiten die invloed hebben op het waterbeheer, zoals lozingen of onttrekkingen, is een vergunning nodig. De overheid is verplicht diverse waterplannen op te stellen, waaronder het Nationaal Waterplan en regionale waterplannen, die de kaders voor het waterbeleid en de te nemen maatregelen aangeven. Er zijn strikte normen vastgesteld voor de kwaliteit van oppervlaktewater en grondwater, gebaseerd op Europese richtlijnen. De financiering van het waterbeheer wordt geregeld via onder andere de waterschapsbelasting. De wet benadrukt ook het belang van samenwerking tussen verschillende overheden en andere stakeholders en voorziet in toezicht en handhaving door bevoegde autoriteiten.

3.2.2 België (Vlaanderen)

3.2.2.1 Natuurdecreet

Het "[Decreet van 21 oktober 1997 betreffende het natuurbehoud en het natuurlijk milieu](#)" in Vlaanderen legt de fundamenteën voor het behoud van de natuur. Het definieert kernbegrippen zoals "biotoop" en "habitat", stelt richtlijnen op voor de bescherming van biotopen, soorten en genetische diversiteit, reguleert het beheer van natuurreservaten, en voorziet in toezicht en sancties bij overtredingen. Het doel is een coherent beleid te waarborgen voor het behoud en beheer van de natuurlijke rijkdommen.

Het natuurdecreet is ook de wettelijke basis voor natuurbeheerplannen. Een natuurbeheerplan beschrijft de belangrijkste waarden van een gebied zowel voor de ecologische, de sociale als de economische functie en maakt onderbouwde keuzes over de belangrijke doelstellingen voor dit gebied.



De "[Vlaamse Codex Ruimtelijke Ordening](#)" (VCRO) vormt het wettelijk kader voor ruimtelijke ordening in Vlaanderen. Het decreet bevat regels voor de opmaak en uitvoering van ruimtelijke plannen, stedenbouwkundige vergunningen, handhavingsmaatregelen en de organisatie van het ruimtelijk beleid in Vlaanderen. De VCRO streeft naar een duurzame ruimtelijke ontwikkeling waarbij er evenwicht is tussen wonen, werken, recreatie en natuur. Het decreet legt ook de basis voor de opmaak van ruimtelijke structuurplannen en de uitvoering ervan via ruimtelijke uitvoeringsplannen. Daarnaast regelt het de procedures voor het verkrijgen van stedenbouwkundige vergunningen en de handhaving van de ruimtelijke ordening.

3.2.2.3 Soortenbesluit

In het “[Besluit van de Vlaamse Regering met betrekking tot soortenbescherming en soortenbeheer](#)”. Het Soortenbesluit, van toepassing in het Vlaamse Gewest, is in werking getreden op 1 september 2009 en reguleert de bescherming van planten- en diersoorten. Het legt specifieke beschermingsmaatregelen op voor bepaalde soorten, waarbij activiteiten zoals het opzettelijk vangen, doden of verstoren van deze soorten verboden zijn. Er zijn echter uitzonderingen toegestaan onder bepaalde omstandigheden, zoals wetenschappelijk onderzoek. Overtredingen van dit besluit kunnen leiden tot sancties. Het besluit benadrukt ook het belang van monitoring, rapportage en samenwerking tussen verschillende entiteiten.

3.2.3 Europees

3.2.3.1 Natura 2000

De Habitat- en de Vogelrichtlijn vormen de hoeksteen van het Europese natuurbeleid. Voor elk Natura 2000 Habitatrichtlijngebied en Vogelrichtlijngebied worden in Vlaanderen instandhoudingsdoelstellingen (IHD) geformuleerd en wordt er gestreefd naar een gunstige staat van instandhouding van de habitattypen en soorten. Hiertoe heeft Vlaanderen eerst gewestelijke instandhoudingsdoelstellingen (G-IHD) opgemaakt voor heel Vlaanderen en die vervolgens vertaald naar de afzonderlijke Specifieke Instandhoudingsdoelstellingen (S-IHD) per beschermingszone (Oosterlynck et al. 2020).

Nederland en Vlaanderen hebben beide beperkte delen van de Maasvallei aangewezen als Natura 2000-gebied of Speciale Beschermingszone (SBZ). Aan Nederlandse zijde is enkel het rivierbed zonder de vallei aangemeld, terwijl aan Vlaamse zijde net het omgekeerde is gebeurd met een reeks gefragmenteerde gebieden van de vallei. Binnen deze studie kijken we net naar het volledig winterbed om na te gaan waar potenties zijn om doelstellingen zowel binnen SBZ als erbuiten te bekijken. Buiten de SBZ-gebieden kan de Grensmaas vallei immers ook in aanmerking komen voor allocatie van gewestelijke of landelijke Natura 2000 doelen die regionaal of landelijk niet worden gehaald. Aan de hand van een reeks criteria en indicatoren kan nagegaan worden wat de lokale staat van instandhouding per soort en habitat is in een SBZ of deelgebied. Deze criteria vormen ook de basis voor de monitoring van de resultaten van de implementatie. (Oosterlynck et al. 2020). Voor hardhoutooibossen (91F0) in de Vlaamse SBZ-gebieden is het beoogde doel 58 ha (ANB 2014, Natura 2000 managementplan 1.0,) waarvan in januari 2023 al 14.9 ha gerealiseerd is en 43.1 ha nog dient verwezenlijkt te worden rond Maaswinkel - Maesbempder Greend en Hochter Bampd. Voor vochtige alluviale bossen (91E0), een prioritair habitat, gaat het om een beoogd doel van 100 ha waarvan in januari 2023 reeds 56.8 ha gerealiseerd is. Het grootste deel, namelijk 62 ha van deze 100 ha, gaat over het subtype elzen(broek)bossen (91E0_meso, 91E0_eutr) voornamelijk in het Vijverbroek. Binnen het studiegebied hier gaat het over het subtype wilgenvloedbos of zachthoutooibos (91E0_wvb), kenmerkend voor de Grensmaas, waarvan 38 ha gerealiseerd dient te worden

////////////////////////////////////





3.2.3.2 Kader Richtlijn Water

De KRW heeft een brede reikwijdte en omvat de bescherming van landoppervlaktewater, overgangswater, kustwater en grondwater. Binnen deze categorieën worden waterlichamen verder onderverdeeld in natuurlijke, sterk veranderde en kunstmatige waterlichamen.

De richtlijn is in Nederland geïmplementeerd door middel van de Implementatiewet EG-KRW, die op 22 juni 2005 in werking is getreden. Deze wet heeft geleid tot aanpassingen in de Wet op de waterhuishouding en de Wet milieubeheer. Een kernprincipe van de KRW is het 'geen-achteruitgang beginsel', wat inhoudt dat de toestand van waterlichamen niet mag verslechteren, zelfs niet bij economische groei of bevolkingstoename.

In dit hoofdstuk wordt de beschikbare informatie besproken die gebruikt is in het DST prototype om de hoogwaterveiligheid of natuurwaarde te evalueren.

3.3.1 Hoogwaterveiligheid - Gewenst Beheerkaart

Binnen de visie van het RivierPark Maasvallei wordt beheer nagestreefd in functie van de Europese natuurdoelen. Het uitgangspunt voor het natuurbeheer van de Gemeenschappelijke Maas is ruimte voor natuurontwikkeling, voor zover andere functies daarbij niet in het gedrang komen. De combinatie ooibosontwikkeling en hoogwaterveiligheid is daarbij een uitdaging die vorm krijgt in het gemeenschappelijke Gewenst Beheer (VNBM, 2019). De werkgroep Lange termijnbeheer van de Vlaams Nederlandse Bilaterale Maascommissie (VNBM) bekijkt de waterveiligheid en geeft een overzicht van waar de vegetatie kort gehouden moet worden en waar ze mag verruigen in vier categorieën ('geen restrictie', 'vegetatie laag houden', 'vegetatie mag' en 'vegetatie moet') (Figuur 3.3). De indicatie van 'vegetatie moet', slaat op de meerwaarde van goed ontwikkelde verboste stukken om het water te geleiden. De ontwikkeling van bossen kan potentieel een verruwing van het winterbed veroorzaken, waardoor dit een probleem kan vormen naar hoogwaterveiligheid toe. Het belangrijkste aandachtspunt is de potentiële bosontwikkeling in gebieden waar het Gewenst Beheer lage vegetatie voorziet. Dit zijn vaak de belangrijkste knelpunten met waterveiligheid. Voor Vlaanderen vormt dit één van de richtplannen voor het vegetatiebeheer die opgelegd worden aan de natuurgebieden.

3.3.2 Hoogwaterveiligheid – Nederlandse vegetatielegger

De [Vegetatielegger](#) is een instrument dat bestaat uit overzichtskaarten en regels om de norm voor begroeiing in een gebied aan te duiden. Deze legger draagt bij aan een veilige doorstroming, verbetering van waterkwaliteit en de versterking van riviernatuur in Nederland. Hij is onderhevig aan seizoensgebonden en jaarlijkse veranderingen in de natuur door factoren zoals groei, grazen, en weersinvloeden. Rijkswaterstaat heeft de wettelijke verplichting om de begroeiing binnen deze vastgestelde norm te houden, vanuit het oogpunt van waterveiligheid, waterkwaliteit en natuurbehoud.

De Vegetatielegger dient als uitgangspunt voor onderhoudswerkzaamheden in de uiterwaarden, om te voorkomen dat vegetatiegroei tijdens hoogwater tot onverantwoord hoge waterstanden leidt. Het maakt ook duidelijk welke begroeiing essentieel is voor waterkwaliteit en waar mogelijkheden zijn om de riviernatuur te versterken, zoals vastgelegd in de Waterwet.

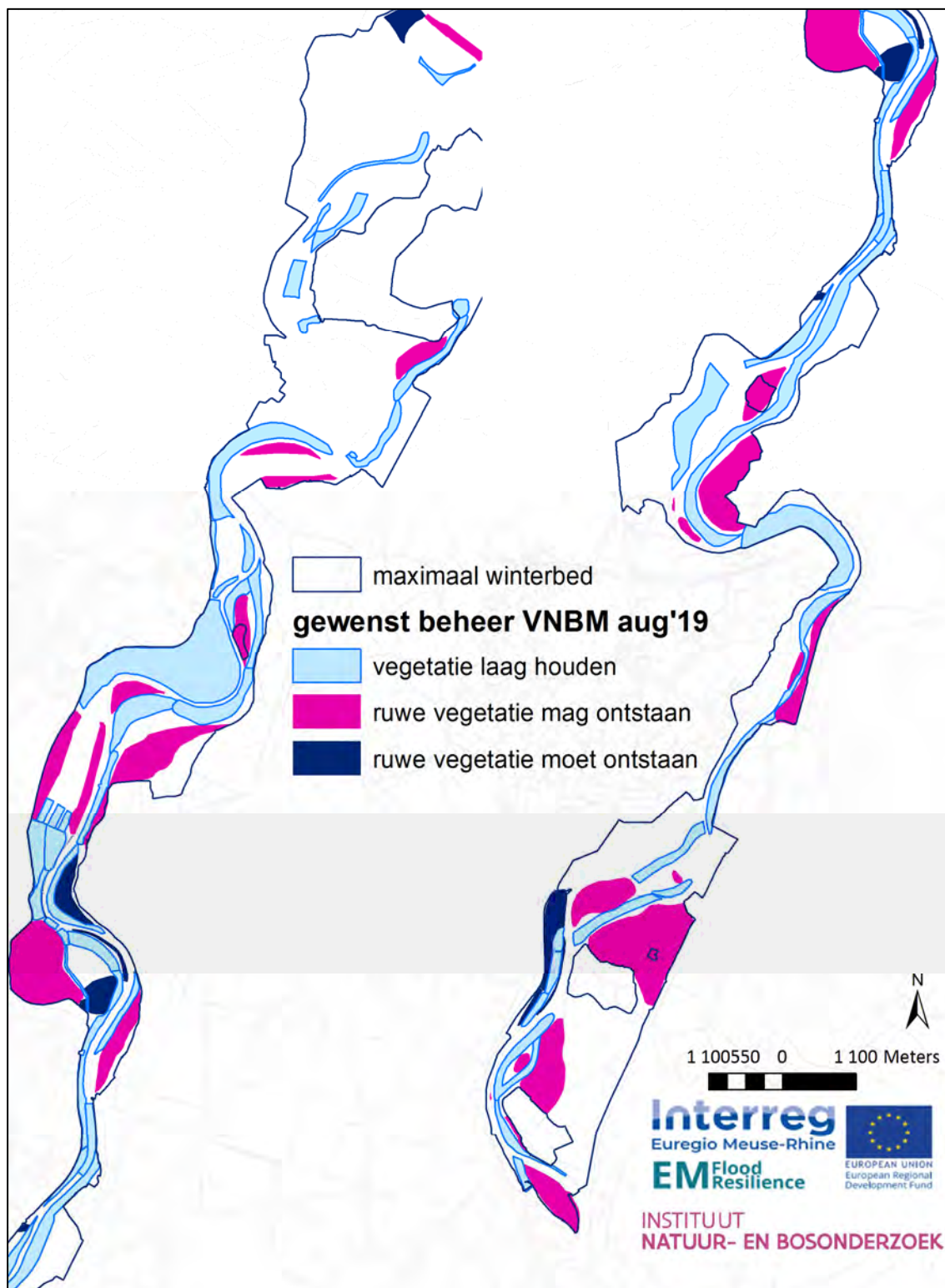
Sinds 2014 maakt de Vegetatielegger deel uit van de Legger rijkswaterstaatswerken, die regelmatig wordt bijgewerkt. In juli 2022 is de Vegetatielegger geactualiseerd, behalve voor het deel van de Grensmaas. Voor de Heesseltsche Uiterwaarden en de Grensmaas zijn aparte projectplannen Waterwet opgesteld, waarbij in 2022 en 2023 beroep en rechtspraak plaatsvonden over het projectplan Grensmaas.

Het hoogwater in juli 2021 benadrukte het belang van hoogwaterveiligheid en effectief vegetatiebeheer in de Grensmaas. Rijkswaterstaat blijft in gesprek met natuurorganisaties over het maken van goede afwegingen tussen natuur en hoogwaterveiligheid en hoe de legger in de toekomst verbeterd kan worden. Bij de volgende actualisatie van de Vegetatielegger zal de nieuwe situatie voor de Grensmaas worden opgenomen.

Daarnaast bevat de Vegetatielegger informatie over eerdere (ontwerp)besluiten, projectplannen en bekendmakingen die betrekking hebben op de legger, en geeft het de norm



aan voor begroeiing voor zowel openbaar als particulier eigendom. Voor meer informatie of vragen kunnen belanghebbenden contact opnemen met Rijkswaterstaat via hun informatielijn.

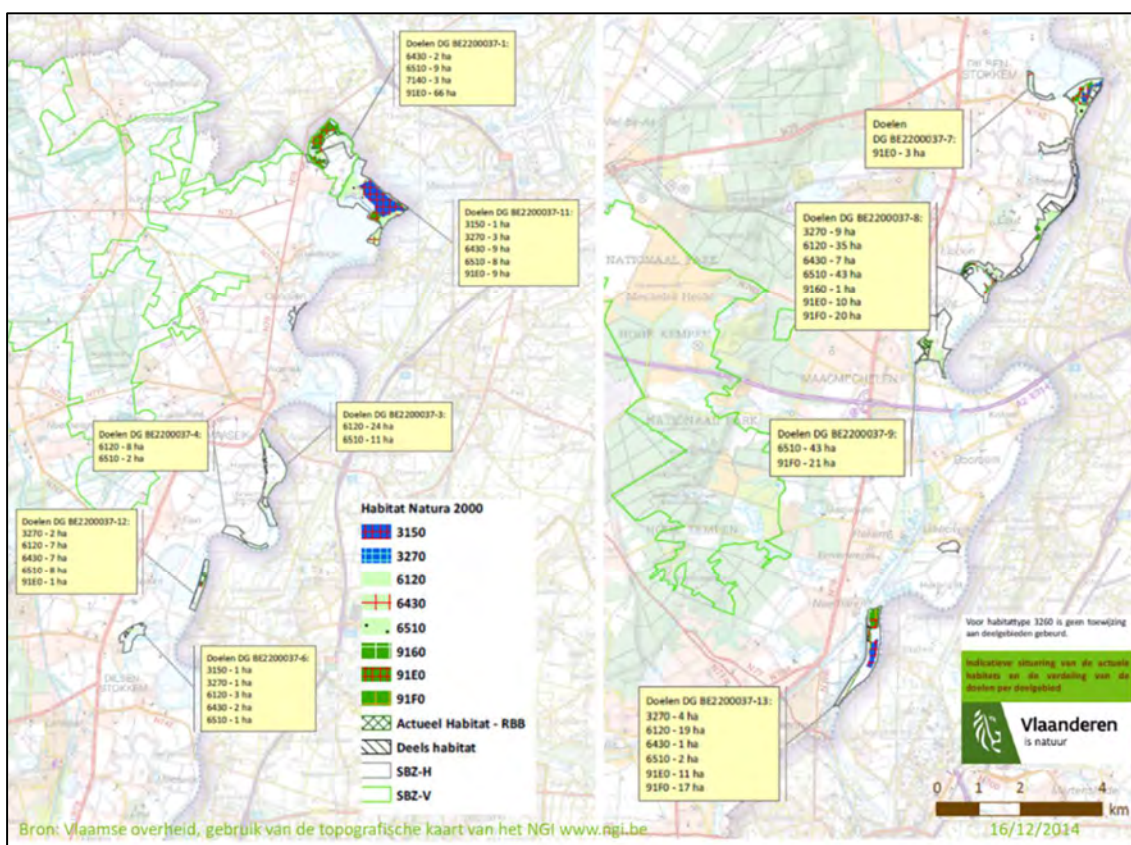


Figuur 3.3 Overzicht van het huidig gewenst beheer in de Grensmaasvallei volgens de Vlaams Nederlands Bilaterale Maascommissie, versie augustus 2019.

3.3.3 Natuurwaarde Vlaanderen

Het managementplan "BE2200037 - Uiterwaarden langs de Limburgse Maas en Vijverbroek Managementplan Natura 2000 1.0", opgesteld door het Agentschap voor Natuur en Bos, richt zich op de instandhouding van diverse habitats en soorten in de speciale beschermingszone (SBZ) langs de Limburgse Maas en Vijverbroek. Dit plan maakt deel uit van het Natura 2000-netwerk in Vlaanderen, dat 62 gebieden omvat ter bescherming van 46 habitattypes, 49 dieren- en plantensoorten, en 55 vogelsoorten. Voor de periode 2014-2020 zijn specifieke doelen gesteld voor het verbeteren van de staat van 16 van de 46 beschermde habitattypes, met tussendoelen voor 2020 voor de overige habitattypes en soorten.

Belangrijke habitats in het gebied omvatten 'Kalkminnend grasland' (6120), 'Schrale hooilanden' (6510), wilgenvloedbossen (91E0) en hardhoutoibossen (91F0) (Paelinckx et al. 2021). Belangrijke bijlage II soorten zijn bever, otter, bittervoorn, rivierrombout en rivierdonderpad. Het plan geeft specifieke oppervlakte- en kwaliteitsdoelstellingen voor elk habitatype, gericht op zowel behoud als verbetering en uitbreiding (Figuur 3.4).



Figuur 3.4 Managementplan Natura 2000 1.0 voor SBZ-gebieden BE2200037 - Uiterwaarden langs de Limburgse Maas en Vijverbroek (versie 19/12/2014).

3.3.4 Natuurwaarde Nederland

Het "Natura 2000-Ontwerpbeheerplan Grensmaas" richt zich op het behoud en herstel van het Natura 2000-gebied rond de Grensmaas langs Nederlandse zijde. Het bevat richtlijnen voor de bescherming van habitats en soorten, in overeenstemming met de Europese Vogel- en Habitatrichtlijnen. Het document behandelt de maatregelen die nodig zijn om deze doelstellingen te bereiken, waaronder hydrologische en morfologische verbeteringen en integraal habitatonderzoek. Het plan houdt ook rekening met de sociaal-economische aspecten en omvat secties over de uitvoering, communicatie, financiering en verantwoordelijkheden voor

3.4 BESCHIKBARE DATA

3.4.1 Hydraulische data

Voor de Gemeenschappelijke Maas worden diverse 1D en 2D hydrodynamische modellen gebruikt om stroming en waterbeweging in de maas te simuleren. Gebruikte software is:

- Baseline, een GIS-database voor geografische databronnen en dient als input in de opbouw van stromings- en golfmodellen.
- SOBEK, deelmodellen van SOBEK simuleren complexe stromingen en watergerelateerde processen, in een eendimensionaal netwerk en tweedimensionale grids.
- SIMONA, Simulatie MOdellen NATte waterstaat (SIMONA) kent 3 modellen voor het simuleren van waterloopkundige fenomenen, zoals het getij en het transport van in water opgeloste stoffen waarbij in deze studie output vooral gebaseerd is op de 2D WAQUA-modellen voor de simulatie van de (gemiddelde) waterbeweging en transport van in water opgeloste stoffen in twee dimensies (2D).

- Actuele toestand met J-modellerings:
 - 3-jaarlijks op basis van recente waterbodemmetingen wordt de 'baseline'-modelschematisaties of modelbodem aangepast op basis van bodemmetingen.

////////////////////////////////////

- o Periode: J93, J15, J18, J19, J21, J23.
- o Gemodelleerde afvoeren: 80, 155, 280, 530, 1030, 1280, 1500, hogere afvoeren op basis van kansen $1/10$, = 4396m^3 .
- BenO modelleringen:
 - o Vergunde situatie gebaseerd op de actuele toestand (J-modellering) met alle vergunde maatregelen toegevoegd.
 - o De actualisering gebeurt elke twee jaar, hoewel het basismodel voor een langere periode hetzelfde blijft (momenteel BenO17). Alle vergunde situaties worden toegevoegd. Dit omvat ook vergunningen die waarschijnlijk nooit uitgevoerd zullen worden (versies BenO15, BenO17, BenO19,...).
 - o Een gedetailleerd kromlijng rooster dat zich aanpast aan de riviermorphologie (zoals bochten), met twee verschillende resoluties.

In Nederland worden daarnaast diverse beleidsmodellen ingezet, zoals BOI, IRM, KP-zss, voornamelijk voor specifieke beleidsvragen met een bepaalde tijdshorizon, zoals 12 jaar vooruit tot 2035, 50 jaar tot 2075 en 100 jaar tot 2125. De BOI-modellen bijvoorbeeld, omvatten alle juridische en financiële beslissingen die zijn vastgelegd in het Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport (MIRT), inclusief de maatregelen die in Vlaanderen zijn genomen.

De gebruikte hydraulische data zijn aangeleverd door Agersloot Hydraulisch Advies en werden berekend binnen het RWS - DVW project 'Stroomsnelheden in de Gemeenschappelijke Maas' (Meijer & Agersloot 2022). De gebruikte hydraulische modeldata zijn afkomstig van het bo17_cg5_v4b model met de meest actuele ingrepen (Van Braeckel & Jocque 2023).

3.4.2 Bodemkaart

Op basis van de resultaten van een intensieve bodemkartering gedurende de jaren '50 tot '70 werd de Belgische bodemkaart opgesteld. Bij de bodemkartering werd het bodemprofiel bestudeerd tot op 1,25 m diepte. De Belgische bodemkaart steunt op het Belgische bodemclassificatiesysteem. Het is een nationaal systeem dat uitsluitend voor de Belgische bodems werd opgesteld. De basiseenheid is het bodemtype dat opgebouwd wordt uit verschillende onderdelen zoals een substraat, textuurklasse, drainageklasse, profielontwikkelingsgroep, fasen en varianten. Dit morfogenetisch classificatiesysteem kon niet toegepast worden in de kuststreek, aangezien de bodems in deze streek geen profielontwikkeling vertonen. Daardoor heeft de kuststreek een ander classificatiesysteem.

De bodemkaart voor België is beschikbaar op de [Databank Ondergrond Vlaanderen](#). De Bodemkaart voor Nederland is onderdeel van de [Basisregistratie Ondergrond \(BRO\)](#), een centrale registratie met publieke gegevens over de Nederlandse ondergrond. De bodemkaart voor Nederland is toegankelijk via [Publieke Dienstverdeling op De Kaart](#). Wageningen Environmental Research (WENR) beheert de Bodemkaart van Nederland in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) en houdt de kaart actueel. Deze taken zijn onderdeel van de [Wettelijke Onderzoekstaken op het beleidsterrein Natuur & Milieu](#). De gegevens van de Bodemkaart en de bijbehorende bodemprofielbeschrijvingen worden opgeslagen in het [Bodemkundig Informatiesysteem \(BIS\) Nederland](#). De bodemkaart van Nederland wordt vooral gebruikt binnen het winterbed van de vallei. Op locaties waar hoog in de vallei vergravingen hebben plaatsgevonden, is de kaart zo nauwkeurig mogelijk bijgewerkt.

3.4.3 Ecotopendata

Ecotopendata in België komt onder andere uit de Biologische Waarderingskaart (BWK) die een gestandaardiseerde inventaris en evaluatie van Vlaanderen biedt. Deze kaart is gebaseerd op

////////////////////////////////////



karteringseenheden die vegetaties, bodembedekking en kleine landschapselementen (zowel lijn- als puntvormig) vertegenwoordigen. Er is ook rekening gehouden met essentiële fauna-elementen. De geüpdatete BWK, versie 2, integreert de Natura 2000 habitattypen. In Vlaanderen zijn er momenteel 47 Natura 2000 habitattypen volgens Bijlage I van de Habitatrictlijn. Daarnaast erkent Vlaanderen 15 regionaal belangrijke biotopen, die qua biologische waarde en biodiversiteitsbelang vergelijkbaar zijn met habitattypen, maar op Europees niveau minder bedreigd zijn. De BWK - Habitatkaart 2020 toont de meest actuele gegevens uit 2020 van Natura 2000 habitattypen, regionale biotopen en karteringseenheden van de BWK. Het combineert BWK versie 2 en de Habitatkaart in één laag. Gebruikers met GIS-software kunnen het bestand [downloaden](#) via het Agentschap voor Geografische Informatie Vlaanderen (AGIV) of enkel online bekijken kan via [Geopunt](#). Buiten de natuurgebieden kan de kaart verouderd zijn.

Ecotopenkaarten in Nederland bieden gedetailleerde informatie over verschillende ecologische eenheden in de Nederlandse watersystemen en zijn samengesteld voor een selectie van zoete en zoute ecosystemen. Een ecotoop is een ruimtelijk te begrenzen ecologische eenheid, gekenmerkt door abiotische, biotische en antropogene aspecten. De ecotopenkaarten zijn ingedeeld op basis van criteria zoals hoogte/diepte, stroomsnelheid, droogvalduur, zoutgehalte en sedimentsamenstelling. Met deze indeling kunnen graduele overgangen in de variabelen worden omgezet naar discrete, karteerbare eenheden. Deze kaarten worden gebruikt voor verschillende toepassingen, waaronder het beheer van rijkswateren, vegetatieleggers, ecologisch relevant areaal voor de Kaderrichtlijn Water (KRW) en de Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM). De ecotopenkaarten worden ook ingezet bij modelactualisatie, vegetatiebeheer van grote rivieren, toetsingskaders voor waterkwaliteit en andere onderzoeken en planstudies. De gegevens worden beheerd in een geodatabase en zijn toegankelijk via geoservices voor gebruik in GIS-toepassingen. De ecotopenkaarten zijn te bekijken via de Rijkswaterstaat [GeoWeb-viewer](#). Voor de Gemeenschappelijke maas zijn kaarten beschikbaar voor volgende jaren: 1997-98 (1^e cyclus), 2004_05 (2^e cyclus), 2008_10 (3^e cyclus), 2012_14 (4^e cyclus), 2017 (5^e cyclus), in 2023 is de 6^e cyclus gepland.

Binnen VNBM is afgesproken dat de ecotopenkaarten van Rijkswaterstaat zowel voor de Nederlandse als Vlaamse oever wordt uitgevoerd waardoor een vaste sequentie reeks beschikbaar blijft.

3.4.4 Biodiversiteit (Maas in Beeld)

Ecologische informatie en biodiversiteitsgegevens van "Maas in Beeld", een natuurontwikkelingstraject dat dertig jaar geleden werd gestart op de oevers van de Grensmaas in een samenwerking tussen meer dan tien partners uit Nederland en Vlaanderen (Kurstjens & Van Looy 2020). De geschiedenis van het natuurontwikkelingsproject gaat terug tot 1991, toen het rapport 'Toekomst voor een grindrivier' verscheen. Het plan kreeg een impuls na de extreme Maas-hoogwaters van 1993 en 1995. Samen met Vlaanderen werd in 1998 het grensoverschrijdende plan 'De Levende Grensmaas' opgesteld, met als doel de ontwikkeling van ongeveer 3.000 ha riviernatuur. Het onderzoek richtte zich op ruim 600 ha natuur in het zuidelijke deel van het RivierPark, dat in de afgelopen jaren is ontstaan als gevolg van rivierverruiming en grindwinning. Zowel pas opgeleverde gebieden in de pionierfase als 25-30 jaar oude natuurontwikkelingsgebieden werden onderzocht, om trends en ontwikkelingen van soorten en habitats op de langere termijn te kunnen waarnemen.

Voor het INTERREG EMFloodResilience project (2022 – 2023), gefinancierd door INTERREG Euregio Maas-Rijn, is aanvullende informatie verzameld over de gevolgen van de uitzonderlijke zomerhoogwater in juli 2021 voor de natuur in het Maasstroomgebied, met name in de Gemeenschappelijke Maas (Antheunisse et al. 2023). Dit onderzoek, uitgevoerd door

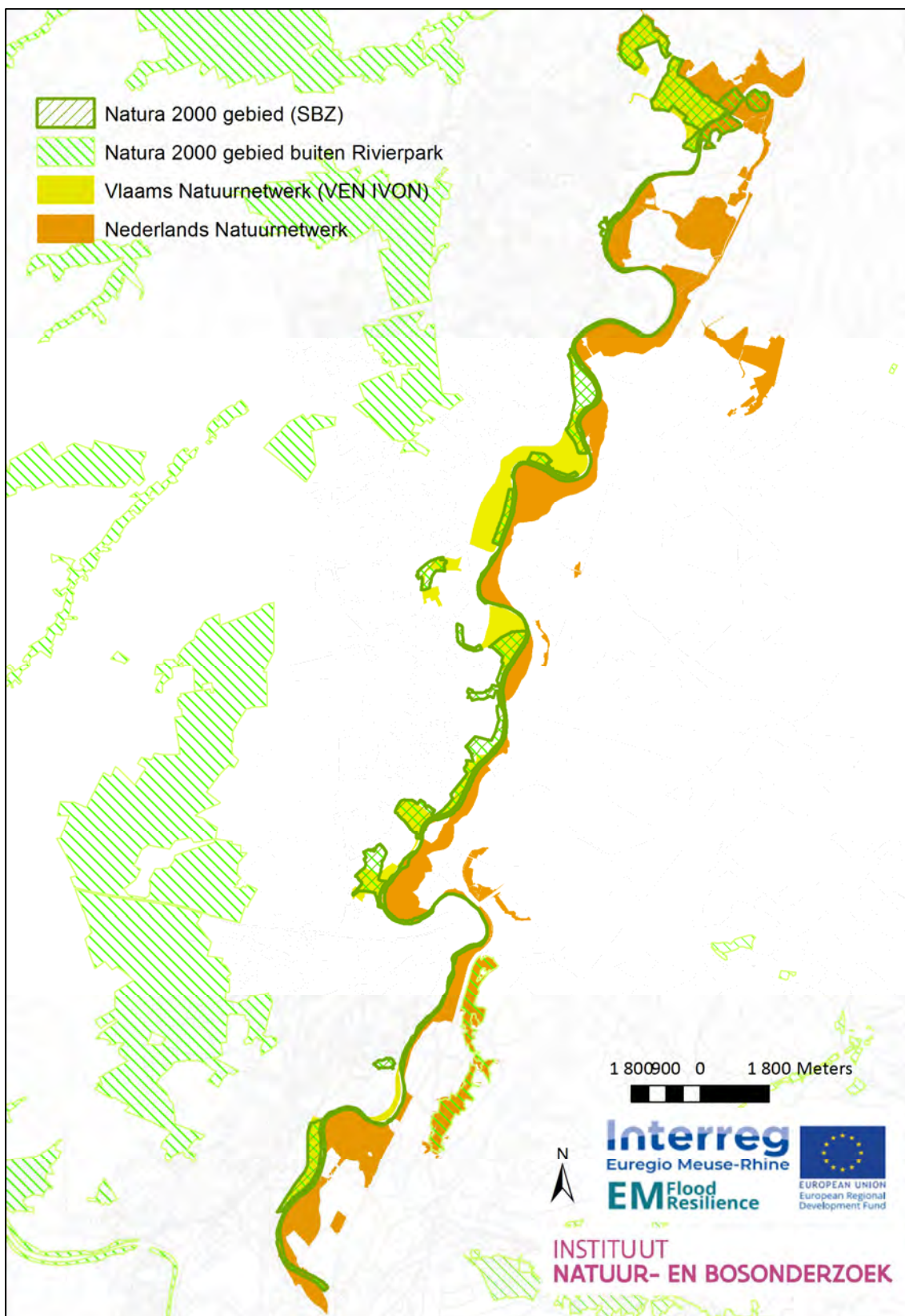
Figure 1

3.4.5 Dijkbeheerdata

De dijken of waterkeringen worden in beide landen verschillend beheerd. Aan Vlaamse zijde is de rivier- en dijkbeheerder hetzelfde, namelijk De Vlaamse Waterweg. In Nederland is niet de rivierbeheerder verantwoordelijk voor het beheer, maar het waterschap. Langs de Gemeenschappelijke Maas is de dijkbeheerder aan Nederlandse zijde het Waterschap Limburg. De waakhoogte van de dijken is in Nederland variabel en afhankelijk van een reeks parameters (gerelateerd met de betrokken faalmechanismen en een percentage buffer). Groene dijken (met gras) hebben bijvoorbeeld een hogere waakhoogte dan harde dijken. Dijken worden om de 8 jaar geïnspecteerd. Als een dijk de T100 niet meer aankan is een update nodig.

3.4.6 Vlaams Ecologisch Netwerk (VEN)

In Vlaanderen bestaat het Vlaams Ecologisch Netwerk (VEN) uit waardevolle en gevoelige natuurgebieden en vormt de kern van de natuurlijke structuur in de regio (



Figuur 3.5). Het netwerk omvat Grote Eenheden Natuur (GEN) en Grote Eenheden Natuur in Ontwikkeling (GENO), die samen de biodiversiteit beschermen en ontwikkelen. Omringende Natuurverwevings- en natuurverbindingsgebieden, onderdeel van het Integraal Verwevings- en

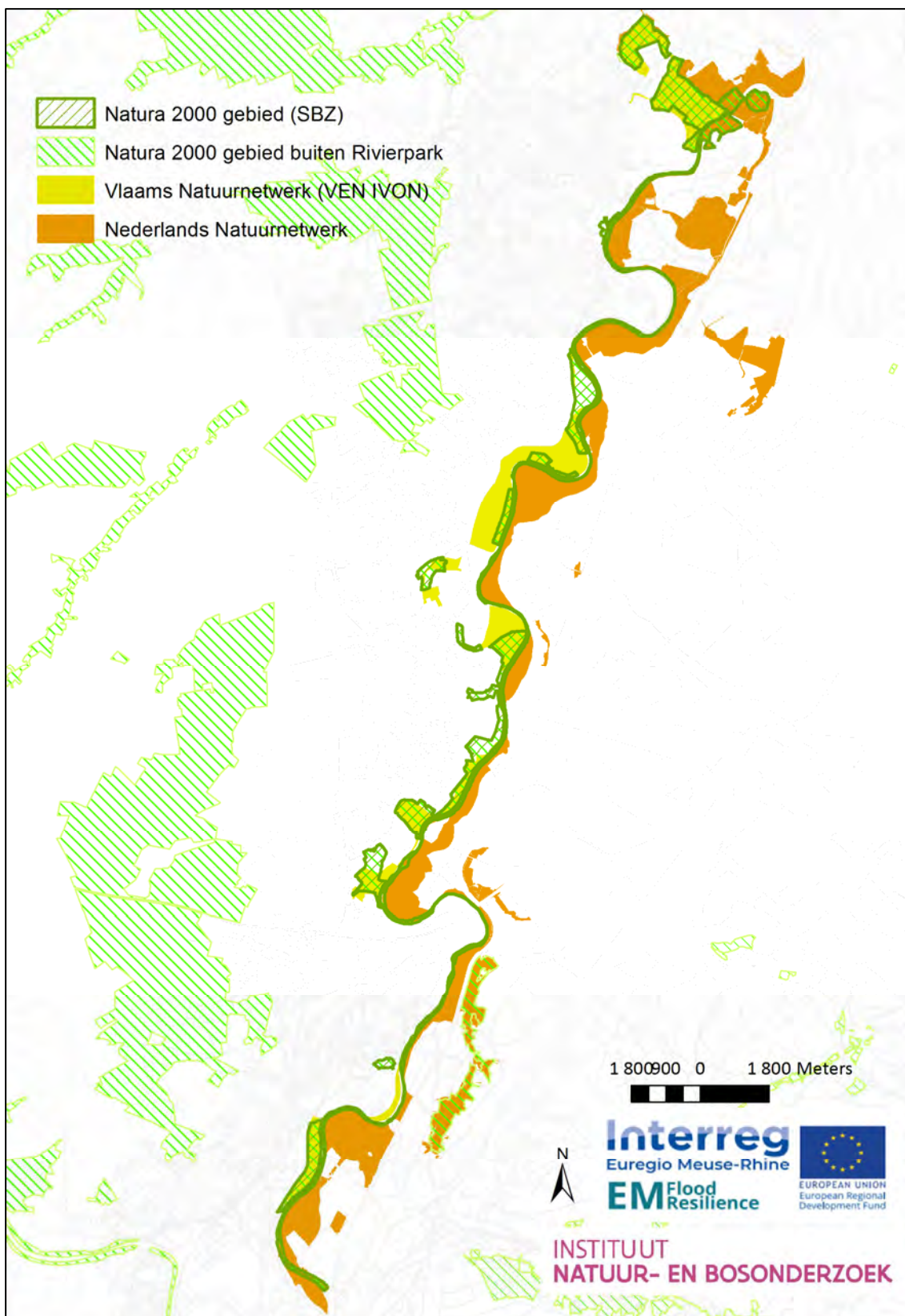


Ondersteunend Netwerk (IVON), bieden een buffer tegen externe invloeden en verbinden de natuurkernen.

De doelstellingen van het VEN richten zich op duurzaam behoud en ontwikkeling van biodiversiteit, waarbij rekening wordt gehouden met andere functies in de gebieden, zoals landbouw en recreatie. Dit omvat maatregelen zoals natuurgerichte bosbouw, het behoud van de natuurlijke waterhuishouding, het herstel van microreliëf en landschapsstructuur, en het bevorderen van een balans tussen landbouw, natuur en recreatie.

In Natuurverwevingsgebieden wordt de natuur duurzaam behouden en is zij gelijkwaardig aan andere functies, zoals landbouw en recreatie. Deze gebieden dienen als buffers voor het VEN en zijn essentieel voor de bescherming en ontwikkeling van de natuur en biologische diversiteit.

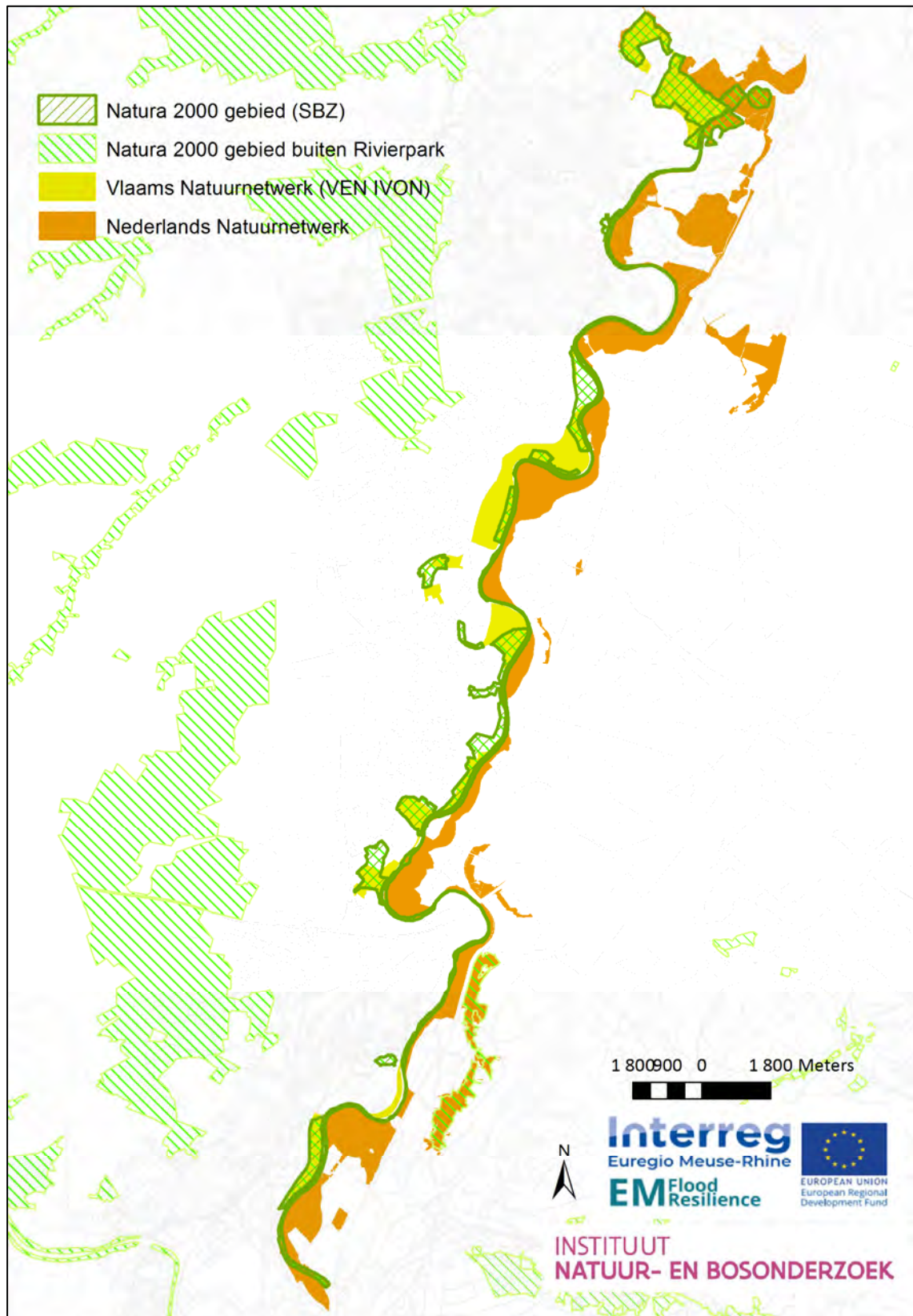
Natuurverbindingsgebieden zijn bedoeld voor de migratie van flora en fauna tussen VEN-gebieden. Deze gebieden, vaak lijn- of strookvormig, bestaan uit kleine landschapselementen en worden onderhouden met behulp van goede natuurpraktijken. De aanduiding van VEN en IVON-gebieden volgt een dubbele procedure: één volgens het Natuurdecreet en één volgens ruimtelijke ordeningsregels. De afbakening en invulling van deze gebieden is een verantwoordelijkheid van het gewest (VEN, GEN, GENO) en de provincies (natuurverbindingsgebieden).



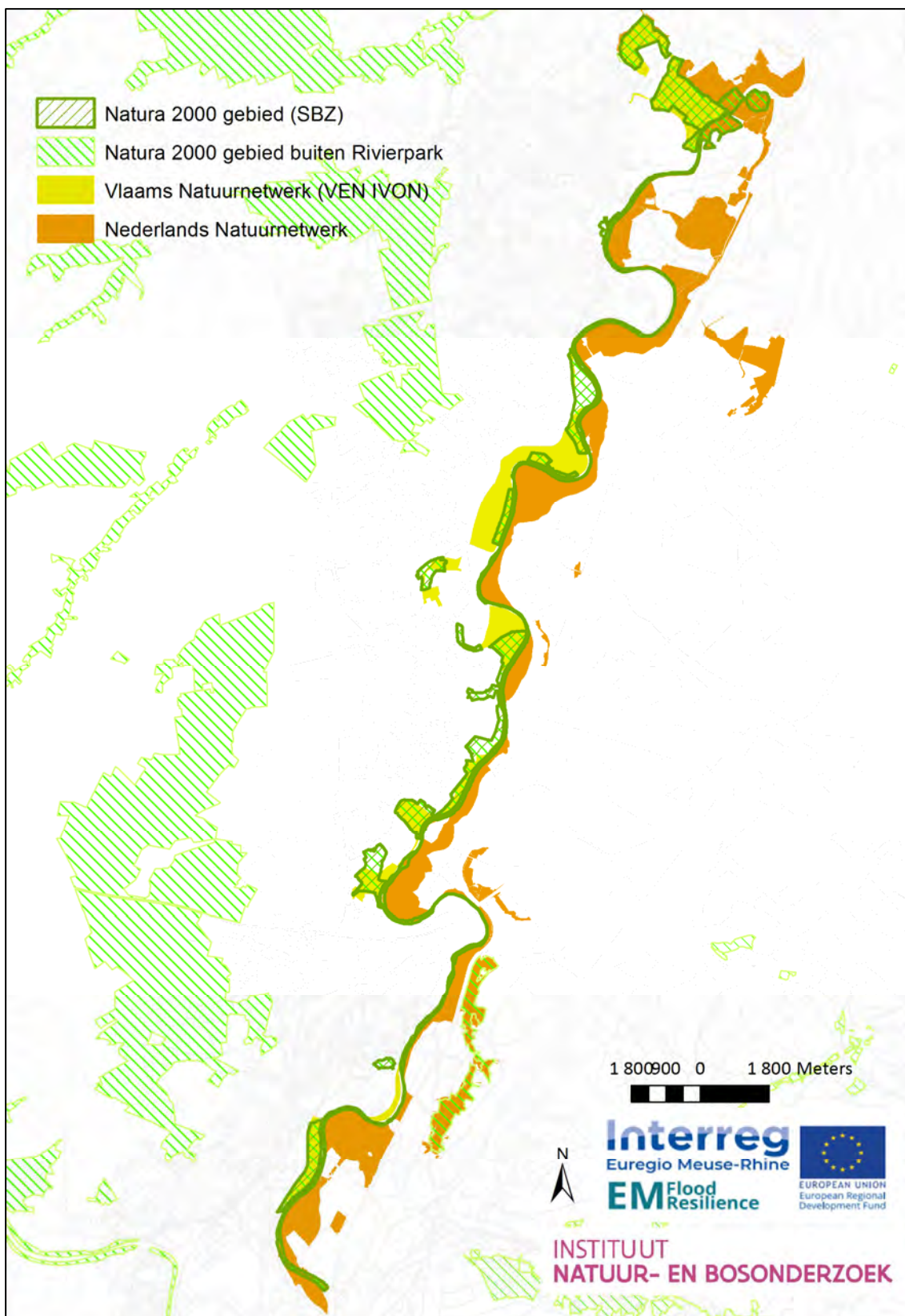
Figuur 3.5 Vlaams Ecologisch Netwerk (VEN), Natuurnetwerk Nederland en Natura 2000 gebieden van beide landen met aanduiding van de gebieden in de vallei van de Grensmaas en daarbuiten.

3.4.7 Natuurnetwerk Nederland

Het Natuurnetwerk Nederland (NNN) (



////////////////////////////////////



Figuur 3.5) is voor de Vlaamse oever vrij toegankelijk en [online en interactief raadpleegbaar via het geoportaal van Geopunt Vlaanderen](#). Basis inventarisatie is uitgevoerd in de periode 2000-2020 en deze kaartversie wordt op regelmatige basis up-to-date gebracht. Volgende release is voorzien in najaar van 2023.

Bij de ontwikkeling van de DST zijn diverse kaartlagen en bestaande informatie geïntegreerd en zijn nieuwe gegevens gemodelleerd. Hier volgt een overzicht. We onderscheiden drie hoofdcategorieën: hoogwaterveiligheid (categorieën 1 tot 5), natuurwaarde (categorie 6) en natuurpotenties (categorieën 7 tot 9).

3.5.1 Hoogwaterveiligheid

3.5.1.1 Dijkhoogwatermarge

De dijkhoogwatermarge wordt hier op twee manieren bepaald: enerzijds in hoogte, als het verschil tussen een extreem hoogwaterpeil en de kruin van de dijk, en anderzijds in ruimtelijke termen, als de marge of afstand van de droge ruimte die zich tussen de top van de dijk en de hoogwaterlijn bevindt tijdens een extreem hoogwatergebeurtenis.

Dijkhoogwatermarge beslaat een deelaspect uit het ruime begrip ‘hydraulische overruimte’ zonder in te gaan op toewijzing van deze ruimte. Wanneer de rivierwaterstanden extreem sterk stijgen als gevolg van uitzonderlijk hevige neerslag, zelfs hoger dan de waterbom in juli 2021, kan de rivier dit buiten haar normale overstromingsvlakte innemen. Deze marge vormt een buffer bij extremere hoogwaters boven de 3000-3225 m³/s maar kan verhogingen ten gevolge van lokale opstuwing herbergen. Het doel van de indicator dijkhoogwatermarge is om ruimtelijk inzicht te krijgen in de zones waar extreme piekafvoer ruimte en hoogte hebben. De zones met hoge dijkmarginen vormen een natuurlijke overstromingsbuffer en kunnen ook bijdragen aan de bevordering van biodiversiteit en een natuurlijke rivierhabitatontwikkeling. Deze dijkhoogwatermarge is een belangrijk onderdeel van geïntegreerd overstromingsbeheer en dient bij rivieren aan de grens grensoverschrijdend op elkaar afgestemd te worden.

De bestaande, vooral Nederlandse discussie rond toewijzing van deze dijkhoogwatermarge ofwel aan 'natuur' of natuurlijke successie tot aan climaxvegetatie bos ofwel aan 'klimaatbuffer' bij mogelijk te verwachten extremere hoogwaters is geen onderwerp van deze studie. Met deze indicator wensen we hier net abstractie van te maken. Beslissingen om dijken te verhogen, extra verruimingsmaatregelen uit te voeren of aanhoudende beheermaatregelen ter voorkoming van verruiging binnen natuurgebieden is een keuze die gezamenlijk door de beheerder, best aan beide oeverzijdes, genomen kan worden, rekening houdend met duurzaamheid, robuustheid en kosten effectiviteit los van de organisatie of verantwoordelijke partner.

Verticaal aspect

De dijkhoogwatermarge is in dit DST-prototype gedefinieerd als het hoogteverschil tussen de hoogte van de Vlaamse dijken en de voorspelde waterhoogte ter hoogte van een dijkpunt. Hiervan is het minimum bepaald per rivierkilometer en toegekend aan het gebied dat dichtst bij elke rivierkilometer gelegen is zowel aan Nederlandse als Vlaamse oever. Deze zijn gebaseerd op dijkpuntmetingen uit 2013 en de voorspelde waterhoogte voor het T100 (Q3224) scenario met behulp van het BenO17_5-model uit Smolders et al. (2020) (Figuur 3.7). De berekening van de veiligheidsmarge werd uitgevoerd met GIS voor elke allocatiezone van elke rivierkilometer. Het specifieke gebied binnen een halve kilometer zone rondom een bepaalde rivierkilometer ($x - 0.5 \text{ km} < x < x + 0.5 \text{ km}$) werd geëvalueerd. Voor elke rivierkilometer werd de Dijk Waterhoogte Marge (DijkHWMarge) berekend als het verschil tussen de minimale hoogte van de Vlaamse dijken in de buurt van die specifieke rivierkilometer (rivKM) en de voorspelde waterhoogte (wh) voor het T100 scenario (Q3224). Het is belangrijk op te merken dat bij deze berekening voor het

////////////////////////////////////



DST prototype geen rekening is gehouden met de dijkhoogtes aan Nederlandse zijde, doch dit kan wel verschillen. De veiligheidsmarge is bepaald op basis van de hoogteverschillen en voorspelde waterhoogtes, zonder de specifieke dijkopbouw en het achterliggende landwaartse landgebruik in beschouwing te nemen.

Per allocatiezone rond elke rivierkilometer is de volgende berekening uitgevoerd:

$$DijkHWmarge = \min[Vldijkhgt_{rivKM}] - [wh_T100_3224]$$

De informatie omtrent de Vlaamse dijkhoogtes is gebruikt in deze berekeningen vanwege de snelle beschikbaarheid van de gegevens. Mogelijke optimaliseringen naar de toekomst toe zouden kunnen zijn om:

- Toevoegen van de Nederlandse dijkhoogtes en gemiddelde of minimum van de twee datasets te bekijken.
- De riviersecties met een grootte van 1 km verfijnen tot 500 m of minder. Een mogelijkheid zou zijn om voor rivier- en dijkbeheerders deze informatie tot op dijkpaal of dijkbeoordelingspunt te voorzien. Een dergelijke hoge resolutie is waarschijnlijk niet nodig voor natuurbeheerders en niet professionele raadgevers (zoals omwoners).
- Rekening te houden in de berekeningen met zowel de sterkte van de dijkopbouw of ondergrond alsook niet met de verliesschade of potentiële schade bij overstroming. Dit zijn aspecten die zouden kunnen meegenomen worden in een hoogwaterveiligheidsindicator.

De samengestelde kaart, die het verticale aspect van de dijkhoogwatermarge per rivierkilometer laat zien, toont voor elke riviersectie de margecategorieën: ruim (>2 m), matig (1-2 m), beperkt, of geen marge tussen het berekende hoogwaterpeil en de hoogte van de dijk (zie Figuur 3.7a). Dit verticale aspect van de dijkhoogwatermarge kan benut worden voor het scannen van riviersecties om te bepalen waar bosontwikkeling minder risico vormt voor het overtoppen van de dijk. In de huidige berekeningen is deze margeanalyse enkel toegepast op de toestand van de Vlaamse dijken rond 2013. Deze moet nog uitgebreid worden om ook de marges voor de Nederlandse dijken in kaart te brengen.

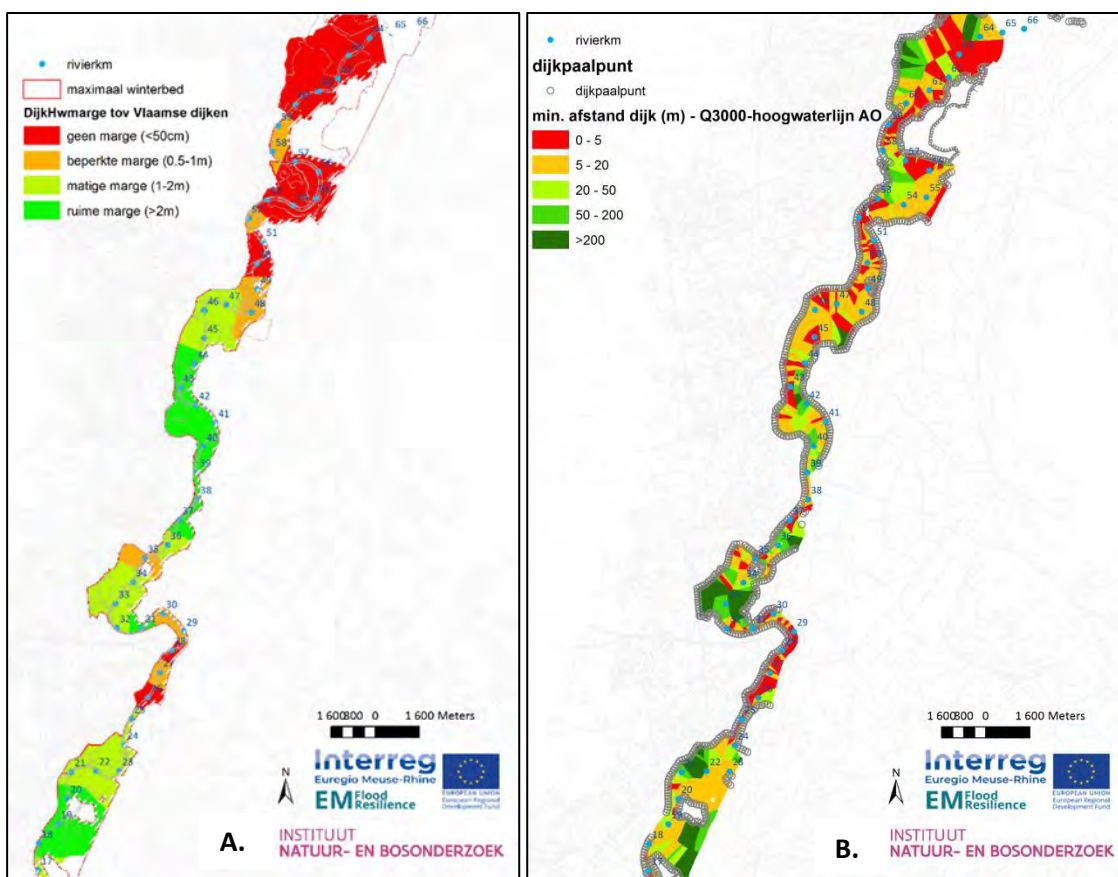
Horizontaal aspect

De breedte van de *ruimtelijke dijkmargin* of droge ruimte bij 3000 m³/s verwijst naar het gebied langs een rivier of waterweg dat droog blijft tijdens perioden van een hoogwater van 3000 m³/s die een geleidelijke opbouw heeft zoals vergelijkbaar met winteroverstromingen (stationaire doorrekening. Het is berekend per dijkpunt door de minimale afstand te nemen tussen dijkpunt en de voorspelde buitenrand van een stationaire doorgerekend hoogwater van 3000 m³/s. Binnen deze gebieden kan de impact van overstromingen beter worden gecontroleerd en beheerd, wat resulteert in een verhoogde waterveiligheid en veerkracht tegenover klimaatgerelateerde overstromingsrisico's.

Een kaart die het horizontale aspect van de dijkhoogwatermarge per dijkpunt weergeeft, illustreert de ruimtelijke marge tussen de dijk en de hoogwaterlijn, ofwel de breedte van het droge gebied bij een afvoer van 3000 m³/s (Figuur 3.6, Figuur 3.7b). Een grotere afstand duidt op een lager risico dat de dijk of natuurlijke verhoging bezwijkt bij hoogwater. In deze zones kan verruiging meer toegestaan worden.

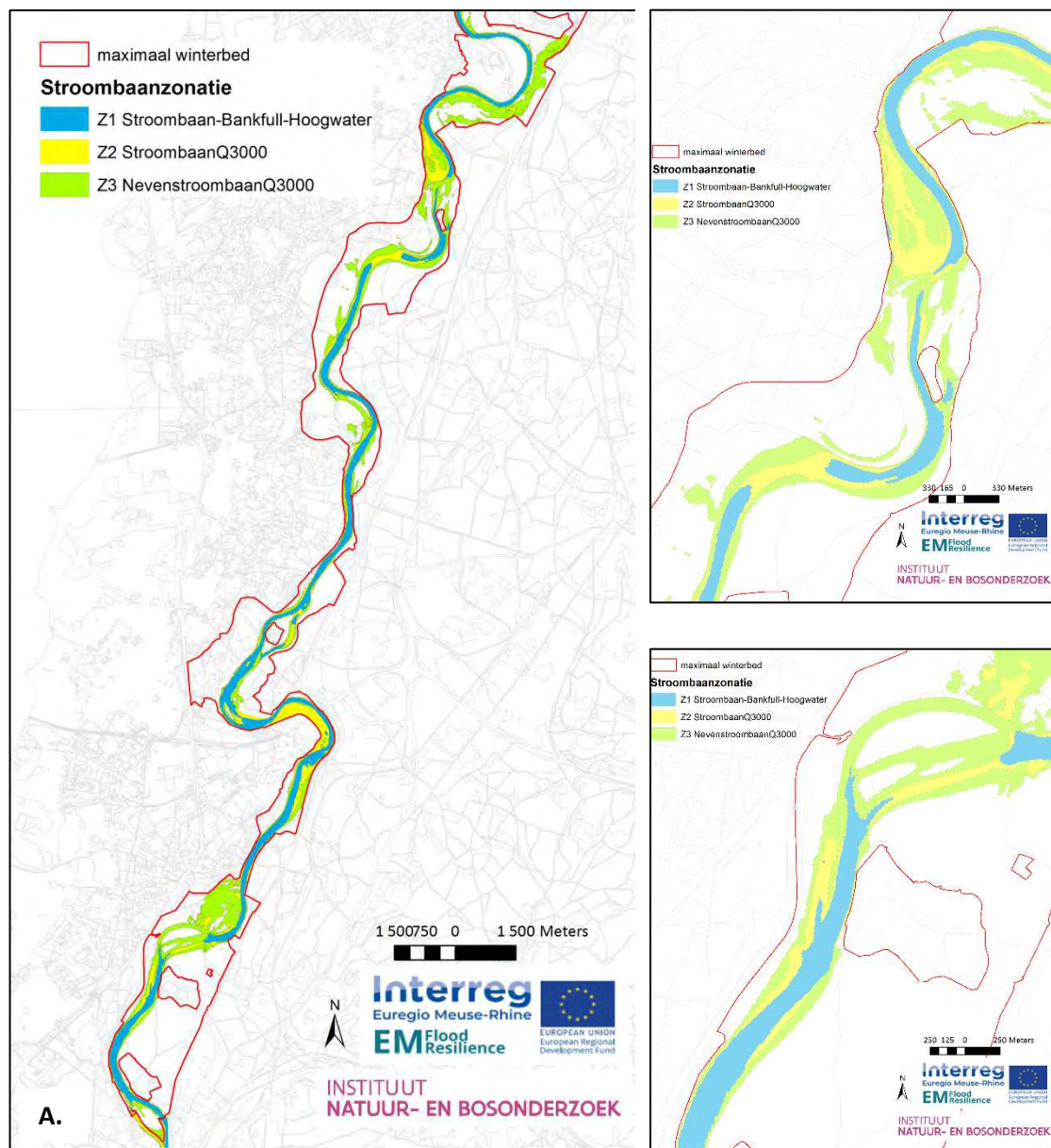


Figuur 3.6 Weergave van de horizontale dijkhoogwatermarge, de breedte van de droge ruimte.



Figuur 3.7 Verticaal aspect dijkhoogwatermarge per rivierkilometer op basis van Vlaamse dijkhoogwatermarge (A) en het horizontaal aspect van de dijkhoogwatermarge per dijkpunt (B).

Zo verkrijgen we een stroombaanzonatiekaart op basis van een extreem hoogwater van 3000 m³/s en een situatie waarbij het winterbed van de rivier volledig gevuld is (bankfull) van ongeveer 1920 m³/s (Figuur 3.8). Voor beide afvoerniveaus is een (hoofd)stroombaan gedefinieerd waarbij de stroomsnelheid hoger is dan 1 m/s, en bij een afvoer van 3000 m³/s is er ook een nevenstroombaan geïdentificeerd met snelheden tussen 0.5-1 m/s. Deze zonering van stroompaden kan worden gebruikt om in scenario's van ongewenste struweel- en bosontwikkeling specifieke gebieden af te grenzen met het oog op hoogwaterveiligheid.



Figuur 3.8 Stroombaanzonatie voor de volledige Grensmaas (A), riviersectie rond Elerweerd (België) en Koeweide en Vissersweert (Nederland) (B), riviersectie rond Hochter Bampd (België) en Itteren (Nederland) (C).

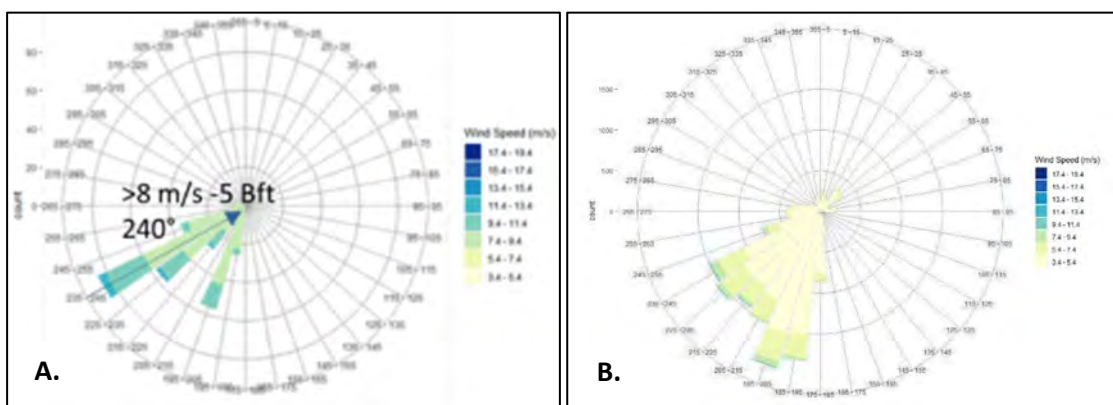
3.5.1.3 Strijkklengtebepaling

De strijklengte (fetchline) is een term uit de hydrodynamica en oceanografie die verwijst naar de afstand over het wateroppervlak waarover de wind vrij kan blazen en golven kan genereren zonder belemmerd te worden door land of obstakels. Met andere woorden, het is de lengte van open water in de richting waarin de wind waait. De strijklengte is berekend voor het maximaal winterbed tussen de winterdijken aan de Vlaamse en Nederlandse kant en de overstroomde zone bij een stationaire hoogwaterafvoer van Q3000. De overheersende windrichting is 200° of ZZW-wind en is bepaald op basis van beschikbare windinformatie voor het dichtste landweerstation Overpelt (waterinfo.be) met windsnelheden boven de 3 Beaufort (3,4 m/s) (Figuur 3.9). Daarnaast werd ook gekeken naar de belangrijkste oriëntatie voor winden boven de 5 Beaufort (>8 m/s) waarbij grotere golven ontstaan namelijk 240° of WZW-wind. Aangezien

de strijklengtes berekend worden over de volledige lengte kunnen ze ook indicatief zijn voor winden uit een 180° richting ten opzichte van deze berekende of respectievelijk NNO- en ONO-wind.

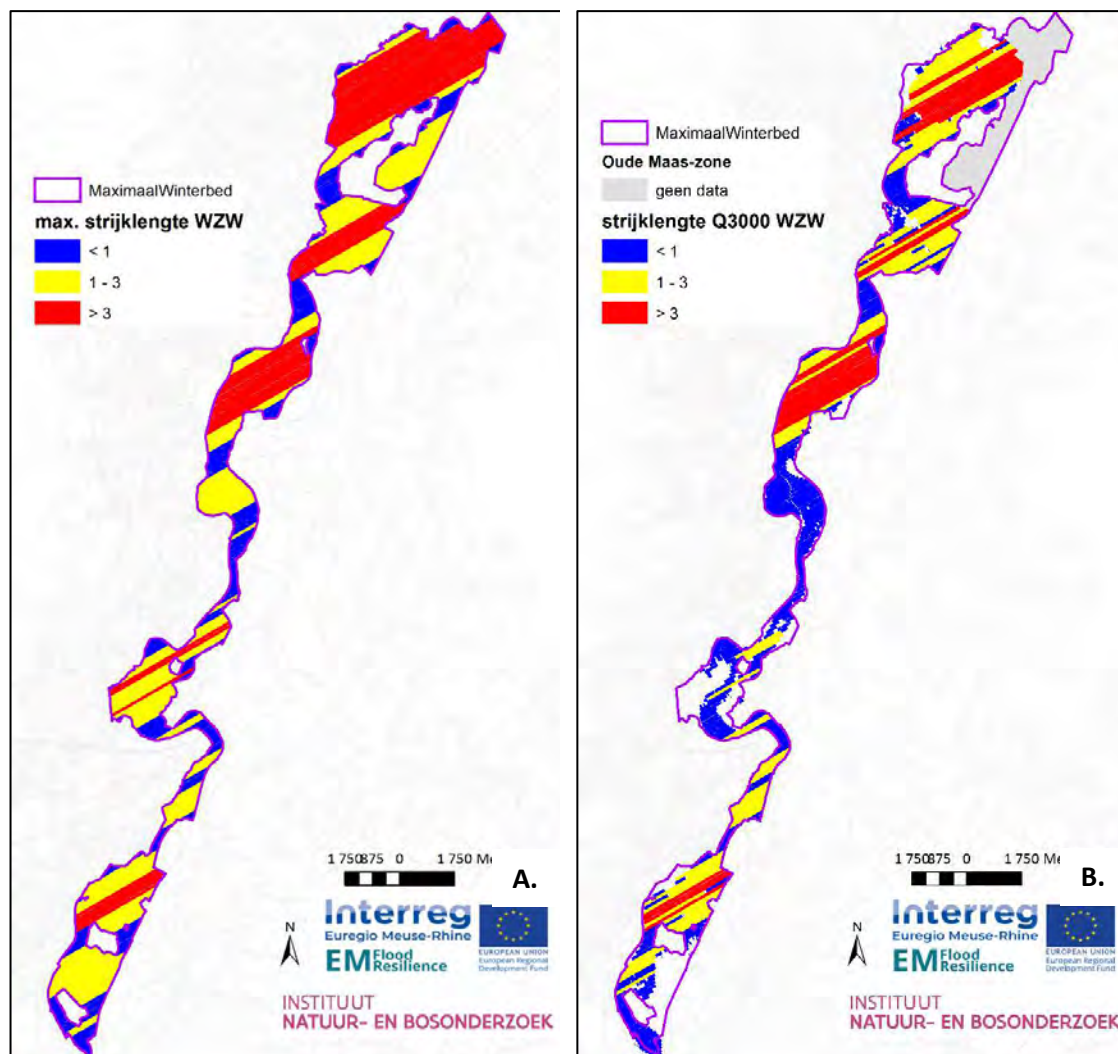
Voor de DST gebruiken we twee types van strijklengten:

1. De maximale strijklengte binnen het maximaal winterbed begrensd door de winterdijken aan de Vlaamse en Nederlandse kant onafhankelijk de voorspelde afvoer (Figuur 3.10a);
2. de strijklengte binnen de overstroomde zone bij 3000 m³/s (Figuur 3.10b).



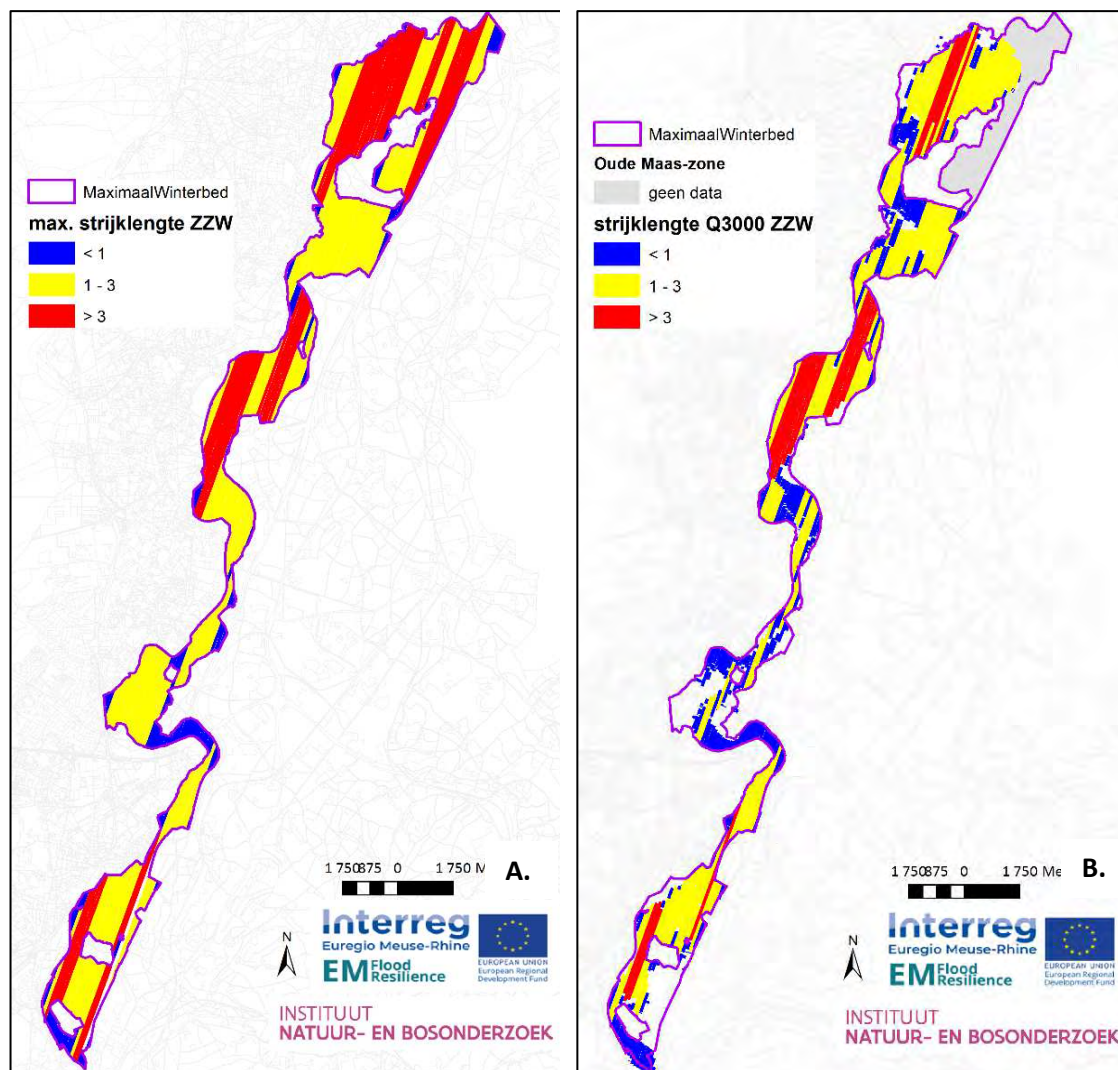
Figuur 3.9 Windroses met aanduiding van de overheersende windrichting in Overpelt (B) in de periode 2020-2022 voor windsnelheden boven 3 Beaufort (A) en 5 Beaufort (B).

Voor sterke winden uit de WZW-richting is de strijklengte berekend voor zowel bankfull-condities als voor een afvoer van 3000 m³/s (Figuur 3.10b). De kaart illustreert de gebieden waar de strijklengtes langer zijn dan 3 kilometer. In deze gebieden zou bosontwikkeling een aanzienlijk remmende invloed kunnen uitoefenen.



Figuur 3.10 Strijklengte voor winden van > 5 beaufort uit het WZW of 240° met aanduiding van maximale strijklengte binnen de winterdijken (A) en strijklengte binnen de hoogwaterlijn van 3000 m³/s (B).

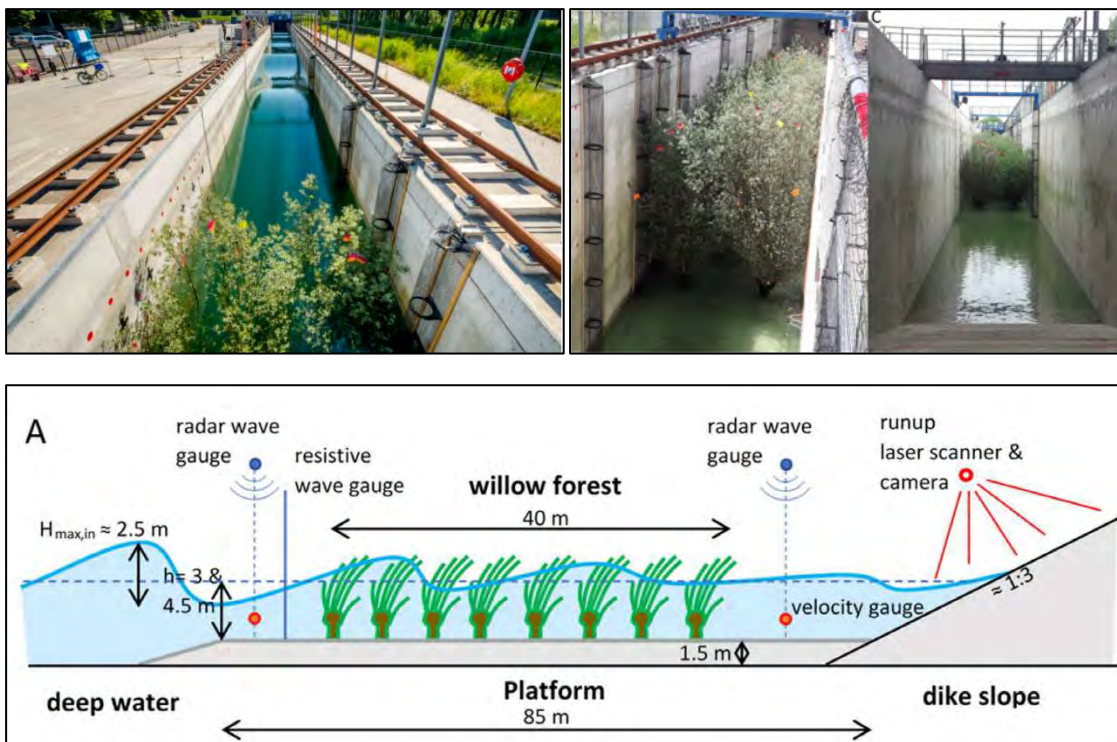
Voor winden uit de ZZW-richting is de strijklengte berekend voor zowel bankfull-condities als voor een afvoer van 3000 m³/s (Figuur 3.11). De kaart illustreert de gebieden waar de strijklengtes langer zijn dan 3 kilometer. Deze windrichting loopt parallel met de riviervallei van de Grensmaas en komt overeen met een maximale inschatting van impact.



Figuur 3.11 Strijklengte voor alle winden van >3 beaufort uit het ZZW of 200° met aanduiding van de maximale strijklengte binnen de winterdijken (A), strijklengte binnen de hoogwaterlijn van 3000 m³/s (B).

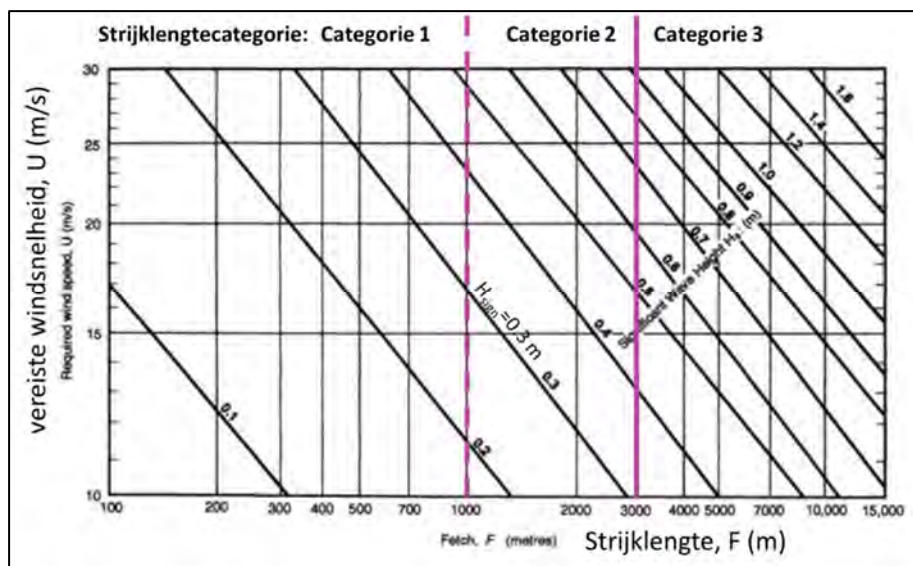
3.5.1.4 Functioneel bos als golfdemper

Een recent experiment uitgevoerd in een grote stroomgoot (**Figuur 3.12**) met een wilgenbos om golven te dempen toonde aan dat bomen nauwelijks beschadigd raken en de hoogte van golven en oploop sterk verminderen, zelfs wanneer de maximale golfhoogten tot 2,5 m bedragen (van Wesenbeeck et al. 2022). Voor het eerst werd waargenomen dat het oppervlak van het boomdak het meest relevant is voor golfverzwakking en dat de zeer flexibele bladeren slechts in beperkte mate bijdragen aan de effectiviteit. Over het algemeen toont de studie aan dat bossen een belangrijke rol kunnen spelen bij het verminderen van golfhoogten en oploop onder extreme omstandigheden. Momenteel wordt dit potentieel nauwelijks benut, maar het kan in de toekomst voordelen bieden bij het bereiken van meer adaptieve dijkontwerpen.



Figuur 3.12 Stroomgoot waarin aangetoond is dat wilgen golven dempen (Bron: van Wesenbeeck et al. nature scientific report, 2022).

Op basis van de berekende strijkafstand (Figuur 3.10 b) identificeren we zones waar struwelen en bossen de hoogste kans hebben om een belangrijke golfdempende functie uit te oefenen om de achterliggende dijken beter te beschermen. De golfhoogte werd hier vereenvoudigd benaderd als zijnde recht evenredig met de strijklengte en omgekeerd evenredig met de waterdiepte bij een bepaalde waterstand. Gezien de relatief ondiepe waterdieptes binnen de Grensmaas voor de kering, met uitzondering van de plassen, werd hier vooral gekeken naar de effectieve strijklengte bij de meest voorkomende windrichting (inclusief hoge windsnelheden) als belangrijkste factor. Op basis van de sterk vereenvoudigde relatie tussen strijklengte, windsnelheid en significante golfhoogte (Pullen et al. 2018), zijn golfcategorieën vastgesteld (Figuur 3.13).



Figuur 3.13 Sterk vereenvoudigde relatie tussen strijklengte, windsnelheid en significante golfhoogte (aangepast naar Pullen et al. 2018).

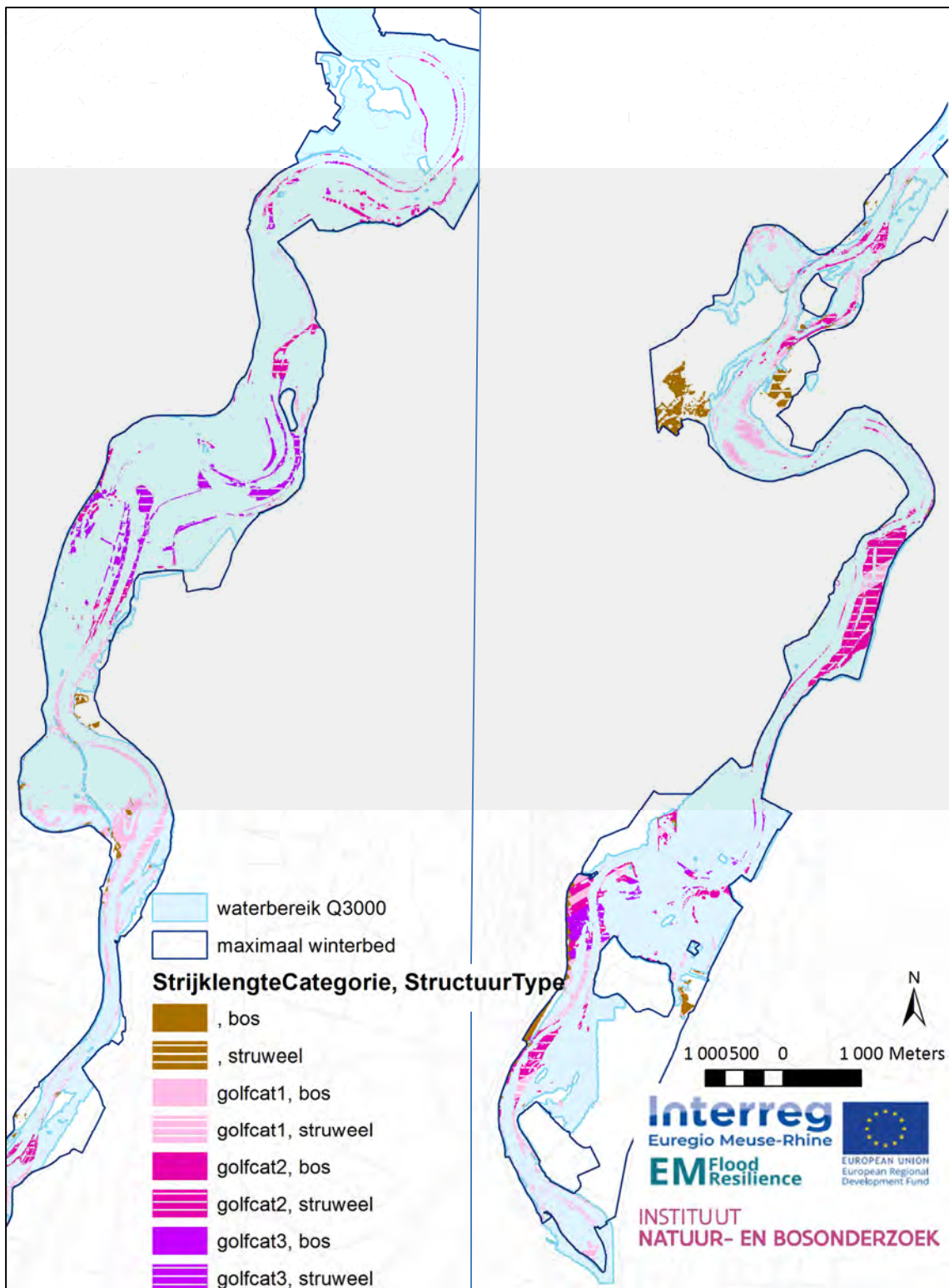
Deze categorieën zijn onderverdeeld op basis van maximale gemeten windsnelheid van 17 m/s met ruw maximalistisch ingeschatte waarden voor de significante golfhoogte (H_s) boven de 50 cm en tussen 50 en 30 cm. De afbakening van de strijklengtecategorieën voor NBS-bossen is als volgt:

- 1e strijklengtecategorie: strijklengte groter dan 3 km;
- 2e strijklengtecategorie: strijklengte van 1 - 2 km;
- 3e strijklengtecategorie: strijklengte kleiner dan 1 km.

Door de lijnen in de specifieke windrichting om te zetten in buffers van 50 m breed, kunnen bossen gecategoriseerd worden in drie categorieën op basis van hun strijklengte. Dit maakt het mogelijk om de struiken en bossen te identificeren die een belangrijke rol spelen in het verminderen van golfslag, vooral bij de overheersende windrichting van de sterkere winden uit het westzuidwest (Figuur 3.15). Deze bossen zijn cruciaal voor het verminderen van golfimpact en het is van belang dat dit functionele bos zoveel mogelijk behouden blijft. Een mooi voorbeeld is de aanplant van de zwarte populierengordel door het INBO en DVW (Figuur 3.14, links). Deze aanplanting wordt ingezet als een natuurgerichte oplossing (Nature-based solution) tegen windgolven. Het biedt bescherming als golfbreker bij winden uit het westzuidwest voor het dorp Obbicht en bewees zijn nut vooral tijdens het samengaan van sterke wind met het hoogwater van juli 2021 (Figuur 3.14, rechts).



Figuur 3.14 Voorbeeld van functioneel bos; aangeplante zwarte populierenbosgordel in 2009 helpt Obbicht (NL) mee beschermen tegen sterke golfwerking vanuit het westen bij hoge waterstanden (links), dezelfde situatie bij het hoogwater in juli 2021 (rechts).

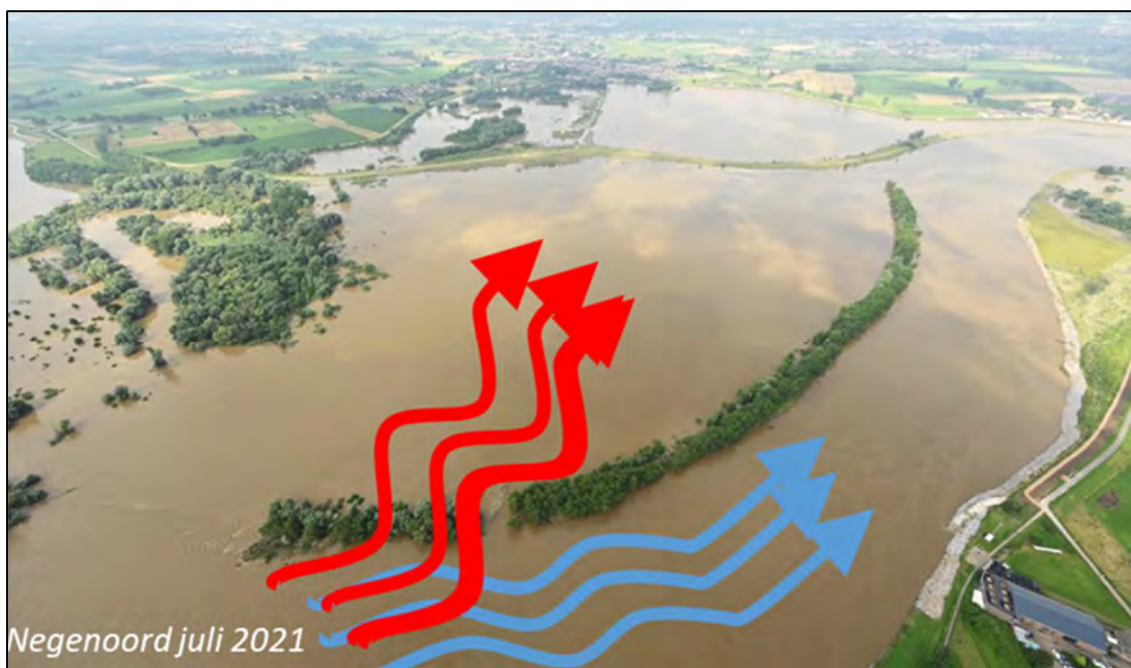


Figuur 3.15 Verwachte bos en struweelontwikkeling met een golfdempende functie bij een extreem hoogwater van 3000 m³/s en onderverdeeld in categorie 1 (beperkte bijdrage), 2 (matige bijdrage) en 3 (hoge bijdrage). Voorspellingen zijn berekend na 10 jaar natuurontwikkeling onder extensieve begrazing met de begrazingsmodule in ECODYN.

3.5.1.5 Functioneel bos als stroomgeleider

Bossen en bosstroken kunnen fungeren als stroomgeleiders, waardoor wordt voorkomen dat de hoofdstroom van de rivier direct tegen een dijk aan stroomt. Een treffend voorbeeld van een functioneel bos dat naast de golfdempende werking (3.5.1.4) ook als stroomgeleider dient, is de aanplant van zwarte populieren bij Negenoord (Figuur 3.16). Deze bosstrook is in april 2009 geplant door INBO en DVW om te zorgen dat de hoofdstroom van de Negenoordplas wordt weggeleid. Er zou een probleem kunnen ontstaan als de hoofdstroom zich verplaatst naar de diepe waterplas, met als gevolg dat de rivier ongecontroleerd zou kunnen uitbreken richting de dijk van Stokkem.

Vaak wordt het belang van dergelijke functionele bossen over het hoofd gezien of niet erkend. In het prototype van het DST presenteren we een overzicht van bossen die mogelijk kunnen dienen als stroomgeleiders.

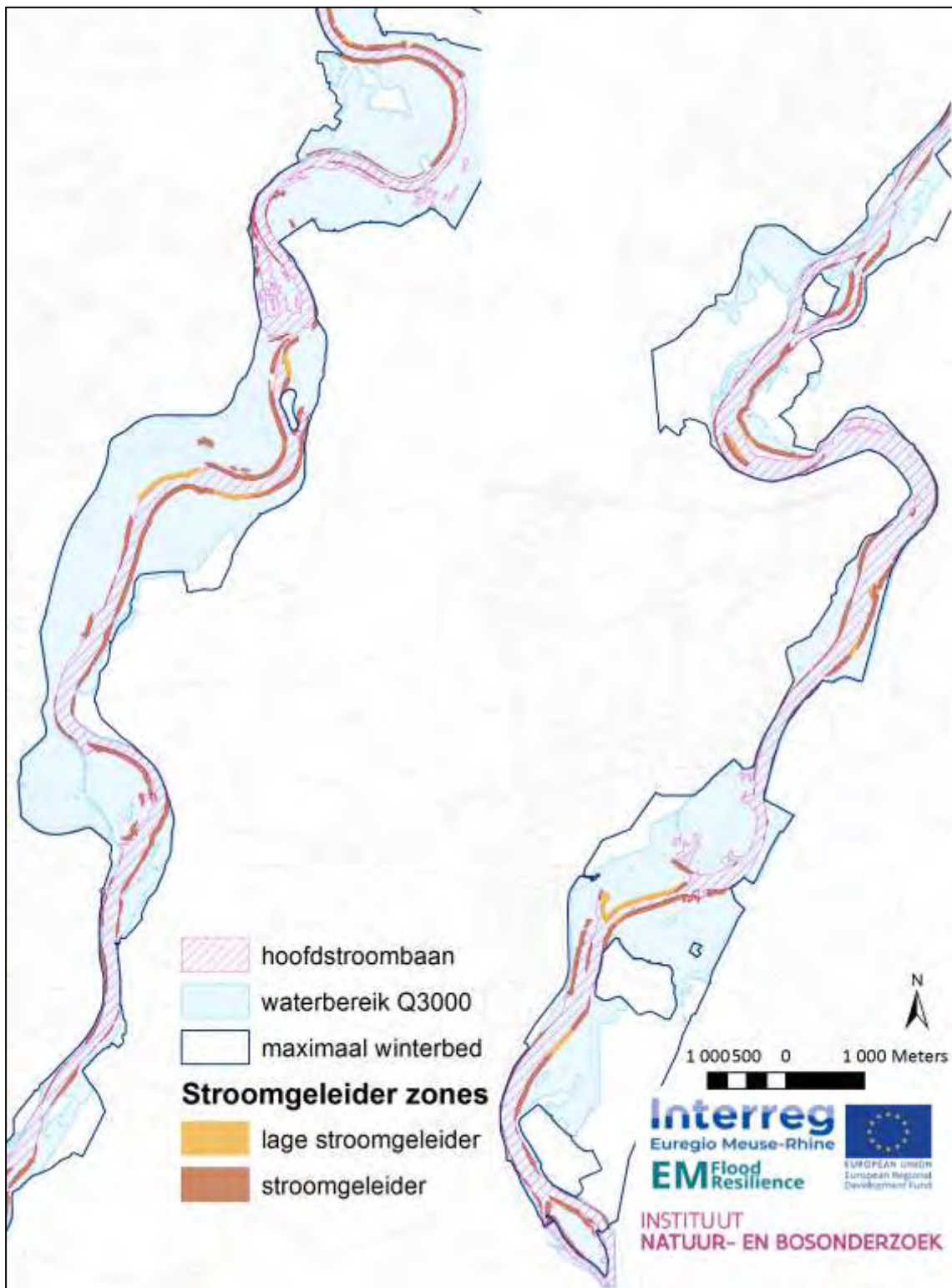


Figuur 3.16 Een zwarte populierenbosgordel bij *Obbicht* als stroomgeleider (blauwe pijlen) om te voorkomen dat de hoofdstroom de plas zou binnenstromen (rode pijlen) en ongecontroleerd zou uitbreken met risico op dijk beschadiging.

De afbakening van potentiële stroomgeleidende bossen gebeurt op basis van een afstandscriterium tot de waterstroombaan aangevuld met advies van experts. Er wordt in eerste instantie gezocht naar bossen die op minder dan 50 m ten opzichte van de buitengrens van de hoogwaterstroombaan (3000 m³/s) staan. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen 'stroomgeleidende' bossen, gelegen tussen de hoofdstroom en hoger gelegen gebieden (inclusief dijken) zoals hogere weerd en zones vrij van hoogwater, en 'lage stroomgeleider' bossen die geen extra bescherming bieden aan achtergelegen hogere gebieden.

Na de selectie van bossen op basis van het afstandscriterium worden sommige bossen uitgesloten vanwege inconsistenties in de stroom, zoals doodlopende of gefragmenteerde waterwegen. Aan de andere kant zijn er bossen toegevoegd, zoals die welke stromen begeleiden rond diepe waterplassen. Belangrijk is dat in- en uitstroomlocaties altijd vrij moeten blijven en niet geschikt zijn als stroomgeleiders. Daarnaast kunnen bossen die bijdragen aan het opsplitsen van parallelle stromen tussen hoofd- en nevengeulen ook worden opgenomen. Vanwege de

aanzienlijke rol van deskundige evaluatie, is het raadzaam om dit proces te toetsen met hydraulische experts en door middel van hydraulisch onderzoek.



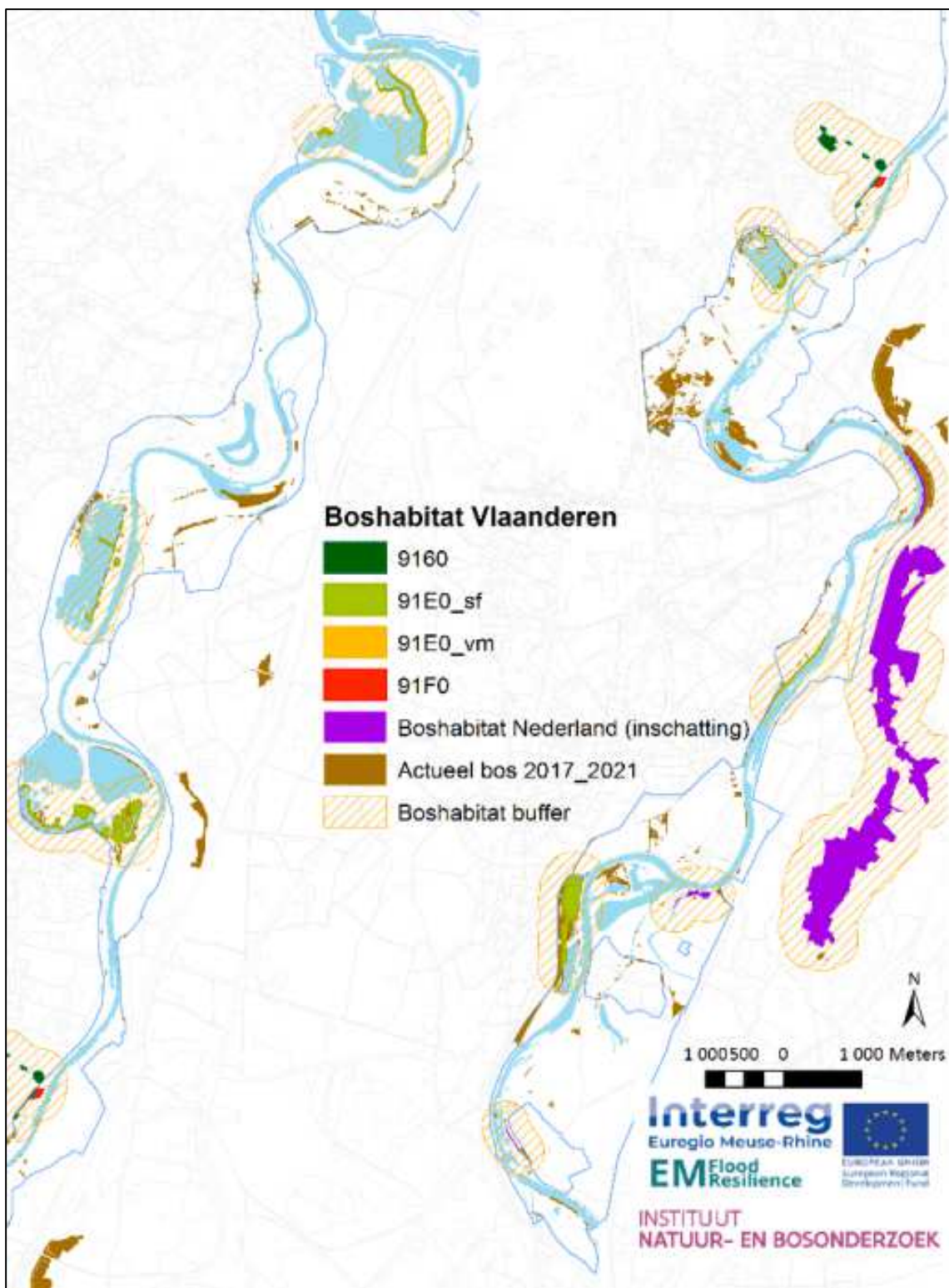
Figuur 3.17 Aanduiding van zones waar bossen en struwelen zouden kunnen fungeren als stroomgeleiders bij een hoogwater van 3000 m³/s.

3.5.2.1 Actuele natuurwaarde

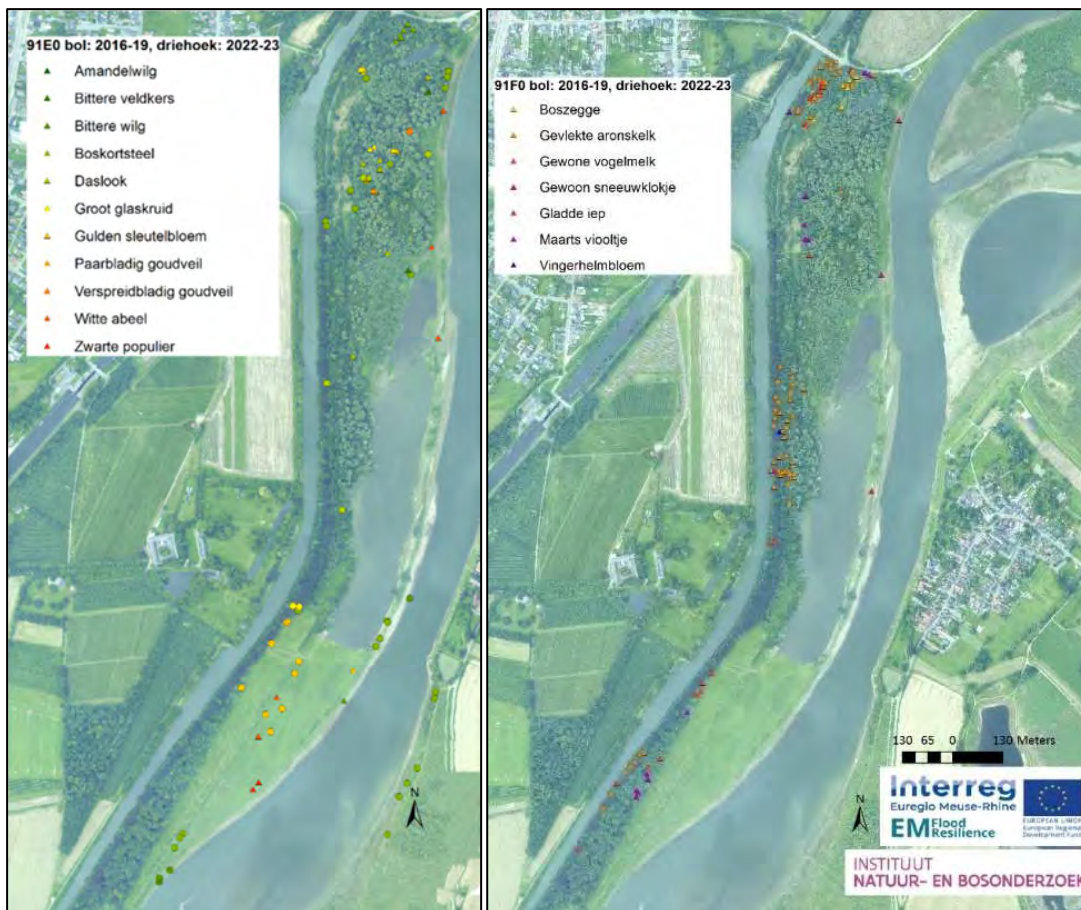
Om de actuele natuurwaarde in te schatten is het huidig struweel- en bosareaal in beeld gebracht binnen het Rivierpark Maasvallei en naburige bosgebieden op basis van de ecotopenkaart van RWS voor de Nederlandse zijde ([RWS ecotopen cyclus 5](#)) en de combinatie RWS-ecotopenkaart en BWK voor Vlaanderen.

Een inschatting van de meest waardevolle boskerncomplexen is bekomen door het samenvoegen van de habitatkaart voor Vlaanderen, een omzetting en update van de Biologische Waarderingskaart (BWK). Voor Nederland is een inschatting van de habitatwaardige Nederlandse bosgebieden gebeurd door een snelle screening van 'Maas in Beeld' data op basis van Natura 2000 kensoorten. Boskerncomplexen binnen een afstand van 300m zijn geïdentificeerd.





Figuur 3.18 Actuele spreiding van bos en struweel uit ecotopenkaart, Natura 2000- habitatwaardig bos met 300m-buffer.



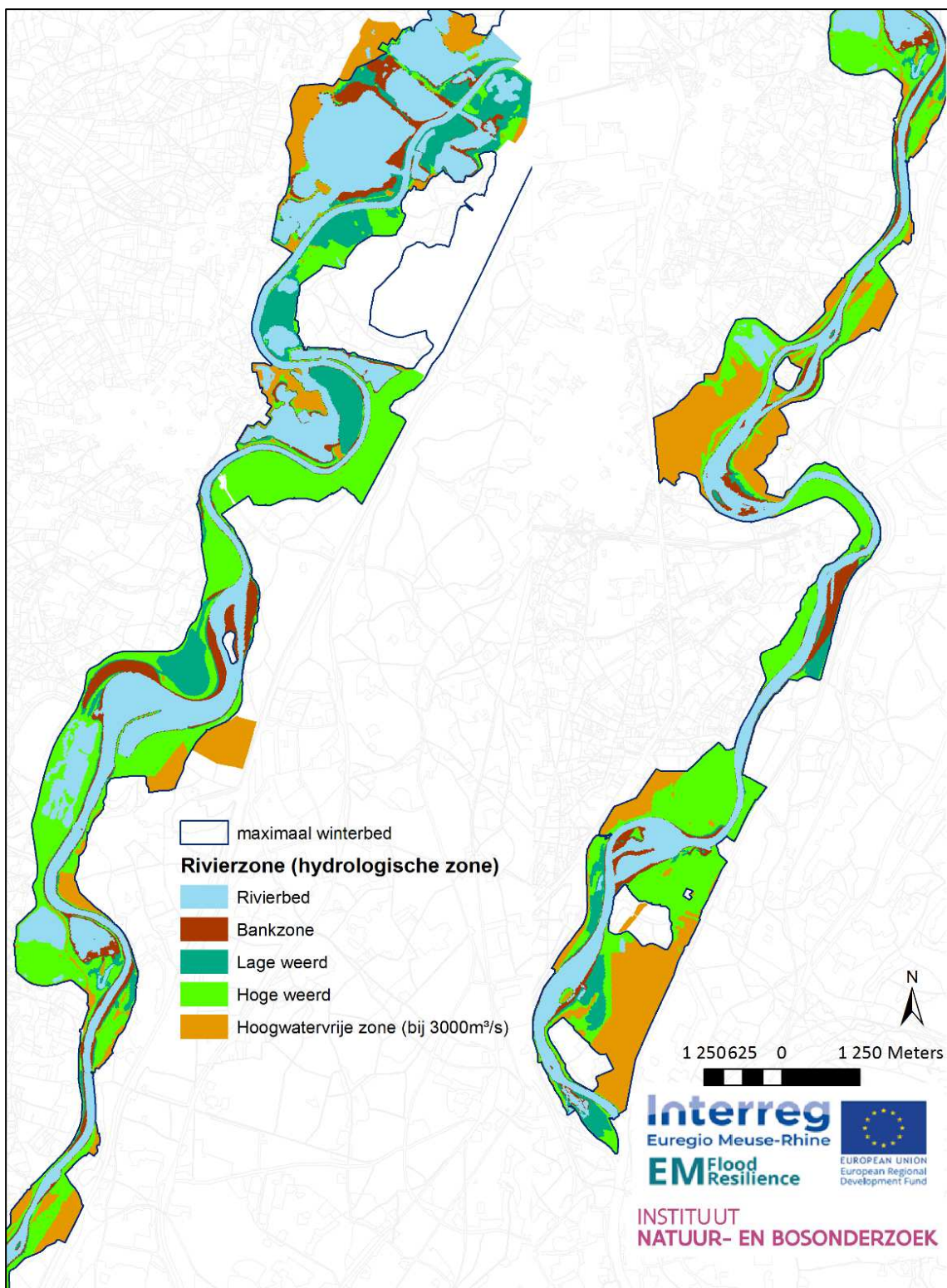
Figuur 3.19 Habitat specifieke plantensoorten in Hochter Bampd van habitattype 91E0 (a) en 91F0 (b).

3.5.3 Ecologische potenties

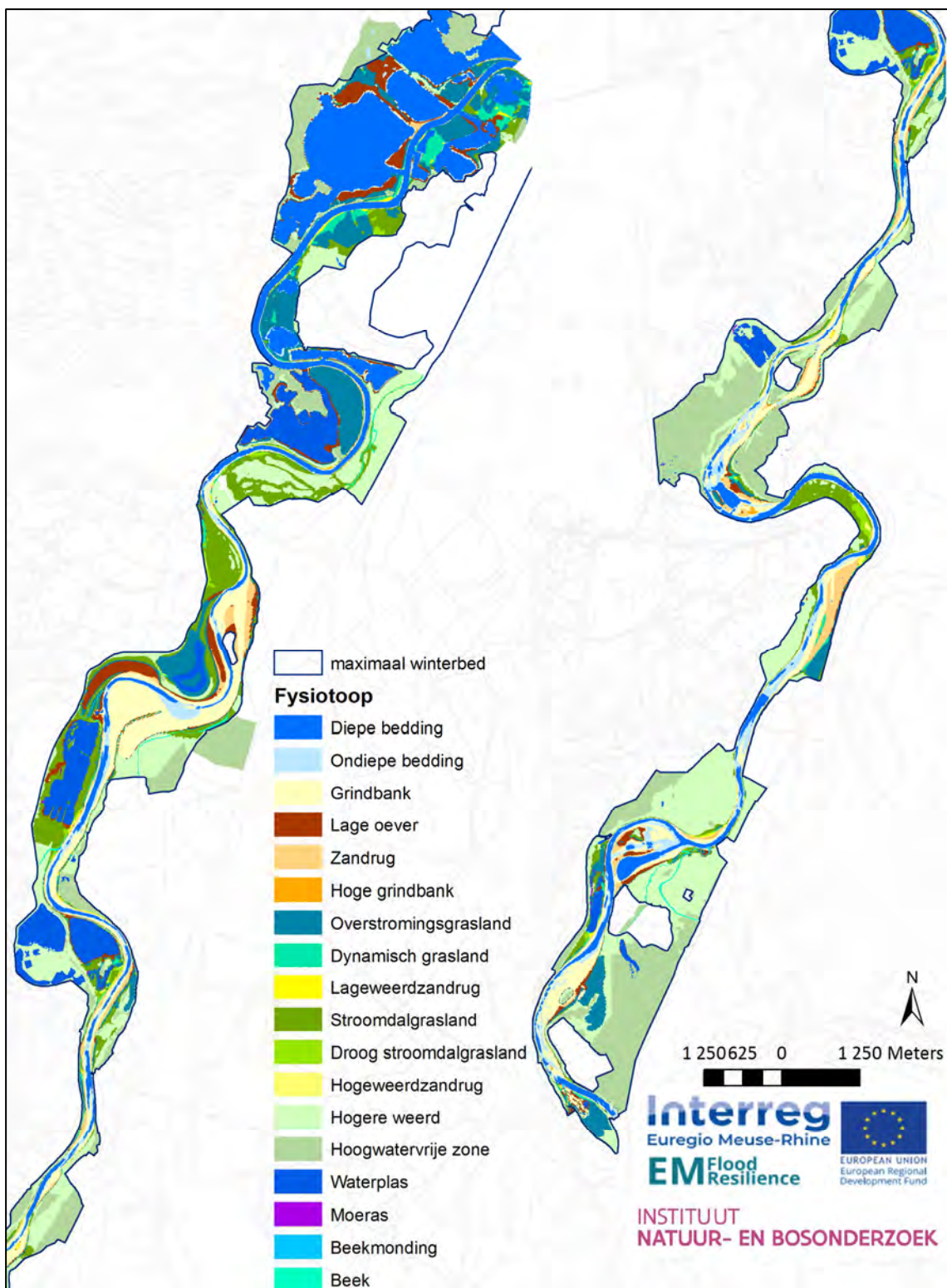
De ecologische ontwikkeling van een rivierecosysteem en zijn ecotopen wordt primair geconditioneerd door de dynamiek van de rivier en het landgebruik. De morfodynamiek, hydrodynamiek en gebruiksdynamiek bepalen in onderling samenspel de vestigings-, overlevings- en voortplantingskansen van soorten en populaties (Rademakers & Wolfaert 1994). ECODYN, een samentrekking van ‘ecologische dynamiek’, is een ecotoopvoorspellingsmodel van een riviersysteem opgesteld binnen de geïntegreerde onderzoeks aanpak van het Grensmaasproject dat deze drie dynamieken incorporeert. In ECODYN worden een aantal ecologische processen in modules gegoten en geïntegreerd tot een ruimtelijk voorspellend model (Van Braeckel & Jocque 2022). Het model is opgebouwd uit modules die overeenkomen met een stapsgewijze verkenning van de plaats en ontwikkeling van fysiotopen en ecotopen in het gebied, gebaseerd op de expertise opgedaan uit een reeks onderzoeksprojecten in de Grensmaasvallei. In een eerste fase wordt met de fysiotoopmodule in het volledige rivierbed een classificatie van fysieke eenheden gemaakt op basis van abiotische factoren. Vervolgens wordt de vegetatieontwikkeling in een situatie zonder beheer gemodelleerd in de successiemodule. De potentiële afremming van de vegetatiesuccessie onder invloed van grote grazers in het stroombergend deel van de rivier wordt voorspeld met de begrazingsmodule. Bosontwikkeling in het stroomvoerend deel van de rivier wordt voorspeld met de bosmodule. Mogelijke successionele regressies op basis van een hoogwaterpiek is gemodelleerd met de pioniermodule.

3.5.3.1 Rivierzonatie en abiotische eenheden voor en na hoogwater

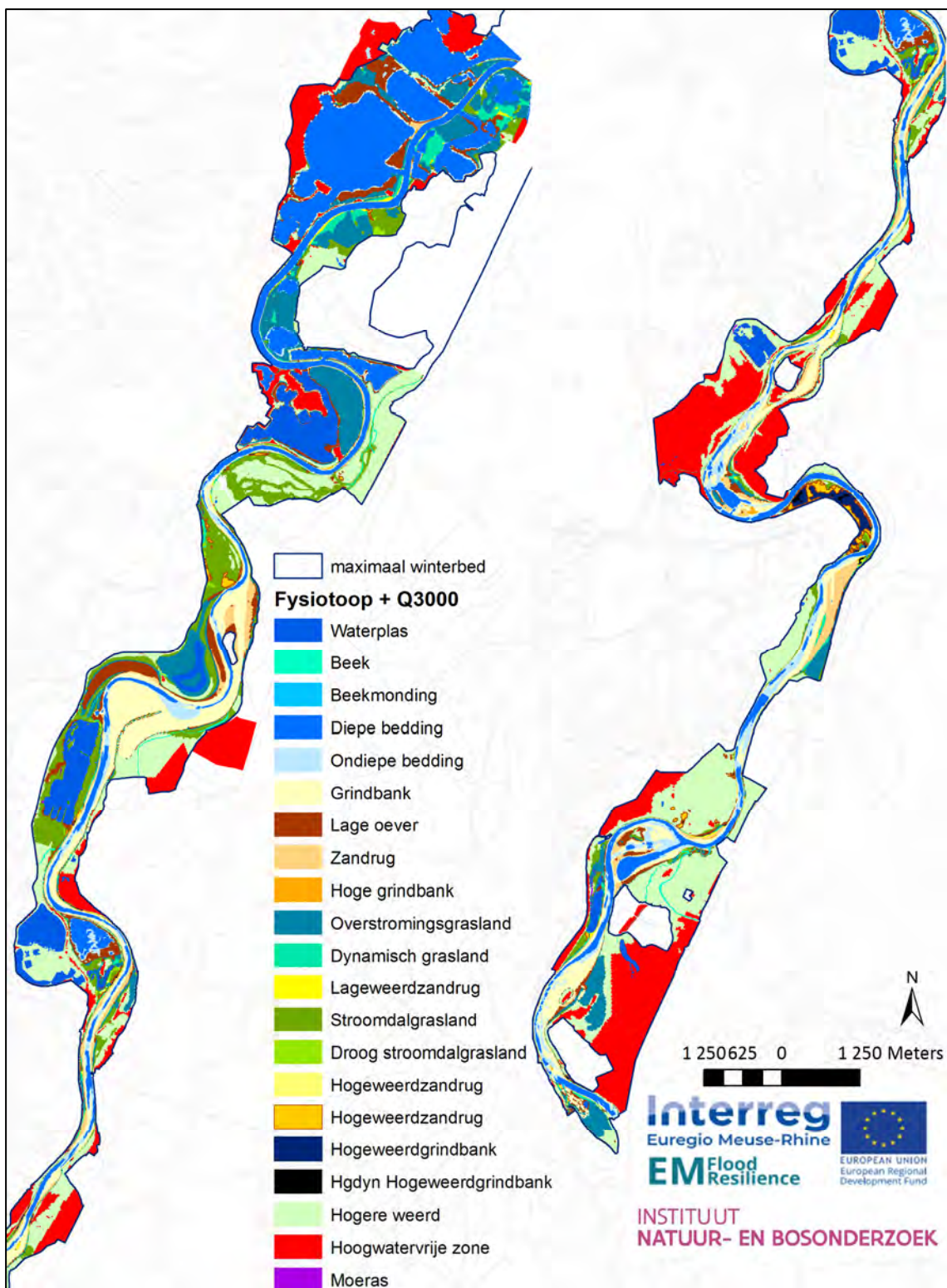
De stroomsnelheid en afvoer van een rivier zijn sleutelfactoren in het riviersysteem en bepalen direct de hydrologische zones en de fysiotopten, welke op hun beurt gekoppeld zijn aan de geschiktheid van de rivier voor ecotopten. Deze informatie komt uit de ECODYN fysiotoopmodule.



Figuur 3.20 Rivierzoning in de Grensmaas op basis van de ECODYN fysiotoopmodule in het Actueel Ontwerp (AO) in België en Nederland.



Figuur 3.21 Fysiotopen in de Grensmaas op basis van de ECODYN fysiotopmodule in het Actueel Ontwerp (AO) in België en Nederland.



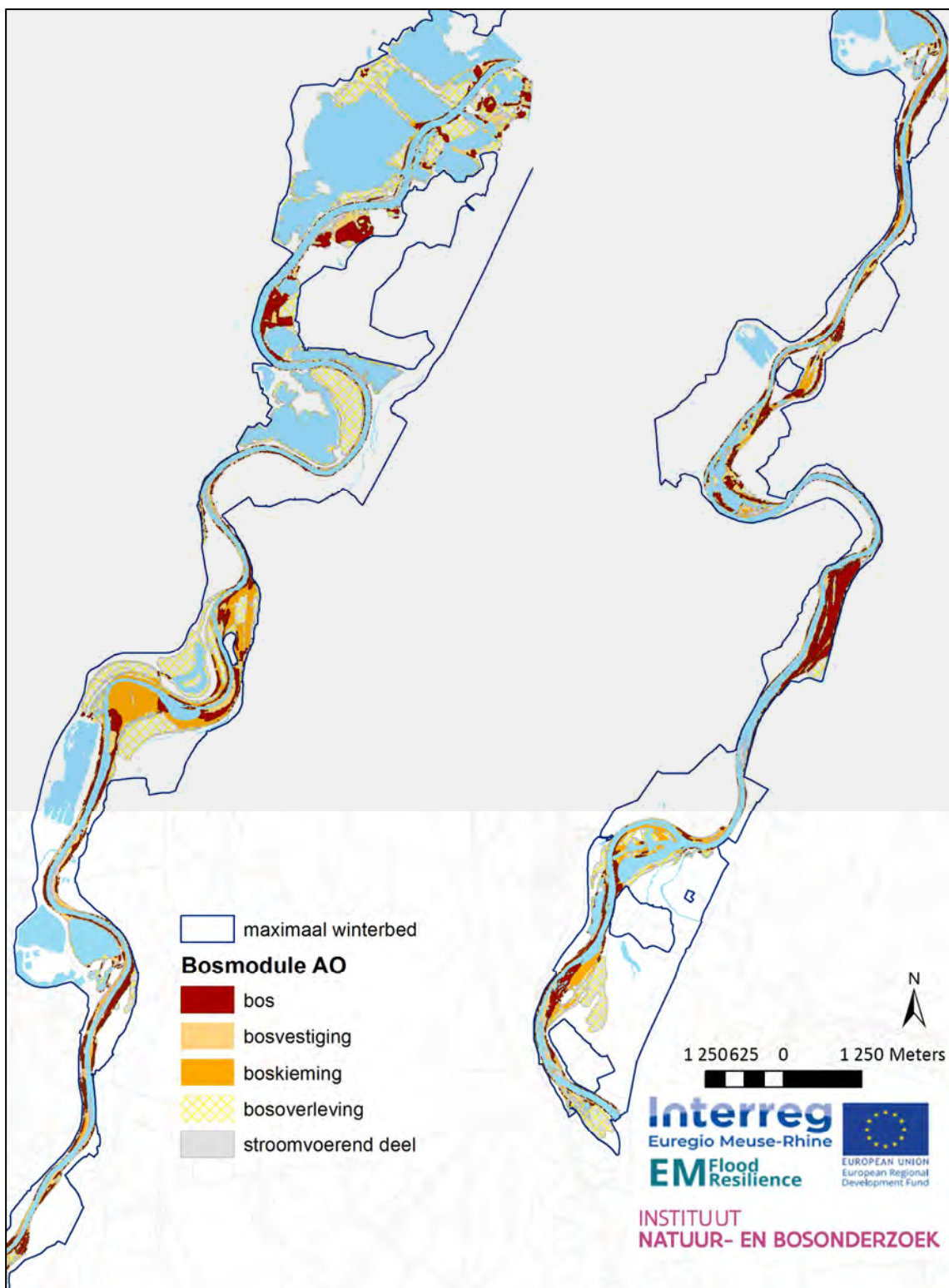
Figuur 3.22 Fysiotopen in de Grensmaas na een hoogwater van 3000 m³/s op basis van de ECODYN fysiotoopmodule in het Actueel Ontwerp (AO) in België en Nederland.

Voorspellingen voor struweel en bos ontwikkeling in ECODYN kunnen gebeuren op basis van drie verschillende modules (Van Braeckel & Jocque 2023); de bosmodule (op basis van boskieming, -vestiging en –overleving, enkel in stroomvoerend gedeelte), fysiotoopmodule (op basis van vooral overstromingsregime), begrazingsmodule (op basis van begrazingsdruk in bepaalde natuur- en habitattypes). Elk van deze voorspellingen start van andere premisses wat belangrijk is om deze in het achterhoofd te houden bij de interpretatie van de data.

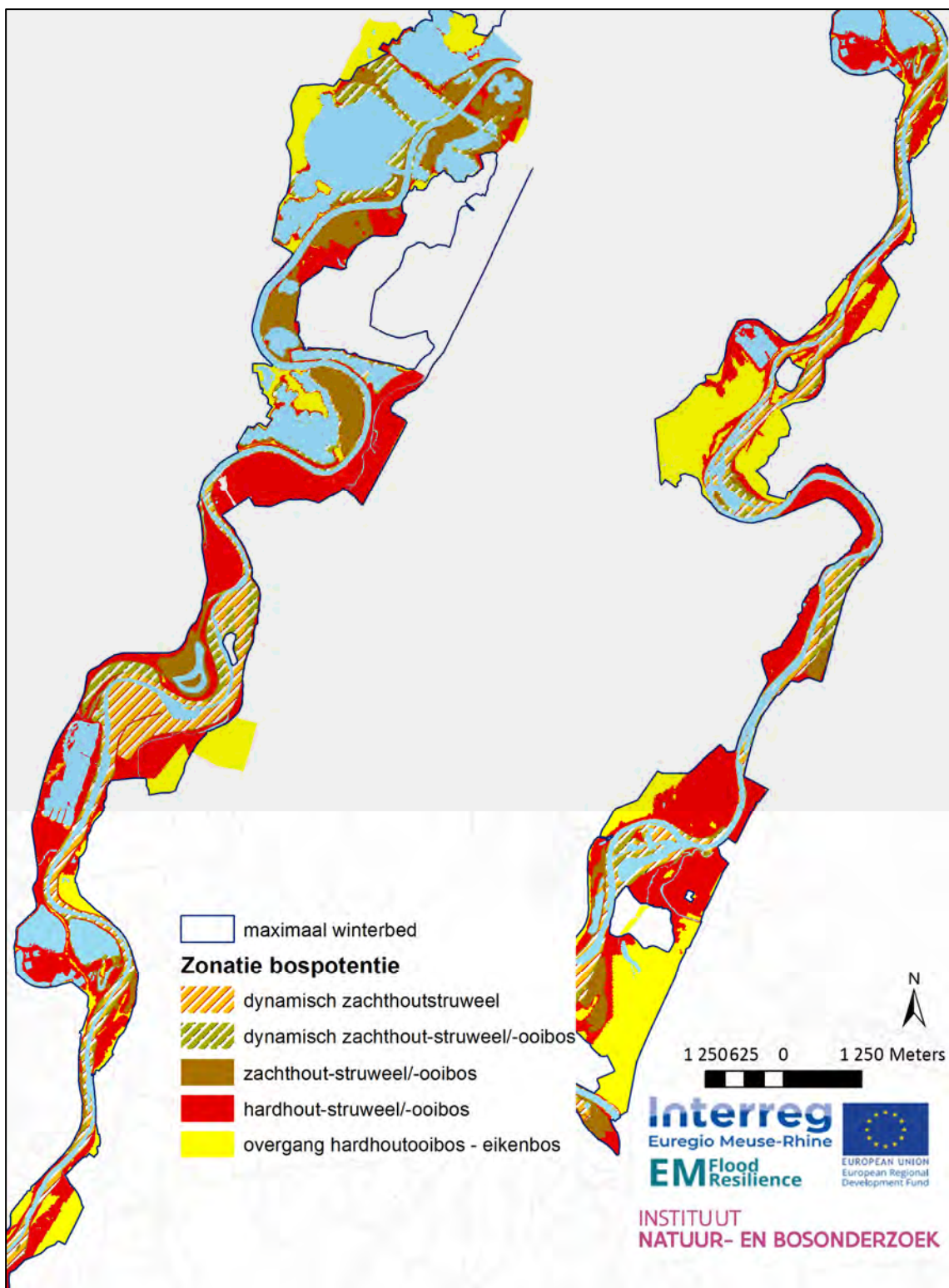
Een algemeen beeld van bosontwikkeling in de hele vallei, inclusief het laagdynamische stroombergend deel (Figuur 3.24), is gemaakt op basis van de ECODYN-fysiotoopmodule. Een inschatting is hier gemaakt naar potenties voor bostypes in de verschillende rivierzones of hydrologische zones en potentiële bosontwikkeling in relatie tot het overspoelingsregime. Deze grove typering doet dus geen uitspraak over het verwacht ruimtelijke patroon dat bepaald wordt door het gevoerde beheer.

De meer gedetailleerde verwachte bos- en struweelontwikkelingen nodig om een inschatting te krijgen naar interactie met hoogwaterveiligheid en mogelijk functioneel bos zijn apart berekend voor het stroomvoerend deel van de Grensmaas met de ECODYN-bosmodule (Figuur 3.23). De bospotenties zijn in de dynamische zone of het stroomvoerend deel van de rivier gelimiteerd door de heersende waterdynamiek en worden bepaald door 3 ontwikkelingsstadia: boskieming, -vestiging en -overleving.





Figuur 3.23 Verwachte struweel- en bosontwikkeling (ha) in de rivierbed- en bankzone van het stroomvoerende deel van de Grensmaas op basis van de ECODYN bosmodule in het Actueel Ontwerp (AO) in België en Nederland (modelonzekerheid groter gestuwd riviertraject).



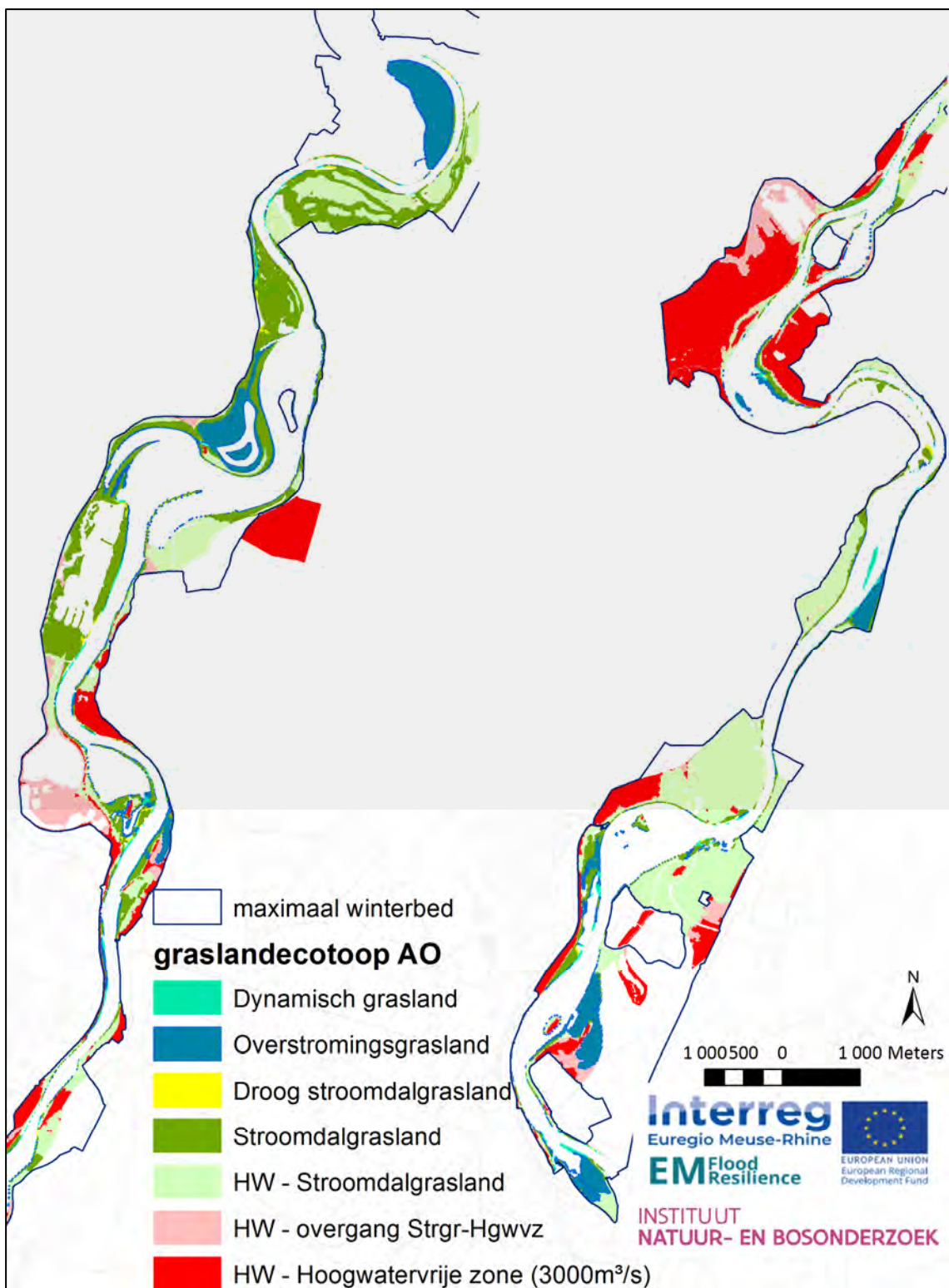
Figuur 3.24 Potenties voor boscotopen in het stroombergend deel in het Gemeenschappelijke Maasgebied op basis van de ECODYN modelresultaten in het Actueel Ontwerp (AO).

3.5.3.3 Graslandpotenties

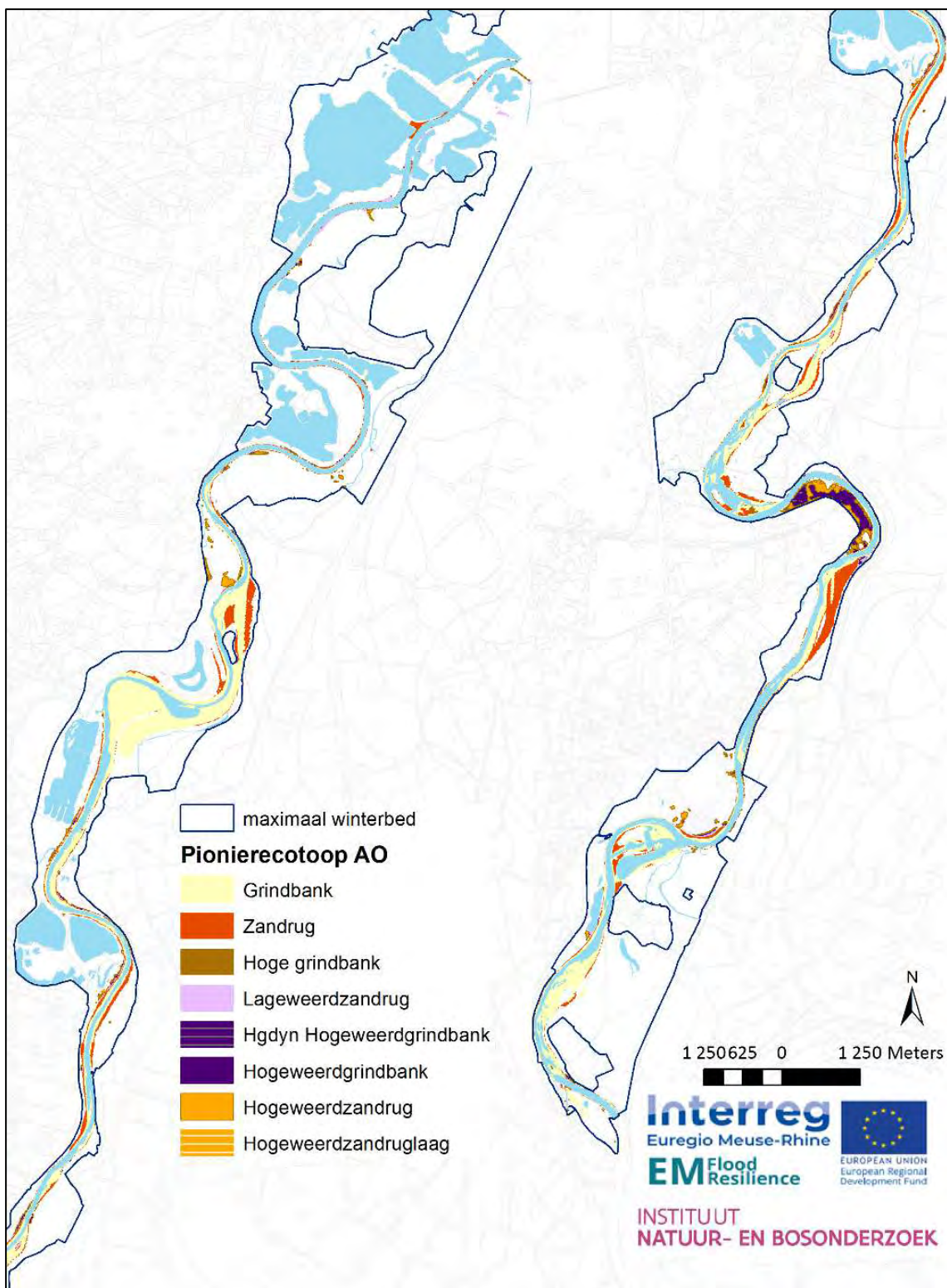
De abiotische graslandpotenties in de Grensmaas binnen het stroombergend deel zijn gebaseerd op de ECODYN-fysiotoopmodule (Figuur 3.25).

In de lage weerd komen twee graslandtypen voor; dynamische grasland en overstromingsgrasland. Deze graslanden overstromen in het voorjaar langdurig en overstromingsgraslanden hebben een zandlemige tot kleiige bodem, bij dynamische graslanden is de bodem in de regel zandiger.

Binnen de hoge weerd kunnen 3 graslandtypes onderscheiden worden, namelijk droog stroomdalgrasland, stroomdalgrasland en de 'hogere weerd'-graslanden. Deze graslanden zijn vooral afhankelijk van overtoppingen, afzettingen in het winterbed bij piekafvoeren. Droge stroomdalgraslanden zijn te vinden op afzettingen van grind en zand. Stroomdalgraslanden ontwikkelen vooral op zandlemige bodem. De 'hogere weerd'-graslanden' ondervinden duidelijk een lager overstromingsregime en overstromen pas bij een waterafvoer waarbij het rivierkanaal nagenoeg volledig gevuld is (bankfull, 1920 m³/s). Ook hier kan op basis van overstromingsregime een onderscheid gemaakt worden tussen drie grasland ecotopen; 'hoge stroomdalgraslanden' (Strgr), hoogwatervrije zone (Hgwvz) en een overgangszone (=Strgr-Hgwvz). Hoge stroomdalgraslanden stromen bij een extreem hoogwater van 3000 m³/s mee en plantendiaspora in deze zone kunnen zich hier goed vestigen zoals tijdens het hoogwater van juli 2023 (Van Looy 2011, Kurstjens 2023, Van Looy & Kurstjens 2023) (=Stroomdalgrasland (hg-3000 m³/s). Iets hoger gelegen bevindt zich een overgangszone van hoog stroomdalgrasland naar hoogwatervrije zone, dat wel nog onder water komt bij een hoogwater, maar weinig tot geen stroming kent. Helemaal bovenaan is er een hoogwatervrije zone die grotendeels droog blijft bij 3000 m³/s.



Figuur 3.25 Potenties voor graslandecotopen in het Gemeenschappelijke Maasgebied op basis van de ECODYN modelresultaten in het Actueel Ontwerp (AO).



Figuur 3.26 Potenties voor pionierecotopen in het Gemeenschappelijke Maasgebied op basis van de ECODYN modelresultaten in het Actueel Ontwerp (AO).

Beheer scenario's zijn berekend met specifieke modules uit de ECODYN software (zie ook 3.5.3) en omvatten een basisinschatting van de verwachte vegetatiestructuur.

3.5.4.1 Geen beheer (maximale bosontwikkeling)

Een inschatting van de vegetatie zonder beheer is bekomen via de ECODYN successiemodule (Van Braeckel & Jocque 2023). De sucssiemodule modelleert de vegetatiesuccessie in de fysiotoen voor zowel het stroombergend als het stroomvoerend gedeelte van de Grensmaas.

Op basis van permanent kwadraatonderzoek in de Grensmaas tussen 1996 en 2002 (Dekker & Smits, 1997; Kenzeler, 2000) en van vegetatietypering (Van Looy & De Blust, 1998; Van Looy & Peters, 2000; Peters et al., 2000; Van Looy, 2002) is een successieschema opgesteld. Dit schema vormt de basis voor zowel de successiemodule als de begrazingsmodule. De successiemodule schetst de ontwikkeling zonder beheer. De invloed van periodieke overstromingen die de successie remmen of vroege successiestadia, zoals op grindbanken, fixeren, zijn wel in rekening gebracht. Omdat met de permanente kwadraten niet alle successiefasen gevolgd konden worden, zijn bepaalde vegetatieontwikkelingen ingeschat. Zo zijn onbegraasde situaties in de terreinen met natuurontwikkeling slechts beperkt aanwezig en loopt de ontwikkeling er op de meeste plaatsen nog maar een 10 à 20-tal jaar. Uitspraken over de vegetaties die na 30 tot 50 jaar zullen optreden, hebben daardoor een grotere onzekerheid. Voor dit tijdbereik zijn trouwens grotere tijdstappen gebruikt. Daarnaast is ook geen rekening gehouden met verschillen in nutriëntenbeschikbaarheid of initiële soortensamenstelling die binnen eenzelfde fytiotoop kunnen optreden, waardoor eveneens met veralgemeningen gewerkt moet worden.

De vegetatietypen in het successieschema werden vertaald naar de ecotopenindeling en de ruimtelijke verdeling/ontwikkeling wordt uitgesplitst over successiestappen per fysiotop. Zo kan de ontwikkeling van ecotooparealen in de tijd aan de hand van het successieschema weergegeven worden. Het geeft een kwantitatief beeld van de ontwikkeling, waaraan we de evolutie van geschikt habitat voor gidssoorten koppelen en zo de successies in de startfase en verderop in de tijd ten aanzien van de streefdoelen kunnen evalueren.

3.5.4.2 Extensieve begrazing

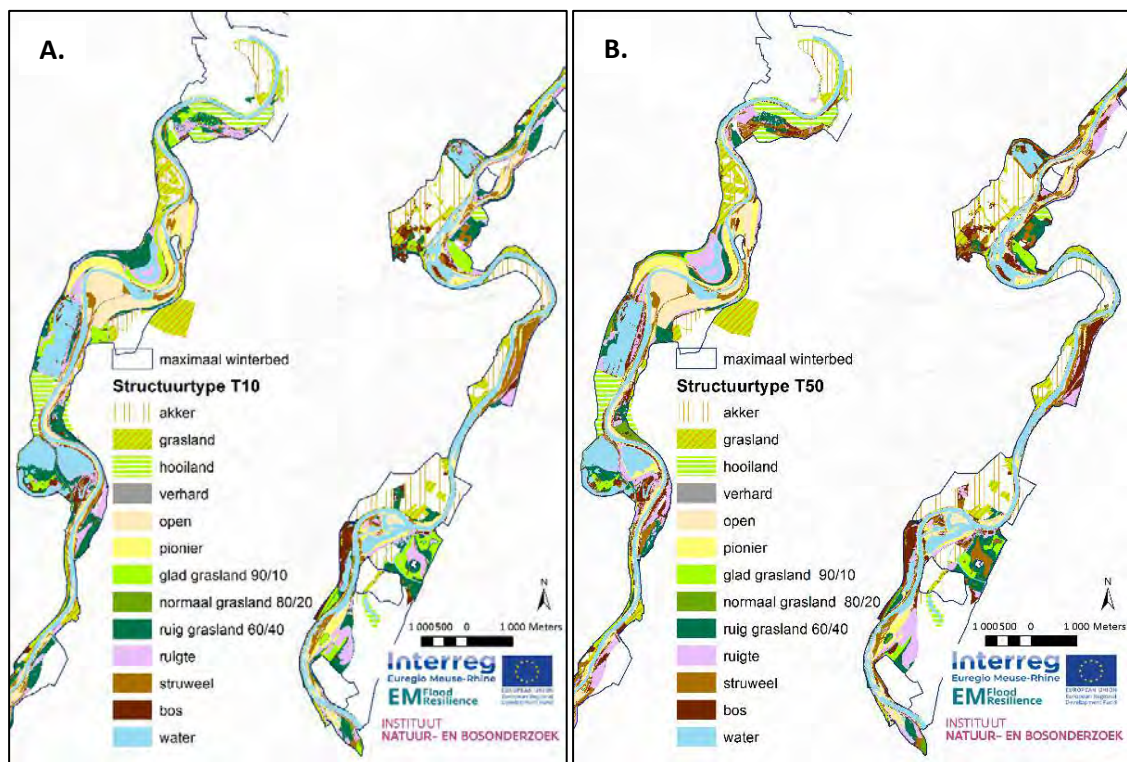
Om zicht te krijgen op de vegetatiestructuur in de toekomst bij extensieve begrazing gebruikten we de begrazingsmodule in ECODYN (Van Braeckel & Jocque 2023). In het stroombergend deel van het rivierbed speelt beheer een belangrijke rol bij de vorming van vegetatiepatronen. In de begrazingsmodule zijn voor deze studie begrazing, maai/hooibeheer en landbouwbeheer opgenomen. Verschillende beheertypes zorgen voor andere macropatronen van vegetatietypes evenals verschillen in abiotiek en begrazingsintensiteit van runderen en paarden. In de begrazingsmodule wordt de vegetatiestructuur weergegeven die de hoogste kans heeft om tot ontwikkeling te komen. In de lagere delen van het rivierbed (grindbank, zandbank) is de begrazingsdynamiek miniem en staat niet in verhouding tot de rivierdynamiek, waardoor hier geen begrazingseffect wordt voorspeld. Ook in de bosgebieden waar begrazing weinig effect heeft op het dominante structuurtype word geen effect voorspeld. Voor deze modellering op schaal van het volledig Grensmaasgebied zijn voor de afbakening van de abiotische eenheden fysiotopen gebruikt, aangevuld met de bodemstructuurkaart van de niet vergraven delen in de hoge veerd.

Voor België en Nederland samen zijn ongeveer 1562.4 ha in begrazingsbeheer. De natuurlijke begrazing zorgt voor een gradatie van begrazingsintensiteit in deze begrazingsblokken. Binnen elk begrazingsblok wordt de selectieindex omgerekend naar een relatieve graasintensiteit

////////////////////////////////////



waarbij ook ruimtelijke variabelen zoals plekisolatie en wintertoegankelijkheid in rekening werden gebracht (Figuur 3.27). Indien een plek moeilijk bereikbaar is, zal zelfs een voedselrijk grasland als uitgangssituatie een lage begrazingsintensiteit ondervinden. Binnen de module wordt toegankelijkheid enerzijds bepaald door de graad van isolatie en grootte en anderzijds door de grondwaterstanden tijdens de winterperiode. De combinatie van graasintensiteit en graasgevoeligheid van de vegetatie leidt tot ofwel fixatie, vertragen of ongemoeid laten van de successie. Onder jaarrondbegrazing binnen een begrazingsblok wordt in de modellering van grasland en ruigtes uitgegaan van structuurverdeling met een aandeel aan grasland variërend tussen de 5% en 35% van het niet-beboste oppervlak. Deze maximale benuttingsfactor kan bereikt worden met een begrazingsdichtheid (in de zomer) van 1/2ha – 1/4.5 ha afhankelijk van het gebied. Naast de selectie van de grazer is de successiesnelheid binnen een fysiotop belangrijk bij de ruimtelijke verdeling van vegetatiestructuren. Binnen alle begraasde gebieden is zowel voor rund als paard, en voor zomer en winter gemodelleerd.

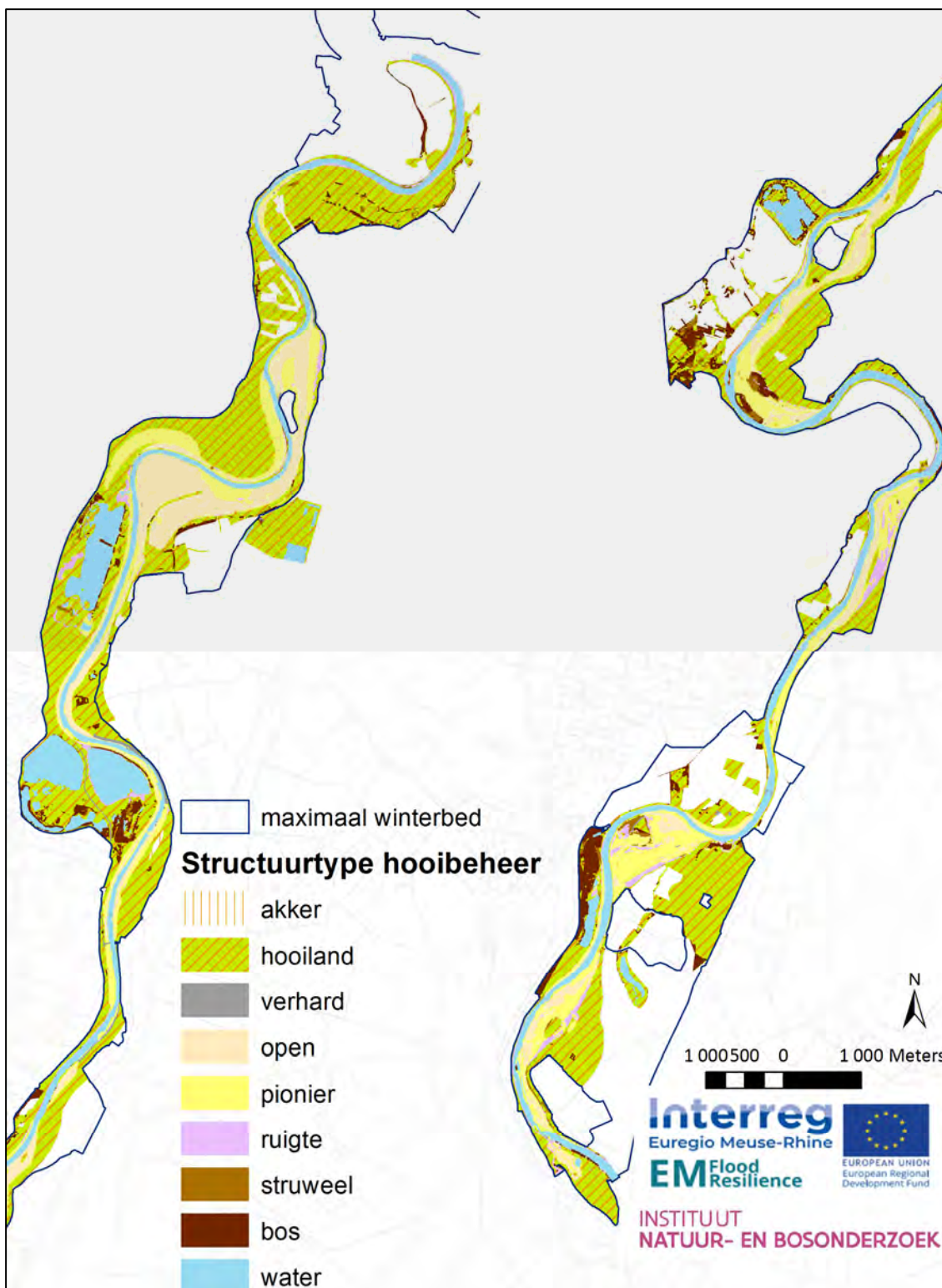


Figuur 3.27 Verwachte ontwikkeling van vegetatiestructuur in het ongestuwde deel van de Gemeenschappelijke Maas onder extensief begrazingsbeheer met runderen en paarden volgens de ECODYN begrazingsmodule voor alle natuurbestemmingsgebieden in het Actueel Ontwerp (AO) na 10 jaar (A) en 50 jaar (B).

3.5.4.3 Hooibeheer

Het effect van hooibeheer op de vegetatiestructuur is bekeken op basis van de beheermodule in ECODYN (Van Braeckel & Jocque 2023), waarbij voor de gebieden onder hooi-/maai-beheer uitgegaan is van een stilstand in ecologische successie met constante vegetatiestructuur van grasland in zowel T10 als T50. In de ECODYN modellering evolueren gebieden in hooibeheer dus niet, in tegenstelling tot de begraasde gebieden.

Pagina 64 van 97



Figuur 3.28 Vegetatiestructuur in het ongestuwde deel van de Gemeenschappelijke Maas onder hooilandbeheer in het stroombergend deel voor alle natuurbestemmingsgebieden in het Actueel Ontwerp (AO).

4 ONTWIKKELING PROTOTYPE DST

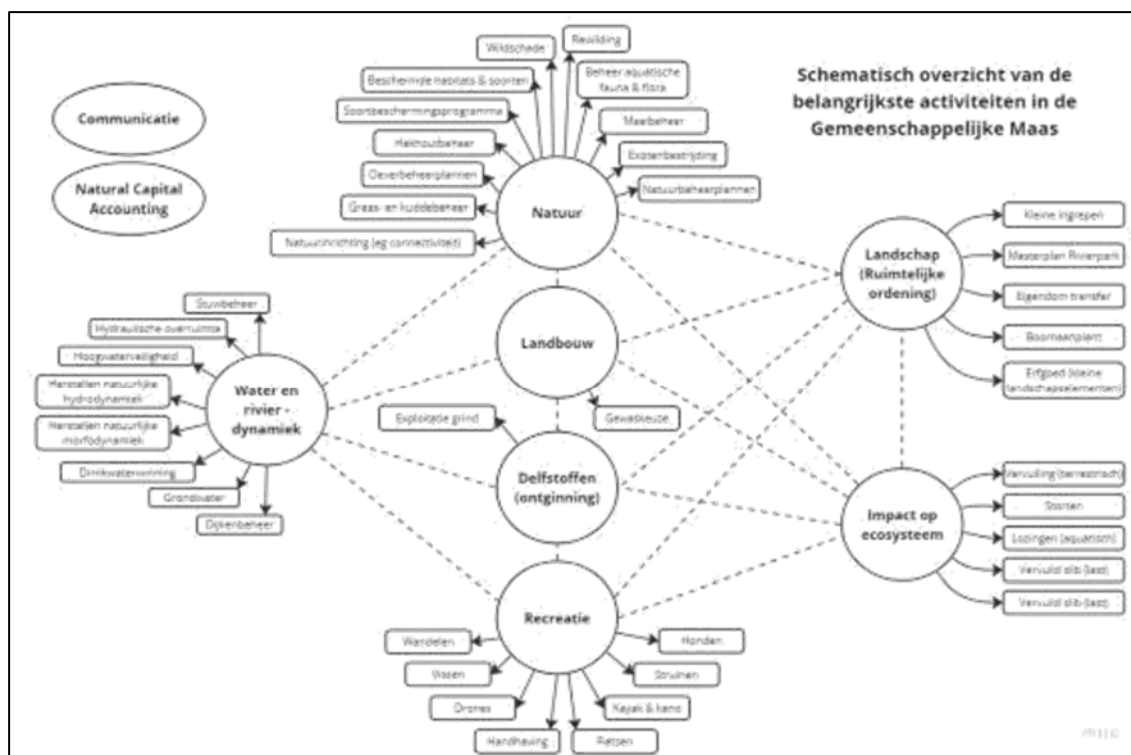
4.1 DST ONTWIKKELING

De ontwikkeling van een Decision Support Tool (DST) prototype voor de Grensmaas, dat tot doel heeft een gestructureerd overzicht te bieden van beschikbare informatie en ondersteunend te zijn voor beheer beslissingen in de Grensmaas, gebeurde in drie stappen beginnende met een situatieschets en overzicht (4.1.1), een ontwikkeling van een conceptbasis (4.1.2, 4.1.3) en een evaluatie op basis van enkele case studies (4.1.5).

4.1.1 Situatieschets en overzicht Grensmaas

Vanaf het begin hebben we intensief samengewerkt met diverse partners, stakeholders en experts betrokken bij het beheer van de Grensmaas. In een eerste workshop zijn kernaspecten van activiteiten en projecten omtrent de Grensmaas geïdentificeerd. Hier is ook al feedback, zorgen en standpunten over een mogelijke DST verzameld. Een overzicht van de partijen die de workshops bijwoonden, is te vinden in Bijlagen 1 en 2.

De argumenten van de partners zijn vervolgens samengevat in een Regionaal Activiteiten Diagram (Figuur 4.1), gegroepeerd rond negen grote thema's. Hierdoor zijn een uitgebreid overzicht ontstaan dat de diversiteit aan perspectieven in de Grensmaas weergeeft. Het ontwerp van het Regionaal activiteiten Diagram heeft meerdere iteraties ondergaan om diverse standpunten volledig in te sluiten. Uit de bevraging bleek dat de grootste activiteiten verband hielden met natuurbehoud, water- en rivierdynamiek, recreatie, ruimtelijke ordening en de impact op ecosystemen.



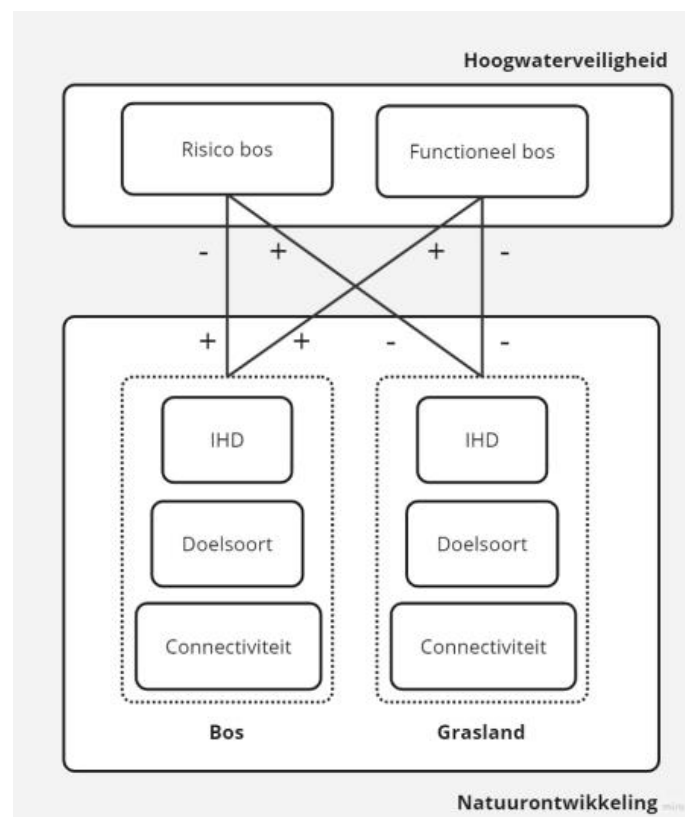
Figuur 4.1 Schematisch overzicht van alle activiteiten in de Gemeenschappelijke Maas in een Regionaal Activiteiten Diagram.

4.1.2 Kwalitatief systeem diagram (KSD)

Gebaseerd op feedback van betrokken partijen en een regionaal activiteitenoverzicht, is de noodzaak voor ondersteuning in terreinbeheer gericht op natuurontwikkeling en hoogwaterbescherming vastgesteld. Dit leidde tot de creatie van een Kwalitatief Systeem Diagram (KSD) dat de elementen van hoogwaterbescherming en natuurontwikkeling visualiseert, zoals getoond in Figuur 4.2. Dit diagram illustreert de verscheidene componenten en hun onderlinge verbindingen. Bijvoorbeeld, grotere arealen aan functioneel bos hebben een positief effect op het behalen van de IHD-doelstellingen en doelsoorten voor een 'Bos'-omgeving maar kunnen habitateisen van graslanddoelsoorten negatief beïnvloeden.

Een initiële opzet werd gemaakt om te voldoen aan de relevante eisen op het gebied van hoogwaterveiligheid en natuurontwikkeling. Deze opzet werd gepresenteerd tijdens een workshop in Maastricht, Nederland, waar uitvoerige feedback en ideeën werden verzameld van diverse stakeholders, inclusief juridische restricties en beheerbeslissingen specifiek voor deze regio. Er werd ook gekeken naar de mogelijkheden voor een gebruikersinterface. Op basis van de informatie verkregen tijdens de workshop, is een prototype van een Beslissingsondersteunende Tool (DST-tool) ontwikkeld, compleet met een eerste resultatenkaart.

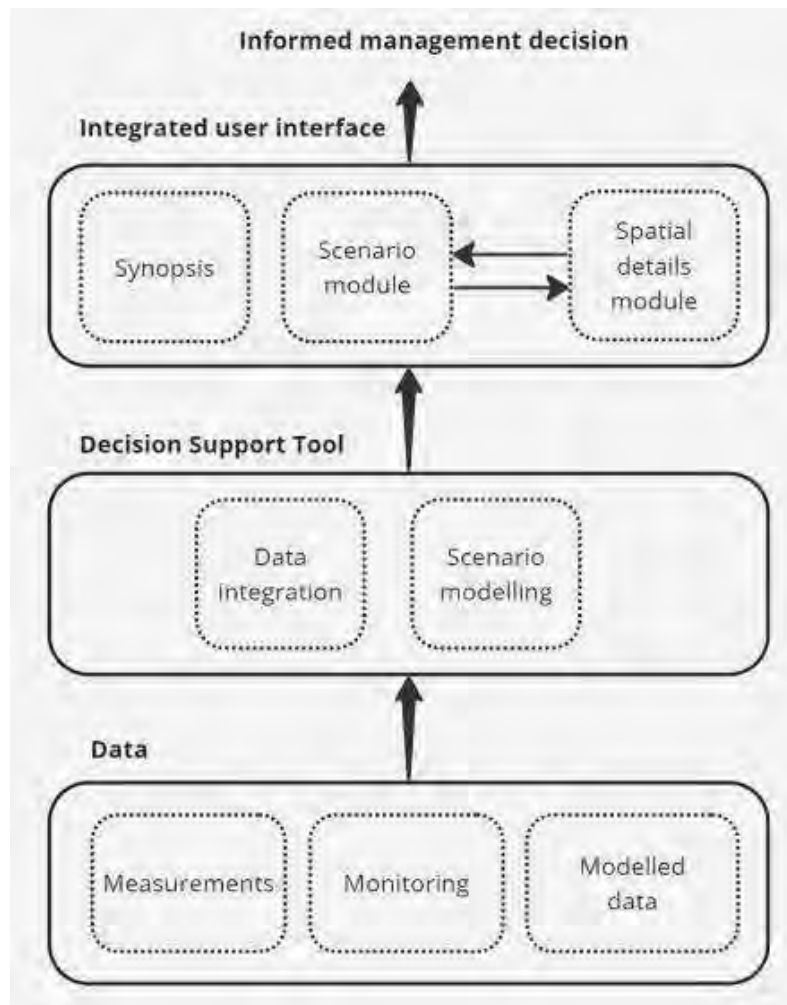
Daarnaast werd het bestaande beleidskader 'Ruimte voor ooibossen' (WUR) ontwikkeld voor alle grote rivieren in Nederland, in overweging genomen voor integratie in het DST-prototype. Gezien de unieke overstromingsduren, -frequenties en hydrodynamiek langs de Grensmaas, en de ligging op de grens tussen Nederland en Vlaanderen (België), werd het duidelijk dat een meer regiospecifieke en grensoverschrijdende aanpak vereist is.



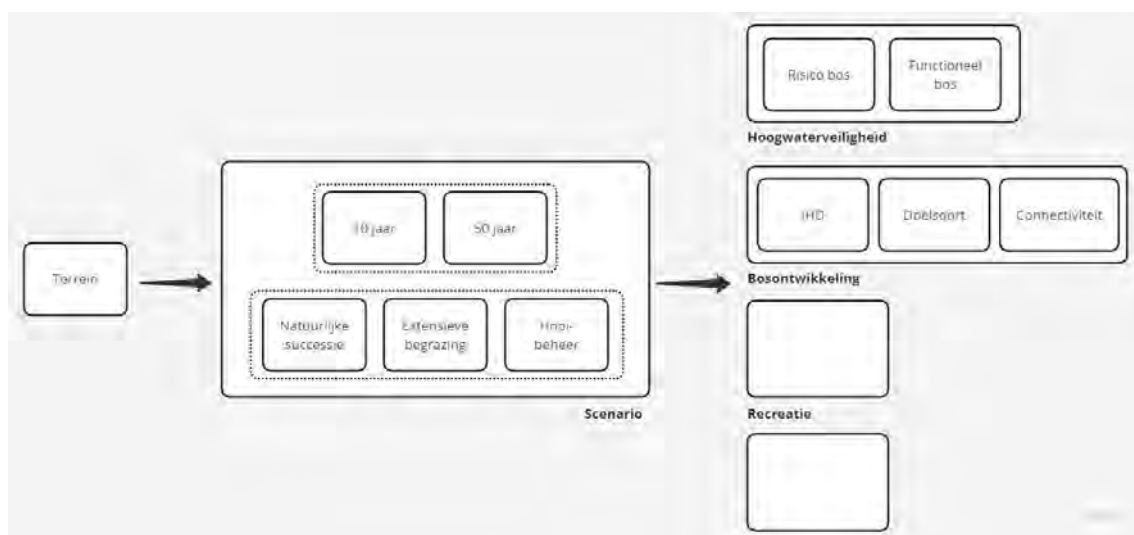
Figuur 4.2 Kwalitatief Systeem Diagram omtrent de relatie tussen hoogwaterveiligheid en natuurontwikkeling als basis voor de ontwikkeling van het prototype DST ter ondersteuning van beslissingsneming omtrent beheer voor terreinen in de Grensmaas.

////////////////////////////////////

Dit zal voor de verschillende scenario's bekeken worden volgens toekomstprojecties van 10 en 50 jaar. Voor de meeste analyses wordt gekeken naar wat de situatie zal zijn over een termijn van 10 jaar (T10) en van 50 jaar (T50). T50 bevat het optreden van een extreem hoogwater van 3000 m³/s.



Figuur 4.3 Conceptbasis DST prototype voor de Grensmaas



Figuur 4.4 DST prototype structuur gemaakt ter ondersteuning van beheer beslissingen voor terreinen in de Grensmaas. Vertrekkende van een bepaald gebied, kunnen in verscheidene beheer en temporele scenario's datalagen uit verschillende modules toegevoegd worden om de huidige en de te verwachten situatie beter in te schatten en een geïnformeerde beslissing te nemen naar ingrepen en beheer toe.

Omdat de interface binnen dit project niet gerealiseerd kon worden, zullen de verschillende kaarten voor de verschillende scenario's opgeleverd worden als aparte kaarten. Het prototype bestaat dus niet uit één enkele kaart, maar uit een set aan kaarten voor drie verschillende beheersscenario's (natuurlijke successie, extensieve begrazing en hooibeheer) en voor twee tijdstippen (10 jaar en 50 jaar in de toekomst). Voor elk van deze scenario's zijn relevante indicatoren met betrekking tot hoogwaterveiligheid en natuurontwikkeling berekend die gebruikers kunnen helpen bij het vergelijken van situaties en het nemen van beslissingen voor optimale beheeringrepen (Tabel 4.1).

Tabel 4.1 Overzicht van de beschikbare informatielagen die als kaart (●) of in tabelvorm (T) beschikbaar zijn) voor de verschillende scenario's in het DST prototype omtrent hoogwaterveiligheid en natuurwaarde.

Datalagen	Scenario beheer	Actueel	Natuurlijke successie		Extensieve begrazing		Hooibeheer	
	Scenarion jaar	0	10	50	10	50	10	50
Hoogwaterveiligheid	Stroombanen (3)	●			●	●	●	●
	Geleidend bos	●			●	●		
	Golfdempend bos	●			●	●		
Natuurpotentie	Bospotentie	●	●T	●T	●	●	●	●
	Graslandpotentie	●	●T	●T	●	●	●	●
	Pionierpotentie	●	●T	●T	●	●	●	●
Natuurwaarde	plantensoorten	●						
	Boshabitat (VI)	●						
	bosoppervlak	●						

4.1.4 DST prototype scenario's

Het DST-prototype stelt gebruikers in staat om door middel van scenario-analyse toekomstige situaties te beoordelen, zowel op korte (10 jaar) als lange termijn (50 jaar). Door verschillende parameters in deze scenario's te onderzoeken, kunnen gebruikers inschatten wat de meest geschikte acties zijn om bepaalde uitkomsten te bereiken of te vermijden.

Volgende scenarioberekeningen worden aangeboden in het DST prototype:

1. Actuele situatie (3.5.2.1)

De situatie in de Grensmaas op basis van beschikbare informatie eind 2023.

2. Maximale verbossing zonder beheer (3.5.4.1)

Dit scenario visualiseert de geschatte maximale bosbedekking onder natuurlijke successie. Hoewel dit toekomstbeeld enigszins onrealistisch kan zijn, dient het als een waardevol hulpmiddel om de maximale potentiële bosgroei in beeld te brengen. De andere scenario's zijn toegankelijk voor het ongestuwde gedeelte van de Grensmaas.

3. Extensief begrazingsbeheer (3.5.4.2)

Dit scenario visualiseert het toekomstbeeld in de Grensmaas bij extensieve begrazing van de beschikbare open stukken. Een trage verruiging en verbossing is hierbij verwacht.

4. Hooibeheer (3.5.4.3)

Dit scenario visualiseert het toekomstbeeld in de Grensmaas bij actief hooibeheer waarbij er geen verruiging of verbossing optreedt in de beschikbare open stukken.

4.1.5 Case studies

Het DST prototype zal in deze eerste fase beschikbaar gesteld worden als een reeks van kaartlagen die ofwel apart bekeken kunnen worden of gecombineerd in een GIS software om beter voeling te krijgen met de te verwachte situaties. We bespreken enkele situaties of case studies in detail om de mogelijkheden te illustreren.

4.1.5.1 Case 1 DST-prototype: Wat kan de Grensmaas vallei bijdragen aan de toestand van Europees beschermd hard- en zachthoutooibos onder diverse hoogwaterbeheersscenario's?

Het DST prototype kan helpen om een gedetailleerd zicht te krijgen op een aantal overkoepelende vragen die te maken hebben met hoogwaterveiligheid en natuurontwikkeling. In deze eerste case bekijken we in welke mate bosontwikkeling in de Grensmaas vallei kan bijdragen aan de voorlopig nog ongunstige toestand van hard- en zachthoutooibossen onder verschillende beheersscenario's, waarbij we kijken naar verschillende gradaties van vrij houden van de stroombanen.

Zachthoutooibossen (91E0) zijn een EU prioritair habitat en vooral het uitzonderlijk subtype 'zachthoutooibos'. Vlaanderen (en Nederland) heeft voor dit type een belangrijke Europese verantwoordelijkheid (Paelinkx et al. 2021), maar de toestand voor zachthout- (91E0) en hardhoutooibos (91F0) in Nederland is respectievelijk matig tot zeer ongunstig en in Vlaanderen zeer ongunstig voor beide habitats (www.natura2000.nl, natura2000.vlaanderen.be). Dit wil zeggen dat het oppervlakte habitatwaardig zachthoutooibossen (91E0) en hardhoutooibossen (91F0) te klein is naar de verwachte Europese normen. Uitbreiding van deze bostypen is gewenst om regionale en nationale doelen te halen. Doordat meer dan 25% van het bos buiten de Speciale BeschermingsZone (SBZ) ligt zijn maatregelen noodzakelijk voor het behoud buiten SBZ (Paelinkx et al. 2021) om zo tot een gunstige regionale (nationale) toestand te komen. Rekening houdend met de limitatie voor hoogwaterveiligheid en de juiste omstandigheden voor oobosontwikkeling is dan ook de vraag welke bijdrage de Grensmaas kan leveren onder een toenemend hoogwaterveiligheidsbeheer.

Voor deze case maken we gebruik van de verwachte ontwikkeling van bos en struweel uit de ECODYN-vegetatiestructuurkaart onder natuurlijke begrazing (zie 3.5.4.2) en de stroombaanzonatiekaart (3.5.1.2, Figuur 3.8). Door deze kaartlagen te combineren in een GIS-software, berekenen we de verwachte oppervlaktes van bos en struweel die samenvallen met stroombanen die steeds ruimer worden genomen. De volgende combinaties zijn berekend (Tabel 4.2):

Beheersscenario's

- Combinatie 1: extensief begrazingsbeheer en heersende rivierdynamiek na T10 & T50
- Combinatie 2: extensief begrazingsbeheer en regulier kapbeheer binnen hoofdstroombaan (Zone 1): T10 & T50
- Combinatie 3: extensief begrazingsbeheer en regulier kapbeheer binnen hoofdstroombaan van 3000 m³/s (Zone 2): T10 & T50
- Combinatie 4: extensief begrazingsbeheer en regulier kapbeheer binnen hoofd- en nevenstroombaan van 3000 m³/s (Zone 3): T10 & T50

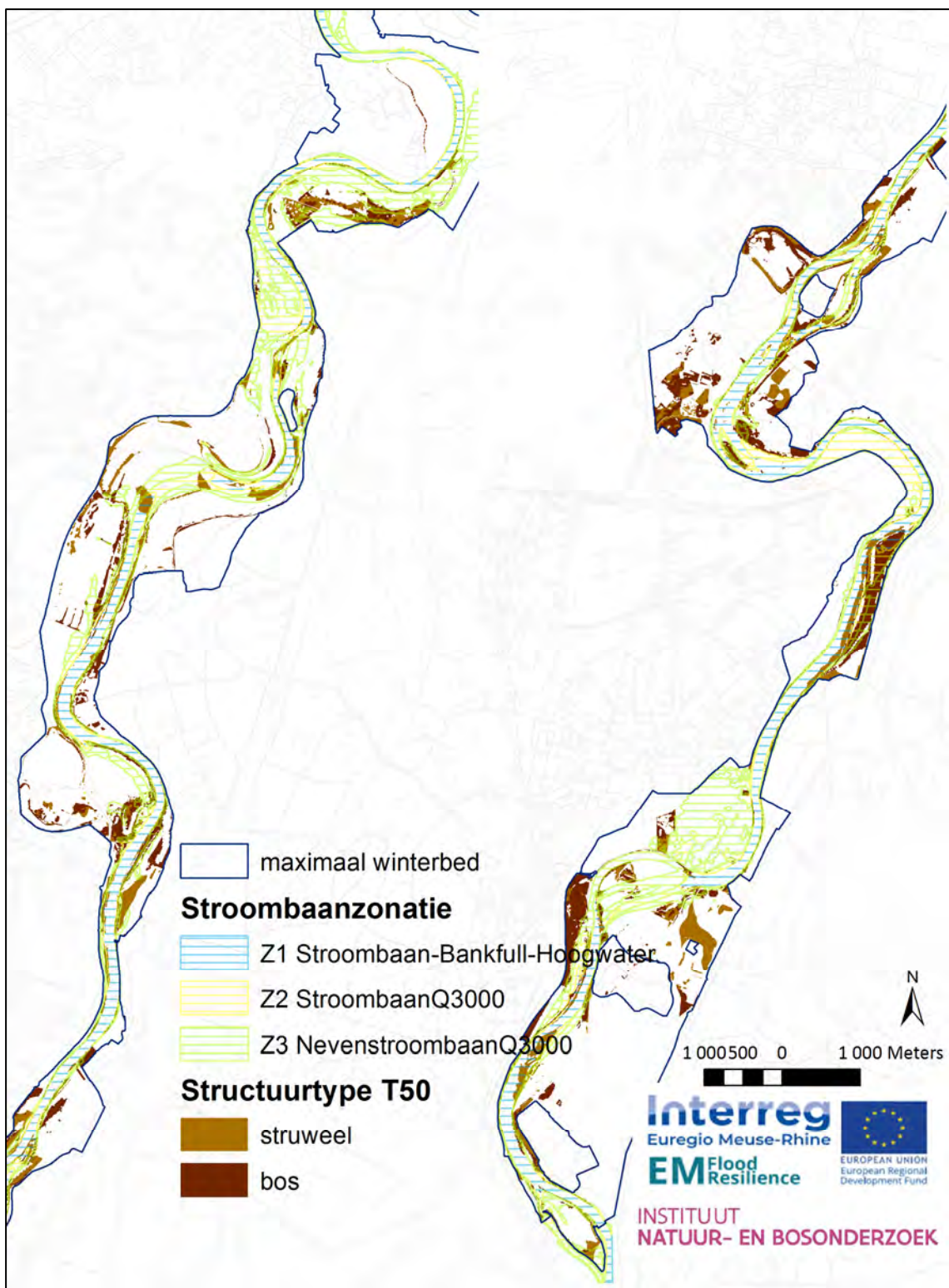
De berekeningen (zie Tabel 4.2) laten zien dat in België de maximale oppervlakte van bittere wilgstruwelen binnen het rivierbed 17 hectare bereikt, maar deze oppervlakte vermindert tot slechts 1 hectare bij toenemende afstanden binnen de stroombaanzones. In Nederland is de afname nog sterker, hoewel er bij combinatie 1 tot 3 nog steeds meer dan 20 hectare behouden blijft. Zachthoutooibossen binnen de bankzone, een dynamisch habitattype, bereiken in

Vlaanderen geen aanzienlijk areaal. Aan de Nederlandse kant is het areaal voor combinatie 1 tot 3 wel toereikend. In de lage weerd-zone halen zowel in Vlaanderen als Nederland de zachthoutoibossen niet een minimum oppervlakte van 15 ha onder natuurlijk, extensief begrazingsbeheer. In de hoge weerd-zone blijft echter zowel in Vlaanderen als Nederland voldoende areaal over, zelfs onder natuurlijk extensief begrazingsbeheer en met toenemende beheerspanningen in de stroombaanzones.

Deze gegevens geven aan dat het verwijderen van bos en struweel in de stroombaanzones de zachthoutoibosontwikkeling in de lagere rivierzones (rivierbed, bankzone en lage weer) sterk negatief beïnvloed. Dit is zeker het geval in België, voor Nederland kan een minimaal areaal van zachthoutoibossen in het rivierbed en de bankzone nog behaald worden bij de beheerscenario's van combinatie 1 tot 3.

Tabel 4.2 Struweel en bosoppervlaktepotenties onder begrazing met toenemend oppervlak waar houtigen verwijderd worden binnen ongestuwde deel van de Grensmaas

	Rivierzone	<i>België (Vlaanderen)</i>				<i>Nederland</i>			
		comb 1	comb 2	comb 3	comb 4	comb 1	comb 2	comb 3	comb 4
T10	Rivierbed	17	5	3	1	70	24	21	2
	Bankzone	16	11	6	1	68	55	36	10
	Lage weerd	21	20	19	14	17	17	16	9
	Hoge weerd	52	51	50	45	32	32	31	23
	Hoogwater-vrije zone	39	39	39	39	17	17	17	17
Tot.	houtige opp.	144	126	116	100	204	144	120	61
T50	Rivierbed	17	5	3	1	70	24	21	2
	Bankzone	15	11	6	1	68	55	36	10
	Lage weerd	21	20	19	14	18	17	16	9
	Hoge weerd	96	96	93	80	135	135	132	109
	Hoogwater-vrije zone	55	55	55	55	36	36	36	36
Tot.	houtige opp.	204	187	175	151	327	266	240	166



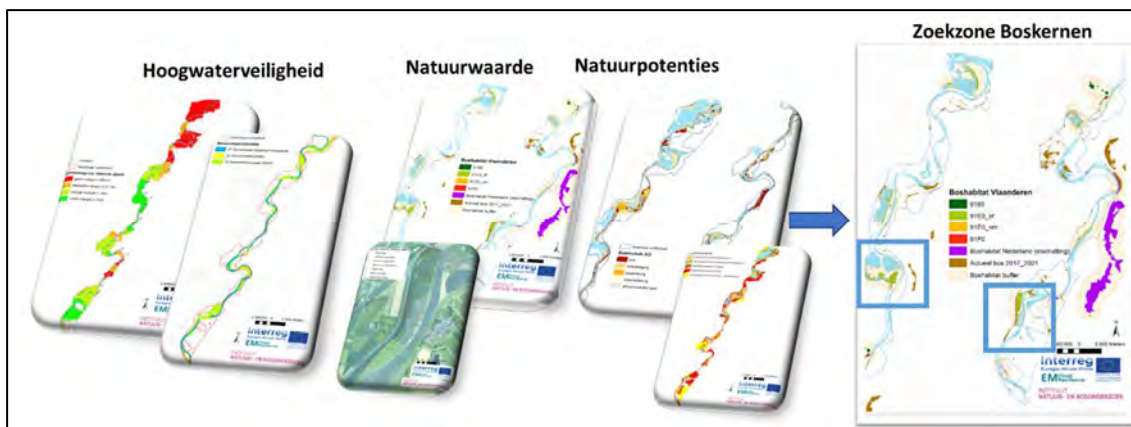
Figuur 4.5 Struweel en bospotenties bij extensieve begrazing na 50 jaar, berekend met ECODYN, evenals aanduiding van drie stroombanen (Z1-Z3) waar bos verwijderd moet worden.

4.1.5.2 Case 2 DST-prototype: Zoekzones voor de ontwikkeling van grote boskernen

In deze case onderzoeken we hoe het DST-prototype kan bijdragen aan het selecteren van zones voor het ontwikkelen van grote boskernen. Gebruikte kaarten voor deze casestudie zijn: dijkhoogwatermarge (3.5.1.1); bospotentie (3.5.3.2); stroombaanzone (3.5.1.2).

Grote boszones, zijn hier geïnterpreteerd als boskernen die minstens voldoen aan het Minimaal Structuurareaal (MS) voor bepaalde habitat types en binnen een straal van 300 meter van elkaar liggen (3.5.2.1). Voor zachthoutoibossen (H91E0), het habitatype van alluviale bossen, is het minimale structuurareaal (MS) vastgesteld op 25 hectare. Daarentegen is het MS voor hardhoutoibossen (H91F0), dat betrekking heeft op bossen op kalkrijke, kleiige of lemige bodem, vastgesteld op 15 hectare (Oosterlynck et al. 2020).

Door de bospotentie kaart over de dijkhoogwatermargekaart te leggen, kunnen we kijken waar er aaneengesloten stukken bos zouden kunnen ontwikkelen in delen langs de Grensmaas waar voor de Vlaamse dijken een ruime marge is tussen de top van de dijk en een hoogwater van 3000 m³/s dus een beperkt hoogwaterrisico geeft.



Figuur 4.6 Op basis van hoogwaterveiligheidsaspecten, huidige natuurwaarde, natuurpotenties komen als belangrijkste Vlaamse zoekzones voor lange termijn boskernen uit op het gebied Negenoord-Kerkeweerd en Hocht Bampd.

Deze casestudie biedt een eerste inzicht in hoe het DST-prototype kan worden ingezet voor ecologische en hoogwater gevoelige en strategische planning in landschapsbeheer.

4.1.5.3 Case 3 - DST-prototype: bossen rond Hocht Bampd

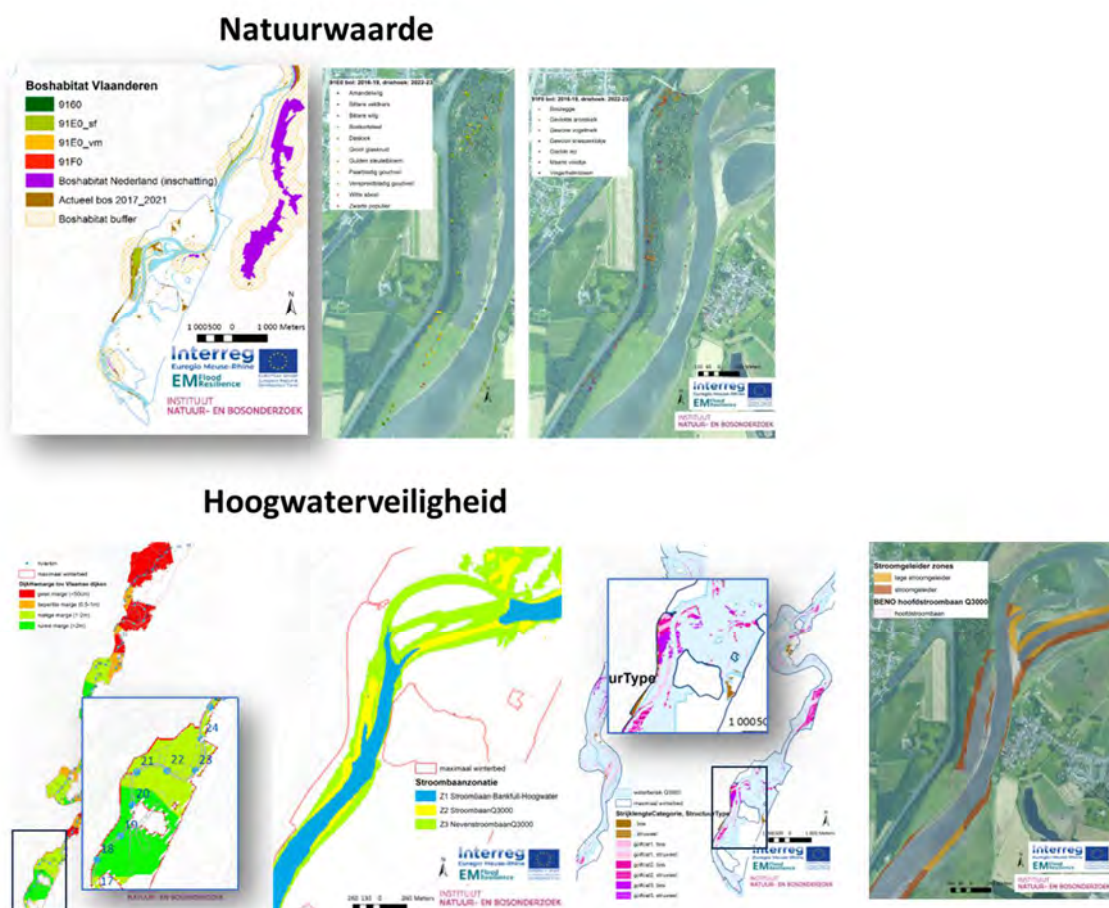
In deze casestudie richten we ons op een gedetailleerde analyse van de haalbaarheid om bos en struweel te ontwikkelen rond Hocht Bampd. We bekijken welke ingrepen noodzakelijk en wenselijk zijn voor deze ontwikkeling en welke delen van het bos behouden kunnen blijven. Gebruikte kaarten voor deze casestudie zijn: actuele natuurwaarde (3.5.2.1); dijkhoogwatermarge (3.5.1.1); stroombaanzone (3.5.1.2); functioneel bos als golfdemper (3.5.1.4); functioneel bos als stroomgeleider (3.5.1.5).

Uit Situatie 1 rond boskernen komt Hocht Bampd naar voor als een belangrijk gebied met habitatwaardige bossen. De waarde van dit gebied als boskern wordt verder bevestigd door de aanwezigheid van een groot aantal plantensoorten typerend voor zachthoutoibostype (91E0)

en het hardhouttype (91F0) (Figuur 4.7 - kaart actuele natuurwaarde). Het verder uitbreiden van dit bos zou wenselijk zijn om de boskern te versterken.

Naar hoogwaterveiligheid vormt dit geen probleem voor de Vlaamse dijken aangezien er een ruime dijkhoogwatermarge aanwezig is in het gebied (kaart dijkhoogwatermarge). Naar beheer toe moet wel rekening gehouden worden met de stroombanen van de rivier bij hoog of extreem hoog water. De bosontwikkelingen in de stroombaanzone 1 en 2 worden best nauw opgevolgd en eventueel gedeeltelijk gekapt of gemaaid om de waterweerstand te verkleinen (kaart stroombaanzone). Een deel van de bossen in en langs de stroombanen hebben potentieel voor windgolfreductie (in het noorden) (kaart functioneel bos als golfdemper) en stroomgeleiding (centraal rond de plas; kaart functioneel bos als stroomgeleider).

Gezien de potentie om bos hier te laten ontwikkelen zonder gevaar voor hoogwaterveiligheid, mits beperkt aantal stroombaaningangen, kan het huidige bos in Hochter Bampd aanzien worden als een prioritaire boskern. Deze blijft best op lange termijn behouden vanuit natuurdoelstellingen zonder dat het hoogwaterveiligheid in gevaar brengt.



Figuur 4.7 Huidige natuurwaarde en hoogwaterveiligheid bijdrage van de bossen van Hochter Bampd.

In een meer uitgewerkte versie zullen deze kaarten worden opgenomen in een interface waarmee gebruikers informatie tussen scenario's snel kunnen vergelijken. Het ontwikkelen van een volwaardige DST omvat verschillende gebruikersvereisten die zijn voortgekomen uit workshops en discussies met betrokken partijen. Hoewel niet alle vereisten al vervuld zullen zijn in het prototype, worden ze hier alvast opgesomd om er zeker van te zijn dat ze worden meegenomen bij de verdere uitwerking van de DST.

4.2.1 Functionaliteit

De DST moet relevante en praktische functionaliteiten bieden die eindgebruikers helpen om geïnformeerde beslissingen te nemen. Het gaat hier vooral om Data-samenvattende en scenario-modellering. De grootste vraag en opmerking kwam van terreinbeheerders, een subgroep van potentiële eindgebruiker, om zicht te krijgen op wat de mogelijkheden zijn voor hun terrein specifiek en meer bepaald of er dingen zijn die (wettelijk)/sterk aangeraden moeten zijn om te doen.

4.2.2 Toegankelijkheid van gegevens

De DST moet gemakkelijke toegang bieden tot actuele en betrouwbare gegevens en eigenlijk liefst een verzamelpunt zijn voor alle relevante gegevens uit België en Nederland. Eindgebruikers hebben behoefte aan relevante informatie in een begrijpelijke en toepasbare vorm voor hun besluitvormingsproces. Uit de resultaten, discussies en besprekingen op de workshop blijkt duidelijk dat er veel informatie beschikbaar is, die vaak ook wordt bijgewerkt, maar dat het soms moeilijk is om een overzicht te behouden. Vooral administratieve grenzen en bevoegdheden maken het lastig om een compleet overzicht te hebben en de juiste informatiebronnen te vinden. Als gevolg hiervan komt de vraag naar voren om een centrale informatiehub, een Decision Support Point (DSP), te creëren.

4.2.3 Aanpasbaarheid en schaalbaarheid

Gebruikers hebben de mogelijkheid om de DST aan te passen aan hun specifieke behoeften en voorkeuren. Dit omvat het aanpassen van parameters, variabelen, of scenario's die relevant zijn voor hun unieke omstandigheden. In deze DST onderzoeken we tevens de mogelijkheid om verschillende ruimtelijke dimensies op te nemen, inclusief perceelsniveau, en vervolgens te werken met het selecteren van specifieke beheersscenario's binnen bepaalde tijdslijnen.

4.2.4 Gebruiksvriendelijkheid

Eindegebruikers verwachten een tool met een gebruiksvriendelijke interface, gemakkelijke navigatie en duidelijke instructies. De tool moet intuïtief zijn, zodat gebruikers met uiteenlopende technische vaardigheden deze effectief kunnen gebruiken.

4.2.5 Veiligheid en Privacy

De DST moet robuuste beveiligingsmaatregelen hebben om gevoelige gegevens te beschermen en de privacy van gebruikersinformatie te waarborgen. Een voorbeeld hiervan is het weergeven van gevoelige biologische informatie zoals de locatie van zeldzame orchideeënsoorten of broedplaatsen van roofvogels.

////////////////////////////////////



ALGEMEEN

De definitieve DST zal gevoed worden door datasets van monitoring, remote sensing en modellering. Hiermee zullen we diverse scenario's modelleren. De resultaten worden gepresenteerd in een gebruiksvriendelijke online interface, waarin beheerders de actuele status van verschillende indicatoren binnen deze scenario's kunnen inzien, zowel op perceelsniveau als op een breder ruimtelijk niveau.

Zowel het DST prototype als het afwegingskader oobossen zijn ontworpen om natuurbeheer en planning te ondersteunen, maar ze richten zich op verschillende aspecten en doelpubliek. Het DST Grensmaas biedt een meerwaarde door zijn uitgebreide functionaliteiten en is specifiek ontwikkeld voor de Grensmaas met zijn typische morfo- en hydrodynamiek. Het stelt gebruikers in staat om diverse stroombaanscenario's te analyseren en verschaft het DST Grensmaas informatie over de verticale marge tussen dijkkrui en voorspeld hoogwater. Verder biedt het DST een zicht op mogelijke functionele bossen. Waar het afwegingskader oobossen vanuit Nederlands perspectief kijkt, mikt het DST erop om internationale standaarden en waarden mee te nemen en te streven naar het samenbrengen van informatie interdisciplinair en over de grenzen heen.

////////////////////////////////////



5.2 GRENSMAAS ACTIVITEITEN

Het Regionale Activiteiten Diagram voor de Grensmaas geeft een eerste inzicht in de complexe reeks van activiteiten en initiatieven in de Grensmaas-regio. Het prototype DST dat hier ontwikkeld werd, speelt in op een klein, maar centraal, deel van dit diagram. Er is nog heel wat ruimte voor een DST om verder uit te bouwen in functionaliteit.

Het RAD onthult enkele hiaten die waarschijnlijk te wijten zijn aan de afwezigheid van bepaalde belanghebbenden tijdens de workshops. Zo zijn er weinig punten die verband houden met landbouw, ontginning of industrie - twee sectoren die minder vertegenwoordigd waren. Ook lijkt recreatie mogelijk een eenzijdige interpretatie te hebben gekregen, en er is ruimte om dit aspect in de toekomst uit te breiden. Toekomstige initiatieven zouden zich kunnen inzetten om deze oefening verder uit te breiden en zo een nog completer beeld te krijgen van wat er allemaal speelt in de Grensmaas-regio. De kaart biedt alvast een eerste inzicht in de complexiteit van de regio en alle betrokken initiatieven waar rekening mee moet worden gehouden.

5.3 DST PROTOTYPE EVALUATIE

5.3.1 Algemeen

We bekijken voor- en nadelen van het ontwikkelde DST-prototype voor de Grensmaas aan de hand van een aantal 'kenmerken van succes' voor beslissingsondersteunende tools (Wong-Parodi et al., 2020) (5.3.2) en gaan iets meer in op een aantal tekortkomingen (5.3.3).

5.3.2 Sterktes prototype DST

5.3.2.1 Duidelijk gedefinieerde doelen

Duidelijk gedefinieerde doelen in een DST zijn essentieel voor effectieve besluitvorming. Ze bieden richting en focus, helpen bij het stellen van prioriteiten en verhogen de efficiëntie van het proces. Deze doelen maken ook een meetbare evaluatie mogelijk, bevorderen transparantie en betrokkenheid bij belanghebbenden, en bieden de flexibiliteit om zich aan te passen aan veranderende omstandigheden. Het DST-prototype voor de Grensmaas heeft een duidelijk doel gedefinieerd om terreinbeheerders te ondersteunen bij het maken van geïnformeerde beslissingen met betrekking tot hoogwaterveiligheid en natuurontwikkeling. Er is wel geen gedragen visie in de Grensmaas en terreinbeheerders moeten zelf de afwegingen maken en de richting bepalen van hun beheer. De rol van dit prototype is in eerste instantie vooral om te helpen de opties en de relevante informatie te structureren zodat het kan bijdragen aan het ontwikkelingsproces van een gedragen visie. In een verder stadium met een duidelijk gedefinieerd doel kan dit in de DST aangescherpt worden.

5.3.2.2 Identificeren van alternatieven

Het aanbieden van alternatieven in een Decision Support Tool (DST) is essentieel voor een effectieve besluitvorming. Het stelt gebruikers in staat om verschillende opties te overwegen en te vergelijken, rekening te houden met de complexiteit van problemen, flexibiliteit te bieden aan diverse belanghebbenden, risico's te analyseren en de beste oplossingen te optimaliseren. Het DST-prototype biedt terreinbeheerders verschillende beheersscenario's waaruit ze kunnen kiezen, en het presenteert verschillende datalagen die relevant zijn voor elk scenario. Dit stelt

////////////////////////////////////

Een finaal belangrijk component om gebruik en opname van een DST te vergroten is training en ondersteuning aan terreinbeheerders en andere gebruikers van het DST om hen te helpen het systeem effectief te gebruiken en te benutten bij hun besluitvormingsprocessen. Resultaten tonen aan dat DST's voornamelijk worden gebruikt door onderzoekers (Schumacher et al. 2020). Eindgebruikers van overheidsinstanties maken voornamelijk gebruik van DST's als achtergrondinformatie. Belangrijke obstakels voor het gebruik van DST's zijn het ontbreken van bewustzijn en ervaringen (Schumacher et al. 2020). We hopen dat de flexibele aanpak die we hier hebben gelanceerd, met nauwe betrokkenheid van een zo breed mogelijke groep belanghebbenden, zal helpen om sommige van deze veelvoorkomende uitdagingen bij de ontwikkeling van het DST te vermijden. Specifieke onderdelen van het DST worden ontwikkeld op basis van directe behoeften van specifieke partijen.

Dit initiële DST-prototype dient als een eerste stap richting een uitgebreid DST, met als voornaamste doel het demonstreren van de waarde van zo'n instrument. Het is bedoeld om de dialoog te openen over een breed gedragen visie op ontwikkeling langs de Grensmaas. Verschillende scenario's en datalagen zijn geïntegreerd in modules die zich richten op hoogwaterveiligheid en bosontwikkeling. Voor de meeste datalagen in deze modules is dit een initiële fase, die verder verfijnd en aangevuld kan worden in de aanloop naar een volledig uitgewerkt DST. We bespreken enkele van deze componenten.

Vooraf de aspecten rond hoogwaterveiligheid in deze module van het DST prototype kunnen scherper gesteld worden. Zo zou het waardevol zijn om de gelijkenissen en tegenstellingen van de rivier- en dijkbeheerders aan Vlaamse en Nederlandse zijde beter in beeld te brengen. De weergave van de dijkhoogwatermarge in het DST prototype presenteert op een toegankelijke manier waar het mogelijk is om natuurontwikkeling en hoogwaterveiligheid in de Grensmaas te integreren. Voorlopig is de informatie enkel voor België gevisualiseerd, een kaartlaag voor de Nederlandse data is gewenst, evenals een gecombineerde variant waar het gemiddelde of minima van beide landen wordt genomen. Tevens lijkt het ons van belang om de landelijke regels rond hoogwaterveiligheid te tonen bij elk hun maatgevende afvoer voor Vlaanderen en Nederland (ARCADIS, 2023).

De strijklengte is een belangrijk component om de potentiële golfgrootte te berekenen. Het is afgeleid op basis van het wateroppervlak bij een hoogwater van 3000m³/s alsook een maximaal mogelijk wateroppervlak tussen de winterdijken voor dominante windrichtingen. Voor dit DST prototype hebben we twee windrichtingsvarianten uitgewerkt op basis van de meest algemene winden (ZZW) en de meest voorkomende stormrichting (WZW). Dit zijn natuurlijk veralgemeningen en vooral voor de stormrichtingen kunnen ook andere richtingen van belang

5.4.2.3 Functioneel bos als stroomgeleider

5.4.2.4 Functioneel bos als golfdemper

Natuurwaarde kent veel facetten en er is hier nog ruimte om deze component te verdiepen. De Natuurwaardekaart is momenteel ontwikkeld voor twee boshabitattypen in Vlaanderen en in mindere mate voor Nederland. Verdere afstemming van beide methodes, inclusief de noodzaak van aanvullende veldcontroles, zou een significant voordeel zijn. Het uitbreiden van de kaart voor meer Natura 2000 habitats is ook een prioriteit, zodat natuurbeheerders en -planners deze kunnen gebruiken voor een breed scala aan natuurbeheerdoeleinden.

5.4.2.5 Natuurpotentiekaart

////////////////////////////////////



ruimtelijke representatie zal een waardevolle bijdrage leveren aan de modules die nog ontwikkeld moeten worden, gericht op natuur en recreatie, evenals een module voor natuurbesluit.

5.4.3 Toekomstige modules in het DST

Eens er een werkend DST beschikbaar is, kan de functionaliteit uitgebreid worden. Zoals het regionale activiteiten diagram aangeeft (Figuur 4.1) is er een complexe aanwezigheid van partijen elk met hun eigen initiatieven, die op een of andere manier verbonden zijn. Een volgende stap zal zijn om de functionaliteit van het prototype DST uit te breiden om andere belangrijke aspecten van de Grensmaas te omvatten, naast hoogwaterveiligheid en natuurontwikkeling. Dit kan onder meer aspecten omvatten zoals recreatie, morfodynamiek en oeverbeheer, Natura2000 habitats en soorten die toegevoegd kunnen worden in aparte modules (Figuur 5.1).



Figuur 5.1 DST Grensmaas/Gemeenschappelijke Maas prototype met verschillende toekomstige modules

Een eerste module 'Morfodynamiek en oeverbeheer' is wenselijk, met reeds een aantal aspecten opgelijst die verdere uitwerking vereisen. Zo wensen we in kaart te brengen waar mogelijkheden liggen om actieve steilwanden te verkrijgen zoals we ook in de ECODYN rapporten (Van Braeckel en Van Looy 2005, 2007) in beeld brachten. Naast het in beeld brengen van potentiële steilwandlocaties is het ook van belang om een goed beeld te krijgen van de huidige steilwanden (actieve en passieve). Naast erosielocaties is het ook van belang om ruimtelijke informatie te verkrijgen van oeverbestortingen (waar zijn ze uitgevoerd en om welke reden). Uit de workshop in Maastricht (juni 2023) bleek deze kaart voor Nederland beschikbaar. Ook een beeld van de harde punten zijn van belang (zoals locaties van leidingen, brughoofden,...). Ruimtelijke weergaven van bijkomende basisdata zoals verzameld binnen wp5.5 in het Interreg EMFloodresilience door Rijkswaterstaat vormt een belangrijke ruimtelijke informatiebron voor zowel morfologen, rivierbeheerders als dijkbeheerders.

Er is veel vraag naar een module omtrent Natura 2000 habitats en soorten van natuurbeheerders, natuurbesluitmakers en waterbeheerders aan Nederlandse kant die voor het SBZ-gebied rivierbedding verantwoordelijk zijn. Aan Vlaamse zijde ligt de focus op terrestrische habitats en soorten zoals stroomdalgraslanden en o.a. kwartelkoning, terwijl aan Nederlandse zijde de focus ligt op aquatische habitattypes en soorten. In deze module kan de ECODYN-habitatmodule en soortmodule ingezet worden om de allocatie van doelhabitats en soorten te optimaliseren alsook inzicht te geven in waar eventueel bijkomende rivier-of natuurbeheeringrepen nodig zijn om de beoogde doelen te kunnen behalen. Voorbeelden van gegenereerde data met de ECODYN habitatmodule binnen ECODYN-studies zijn de verspreiding van de Natura 2000 Habitats onder natuurlijke begrazing in de huidige natuurgebieden in het ongestuwde deel van de Grensmaas (Van Braeckel & Jocque 2023). Daarnaast zijn ook meer

gedetailleerde inschattingen uitgevoerd met de focus op de habitats van het rivierbed zoals de verwachte veranderingen van het rivierbeddinghabitat 3260 (Van Braeckel & Van Looy 2007) voor en na de aanleg van de drempels rond Meers.

5.5 TOEKOMSTIG GEBRUIK ALS EEN GRENSOVERSCHRIJDENDE BESLISSINGSONDERSTEUNENDE TOEPASSING

De eerste verkennende oefeningen hebben duidelijk aangetoond dat er behoefte is aan een gecentraliseerd informatiepunt dat grensoverschrijdende data centraliseert en aangeeft welke gegevens beschikbaar zijn en waar de meest recente data te vinden is. Tijdens de workshops is ook gebleken dat de activiteiten in het Grensmaasgebied zeer complex zijn en dat er vraag is naar ondersteunende tools voor verschillende doelgroepen om weloverwogen beslissingen te kunnen nemen en geïnformeerd te blijven bij het uitwerken van hun specifieke programma's. In dit verkennende proces hebben we een kleine component geïdentificeerd dat verder zal worden uitgewerkt.

Een van de grootste uitdagingen ligt in het beheren van de overweldigende hoeveelheid beschikbare informatie en het nastreven van verschillende verplichtingen en doelen in het Grensmaasgebied. Om deze uitdagingen aan te pakken, is het essentieel om te streven naar een gecentraliseerd Decision Support Point (DSP) dat een gestructureerd overzicht biedt en toegang geeft tot alle beschikbare informatie, gepresenteerd in een uniforme taal. Het DSP moet voortdurend worden bijgewerkt met nieuwe informatie, zodat het als een herkenningpunt kan fungeren. Daarnaast kunnen gespecialiseerde Decision Support Tools (DST) worden toegevoegd om te helpen bij het nemen van specifieke beslissingen die aansluiten bij de specifieke behoeften en vragen van verschillende gebruikersgroepen.

Vergelijkende studies (eg Qureshi & Rachid 2021) tonen aan webgebaseerde DST's een voorkeur hebben over statische (eg handboek) vormen omdat ze meestal interactief zijn en een beoordeling kunnen geven op basis van real-time data in een specifiek gebied. In webgebaseerde DST's kan economische en milieubeoordeling vrij gemakkelijk worden uitgevoerd via een grafische interface.

5.6 AANBEVELINGEN OM DE DOELSTELLINGEN VAN VEILIGHEID EN NATUURLIJKHEID TE VERZOENEN

Op dit moment bestaat er een spanningsveld tussen de doelstellingen voor hoogwaterveiligheid en natuurontwikkeling. Echter, deze tegenstelling hoeft niet onvermijdelijk te zijn. In veel situaties is het volledig haalbaar om gestelde doelen gezamenlijk na te streven. Een actueel discussiepunt is de kwestie van hydraulische overruimte of in het DST gespecificeerd als Dijkhoogwatermarge en hoe deze te benutten. Ook hier hoeft het niet noodzakelijkerwijs een kwestie van "of" te zijn; doelstellingen voor zowel hoogwaterveiligheid als natuurontwikkeling kunnen tot op zeker hoogte harmonieus samengaan.

Een essentiële eerste stap in dit proces is het bevorderen van effectieve communicatie tussen alle betrokken partijen en een diepgaand begrip van de doelen en belangen aan beide zijden. Recente workshops, zoals die in Moulins en twee in Maastricht in 2023, hebben hier al aanzienlijk aan bijgedragen, maar er is nog steeds behoefte aan meer dialoog om een solide draagvlak te creëren. Dit draagvlak moet gebaseerd zijn op wederzijds begrip voor de
////////////////////////////////////

Daarnaast kan het gebruik van een multifunctioneel ontwerp een relatief klein maar potentieel impactvol element zijn in overstromingsbeheerstrategieën. Een gekend voorbeeld zijn structuren zoals dijken, deze kunnen worden ontworpen met meerdere functies die de natuurontwikkeling ondersteunen (Van Loon-Steensma 2011). Door flauwe hellingen maar ook behoud van steilwanden en habitatniches in het ontwerp op te nemen, wordt de ontwikkeling van diverse planten- en dierenpopulaties gefaciliteerd. Een voorbeeld langs de Grensmaas is Bosscherveld waar naast een verlaging van het gebied ook kleinschaliger poeltjes zijn aangelegd en een kleine nevengeul/beek voor extra habitatdiversiteit zorgt, of de gegraven steilwanden in Nattenhoven.

Bijkomend onderzoek naar de integratie van natuurontwikkeling in overstromingsbeheerstrategieën kan niet alleen bijdragen aan effectievere oplossingen, maar ook het publieke bewustzijn vergroten over de voordelen van deze benadering. Door verder in te zetten op het informeren van het brede publiek over de rol die natuurlijke ecosystemen spelen in het vergroten van veerkracht en het verminderen van overstromingsrisico's, kan er meer draagvlak in de maatschappij worden gecreëerd. Deze bewustwording kan leiden tot een breder begrip en acceptatie van maatregelen die zowel de veiligheid als de natuurlijke omgeving bevorderen.

6 CONCLUSIES

De presentatie van een Decision Support Tool (DST) prototype voor het Grensmaasgebied markeert de eerste fase naar een volwaardig DST. Dit prototype focust op de interactie tussen twee essentiële componenten: hoogwaterveiligheid en bosontwikkeling. Er is een duidelijk spanningsveld tussen hoogwaterveiligheid en natuurontwikkeling. Dit vereist effectieve communicatie en samenwerking tussen overstromingsbeheerexperts, rivierbeheerders, ecologen en natuurbeheerders om een balans te vinden tussen veiligheid en natuurbehoud. Het DST kan dienen als een platform om verschillende partijen samen te brengen, discussies te stimuleren, draagvlak te creëren, en data toegankelijker te maken voor effectieve besluitvorming langs de Grensmaas. Een sleutelaspect in de ontwikkeling van de DST is dan ook het integreren van input van belanghebbenden, wat helpt om het DST af te stemmen op hun specifieke behoeften.

In het prototype van het DST hebben we een eerste reeks aspecten van hoogwaterveiligheid op een eenvoudig te begrijpen manier gepresenteerd zoals de dijkhoogwatermarge, stroombanenkaart en strijklengtekaart. Dit maakt het voor natuurbeheerders gemakkelijker om de noodzaak en het belang van regels en maatregelen die door rivierbeheerders worden vereist of uitgevoerd te begrijpen en te waarderen. Ook hebben we de habitatpotenties van verwachte bos- en struweel ontwikkeling, actuele natuurwaarde en aanduiding van functionele bossen weergegeven. Dit maakt het voor rivierbeheerders toegankelijker om bij beheeringrepen rekening te houden met de meest waardevolle bossen en struwelen.

Het huidige prototype toont het potentieel van de DST als basis voor een meer geavanceerde tool. Cruciaal in een dergelijk grensoverschrijdende toepassing is een centraal informatiepunt voor actuele en relevante gegevens, een soort van informatiehub van waaruit het DST zijn informatie kan halen. Een toekomstige uitgebreide versie van de DST zou ideaal gezien de meest actuele en alle relevante beschikbare gegevens uit zowel België als Nederland bevatten en helpen bij het uitdragen van een breed gedragen ontwikkelingsvisie voor de Grensmaas. Deze visie zou toegankelijk gemaakt kunnen worden in een gebruiksvriendelijke online interface, waarmee beheerders toegang krijgen tot diverse indicatoren op zowel gebieds- als regionaal niveau.

De eerstvolgende stappen voor de ontwikkeling van het volwaardig DST zijn de kaartlagen van het prototype online toegankelijk maken en de huidige analyses verbeteren aan de hand van bijkomende data. Verdere inspanningen, zoals onderzoek en demonstratieprojecten maar ook bijkomende overleg met experts, zijn van vitaal belang om het DST prototype te valideren en te verbeteren, de gezamenlijke communicatie verder uit te bouwen en toe te werken naar een gedragen geïnformeerde besluitvorming. Gelijktijdig kunnen nieuwe modules toegevoegd worden rond recreatie, morfodynamiek en oeverbeheer, Natura2000 habitats en soorten.

- [illegible]



Oosterlynck P., De Saeger S., Leyssen A., Provoost S., Thomaes A., Vandevoorde B., Wouters J., & Paelinckx D. (2020). Criteria voor de beoordeling van de lokale staat van instandhouding van de Natura2000 habitattypen in Vlaanderen. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2020 (27). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. doi.org/10.21436/inbor.14061248.

Paelinckx D., De Saeger S., Oosterlynck P. & Wils C. (2021). Natura 2000 habitats: Vlaanderen in Europees perspectief en belang van de habitatrichtlijngebieden voor het realiseren van hun regionale gunstige staat van instandhouding. Een actualisatie aan de hand van de BWK-Habitatkaart uitgave 2020. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2021 (40). Instituut voor Natuur en Bosonderzoek, Brussel. doi.org/10.21436/inbor.43934741.

Peters B., Van Looy K. & Kurstjens G. (2000). Pioniervegetaties langs grindrivieren: de Allier en de Grensmaas. Natuurhistorisch Maandblad 89: 123-136.

Pullen T.A., Allsop W., Silva, E., Goff, C., Williamson, T. (2018). Wave and overtopping predictions on reservoirs and inland waterways. In: Protections 2018 (3rd International Conference on Protection against Overtopping), 6-8 June 2018, Grange-over-Sands, UK.

Qureshi A.M., Rachid A. (2021). Review and Comparative Study of Decision Support Tools for the Mitigation of Urban Heat Stress. Climate, 9(6):102. doi.org/10.3390/cli9060102

RWS (2012). Normatief kader voor vegetatiebeheer in grote rivieren, versie 6-06-2012.

Smolders S., D'Haeseleer E., & Mostaert F. (2020). Toetsing Maasdijk voor T1000 en T10000: Hoogte winterdijk vergeleken met modelresultaten uit J18_5 (actuele toestand) en BenO17_5 (inclusief vergunde maatregelen): update Kessenich dijk. Versie 3.0. WL Rapporten, 20_026_1. Waterbouwkundig Laboratorium, Antwerpen.

Sprague R.H., & Watson H.J. (1986). Decision Support Systems: Putting Theory Into Practice. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 289 pp.

Te Brömmelstroet M. (2010). Equip the warrior instead of manning the equipment: land use and transport planning support in the Netherlands. Journal of Transport and Land Use, 3(1), 25-41. https://doi.org/10.5198/jtlu.v3i1.99

Van Braeckel A. & Jocque M. (2023). Ecologische effecten van ingrepen en beheer op Europese natuurdoelen: Lange termijn doorrekening Grensmaas met ECODYN. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2023 (7). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. doi.org/10.21436/inbor.91190882.

Van Braeckel A. & Van Looy K. (2004). Cumulatief onderzoek grensmaas: ecologie. Verslag van het Instituut voor Natuurbehoud, Vol. 2. Instituut voor Natuurbehoud.

Van Braeckel A. & Van Looy K. (2005). Gemeenschappelijke maas: ecologische effecten van ingreepsscenario's, centrale sector van maasmechelen tot maaseik: verslag van het Instituut voor Natuurbehoud. Instituut voor Natuurbehoud.

Van Braeckel A. & Van Looy K. (2007). Ecologische effecten van ingrepen langs de gemeenschappelijke maas: focus: zuidelijke sector. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Nr. INBO.R.2007.52. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.

Van Braeckel A., Oosterlynck P., Thoonen M., & Vanden Broeck A. (2021). Advies over de recente zandafzettingen in Kerkeweerd en Negenoord (Dilsen-Stokkem) in de Maasvallei. Adviezen van



het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Nr. INBO.A.4243. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.

Van Loon-Steensma J.M. (2011). Multifunctionele robuuste rivierdijken; Welke kansen en knelpunten zien stakeholders voor robuuste multifunctionele dijken langs de rivieren in het landelijk gebied. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2228. 108 blz.; 30 fig.; 8 tab.; 39 ref.

Van Looy K. (2003). Grensmaas. In Natuurrapport 2003: toestand van de natuur in Vlaanderen: cijfers voor het beleid. Natuurrapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, 112-116.

Van Looy K. & De Blust G. (1998). Ecotopenstelsel Grensmaas. Een ecotopenindeling, referentiebeschrijving en vegetatietypering voor de Levende Grensmaas. Rapport Instituut voor Natuurbehoud 98.25, Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.

Van Looy K. & Peters B. (2000). Bosontwikkeling en morfodynamiek langs de Grensmaas. Natuurhistorisch Maandblad 89, 137-142.

Van Looy K. (2002). Ruigten langs de Gemeenschappelijke Maas. Natuurhistorisch Maandblad 91, 131-136.

Van Looy K. (2008). Optimalisatie ingreep Bichterweerd-Kogbeek. Adviezen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Nr. INBO.A.1641, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.

Van Looy K. (2011). Restoring river grasslands: Influence of soil, isolation and restoration technique. Basic and Applied Ecology 12(4), 342-349. DOI: 10.1016/j.baae.2011.03.003.

Van Looy K. & Kurstjens G. (2023). Maas in Beeld. Ecologische impact van hoogwater juli 2021 op flora en fauna langs de Grensmaas in kader van EMR-Interreg EMFloodResilience.

Van Wesenbeeck B.K., Wolters G., Antolínez J.A.A., Kalloe S.A., Hofland B., de Boer W.P., Çete C. & Bouma T.J. (2022). Wave attenuation through forests under extreme conditions. Scientific Reports 12(1), [1884]. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05753-3>.

Wong-Parodi, G., Mach, K. J., Jagannathan, K., & Sjostrom, K. D. (2020). Insights for developing effective decision support tools for environmental sustainability. Current Opinion in Environmental Sustainability, 42, 52-59. ISSN 1877-3435. doi.org/10.1016/j.cosust.2020.01.005.

Bijlagen

1. Workshops ‘Op weg naar een ruimtelijke afwegingstool DST-prototype ter ondersteuning van doelstellingen hoogwaterveiligheid en natuurlijkheid’

1.1. DST-workshop Allier (Moulins, France, 23 – 27 May 2023).

Alexander Van Braeckel and Merlijn Jocque

participants: 32, organisations: Rijkswaterstaat (NL), Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (B), Vlaamse Landmaatschappij(B), Regionaal Landschap Kempen & Maasland/Rivierpark Maasvallei (B), Agentschap Natuur- en Bos (B), ARK (NL), Staatsbosbeheer (NL), Natuurpunt (B), Natuurmonumenten(NL), Limburgs Landschap(NL), De Vlaamse Waterweg(B), Semois-Chiers.be(B), Stroming (NL), MaasinBeeld-team(B,NL), Thomas More Hogeschool (B), DeKijkhut (B), WWF(B), Radboud Universiteit Nijmegen(NL)

1. Introduction

The main aim of the DST is to provide a structured and easy to access overview of available information (including ECODYN analyses) for a specific region along the Grensmaas. The DST will help to identify legal obligations/restrictions and the room for individual management decisions (“vrijheidsgraden”). For the latter the DST will compare various future site management approaches and nature conservation goals to make the best possible decision for both the local area and the entire Grensmaas. The DST can hopefully contribute to the development of feasible and acceptable strategies that promote effective management of the Grensmaas, integrating the different needs of stakeholders in line with conservation objectives for protected habitats and species.

2. Steps towards the development of a DST for the Grensmaas.

Step 1 DST concept base. Starting from a white sheet, management priorities, information needs (and possible indicators) and possible roles and contributions of a DST in the Grensmaas will be identified with stakeholders. This information will form the basis for the DST and can also help to align different visions for a shared overarching management vision for the Grensmaas.

Step 2 Proof of concept. The collected information during the first step will be used to assemble a pilot concept with a preliminary layout. An evaluation and in-depth feedback from stakeholders will be collected during a second workshop to validate the concept, confirm the presence of essential priorities and data requirements and ideas on how best to present this information.

Step 3 Evaluation of proof of concept in the field. Based on the acquired information and feedback a conceptual DST will be prepared and a couple of prepared case studies will be discussed with stakeholders in the field.

3. Workshop 1 - DST Concept base (step 1), brainstorming with stakeholders (Allier)

The workshop was aimed at gaining insight in the Grensmaas situation and possible ways the DST could contribute to help make information (both currently present and newly available) more available and make decisions for involved stakeholders. Participants were split up in two discussion groups. Each group was standing around a table with two questions that were used

Ques

Durin

Model

Ques

The c

Model



Foto



Opbouw van de workshop

14u – 14u45: Voorstelling door INBO van beschikbare data (Ecodyn-analyses, Maas in Beeld, Beleidskaarten, hoogwaterveiligheid,...), mogelijke meerwaarde van een DST-tool, context en doel van het DST-model en eerste voorbeelden van mogelijke indicatorensets die kunnen meegenomen worden binnen het ondersteunend beslisproces. + Vragen ivm de voorstelling, de data,....

15u40 – 16u30: we overlopen alles plenair, vatten samen en formuleren conclusies rond gewenste opbouw en toepassingsmogelijkheden van het DST.



Foto B2 Workshop 2 – OP WEG NAAR EEN RUIMTELIJKE AFWEGINGSTOOL DST-PROTOTYPE), brainstorm met experts, rivier- en dijkbeheerders, natuurbbeheerders en -beleids mensen; presentatie en discussie.



1.3. Resultaten workshop Allier & Maastricht

Resultaten van de workshop in Allier en Maastricht zijn opgebouwd in een Excel file “DST_workshop_all”.

Workshop	Grensmaas (thema's)	Acties/initiatieven	DST
Maastricht	1 Natuurbeheer	Gemeentelijke natuurbeheerplannen	Aanduiding gemeentelijke natuurplannen, juni openbaar, wandelpaden
Allier	2 Natuurbeheer	Soortbeschermingsplannen	Optimaal habitat aflijnen voor soorten, observaties van wetenschappelijke opnames en citizen science, aanduiden burc
Allier	3 Natuurbeheer	Natuurbeheerplannen	Samenvattend overzicht van opties impact beheer, habitats soorten
Allier	4 Natuurbeheer	Beheer van (lage) vegetatie	Indicatie van verantwoordelijke beheerder (bv RWS is verantwoordelijk voor beheer dicht bij de rivierbedding), aanvull
Maastricht	5 Natuurbeheer	Vegetatiebescherming (Natura2000)	Overzicht zeldzaam habitat (NL en B), stapsteen waarde (voor welke soort), potenties (bv grasland)
Allier	6 Natuurinrichting	Natuurinrichtingsplannen	Aanduiden van prioritaire connecties en bottlenecks in leefgebieden voor soorten (eg knelpunten otter).
Allier	7 Natuurinrichting	Natuurverbindingen maximaliseren/leefgebieden soorten	Overzicht in kaarten van begrazingsimpact (ecotopen, Natura 2000, soorten)
Allier	8 Oeverbeheer	Overbeheerplan, impact begrazing (korte en lang termijn)	Overzicht waar beheer van hakhout/struweel nodig is and/of waar mogelijk (Zie ook waterveiligheid).
Allier	9 Oeverbeheer	Hakhout	Overzicht waar er beton en stortstenen te vinden is en voor welk doel, waar ze mogen weggehaald worden en waar we
Allier	10 Oeverbeheer	Beton/stortstenen	Aanduiding nabijheid van objecten (buffer), indicatie waar bescherming nodig is.
Allier	11 Oeverbeheer	Bescherming (nabijheid van objecten)	Aanduiden waar natuurvriendelijke oevers aanmaken (vooral in gestuwde deel - Arcadis plan)
Maastricht	12 Oeverbeheer	Natuurvriendelijke oevers	Overzicht van beheer van dijken (DWW bembheerplan)
Allier	13 Natuurbeheer	Dijkenonderhoud (beheer)	Overzicht verspreiding van exoten (op soort niveau) (indicaties van densiteiten? hotspots)
Allier	14 Exoten	Bestrijding/beheer	Overzicht van waar dioxinevervuiling opgemeten/waargenomen is (land/dier), aanduiden geschiktbaarheid voor verkoop
Allier	15 Kuddebeheer	Vleesverkoop	Grazer druk - weer begrazing nodig en ideale begrazing druk in relatie tot de doelen (zie waterveiligheid, natuurbeheer).
Maastricht	16 Kuddebeheer	Begrazingsdruk - begrazingsevaluatie (NM jaarlijks)	Overzicht van kudde verspreiding (in densiteiten)
Allier	17 Kuddebeheer	Interactie met recreatie	Overzicht waar begrazing gewone koeien versus waar <i>Agnus</i> kan.
Allier	18 Kuddebeheer	Begrazing gewone koeien versus <i>Agnus</i>	Aanduiding van gewenste kudde dichtheid, kuddebeheer, seizoensbegrazing, type grazers, hoeveel hengsten/stieren
Allier	19 Kuddebeheer	Plaatsing kuddes	Aanduiding locaties voor gefaseerde begrazing, migratie bij extreem hoog water, normaal hoog water
Allier	20 Kuddebeheer	Plaatsing kuddes bij hoogwater	Aanduiden van mogelijke overloopzones voor kuddes
Maastricht	21 Kuddebeheer	Internationaal kuddebeheer	Aangeven schade aan dijk, landbouwgewassen,... (indicatie potentiële gevoelige gebieden voor wildschade?)
Allier	22 Jacht	Wildschade bestrijden (eg bever)	Aanduiding waar verwachte vernatting/verdrogting kan plaatsvinden.
Maastricht	23 Beheer	Natuurbeheer	Aanduiden waar maai/beheer wenselijk is in relatie tot doelen
Allier	24 Beheer	Maai/beheer	Weergeven wat de rewilding potenties zijn voor een gebied
Allier	25 Natuurbeheer	Rewilding	Aanduiding stroomgebieden
Maastricht	26 Natuurinrichting	Stroomgebiedplannen	Kaarten met verbindingroutes (edelhart,...), migratie bij hoog water, migratie bij normale waterstand, aanknooppunten
Maastricht	27 Natuurverbinding	Migratie verbindingpunten (eg edelhert)	Aanduiding zones met verwachte erosie en/of sedimentatie (persistentiekaarten), dinokaarten NL
Allier	28 Morfodynamiek	Monitoring en lokaal herstel erosie-sedimentatie	Waar is grindafraving mogelijk en wat is de geprefereerde ontginningssequentie? Ook waar is grind depositie nodig!
Allier	29 Morfodynamiek	Grinddeposities exploiteren	Aanduiding rivierstructuur in gebied en gewenste aanpassingen.
Allier	30 Morfodynamiek	Herstellen natuurlijke rivierdynamiek (rivierstructuur)	Aanduiding sedimentbalans in gebied, en de gewenste verbetering.
Allier	31 Morfodynamiek	Herstellen natuurlijke rivierdynamiek (sedimentbalans)	Aanduiding sediment karakteristieken
Maastricht	32 Morfodynamiek	Sedimentkarakteristieken (RWSproject)	Overzicht van ledigen, autostradebruggen, peilers, veerponten met aanduiding van buffer waar beperkingen gelden.
Allier	33 Morfodynamiek	Aanduiding harde punten tgv antropogene ingrepen	Duiding zones waar de hydrodynamiek meer of minder zou moeten zijn (en hoe dit aan te passen)
Allier	34 Hydrodynamiek	Herstellen natuurlijke rivierdynamiek (hydrodynamiek)	Afbakening van de zone die nodig zou zijn om een vrij meanderende Grensmaas te hebben
Allier	35 Hydrodynamiek	Herstellen natuurlijke rivierdynamiek (meandering)	Aanduiden waar snelstromend, waar traagstromend water
Allier	36 Hydrodynamiek	Optimalisering aquatisch beheer	Overzicht zones die moeten vrij blijven van bos- en struweelontwikkeling
Maastricht	37 Hydrodynamiek	Stroombanen	Overzicht waar lijnvormige bosomelementen nuttig zijn (NBS) zoals stroomgeleider, golfreductie
Maastricht	38 Hydrodynamiek	Bosgordels voor NBS-hoogwaterbeveiliging	Overstromingskaart
Maastricht	39 Hydrodynamiek	Waterdiepte bij verschillende waterstanden/afvoeren	Overzicht van de stuwen, beheer etc..
Maastricht	40 Waterbeheer (hoog)	Stuwbeheer	Overzicht van waterkrachtcentrales en mogelijke invloedzones (gevolgen van)
Maastricht	41 Waterbeheer (hoog)	Hydropiekeffecten	Aanduiding (grootte van) hoogwaterveilige zones voor runderen, evenals barrières (= water diepte)
Allier	42 Waterbeheer (hoog)	Hoogwaterveiligheid voor runderen (hoogwatervluchtplaatsen)	Aanduiding toekomstige zones verruwing (bos en struweel vorming)
Allier	43 Waterbeheer (hoog)	Waterveiligheid (verbossing)	Overzicht dijken, stand van zaken en hoogte van de dijken.
Allier	44 Waterbeheer (hoog)	Dijken inspecteren en onderhouden	Overzicht van beheer van dijken
Maastricht	45 Waterbeheer (hoog)	Dijkenbeheer (hoogtes, verstevigingen, type,...)	Aanduiding bij (extreem) hoogwater welke de overhoogte is van dijk (Nederland en/of Vlaanderen).
Allier	46 Waterbeheer (hoog)	Hydraulische overruimte	Bij welke hoeveelheid water overstromen welke gebieden (in tijd).
Allier	47 Waterbeheer (hoog)	Overstromingskaarten	Overzichtkaart van lage waterstanden
Allier	48 Waterbeheer (laag)	Laagwater	Effect van laag water op aquatische fauna/flora (Bij meers welke zones bij de stuwen komen droog te staan /effect rivier)
Maastricht	49 Waterbeheer (laag)	Beheer aquatische fauna	Overzicht van kweel
Allier	50 Grondwater	Kweel	Relatie grondwater versus Maas weergeven
Maastricht	51 Grondwater	Kweel	Overzicht drinkwaterwingebieden (+ buffers)
Maastricht	52 Drinkwater	Drinkwater winning	Overzicht van beekherstelprojecten (locatie waar nog niet, gemeentelijke plannen?)
Maastricht	53 Zijrivieren	Beekherstelprojecten	Wanneer moeten de veertjes uit de vaart genomen worden (hoogwater) (vaargoul, veerstop)
Maastricht	54 Watergebruik	Overzeveertjes	Aanduiding van minimum impact zone voor wandelaars met honden rekening houdend met broedgebieden van belang
Allier	55 Recreatie	Wandelen met honden	Afbakening zone kayak en struinen, rekening houdend met broedgebieden van belangrijke soorten (Griel, sternen, kwart
Allier	56 Recreatie	Kayak en struinen (draagvlak)	Afbakening (impact inschatting)
Allier	57 Recreatie	Visser, drones, allerlei	Aanduiding minimum impact zones voor habitat/soorten, link leggen met fietsenkaart (provincies, gemeenten)
Allier	58 Recreatie	Aanmaak wandelpaden/fietswegen	
Allier	59 Recreatie	Handhaving	
Maastricht	60 Recreatie	Pleziervaart (gestuwde deel)	Aanduiding waar pleziervaart toegelaten is. Misschien ook waar suboptimaal (verstoring)
Maastricht	61 Recreatie	Waterplassen beheer	Temperatuur in de waterplassen
Maastricht	62 Recreatie	Bezoekerszoneeringsplan/bezoekersmanagementplan	Zonering in tijd en ruimte
Allier	63 Waterkwaliteit	Handhaving vervuiling water	Weergave waterkwaliteit en vervuiliingskaarten
Allier	64 Afval	Opruimacties afval (oevers)	In kaart brengen waar er afval ligt/ waar er opruimacties zijn geweest wanneer. RWS studie afval waar hotspots (schon
Allier	65 Waterkwaliteit	Lozingsvergunningen	Overzicht van de lozingsvergunningen
Maastricht	66 Waterkwaliteit	Lozingen en impact of fauna en flora	Impact op aquatische Fauna en flora weergeven
Maastricht	67 Waterkwaliteit	Sliblast van beken	sliblast maas, lozing beken, erosie: belangrijk voor paaibedden
Maastricht	68 Waterkwaliteit	Vissen & waterkwaliteit	Aanduiden impact van waterkwaliteit op visbestanden? Flora? Fauna?
Maastricht	69 Bodemkwaliteit	Vervuilingen	Overzicht van vervuilingen - hotspots?
Maastricht	70 Bodemkwaliteit	Storten	Overzicht van storten
Allier	71 Erfgoed	Beschermen erfgoedbomen en hagen (uitgebreider, in parken, eg	Overzicht van erfgoedbomen en andere (EG Slaperdijk)
Maastricht	72 Erfgoed	Archeologie	Overzicht van archeologische sites
Allier	73 Landbouw	Gewaskeuze in de uiterwaarden	Overzicht van landbouw teelten en waar (stroombaan gerelateerd) hoge teelten niet wenselijk zijn
Maastricht	74 Landbouw	Gewaskeuze in de uiterwaarden	Aanduiden waar kapitaalcrachtige gewassen of niet (vb. boomgaarden) (met financiële consequenties?).
Allier	75 Landschap	Masterplan landschapspark (kandidaat) - visie	Informatie allerlei
Allier	76 Landschap	Dode bomen vervangen (heraanplant)	Overzicht van optimaal leefgebied voor verschillende boomsoorten
Allier	77 Eigendom	Verantwoordelijkheid gebied bij ingrepen	Overzicht van eigendom (natuurvereniging, landbouw, industrie, overheid, etc), vastgoeddatabase (belangrijk voor ingre
Allier	78 Eigendom	Nabestemming van eigendom	Overzicht van welke gronden vrijkomen wanneer (en wie voorkooptrecht heeft)
Allier	79 Eigendom	Opkoop van eigendommen	In samenwerking met andere prioriteiten, indicatie van welke eigendommen waardevol zijn om op te kopen voor welke
Allier	80 Communicatie	Communicatie over waarde van rivierpark Maasvallei met kwalite	(Gebiedsspecifiek) samenvattend overzicht van natuurwaarden (welke andere waarden?)
Allier	81 Communicatie	Communicatie over beheer en impact van naar externen (politiek	Visualisering van beheersimpact (foto's/plaatsjes), uitleg van concepten en situaties
Allier	82 Natural Capital Accounting	Economische waardebeoordeling	

Figuur B2 Weergave samenvattende tabel van de inputresultaten uit beide DST-input workshops die leiden tot Regionaal Activiteiten Diagram Gemeenschappelijke Maas.

2.2. Workshop Impact hoogwater op de natuur van de Grensmaas: data, impact en tools (19 oktober 2023, Maastricht)

In deze bijlage vind je de uitnodiging en opbouw van de workshop op 19 oktober.

Deelnemers: 20, van de organisaties: Rijkswaterstaat, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Radboud Universiteit, Kurstjens ecologisch adviesbureau/ Maas in Beeld-team, Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten, Sportvisserij, Agtersloot Hydraulisch Advies (AHA)

19 oktober 2023 hybride Workshop Impact hoogwater op de natuur van de Grensmaas: data, impact en tools

In samenwerking met het Instituut voor Natuur en Bos Onderzoek (INBO) organiseert Rijkswaterstaat (RWS) op 19 oktober 2023 een 2^e workshop als onderdeel van het EM Interreg project Flood Resilience. Het doel van deze workshop is het delen van opgehaalde resultaten uit eerdere workshops (o.a. (a)biologische databeschikbaarheid Grensmaas) en het delen van de impact van het hoogwater op natuur. Tevens zal de ontwikkelde 'Decision support tool' worden gepresenteerd.

Organisatie:
RWS - Frank Collas * en Martijn Anthéunis
INBO - Alexander van Braeckel en Merlijn Jöcque

Locatie: Rijkswaterstaat Zuid-Nederland, Avenue Ceramique 125, 6221 KV Maastricht, ruimte G00.002 + G00.003 - melden bij receptie. Aansluiten via Teams is ook mogelijk (link volgt).

Agenda

12u00 – 12u30 Inloop met lunch dieetwensen zo snel mogelijk doorgeven aan Frank of Martijn

DATA: 12u30 – 13u00
Voorbeeld ecologische data van aquatische soorten – Univ. Nijmegen
Overzicht beschikbare ecologische data langs de Grensmaas – RWS

ECOLOGISCHE IMPACT HOOGWATER juli 2021: 13u00 – 14u30
Impact op terrestrisch milieu – Maas in Beeld-team/ INBO
Impact op aquatisch milieu – RWS

15 min pauze

TOOLS: 14u45 – 16u15
DST Grensmaas – Gemeenschappelijke Maas – INBO
Samenbrengen Grensmaasonderzoeksdata – RWS

16u15 – 17u: napraten

Vriendelijke groet,
Martijn Anthéunis, Alexander van Braeckel, Merlijn Jöcque en Frank Collas



Discussie en vragen vanuit de workshop:

- Prototype decision support tool.
 - o Doel: samen onderbouwen van keuzes rond natuur & hoogwaterveiligheid.
 - Rivierbeheer, dijkverzwaring, herstelmaatregelen, natuurbeheer, dijkbeheer.
 - o Situatieschets & schematisch overzicht Gemeenschappelijke Maas.
- Vraag *Staatsbosbeheer* (SB): Op zoek naar bosreservaat (oobos?) in uiterwaarde minimaal 30 ha, geen begrazing, exotenbeheer laten gaan => geeft geleid tot Case 2 zie 4.1.5.2
- Data – decision support tool – integrated user interface – informed management decision.

