

Gebiedsontwikkeling Alem

Geohydrologisch onderzoek

Lijst met aanpassingen

Versie:	Datum:	Beschrijving van de wijziging:	Herzien:	Vrijgegeven door:
C01	21-02-2022	Eerste concept		
C02	01-03-2022	Aanpassingen van C01 n.a.v. interne controle		
D02	24-06-2022	Aanpassingen van D01 n.a.v. opmerkingen van opdrachtgever en klankbordgroep		

Verantwoording

Titel: Gebiedsontwikkeling Alem, Geohydrologisch onderzoek
Onderwerp: Alem diverse onderzoeken
Projectnummer: 51006865
Klant: Dekker Grondstoffen B.V.
Referentienummer: NL22-648800269-18054
Versie: D2

Datum: 24-06-2022

Auteur: Hugo van Hintum
E-mailadres: hugo.vanhintum@sweco.nl

Gecontroleerd door: Henk van den Berg
Paraaf gecontroleerd:



Vrijgegeven door: Ron Buitelaar
Paraaf vrijgegeven:



Document referentie: NL22-648800269-26834

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	6
1.1	Achtergrond	6
1.2	Plangebied	6
1.3	Doel onderzoek	7
1.4	Gevraagde onderzoeken	7
1.5	Onderzoeksaspecten	8
1.6	Leeswijzer	9
2.	Gebiedsbeschrijving	10
2.1	Algemeen	10
2.2	Maaiveldhoogte	10
2.3	Bodemopbouw	11
2.3.1	Ondiepe bodemopbouw	11
2.3.2	Diepe bodemopbouw	15
2.4	Grondwater	16
2.5	Oppervlaktewater	17
2.6	Waterkeringen	20
3.	Geplande ontwikkelingen	22
3.1	Algemeen	22
3.2	Uitbreiding zandwinplas	22
3.3	Uitbreiding van de haven	23
3.4	Aanleg nevengeul	24
4.	Berekeningsmethode en toetsingskader	25
4.1	Algemeen	25
4.2	Toetsingskader	25
4.3	Grondwatermodel	26
5.	Effecten uitbreiding zandwinplas (realisatiefase)	27
5.1	Algemeen	27
5.2	Zandwinplas in grondwatermodel	27
5.3	Effect bij gemiddeld rivierpeil	27
5.4	Effect bij T=10 hoogwatersituatie	28
5.5	Effecten bij T=10 laagwatersituatie	30
5.6	Effect op kwel en wegzijging	31
5.7	Conclusie	33
6.	Effecten zandwinplas (gebruiksfase)	34
6.1	Algemeen	34
6.2	Zandwinplas in grondwatermodel	34

6.3	Effect bij gemiddeld rivierpeil.....	36
6.4	Effect bij T=10 hoogwatersituatie	37
6.5	Effecten bij T=10 laagwatersituatie	38
6.6	Effect op kwel/wegzijing	38
6.7	Conclusie	40
7.	Overige invloeden uitbreiding zandwinplas	41
7.1	Invloed op gemalen	41
7.2	Invloed op rioolwateroverstorten	41
7.3	Invloed op landbouw en natuur	42
7.4	Invloed op zettingen	43
8.	Effecten realisatie haven en nevengeul	44
9.	Conclusie	45
	Bijlage 1 – Afkortingen	47
	Bijlage 2 – Ontwerp	48
	Bijlage 3 – Modelkalibratie	49
	Bijlage 4 – Effectkaarten gemiddelde grondwaterstanden	55
	Bijlage 5 – Effectkaarten T=10 hoogwater	56
	Bijlage 6 – Effectkaarten T=10 laagwater	57

1. Inleiding

1.1 Achtergrond

Voor de gebiedsontwikkeling Alem-St Andries wordt een MIRT-onderzoek uitgevoerd dat inzicht moet geven in de volgende vragen:

- Is er een gezamenlijke gebiedsontwikkeling mogelijk waarin meerdere opgaven verwezenlijkt worden, en is zandwinning in de Marensche Waarden daar onderdeel van?
- Is een dergelijke gebiedsontwikkeling ook haalbaar en realiseerbaar, in termen van financiering, draagvlak en uitvoerbaarheid?

Op grond van dit onderzoek nemen de betrokken partijen een besluit over een vervolg voor nadere uitwerking (MIRT-verkenning).

De eerste stap van het onderzoek was het inventariseren van opgaven en aandachtspunten. Hiervoor is informatie verzameld, in overleg met een projectgroep en een klankbordgroep. Vanuit beide groepen zijn aanvullende vragen gesteld, waarbij met name de vragen van de klankbordgroep zich richten op de effecten van zandwinning.

In een regulier planproces komen de gestelde vragen over de effecten van maatregelen op de omgeving pas in een later stadium aan bod. Het is de wens van de betrokken partijen om hier niet op te wachten, maar om nu een tussenstap te nemen met aanvullend onderzoek.

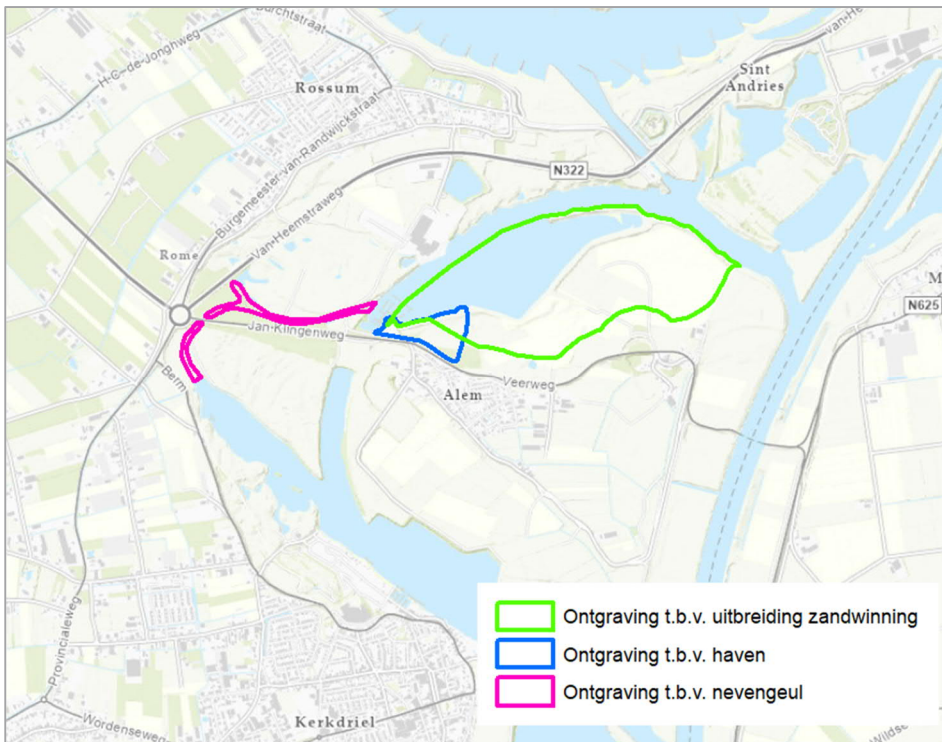
Opdrachtgever verwacht als uitkomst van de onderzoeken meer inzicht te krijgen in de haalbaarheid en uitvoerbaarheid van de zandwinning, en andere mogelijke maatregelen in het kader van de gebiedsontwikkeling.

1.2 Plangebied

Ten noorden van Alem in gemeente Maasdriel ligt het gebied de Marensche Waarden. Als onderdeel van de gebiedsontwikkeling Alem-St Andries worden een uitbreiding van de zandwinplas, het verplaatsen van de haven en de aanleg van een getijdengeul onderzocht.

Om een beeld te krijgen van de effecten van de ontgravingen op de omgeving, dienen afzonderlijke ontwikkelingen beoordeeld te worden. De beoordeling vindt plaats door middel van een grondwatermodel.

Een overzicht van de verschillende ontwikkelingen is gegeven in figuur 1-1. De ontwerpschetsen zijn bijgevoegd in bijlage 2.



Figuur 1-1 Ligging van het plangebied

1.3 Doel onderzoek

Middels de te voeren aanvullende onderzoeken wil opdrachtgever alvast voor enkele onderdelen duidelijkheid verkrijgen over de veiligheid voor de omgeving, de haalbaarheid en uitvoerbaarheid en daarmee de kans op vergunbaarheid. Opdrachtgever wil graag aandachtspunten aangeleverd zien met betrekking tot deze uitgangspunten om tot een gedegen ontwerp te komen.

Opgemerkt wordt dat het detailniveau van het aanvullend onderzoek niet gelijk is aan dat van een MER, omdat de planvorming op dit moment nog niet concreet genoeg is.

1.4 Gevraagde onderzoeken

De gevraagde onderzoeken hebben betrekking op de volgende disciplines:

- geohydrologie;
- oppervlaktewaterkwaliteit;
- geotechniek (stabiliteit bodem en waterkeringen).

In voorliggend rapport worden de resultaten van het geohydrologisch onderzoek gepresenteerd.

1.5 Onderzoeksaspecten

In tabel 1.1 zijn de onderzoeksaspecten met betrekking tot de geohydrologie vermeld met een verwijzing naar de betreffende paragrafen.

Tabel 1.1 Onderzoeksaspecten geohydrologie

Hoofdonderdeel	Subonderdeel	Onderzoeksvragen	Sub-onderzoeksvragen	Paragraaf
Effecten van de grondstoffenwinning	Grondwater, kwel en wegzijging	Wat zijn de effecten van de ontzanding op de grondwaterstanden?	Bij gemiddeld rivierpeil	5.3 / 6.3
			Bij hoogwater T=10 (1x in de 10 jaar)	5.4 / 6.4
			Bij laagwater T=10 (1x in de 10 jaar)	5.5 / 6.5
		Wat zijn de effecten van de ontzanding op de kwel en wegzijging?	Bij gemiddeld rivierpeil	5.6 / 6.6
			Bij hoogwater T=10 (1x in de 10 jaar)	5.6 / 6.6
			Bij laagwater T=10 (1x in de 10 jaar)	5.6 / 6.6
		Met welke maatregelen/werkwijze kunnen de effecten geminimaliseerd worden?		6.1
		Hoe beïnvloeden veranderingen in kwel en grondwaterstanden het functioneren van het ontwateringsgemaal en de overstort van het riool?		7.1 / 7.2
Droogte	-	Hoe beïnvloedt de zandwinning de effecten van droogte?	Met betrekking tot watergebruik (hydrologisch, komt mogelijk al aan bod bij het onderzoek naar grondwater, Kwel en Wegzijging)	7.3
		Welke maatregelen kunnen genomen worden om eventuele problemen met droogte tegen te gaan?		6.1
Effecten van de getijdengeul		Kwalitatief oordeel over de te verwachten geohydrologische effecten op de stabiliteit van de kering.		8
Effecten van verplaatsing haven		Kwalitatief oordeel over de te verwachten geohydrologische effecten op de stabiliteit van de kering.		8

1.6 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is de gebiedsbeschrijving met relevante achtergrondinformatie opgenomen.

Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving van de verschillende gebiedsontwikkelingen in het plangebied.

Hoofdstuk 4 beschrijft het grondwatermodel en de aanpak van de effectbepaling.

Vervolgens zijn berekeningen gedaan voor de invloed van de zandwinplas tijdens de realisatiefase in hoofdstuk 5 en de gebruiksfase in hoofdstuk 6.

In hoofdstuk 7 worden vervolgens de overige effecten van de uitbreiding van de zandwinplas op nabijgelegen gemalen, overstorten, landbouw en natuur uitgelicht.

De effecten van het verplaatsen van de haven en de aanleg van de getijdengeul zijn kwalitatief beschreven in hoofdstuk 8.

Ten slotte wordt in hoofdstuk 9 een conclusie gegeven.

In bijlage 1 is een lijst met gebruikte afkortingen en vaktermen toegevoegd.

2. Gebiedsbeschrijving

2.1 Algemeen

Voor het opstellen van een model waarmee de invloed van de zandwinplas berekend kan worden, dient eerst inzicht te worden verkregen in de opbouw van de bodem, optredende grondwaterstanden en oppervlaktewater(peilen). In dit hoofdstuk is ingegaan op deze aspecten. De geïnventariseerde gegevens zijn afkomstig van de volgende bronnen:

- [1] Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN, Rijkswaterstaat, 2019);
- [2] bodemkaart van Nederland (Alterra, 2000);
- [3] zandbanenkaart Provincie Gelderland 2009;
- [4] grondwatergegevens uit DINO-loket (Data en Informatie Nederlandse Ondergrond) en REGIS II.2 (Regionaal Geohydrologisch Informatiesysteem (NITG-TNO);
- [5] waterstanden RWS via <https://waterinfo.rws.nl/#/kaart/waterhoogte/>;
- [6] legger Waterschap Rivierenland.

2.2 Maaiveldhoogte

In figuur 2-1 is de huidige maaiveldhoogte van het plangebied weergegeven. De uiterwaard ten noorden van Alem ligt relatief laag (tussen NAP +2,0 m en NAP +3,0 m). De uiterwaard ten westen van de huidige zandwinplas ligt hoger, tussen NAP +3,0 m tot NAP +5,5 m, en kent ook meer variatie in de maaiveldhoogte.

De kruinhoogte van de waterkeringen ligt op NAP +8,0 m à NAP +8,2 m. De kern van Alem, binnen de dijkkring, heeft een maaiveldhoogte van NAP +4,0 m à NAP +5,0 m.



Figuur 2-1 Maaiveldhoogte AHN3 [m + NAP]

2.3 Bodemopbouw

In deze paragraaf is eerst de ondiepe (tot 5 m-mv) bodemopbouw beschreven en vervolgens de diepe bodemopbouw (dieper dan 5 m-mv) weergegeven.

2.3.1 Ondiepe bodemopbouw

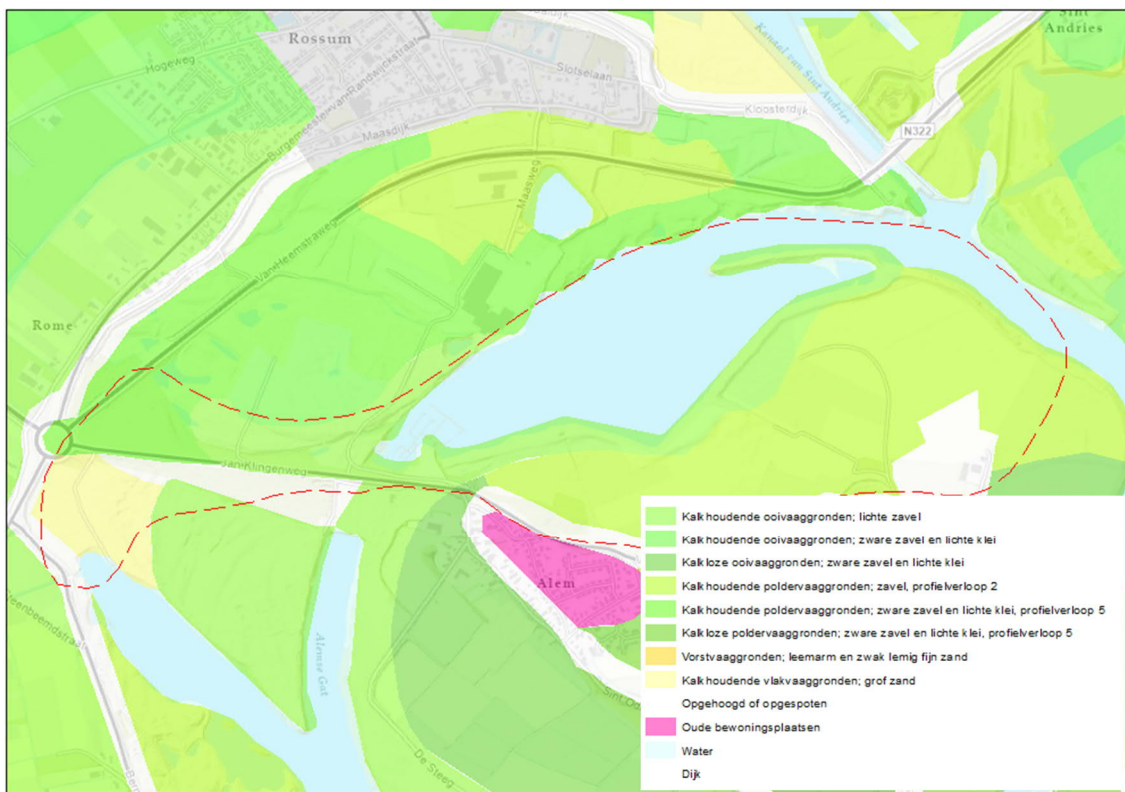
De ondiepe bodemopbouw is beschreven op basis van een viertal bronnen: de bodemkaart, zandbanenkaart, boringen uit Dinoloket en GeoTOP.

Bodemkaart van Nederland

Een uitsnede van de Bodemkaart van Nederland [2] geeft aan dat de bodem in het plangebied voornamelijk uit drie bodemtypen bestaat (zie figuur 2-2):

- kleigronden:
 - poldervaaggronden (bodemcode Rn52A): nat;
 - ooivaaggronden (bodemcode Rd10A): droog;
- zandgronden:
 - vlakvaaggronden (bodemcode kZn30A).

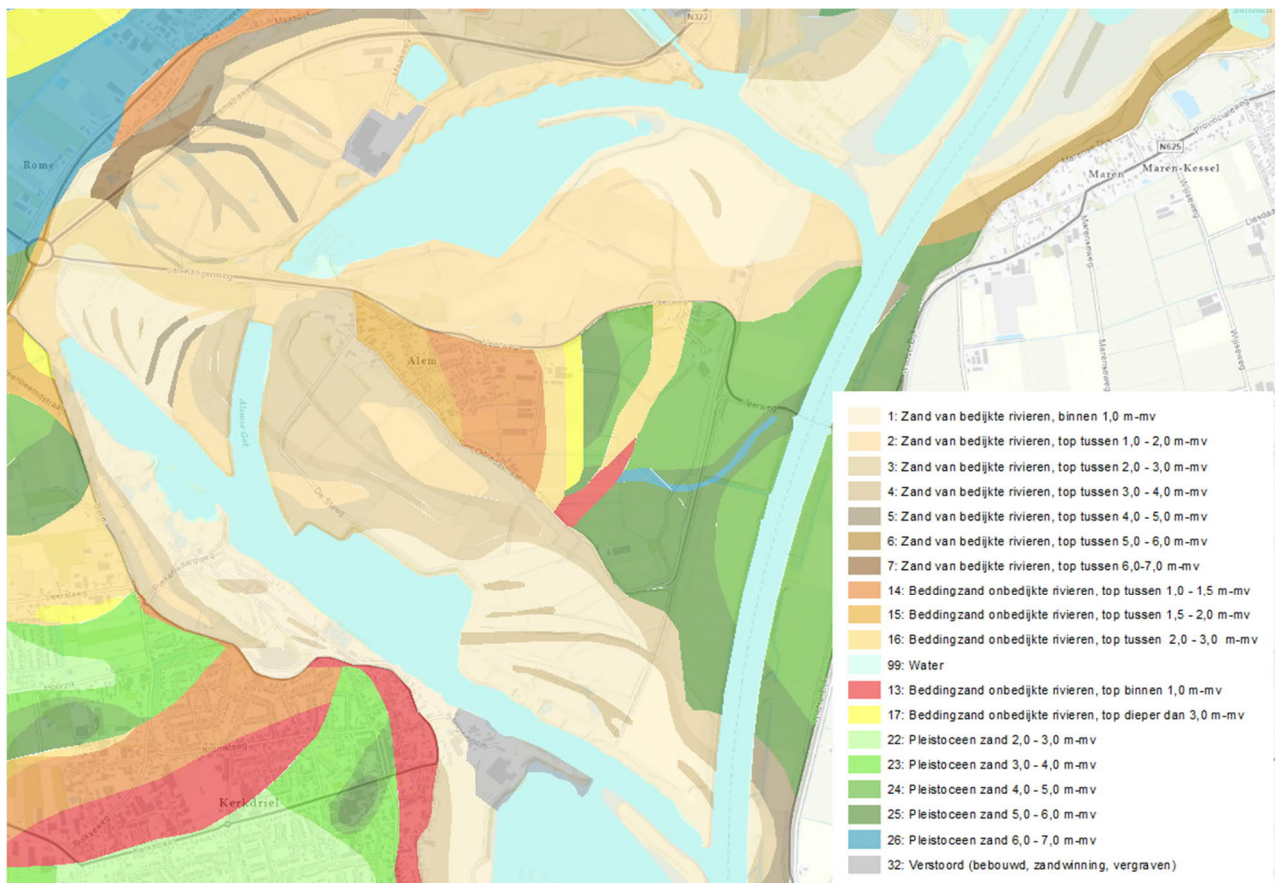
Deze bodemtypen zijn veelvoorkomend in het rivierengebied en zijn gevormd door de afzettingen van periodieke overstromingen van de Maas en/of Waal.



Figuur 2-2 Uitsnede van de Bodemkaart van Nederland

Zandbanenkaart

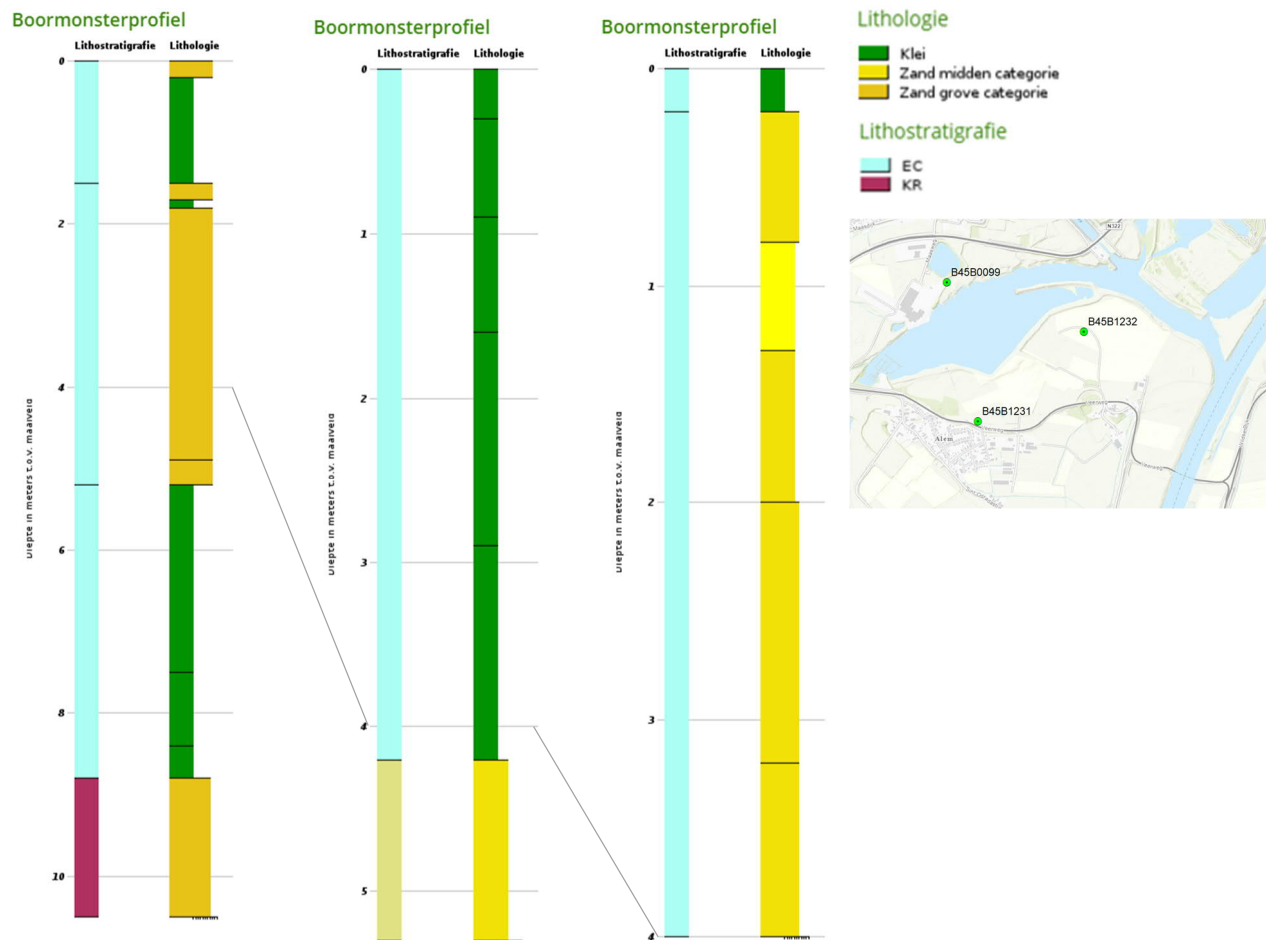
In figuur 2-3 is een uitsnede van de zandbanenkaart van provincie Gelderland [3] weergegeven. Hierin is te zien dat in de uiterwaard ten noorden van Alem de diepte van de zandondergrond op zo'n 1,0 tot 2,0 m onder maaiveld ligt. De bovenliggende kleideklaag in het grootste deel van de uiterwaard is dus 1,0 tot 2,0 m dik. In de uiterwaard ten noordwesten van Alem is de kleideklaag op enkele plekken dikker (2,0-5,0 meter).



Figuur 2-3 Uitsnede van de Zandbanenkaart

Boringen uit Dinoloket

Er zijn verschillende boringen in het plangebied aanwezig via Dinoloket [4] (zie figuur 2-4). In het plangebied is aan het oppervlak een kleilaag te vinden die, afhankelijk van de locatie sterk in dikte varieert. Onder de kleilagen ligt voornamelijk midden tot grof zand en op een enkele plek fijn zand.



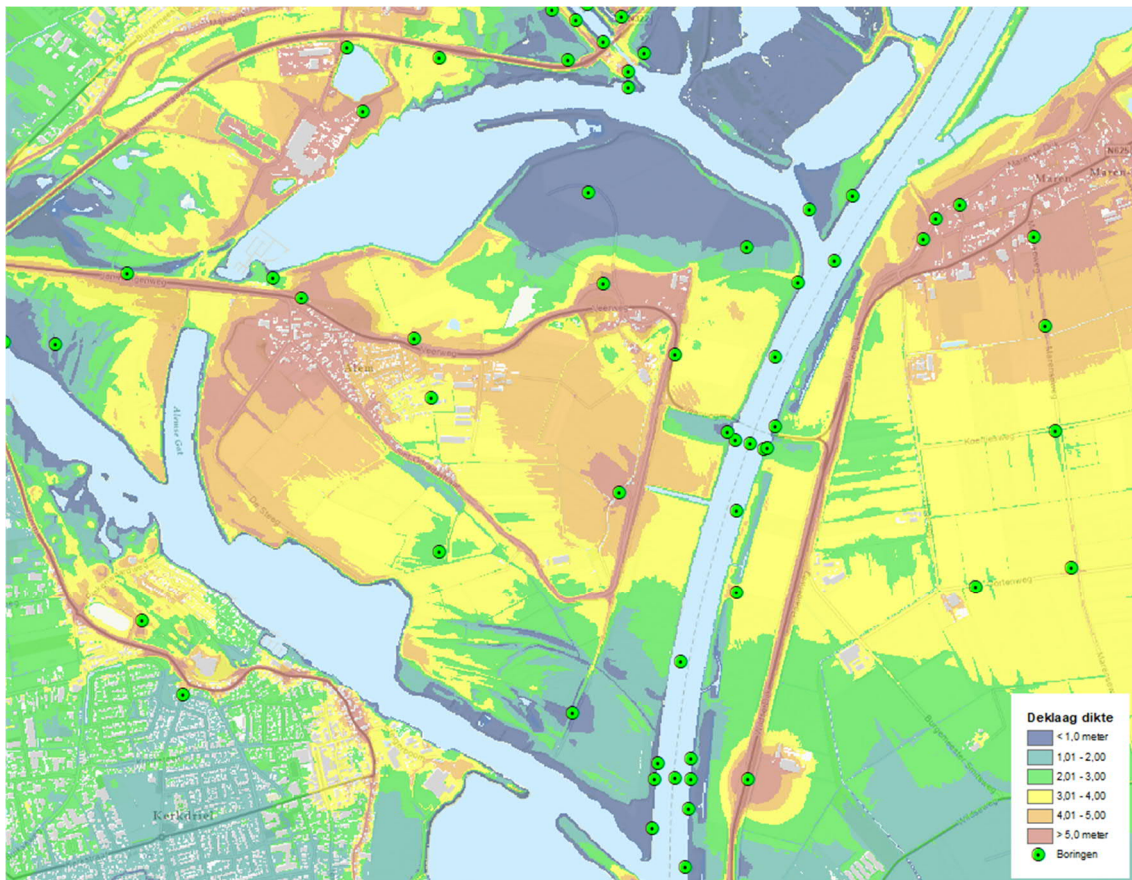
Figuur 2-4 Boringen uit Dinoloket; links: B45B0099; midden: B45B1231; rechts B45B1232; verticale schaal is in meter onder maaiveld

Door middel van interpolatie¹ is een voorspelling gemaakt van de dikte van de deklaag op basis van boringen uit Dinoloket. Het resultaat is weergegeven in figuur 2-5. Direct ten noorden van Alem is de deklaag 2,0 tot 4,0 m dik, terwijl richting het noordoosten de deklaag juist dun is (< 1,0 meter). Dit beeld komt overeen met de zandbanenkaart.

Ter plaatse van de toekomstige getijdengeul is de deklaag erg dun (< 1,0 meter).

Aan de westzijde van Alem geeft de interpolatie een veel dikkere deklaag dan de zandbanenkaart (> 5 m in de interpolatie, en 1-2 m in de zandbanenkaart). Dit komt, omdat hier het maaiveld is opgehoogd en dit niet in de zandbanenkaart is verwerkt. Na de ophoging is de zanddiepte dus op 5 m-mv komen te liggen.

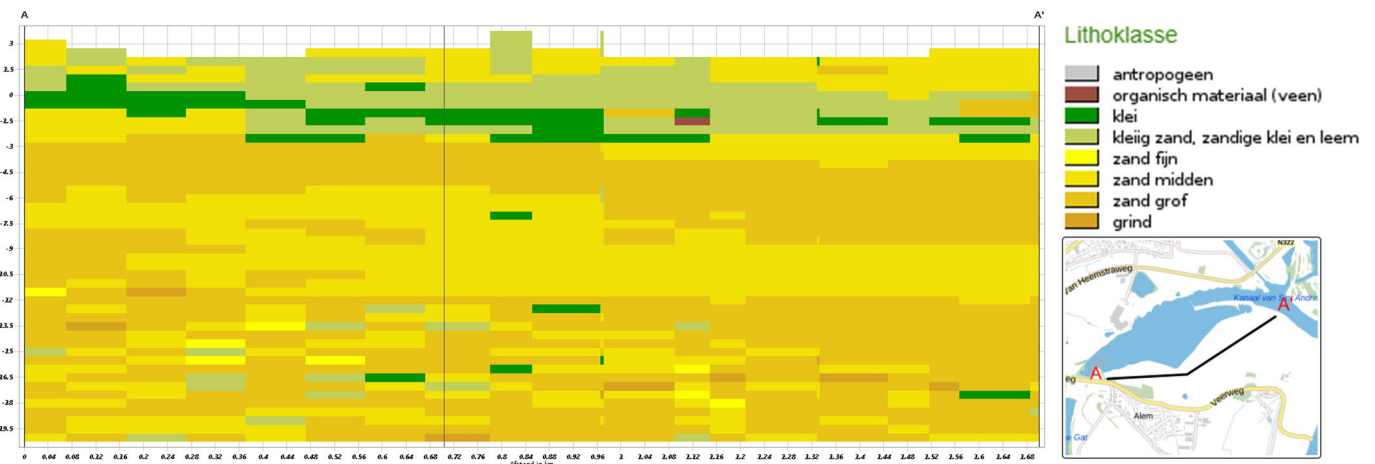
¹ Interpolatie is een methode, waarbij informatie uit datapunten gebruikt wordt om een gebiedsdekkende voorspelling te maken



Figuur 2-5 Dikte deklaag op basis van boringen [m-mv]

Geotop

Voor de ondiepere bodemopbouw is gebruik gemaakt van het GeoTOP-model [4]. Dit model geeft een vlakdekkende interpretatie van de ondergrond aan op basis van grondboringen in de omgeving. In figuur 2-6 is een dwarsdoorsnede met de meest waarschijnlijke bodemsamenstelling van de bovenste 20 m gegeven. In het dwarsprofiel is te zien dat de bovenste 6 m uit klei of kleig zand bestaat, terwijl de ondergrond daaronder vooral uit midden tot grof zand bestaat. Meer naar het noordoosten in het dwarsprofiel (A', rechterkant), bestaat de ondergrond vooral uit zand. Dit komt overeen met de zandbanenkaart en de geïnterpoleerde deklaagdikte.



Figuur 2-6 Ondergrond op basis van GeoTOP-model

2.3.2 Diepe bodemopbouw

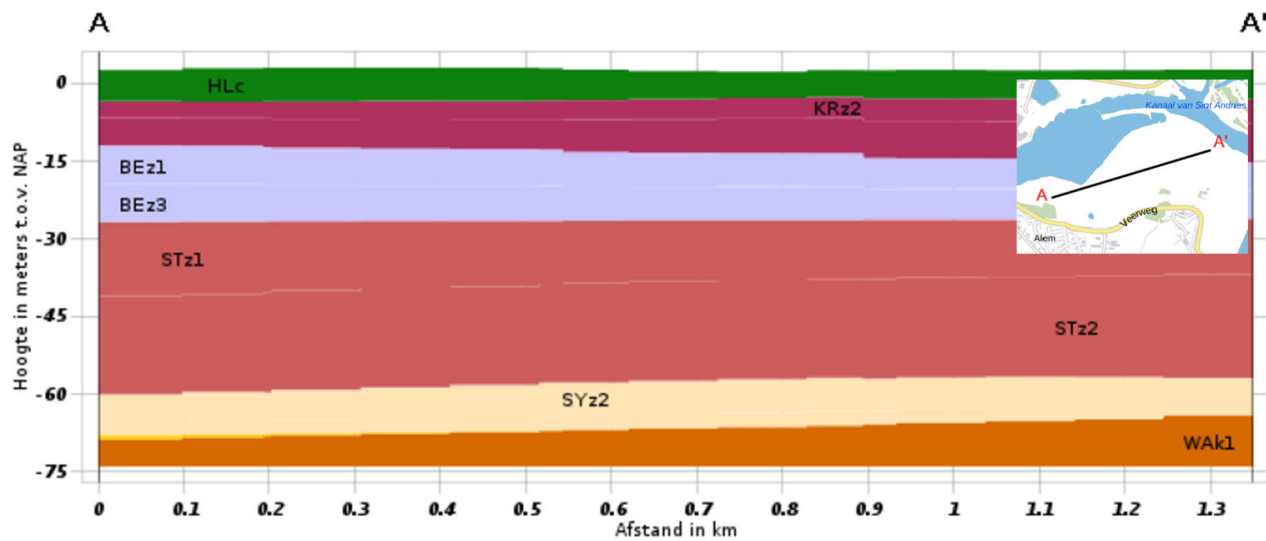
Voor de diepere bodemopbouw is gebruik gemaakt van het REGIS v2.2-model [4]. Het dwarsprofiel in figuur 2-7 geeft aan dat de ondergrond tot 5 m-mv (NAP -3 m) bestaat uit holocene afzettingen (HLC in dwarsprofiel). De Holocene afzettingen in het plangebied bestaan vooral uit (fijn)zand, afgewisseld met enkele kleilaagjes (zie paragraaf 2.3.1).

Tussen de 5 - 14 m-mv (NAP -3 m tot -13 m) is de formatie van Kreftenheye aanwezig (KRz2 in dwarsprofiel). Dit pakket bestaat uit midden- en grofzand.

Hieronder, tot een diepte van 26 m-mv (NAP -29 m), ligt de formatie van Beegden, bestaande uit (grof)zand en grind (BEz in dwarsprofiel).

Vervolgens wordt tot een diepte van 58 m-mv (NAP -60 m) de Sterksel formatie aangetroffen afgewisseld met de Stramproy formatie, beide bestaande uit (grof)zand (STz en SYz in dwarsprofiel).

Vanaf 68 m-mv (NAP -70 m) bevindt zich de formatie van Waalre, deze bestaat uit zandige klei (Wak in dwarsprofiel). Vanwege de grote weerstand van deze laag, wordt deze formatie voor dit onderzoek als geohydrologische basis beschouwd.



Figuur 2-7 Diepe bodemopbouw REGIS-model

2.4 Grondwater

Als gevolg van fluctuaties in het rivierpeil veranderen grondwaterstanden in het gebied. De Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) geven het bereik weer, waartussen de grondwaterstand zich gedurende het grootste deel van het jaar beweegt.

In Dinoloket zijn drie peilbuizen aanwezig rondom het plangebied met een meetreeks die geschikt is om de GXG-waarden² te bepalen. De locatie van deze peilbuizen is weergegeven in figuur 2-8 en de statistieken zijn opgenomen in tabel 2-1.

² Verzamelnaam voor GHG, gemiddelde waarde (GG) en GLG



Figuur 2-8 Situering peilbuizen uit Dinoloket

De peilbuizen staan niet direct in het plangebied, maar geven een inschatting van de grondwaterstanden die heersen in het plangebied.

Tabel 2-1 Statistieken peilbuizen Dinoloket [m +NAP]

Peilbuis	meetreeks	Filterdiepte	Maaiveld	GLG*	GG*	GVG*	GHG*
B45A0106	2000-2019	-6,14	4,40	0,70	1,13	1,33	1,91
B45A1611	2011-2019	-0,46	7,53	0,86	1,55	1,75	2,70
B45A1582	2012-2019	-0,86	-	0,53	0,96	1,05	1,81

* de afkortingen zijn beschreven in bijlage 1

Te zien is dat de GLG rondom het plangebied varieert tussen de NAP + 0,50 m en NAP +0,90 m . De GHG ligt tussen de NAP +1,80 m en NAP +2,70 m.

2.5 Oppervlaktewater

Maas

De huidige zandwinplas ligt aan een oude stroomgeul van de Maas en staat in directe verbinding met de huidige hoofdgeul van de Maas, en via de sluis in het kanaal van Sint Andries in verbinding met de Waal. Benedenstrooms van het plangebied zijn geen stuwen meer aanwezig in de Maas. Op basis van waterhoogtedata van Rijkswaterstaat [5] is het waterhoogteregime van de Maas bovenstrooms (Lith Dorp) en benedenstrooms (Sluis Empel) van het plangebied weergegeven (Tabel 2-2). Het plangebied ligt tussen beide meetlocaties. Kenmerkende waterstanden ter hoogte van het plangebied zullen daarom tussen die van beide locaties vallen.

Tabel 2-2 **Karakteristieke waterstanden boven- en benedenstrooms van het plangebied**

Grenswaarde	Waterstand bovenstrooms (Lith Dorp) (m +NAP)	Waterstand benedenstrooms (Empel beneden) (m +NAP)
Verlaagde waterstand	< 0,00	< 0,00
Normaal	0,00 – 3,00	0,00 – 2,10
Licht verhoogd	> 3,00	> 2,10
Verhoogd	> 4,50	> 3,50
Hoogwater	> 5,40	-
Extreem hoogwater	> 6,30	-

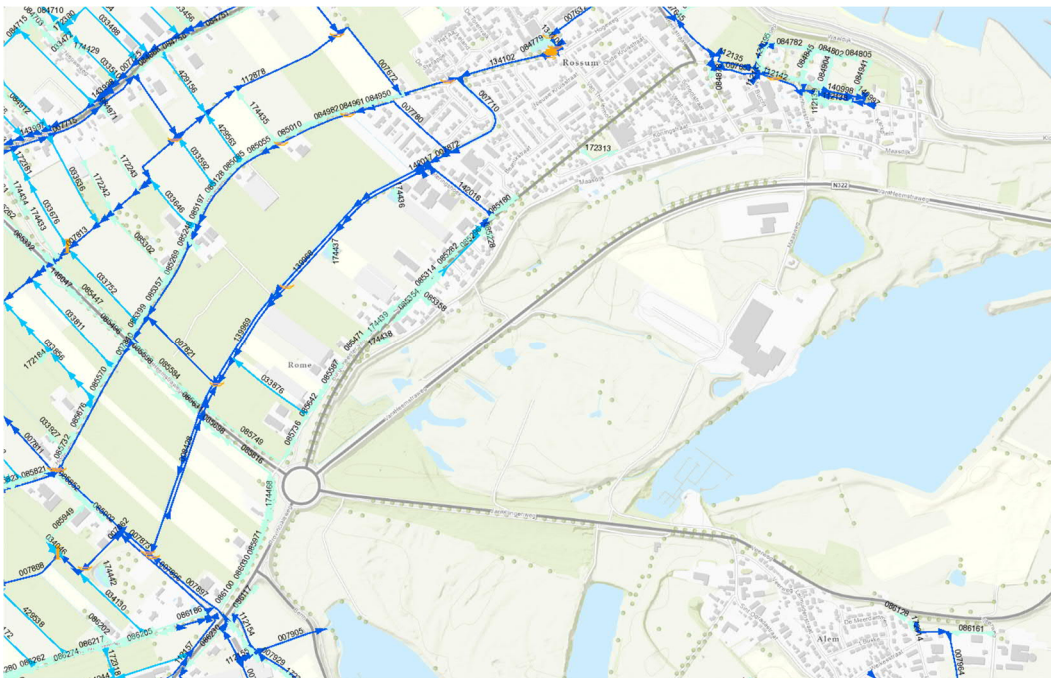
In het zuidwestelijk deel van het plangebied liggen het 'Gat van Sientje' en 'Den Bol', die deel uitmaken van de oude stroomgeul van de Maas.

Legger³

Het plangebied ligt in het beheergebied van Waterschap Rivierenland [6]. Binnendijs ten noordwesten van het gebied zijn enkele A- en C-watergangen⁴ aanwezig (zie figuur 2-9). Binnendijs en buitendijs rondom Alem zijn ook enkele A- en C-watergangen aanwezig (zie figuur 2-10). Met twee gemalen, (061852 en 000920) langs de Sint-Odrastraat ten westen van Alem wordt het polderpeil gereguleerd in het binnendijkse gebied van Alem.

³ De Legger is een kaart van het waterschap waarin informatie zoals regelgeving, de ligging en afmetingen van waterlopen binnen het beheergebied beschreven is.

⁴ A-, B- en C-watergangen zijn waterlopen die gecategoriseerd zijn op basis van af-/aanvoer en/of op basis van verantwoordelijkheid voor onderhoud, waarbij een A watergang de grootste af-/aanvoer kent en beheerd wordt door het waterschap en een C-watergang doorgaans een lager af-/aanvoer kent en onderhouden wordt door aangrenzende landeigenaren.



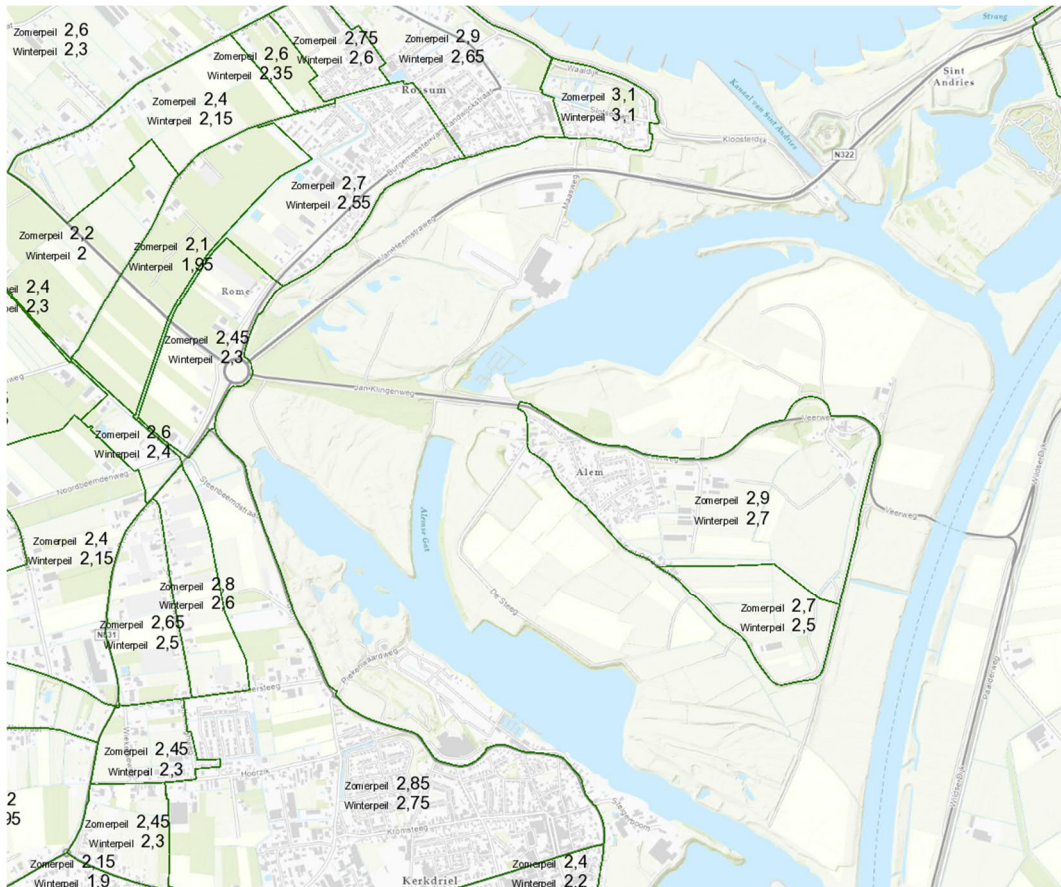
Figuur 2-9 Leggerkaart voor de noordzijde van het plangebied met aanwezige waterlopen; rood: gemalen



Figuur 2-10 Leggerkaart voor de zuidzijde van het plangebied met aanwezige waterlopen; rood: gemalen

Peilgebieden

De peilgebieden en hun in de legger vastgestelde zomer- en winterpeil rondom het plangebied zijn weergegeven in figuur 2-11 [6].



Figuur 2-11 Overzicht van peilgebieden rondom het plangebied (peilen in m +NAP)

2.6 Waterkeringen

In figuur 2-12 is de legger waterkeringen van Waterschap Rivierenland weergegeven [6]. Het dorp Alem is als eiland ingesloten door primaire waterkeringen en ook de uiterwaarden ten westen van Alem zijn begrensd door primaire keringen. De uiterwaarden binnen het plangebied waar de ontwikkelingen (getijdengeul, uitbreiding zandwinplas en haven) gaan plaatsvinden, dienen allen als overstromingsgebied. Tot 150 m vanaf de keringen ligt een beschermingszone, weergegeven als gele/oranje vlakken in figuur 2-12.



Figuur 2-12 Legger waterkeringen Waterschap Rivierenland

3. Gebiedsontwikkelingen

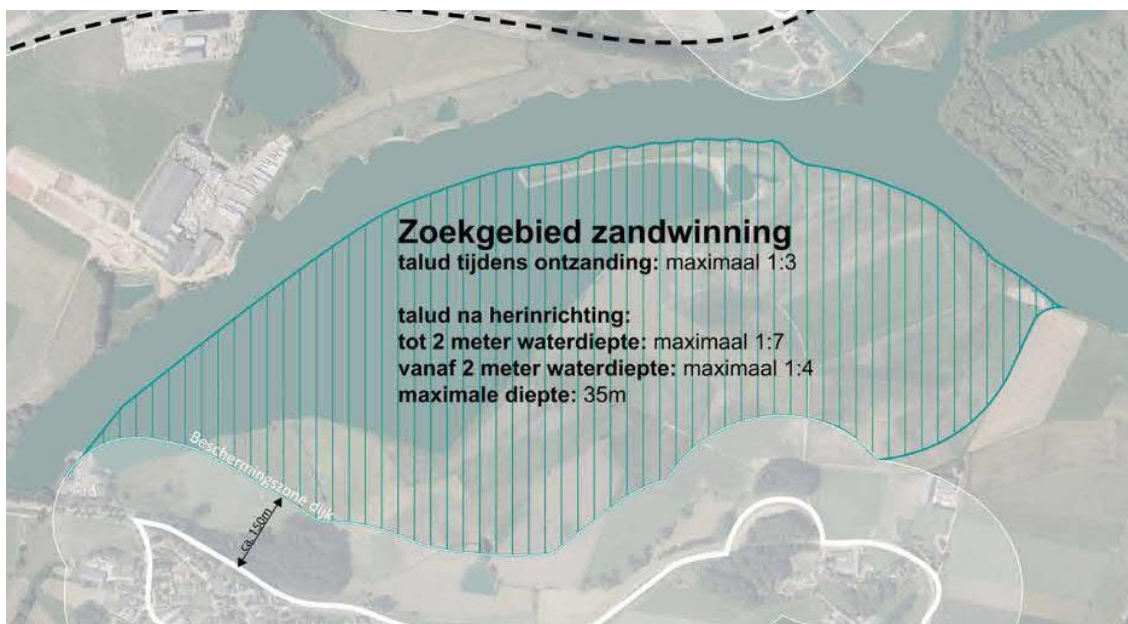
3.1 Algemeen

Voor de gebiedsinrichting Alem – St.-Andries worden in dit stadium een drietal mogelijke ontwikkelingen verkend:

- uitbreiding van de huidige zandwinplas ten behoeve van zandwinning;
- verplaatsing van de haven, gelegen aan de huidige zandwinplas;
- aanleggen van een getijdengeul tussen de oude Maasgeulen.

3.2 Uitbreiding zandwinplas

Voor de uitbreiding van de zandwinplas is een zoekgebied vastgesteld (zie figuur 3-1). Dit zoekgebied volgt voornamelijk de eigendomsgrens van Dekker B.V. behalve aan de zuidkant, waar 150 m van de dijk wordt aangehouden (dijkbeschermingszone). Het zoekgebied ligt buitendijks en bestaat momenteel uit landbouwgronden. De beoogde maximale ontgravingsdiepte van de uitbreiding van de zandwinplas bedraagt 35 meter.



Figuur 3-1 Zoekgebied uitbreiding huidige zandwinplas

3.3 Verplaatsing van de haven

Het zoekgebied van de haven (zie figuur 3-2) ligt richting het oosten en valt grotendeels binnen de dijkbeschermingszone. De maximale waterdiepte van de aan te leggen haven bedraagt 3 meter.



Figuur 3-2 Zoekgebied verplaatsing van de haven

3.4 Aanleg getijdengeul

In het westen van het plangebied (ten zuiden van Rossum) is de aanleg van een getijdengeul voorzien. Deze getijdengeul verbindt de huidige zandwinplas met het 'Gat van Sientje' en 'Den Bol' (oude stroomgeul van de Maas). De situering van de getijdengeul is weergegeven in figuur 3-3.



Figuur 3-3 Gebiedsinrichtingsplannen waaronder de aanleg van een getijdengeul

De getijdengeul komt gedeeltelijk binnen 150 meter van de dijk te liggen, binnen de huidige beschermingszone. Hiervoor is er een aanvullend dijkstabiliteitsonderzoek uitgevoerd om te voorkomen dat er te veel water onder de dijk door kan stromen (piping), om zo mogelijk negatieve gevolgen voor de dijkstabiliteit te voorkomen.

4. Berekeningsmethode en toetsingskader

4.1 Algemeen

Voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen in tabel 1.1, is de invloed van de zandwinplas op de grondwaterstanden en kwel/wegzijging in het gebied bepaald. Dit is gedaan voor twee situaties, namelijk de realisatiefase (zie hoofdstuk 5) en de gebruiksfase (zie hoofdstuk 6).

Bij de realisatiefase van de zandwinplasuuitbreiding is ervan uitgegaan dat er geen/weinig slib op de bodem en langs de wanden van de ontgraving aanwezig is. Na verloop van tijd, tijdens de gebruiksfase, zal er echter een sliblaag op de bodem van de ontgraving ontstaan. De sliblaag is doorgerekend door op de bodem en het talud van de zandwinplas de weerstand in het model te verhogen.

4.2 Toetsingskader

De invloed van de zandwinplas op de grondwaterstanden en kwel/wegzijging is bepaald voor de volgende situaties:

- gemiddelde situatie: gemiddeld rivierpeil over een periode van 10 jaar (2008-2019);
- twee extreme situaties:
 - T=10 hoogwater situatie: hoogwaterstand die statistisch 1x per 10 jaar voorkomt, met een duur van tenminste 10 dagen (T=10 hoogwater is vastgesteld op 12 januari 2018);
 - T=10 laagwater situatie: laagwaterstand die statistisch 1x per 10 jaar voorkomt, met een duur van tenminste 10 dagen (T=10 laagwater is vastgesteld op 18 november 2018).

Om te beoordelen of er sprake is van een (ongewenst) effect op de omgeving, zijn de volgende toetsingscriteria gebruikt:

- grondwaterstandsverandering van meer dan 5 centimeter;
- verandering in kwel/wegzijging van meer dan 2%.

Deze toetsingscriteria zijn gebaseerd op de richtlijn toetsing kwel en wegzijging⁵ van Waterschap Rivierenland voor het in kaart brengen van kwel- en grondwaterstandseffecten bij modelleringen. Veranderingen kleiner dan de genoemde criteria worden als neutraal beschouwd. Veranderingen groter dan genoemde criteria worden nader uitgezocht.

Bij het analyseren van veranderingen van de kwel/wegzijging, zijn vooral binnendijkse gebieden belangrijk, omdat hier bebouwing staat en wateroverlast door kweltoename zeer ongewenst is. Daarom is voor dit onderzoek de kwel/wegzijgingsverandering enkel binnendijs geanalyseerd. De binnendijkse gebieden zijn door Waterschap Rivierenland opgedeeld in peilgebieden, zoals weergegeven in figuur 2-11.

⁵ Richtlijn toetsing kwel en wegzijging, Waterschap Rivierenland, 23 oktober 2012

4.3 Grondwatermodel

Voor de geohydrologische effectberekeningen wordt gebruik gemaakt van het MORIA model (Modellering Ondergrond Rivierenland Interactief en Actueel), versie 4.5. Deze modelversie is in 2020 opgeleverd, en beslaat de rekenperiode 2008-2019. MORIA is ontwikkeld in opdracht van Waterschap Rivierenland, provincie Gelderland en Waterbedrijf Vitens, samen met een aantal specialistische kennisinstituten en adviesbureaus: Deltares, Alterra, TAUW en Royal Haskoning.

In bijlage 3 zijn de validatie en kalibratie van het grondwatermodel beschreven. Bij validatie van het model wordt op basis van afwijkingen tussen gemeten stijghoogtes en berekende stijghoogtes geanalyseerd of het model voldoende functioneert. Daar waar het model onvoldoende presteert wordt het model gekalibreerd (verbeterd) op basis van informatie over de lokale parameters (ondergrond data). Na kalibratie van het model is het geschikt voor de berekening van de effecten (zie hoofdstuk 5 en 6).

5. Effecten uitbreiding zandwinplas (realisatiefase)

5.1 Algemeen

In dit hoofdstuk zijn de berekende effecten van een uitbreiding van de zandwinplas beschreven in de realisatiefase. Hierbij is uitgegaan van een maximale uitbreiding, zoals weergegeven in figuur 3-1.

5.2 Zandwinplas in grondwatermodel

De uitbreiding van de zandwinplas is als volgt in het model verwerkt: ter plaatse van het 'zoekgebied zandwinning' (zie figuur 3-1) zijn het doorlaatvermogen en de weerstanden aangepast. Hier is een hoog doorlaatvermogen⁶ van 1.000 m²/dag en een lage bodemweerstand⁷ (1 dag) opgegeven. Dit is gedaan voor modellaag 1 tot en met modellaag 8 (watervoerend pakket), overeenkomend met de maximale ontgravingsdiepte van 35 m (tot max -32 m NAP). Op deze manier ontstaat er een vlakke grondwaterspiegel die meebeweegt met het Maaswater waarmee de uitbreiding van de zandwinplas gesimuleerd wordt.

Daarnaast is het landgebruik aangepast naar de nieuwe situatie: ter plaatse van het zoekgebied zandwinning is het oppervlak aangepast naar oppervlaktewater.

5.3 Effect bij gemiddeld rivierpeil

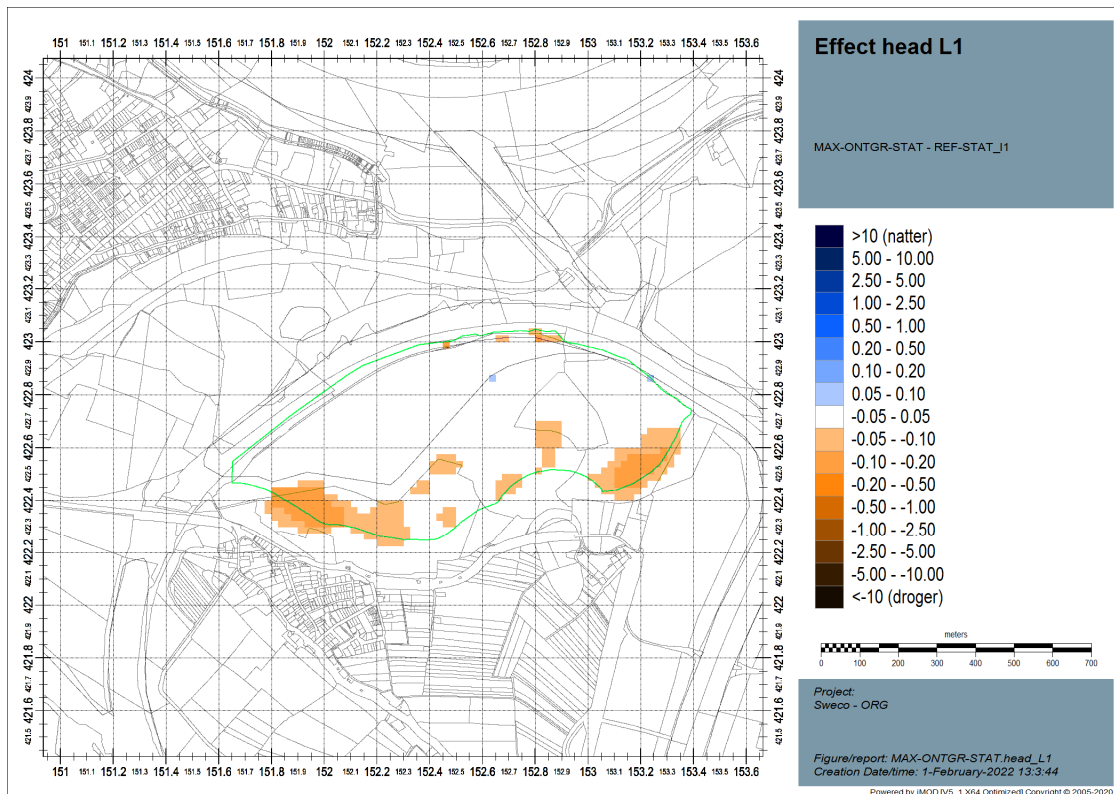
De invloed van de uitbreiding van de zandwinning op de grondwaterstanden bij een gemiddeld rivierpeil is weergegeven in figuur 5-1.

Zichtbaar is dat in de zandwinning en rondom de toekomstige zandwinplas de grondwaterstand iets verlaagt (maximaal 0,20 m). Deze verlaging treedt op omdat de bodem waarin in de huidige situatie de grondwaterspiegel opbult, wordt afgegraven. Door de vlakke spiegel van het oppervlaktewater kan er geen opbolling meer plaatsvinden. Dit zorgt voor een verlaging van de grondwaterstanden in en langs de toekomstige uitbreiding van de zandwinplas. De dalingscontouren reiken niet tot de dijk of binnendijks.

In het onderliggend watervoerend pakket onder de deklaag (zandondergrond) is geen effect van de uitbreiding van de zandwinplas zichtbaar (zie bijlage 4).

⁶ Het doorlaatvermogen beschrijft hoe makkelijk het grondwater door de bodem kan stromen. Hoe hoger het doorlaatvermogen hoe makkelijker het grondwater kan stromen

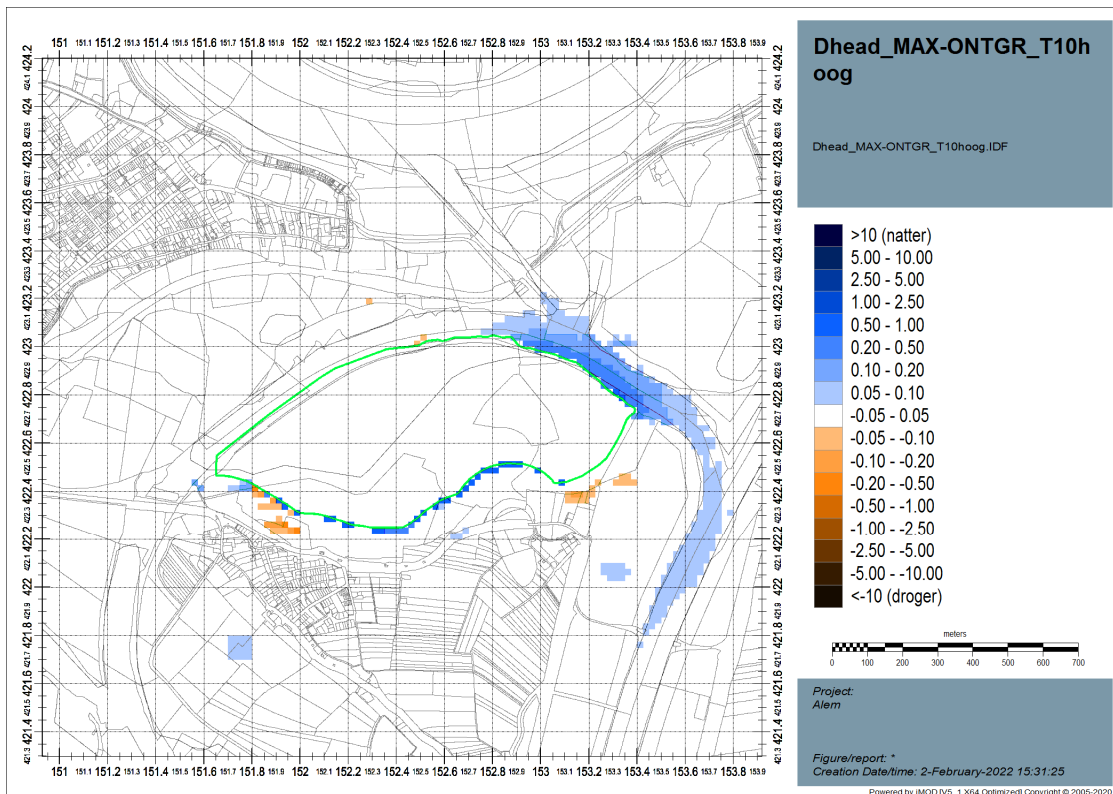
⁷ De bodemweerstand beschrijft hoeveel weerstand het grondwater ondervindt om door een bodemlaag te stromen. Hoe lager de weerstand hoe makkelijker het grondwater zich door de bodem beweegt



Figuur 5-1 Grondwaterstandsveranderingen bij uitbreiding van de huidige zandwinplas bij een gemiddeld rivierpeil; groen: ontgravingscontour uitbreiding; bruintinten: lagere grondwaterstanden (droger); blauwtinten: hogere grondwaterstanden (natter)

5.4 Effect bij T=10 hoogwatersituatie

In deze paragraaf zijn de grondwaterstandsveranderingen bij een T=10 hoogwatersituatie in de realisatiefase van de uitbreiding beschreven. De effecten op de grondwaterstanden zijn weergegeven in figuur 5-2.



Figuur 5-2 Grondwaterstandsveranderingen bij uitbreiding van de huidige zandwinplas tijdens T=10 hoogwater; groen omlijnd: ontgravingscontour van uitbreiding zandwinplas; bruintinten: lagere grondwaterstanden (droger); blauwtinten: hogere grondwaterstanden (natter)

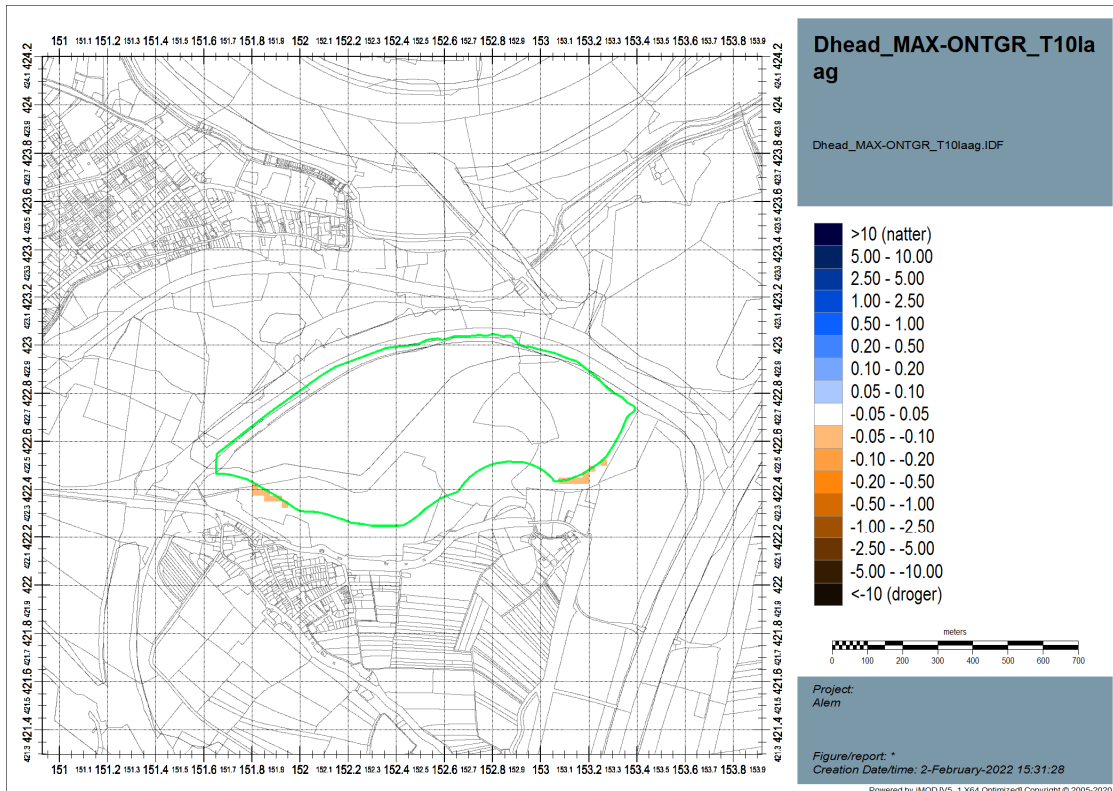
Allereerst is het belangrijk om op te merken dat de grondwaterstandsverhoging ter plaatse van het kanaal van St-Andries een verhoging in de bodem van het kanaal betreft. Ondanks dat deze grondwaterstandsverhoging een verhoging van het rivierpeil suggereert, kan en zal dit in de praktijk niet optreden. Extra water in het kanaal zal zich in de praktijk namelijk verspreiden over de gehele Maas en daarom verwaarloosbaar zijn. Scheepvaart in het kanaal van St-Andries zal dan ook geen nadelige effecten ondervinden.

De effecten op de T=10 hoogwater grondwaterstanden in de omgeving van de zandwinplas beïnvloeden een relatief klein gebied. Grondwaterstandsverhogingen betreffen randeffecten van maximaal 0,50 m en zijn beperkt tot enkel het talud aan de zuidkant van de zandwinplas en een smalle strook aan de noordoostkant langs het kanaal van St.-Andries. Verder zijn op enkele plekken in de uiterwaarde aan de zuidrand van de zandwinplas verlagingen te zien van maximaal 0,20 meter. In het poldergebied ten zuiden van Alem vindt een lichte verhoging van maximaal 0,10 m plaats. Dit is op een locatie waar de bodemweerstand erg laag is en kwelwater omhoog kan komen tijdens extreem hoogwater.

De grondwaterstanden in de omgeving worden sterk beïnvloed door de rivierstanden. Het uitbreiden van de zandwinplas brengt hier geen verandering in, zeker tijdens extreem hoogwater waarbij de uiterwaarden toch al onder water staan. Hierdoor zijn de effecten relatief klein.

5.5 Effect bij T=10 laagwatersituatie

In deze paragraaf zijn de grondwaterstandsveranderingen bij een T=10 laagwatersituatie in de realisatiefase van de uitbreiding beschreven. De effecten op de grondwaterstanden zijn weergegeven in figuur 5-3.

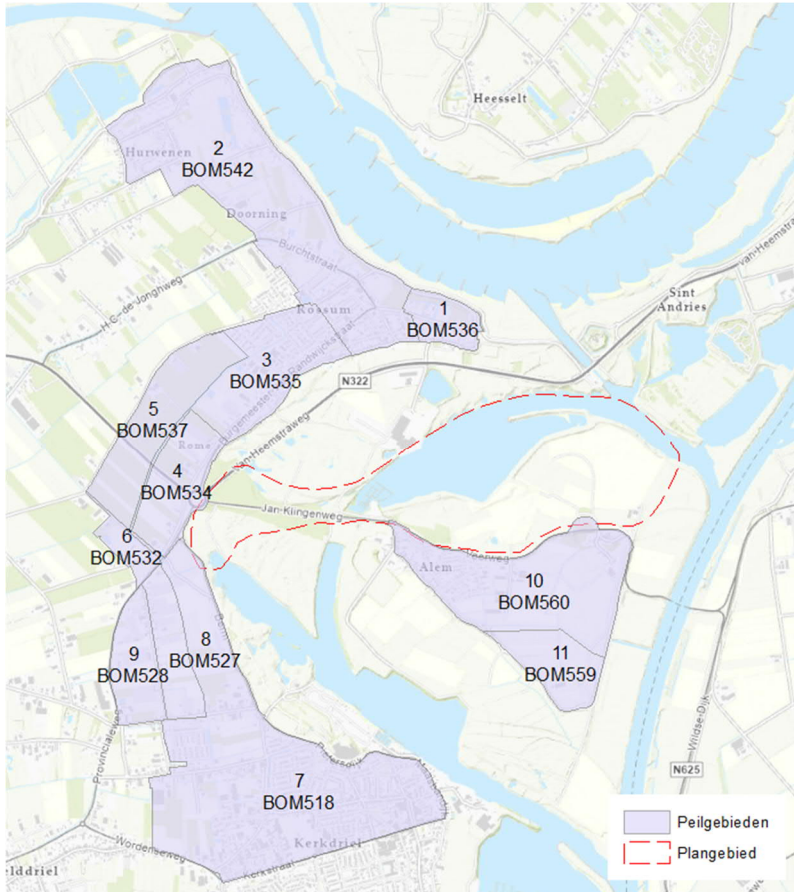


Figuur 5-3 Grondwaterstandsveranderingen bij uitbreiding van de huidige zandwinplas tijdens T=10 laagwater; groen omlijnd: ontgravingscontour van uitbreiding zandwinplas; bruintinten: lagere grondwaterstanden (droger); blauwtinten: hogere grondwaterstanden (natter)

De effecten van de uitbreiding van de zandwinplas op grondwaterstanden tijdens een T=10 laagwatersituatie zijn gering. Dit komt omdat de grondwaterstanden in de uiterwaarden al erg laag zijn tijdens extreem laagwater, en vrijwel gelijk liggen met het heersende rivierpeil. De ontgraving zorgt niet voor een wijziging van dit rivierpeil. Daarom zorgt de ontgraving tijdens lage rivierstanden (droge perioden) niet voor een grondwaterstandsverlaging in de uitwaarden of binnendijs rondom het plangebied.

5.6 Effect op kwel en wegzijging

Ook de effecten op de kwel/wegzijging in het plangebied zijn bij drie situaties berekend (gemiddelde situatie, T=10 hoogwatersituatie en T=10 laagwatersituatie). De effecten zijn berekend voor eerdergenoemde peilgebieden (zie paragraaf 4.2). In figuur 5-4 zijn de peilgebieden weergegeven.



Figuur 5-4 Ligging van de peilgebieden

Uit de berekeningen blijkt dat bij een gemiddeld rivierpeil geen kwelverandering optreedt in de peilgebieden.

Voor een T=10 hoogwatersituatie en T=10 laagwatersituatie treedt wel een verandering op. In bijlage 7 zijn afbeeldingen met daarin de kwelverandering tijdens een T=10 hoogwatersituatie en T=10 laagwatersituatie weergegeven. Deze kwelveranderingen geven een momentopname geldig voor een extreme situatie. In Tabel 5-1 zijn de veranderingen in kwel/wegzijging ten gevolge van de uitbreiding van de zandwinplas samengevat. Omdat het hier gaat om berekeningen voor de realisatiefase bevindt er zich geen sliblaag op de bodem en kan worden uitgegaan van een geringe bodemweerstand. Dit beschrijft daarom een 'Worst-case' scenario.

Tabel 5-1 *Effect maximale uitbreiding zandwinplas op kwel/wegzijing per peilgebied*

Peilgebied	Kwel/wegzijing in de referentiesituatie (mm/dag)		Absolute verandering (mm/dag)		Relatieve verandering (%)	
	T=10-hoog*	T=10-laag**	T=10-hoog	T=10-laag	T=10-hoog	T=10-laag
1 (BOM536)	+4,99	-1,40	+0,03	+0,02	+0,64	-1,14
2 (BOM542)	+2,34	-0,94	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00
3 (BOM535)	+1,16	-0,94	+0,02	+0,00	+1,37	+0,00
4 (BOM534)	-0,08	-0,93	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00
5 (BOM437)	+0,35	-0,43	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00
6 (BOM532)	-0,60	-1,79	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00
7 (BOM518)	-0,17	-1,22	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00
8 (BOM527)	-0,60	-1,94	+0,02	-0,02	-2,63	+0,83
9 (BOM528)	-0,56	-1,45	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00
10 (BOM560)	+2,72	-1,47	+1,90	+0,00	+70,00	+0,00
11 (BOM559)	+1,52	-2,17	+0,53	+0,00	+34,74	+0,00

* T=10-hoog: ééns in de 10 jaar hoogwatersituatie;

* T=10-laag: ééns in de 10 jaar laagwatersituatie

T=10 hoogwatersituatie

Bij een T=10 hoogwatersituatie verandert de kwel/wegzijing nauwelijks in de peilgebieden ten westen van het plangebied (peilgebieden 1 tot en met 9). Enkel in peilgebied 8 neemt de wegzijing af met meer dan 2%. De absolute verandering is echter verwaarloosbaar (+0,02 mm/dag).

In de peilgebieden waarin Alem ligt (peilgebied 10 (BOM560) en peilgebied 11 (BOM559)), neemt de kwel bij een T=10 hoogwater situatie toe met meer dan 2% (toetsingsnorm). De absolute kweltoename voor peilgebied 10 en 11 is respectievelijk +1,90 mm/dag en +0,53 mm/dag. Dit betreft een kortdurende situatie, waarbij de kweltoename niet leidt tot een grondwaterstandstoename (zie figuur 5-2).

De absolute kweltoename binnen de peilgebieden is kleiner dan 2 mm/dag. Op basis van deze hoeveelheden is de totale toename 62 m³/uur (tabel 5-2).

Tabel 5-2 *Berekende kweltoename tijdens T=10-hoogwater voor peilgebieden 10 en 11*

Peilgebied	Kweltoename (mm/dag)	Kweltoename (m ³ /uur)
10 (BOM560)	1,90	57,74
11 (BOM559)	0,53	4,65

De extra hoeveelheid kwel dient wel bij een hoogwatersituatie afgevoerd te worden door de gemalen ter plaatse van de Sint-Odrastraat ten oosten van Alem zie (figuur 2-10). Dit wordt verder besproken in paragraaf 7.1.

T=10 laagwatersituatie

Bij een T=10 laagwatersituatie vindt er nauwelijks verandering plaats in de kwel/wegzijging. In peilgebieden 1 (BOM536) en 8 (BOM527) is een verandering van de kwel/wegzijging te zien, van respectievelijk -1,14 % en +0,86 %.

In absolute zin zijn deze veranderingen echter verwaarloosbaar, namelijk een afname van de wegzijging van 0,02 mm/dag voor peilgebied 1 en een toename van de wegzijging van 0,02 mm/dag voor peilgebied 8.

5.7 Conclusie

Uit de berekeningen blijkt dat de invloed van de uitbreiding van de zandwinning op de grondwaterstanden en kwel/wegzijging in de omgeving beperkt is. Dit geldt zowel bij een gemiddelde situatie, een T=10 hoogwatersituatie (hoog rivierpeil) als bij een T=10 laagwatersituatie (laag rivierpeil).

Alleen op enkele locaties ten zuiden van de zandwinplas vindt een grondwaterstandsverlaging van maximaal 0,2 m plaats. Binnendijs vinden er volgens de berekeningen geen grondwaterstandsveranderingen plaats.

De verandering in de hoeveelheid kwel binnendijs bij Alem is enkel tijdens een T=10 hoogwatersituatie groter dan de toetsingsnorm van 2%. In absolute zin is de toename echter gering. Zo gering zelfs dat deze toename niet leidt tot een grondwaterstandstoename binnendijs.

De tijdelijke kweltoename zorgt voor een extra noodzakelijke afvoer van 62 m³/uur binnendijs van Alem. In de overige peilgebieden ten westen en noorden van de zandwinplas is de verandering van de kwel kleiner dan 2%.

6. Effecten zandwinplas (gebruiksfase)

6.1 Algemeen

In dit hoofdstuk zijn de berekende effecten van een uitbreiding van de zandwinplas beschreven in de gebruiksfase. Hierin is rekening gehouden met de natuurlijke opbouw van slib in en op het talud van de zandwinplas. Er is opnieuw uitgegaan van een maximale uitbreiding, zoals weergegeven in figuur 3-1.

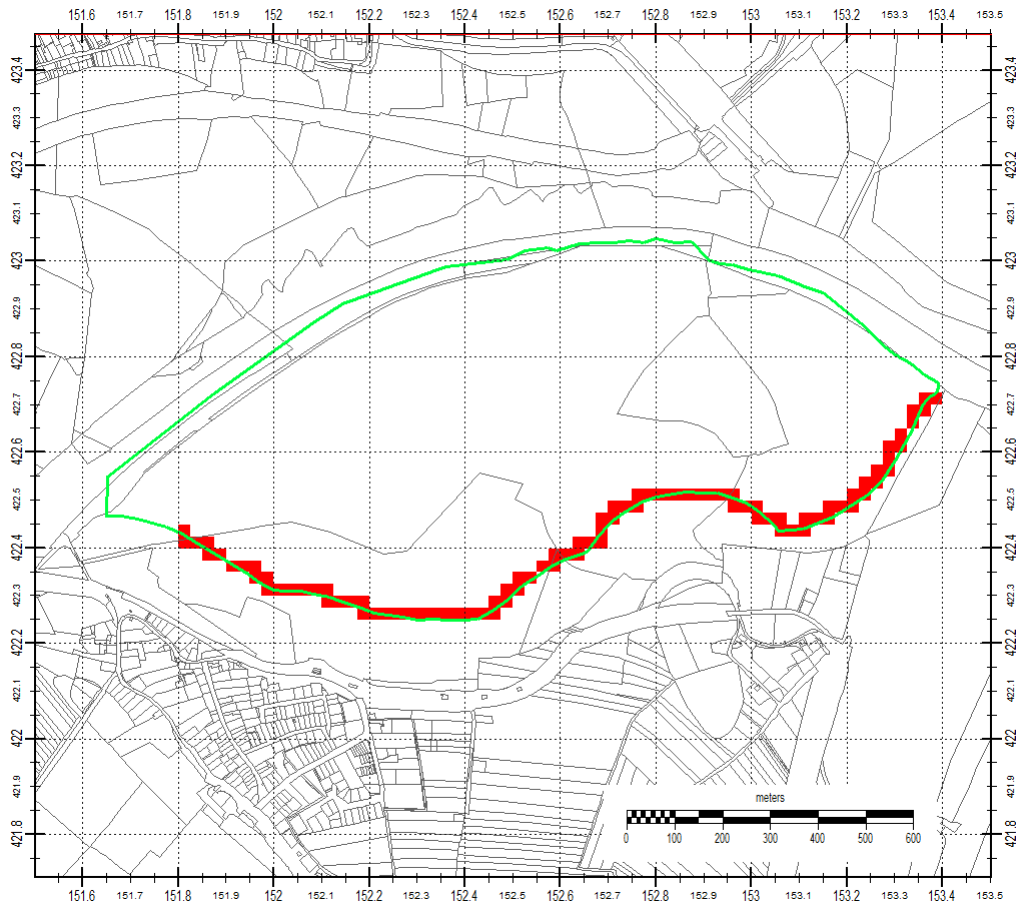
6.2 Zandwinplas in grondwatermodel

Na enige tijd zal er op natuurlijke wijze een sliblaag op de bodem en rand van de zandwinplas ontwikkelen. Hoe snel dit gaat is afhankelijk van meerdere factoren zoals stromingen en de hoeveelheid zwevend sediment in het water. De opbouw van een sliblaag in een zandwinplas relatief ver weg van de hoofdrievergeul (de Maas in dit geval), vindt plaats met enkele centimeters per jaar. Een sliblaag van 0,2 m vormt zich dan in grofweg 5 jaar. De sliblaag kan ook vooraf kunstmatig gecreëerd worden door het talud af te werken met een dunne kleilaag.

Om het effect van een sliblaag op de bodem en het talud van de uitbreiding te berekenen, is een hogere bodem- en taludweerstand ingevoerd in het rekenmodel. Omdat het in de praktijk altijd lastig is om te bepalen wat de weerstand van een sliblaag is, is gerekend met meerdere weerstanden. Zo is de bandbreedte van de invloed van verschillende sliblagen inzichtelijk gemaakt. In totaal zijn de volgende situaties doorgerekend:

- Effecten bij (natuurlijke) slibvorming:
 - bodem- en taludweerstand 5 dagen: vergelijkbaar met natuurlijke bodemweerstand door slibvorming (0,05 m slib);
 - bodem- en taludweerstand 20 dagen: vergelijkbaar met natuurlijke bodemweerstand door slibvorming (0,2 m slib);
 - bodemweerstand 20 dagen en een taludweerstand van 50 dagen: vergelijkbaar met een sliblaag van circa 0,5 m;
 - bodemweerstand 20 dagen en een taludweerstand van 100 dagen: vergelijkbaar met een sliblaag van circa 1,0 m.

De weerstand op het talud van de zandwinning (modellaag 1 tot en met 8) is geschematiseerd door aan de zuidrand van de ontgraving (figuur 6-1) de horizontale doorlaatfactor te verlagen en de verticale weerstand te verhogen.



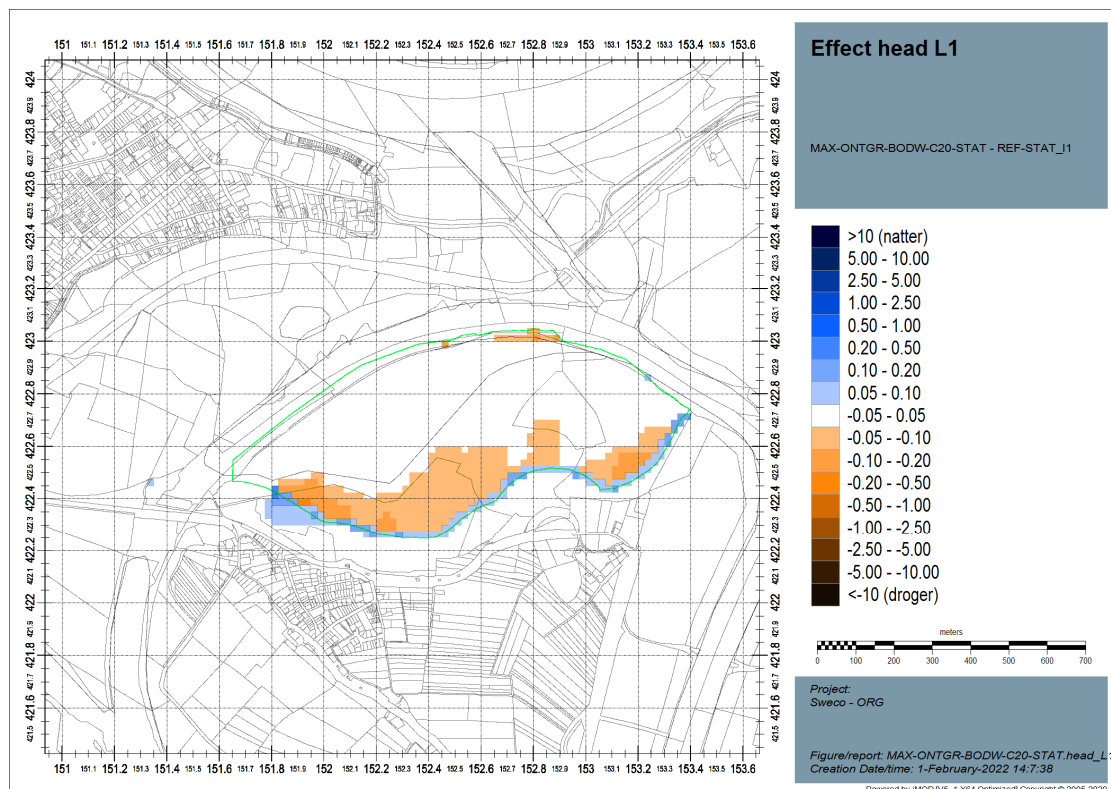
Figuur 6-1 In rood: locaties waar de taludweerstand is toegepast; groen omlijnd: de ontgravingscontour van de zandwinplas uitbreiding

6.3 Effect bij gemiddeld rivierpeil

De effecten van de uitbreiding van de zandwinning op de grondwaterstand met het ontstaan van een sliblaag van 0,2 m dik (bodemweerstand van 20 dagen), zijn weergegeven in figuur 6-2. Voor de overige situaties wordt verwezen naar bijlage 4.

Door het toepassen van een bodemweerstand, is de invloed gering en treden vooral in en op het talud van de uitbreiding veranderingen op.

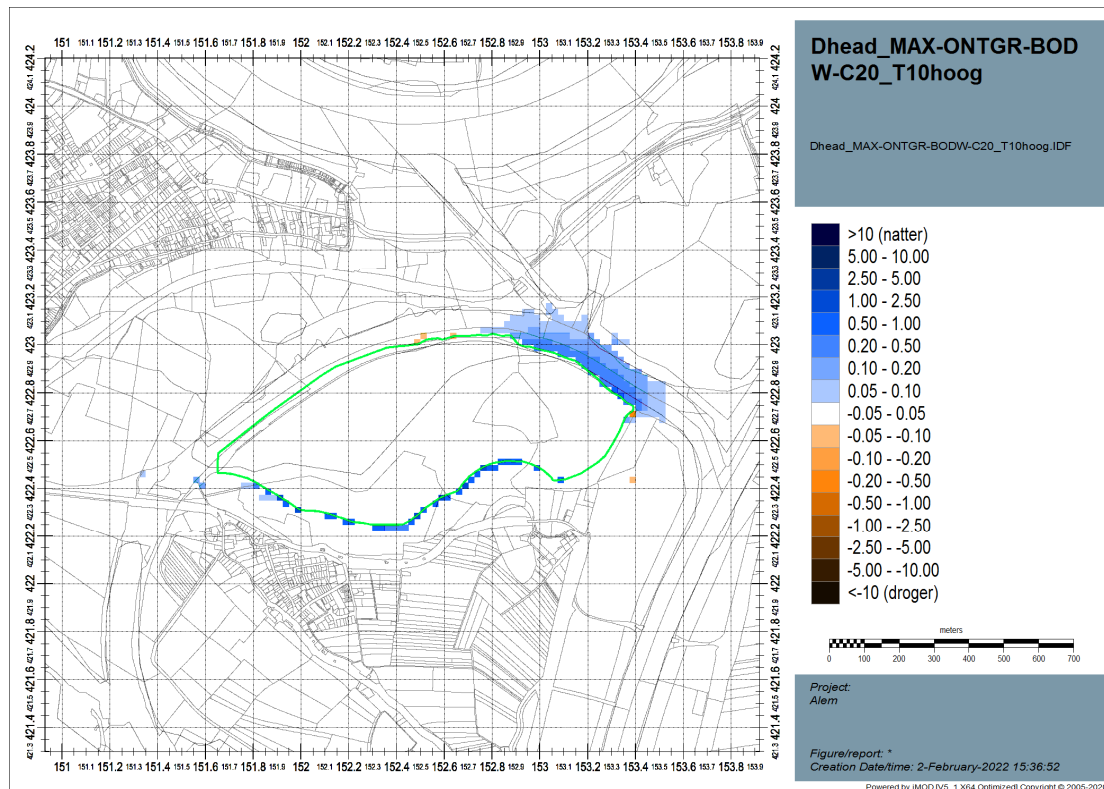
Langs de zuidrand van de ontgraving vindt een grondwaterstandsverhoging van maximaal 0,20 m plaats (figuur 6-2). Dit komt omdat het drainerende effect van de ontgraving verminderd wordt door de weerstand van de sliblaag. Dit resulteert in hogere grondwaterstanden langs de zuidrand van de toekomstige zandwinplas. Deze verhoging van 0,05 m komt tot maximaal 150 m vanaf de zandwinplasrand en blijft binnen de uiterwaard.



Figuur 6-2 Grondwaterstandsveranderingen bij uitbreiding van de huidige zandwinplas, inclusief een sliblaag van 0,20 m (bodemweerstand 20 dagen) bij een gemiddeld rivierpeil; in groen: ontgravingscontour van uitbreiding zandwinplas; bruintinten: lagere grondwaterstanden (droger); blauwtinten: hogere grondwaterstanden (natter)

6.4 Effect bij T=10 hoogwatersituatie

In deze paragraaf zijn de grondwaterstandsveranderingen bij een T=10 hoogwatersituatie in de gebruiksfase van de uitbreiding beschreven. De effecten op de grondwaterstanden zijn weergegeven in figuur 6-3.



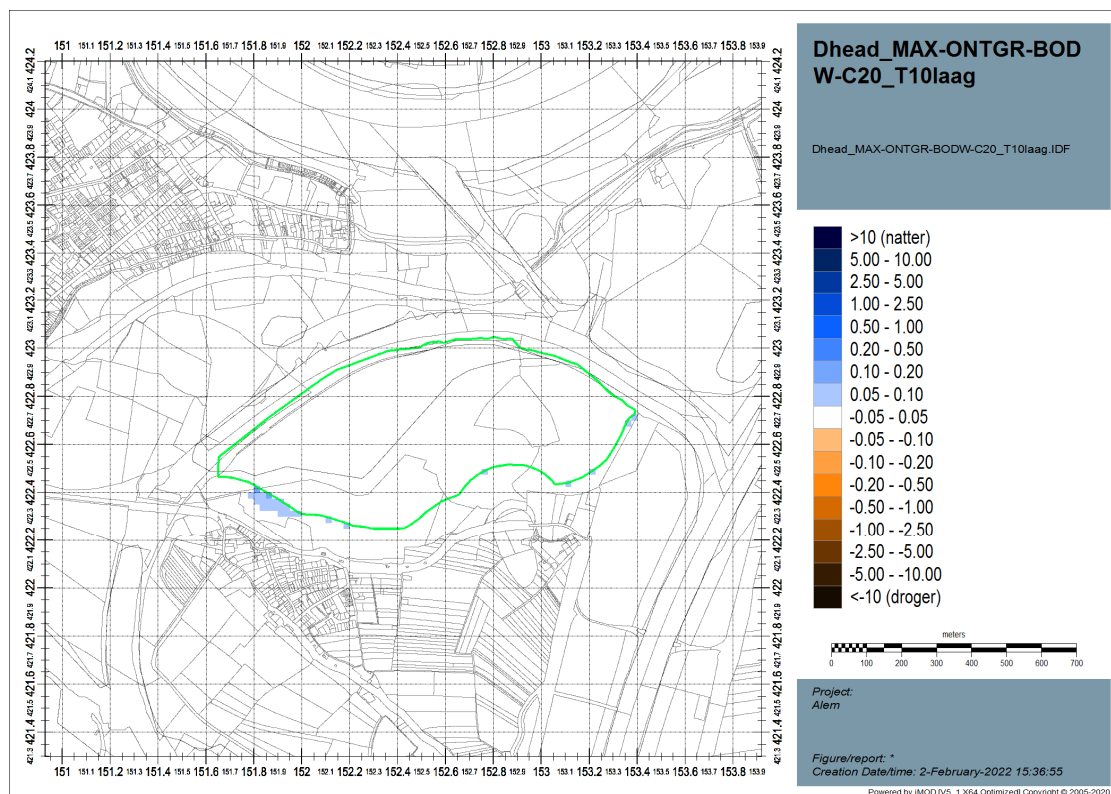
Figuur 6-3 Grondwaterstandsveranderingen bij uitbreiding van de huidige zandwinplas, inclusief een sliblaag van 0,20 m (bodemweerstand van 20 dagen) bij een T=10 hoogwatersituatie; in groen: ontgravingscontour bij uitbreiding; bruintinten: lagere grondwaterstanden (droger); blauwtinten: hogere grondwaterstanden (natter)

Het invloedsgebied bij een T=10 hoogwatersituatie is met name aan de noord- en oostzijde kleiner, in vergelijking met de realisatiefase. De verlaging die optraden tijdens T=10 hoogwater in de realisatiefase, treden nu niet meer op. Verder treedt er geen grondwaterstandsverandering binnendijs op.

Bij hogere talud- en bodemweerstand nemen de invloeden bij een T=10 hoogwatersituatie verder af. Dit is terug te zien in de effectkaarten in bijlage 5.

6.5 Effect bij T=10 laagwatersituatie

De grondwaterstandverandering tijdens T=10 laagwater in de gebruiksfase zijn erg gering. Enkel aan zuidrand van de zandwinplas vindt een lichte verhoging van maximaal 0,10 m plaats. Dit effect treedt enkel op in de uiterwaarden en treedt niet binnendijs op.



Figuur 6-4 Grondwaterstandsveranderingen bij uitbreiding van de huidige zandwinplas, inclusief een sliblaag van 0,20 m (bodemweerstand van 20 dagen) bij een T=10 laagwatersituatie; in groen: ontgravingscontour bij uitbreiding; bruintinten: lagere grondwaterstanden (droger); blauwtinten: hogere grondwaterstanden (natter)

6.6 Effect op kwel/wegzijing

Het ontstaan van een (dikke) sliblaag op het talud aan de zuidzijde van de ontgraving heeft een dempend effect op de kwel/wegzijgingsverandering in het plangebied.

Uit paragraaf 5.6 blijkt dat, ook zonder het ontstaan van een sliblaag, de ontgraving niet of nauwelijks invloed heeft op de kwel/wegzijing tijdens een gemiddeld rivierpeil en een T=10 laagwatersituatie. In de gebruiksfase is dit ook het geval. Daarom is enkel de kwelverandering tijdens T=10 hoogwater in tabel 6-1 opgenomen.

Omdat in peilgebieden 1 tot en met 9 de invloed op kwel/wegzijing ook verwaarloosbaar is bij een T=10 hoogwatersituatie, is alleen gekeken naar peilgebied 10 (BOM560) en 11 (BOM559) (zie tabel 6-1).

Tabel 6-1 Invloed van het ontstaan van een sliblaag op het talud van de zandwinning op de kwel/wegzijing per peilgebied; in groen: verschil t.o.v. berekening zonder bodem- en taludweerstand.

Peilgebied	Extra bodem- en taludweerstand (dagen)	Dikte sliblaag (m)	Kwel/wegzijing in de huidige situatie (mm/dag)	Absolute verandering (mm/dag)	Relatieve verandering (%)
			T=10-hoog	T=10-hoog	T=10-hoog
10 (BOM560)	5	0,05	2,72	0,59 (-1,31)	+21,77 (-48,23)
	20	0,2		0,57 (-1,33)	+21,18 (-48,82)
	50	0,5		0,56 (-1,34)	+20,59 (-49,41)
	100	1,0		0,56 (-1,34)	+20,59 (-49,41)
11 (BOM559)	5	0,05	1,52	+0,16 (-0,37)	+10,53 (-24,21)
	20	0,2		+0,14 (-0,39)	+9,47 (-25,27)
	50	0,5		+0,14 (-0,39)	+9,47 (-25,27)
	100	1,0		+0,14 (-0,39)	+9,47 (-25,27)

Hoewel de kweltoename bij een sliblaag van 0,05 m nog steeds boven de 2% is, wordt de absolute kweltoename beperkt tot waarden kleiner dan 1 mm/dag. Een sliblaag van 0,05 m zorgt voor een reductie van de kwel van respectievelijk 50% en 25% in de peilgebieden 10 en 11 (groene getallen in tabel 6-1).

In tabel 6-2 is de kweltoename weergegeven, omgerekend naar kubieke meters per uur (m³/uur). Gezamenlijk voor peilgebieden 10 en 11 is de kweltoename 19,3 m³/uur bij een sliblaag van 0,05 m tegenover 62 m³/uur tijdens de realisatiefase. Verder heeft het doorrekenen van een dikkere sliblaag geen grotere reductie op de kwelverandering.

Tabel 6-2 Berekende kweltoename tijdens T=10-hoogwater voor peilgebieden 10 en 11

Peilgebied	Dikte sliblaag (m)	Kweltoename (mm/dag)	Kweltoename (m ³ /uur)
10 (BOM560)	géén sliblaag	1,90	57,74
	0,05	0,59	17,93
	0,2	0,57	17,32
	0,5	0,56	17,02
	1,0	0,56	17,02
11 (BOM559)	géén sliblaag	0,53	4,65
	0,05	0,16	1,40
	0,2	0,14	1,23
	0,5	0,14	1,23
	1,0	0,14	1,23

6.7 Conclusie

De invloed van de uitbreiding van de zandwinplas tijdens de realisatiefase is al gering. Zo vinden er binnendijs geen grondwaterstandsveranderingen plaats. Wanneer er een sliblaag ontstaat tijdens de gebruiksfase, worden de effecten op de grondwaterstanden en de kwel/wegzijging verder gereduceerd.

Bij een gemiddeld rivierpeil en T=10 laagwatersituatie vindt er een geringe verhoging (maximaal 0,10 m) van de grondwaterstanden aan de zuidrand van de zandwinplas plaats. Deze verhoging ontstaat, doordat de drainerende werking van de zandwinplas kleiner wordt wanneer er een sliblaag ontstaat. De grondwaterstandsverhogingen blijven binnen de uiterwaard.

De grondwaterstandsverlagingen in de uiterwaard tijdens T=10 hoogwater vinden niet meer plaats wanneer er een sliblaag opbouwt in de gebruiksfase.

Hoewel de kweltoename binnendijs van Alem bij een sliblaag van 0,05 m nog steeds boven de toetsingsnorm van 2% is, wordt de absolute kweltoename beperkt tot waarden kleiner dan 1 mm/dag. Het ontstaan van een sliblaag heeft dus een reducerend effect op de kwel in de peilgebieden binnendijs van Alem.

De tijdelijke kweltoename tijdens de gebruiksfase zorgt voor een noodzakelijke afvoer van 19,3 m³/uur binnendijs van Alem. Dit is een sterke reductie van de afvoertoename in de realisatiefase (62 m³/uur). In de overige peilgebieden ten westen en noorden van de zandwinplas is de verandering van de kwel opnieuw kleiner dan 2%.

Verder wordt de reductie van de effecten van de zandwinplausuitbreiding niet groter wanneer de dikte van de sliblaag toeneemt. Zo is het verschil in de berekende effecten tussen géén sliblaag en een sliblaag van 0,05 m vele malen groter dan het verschil tussen een sliblaag van 0,05 m en 1,0 meter.

7. Overige invloeden uitbreiding zandwinplas

7.1 Invloed op gemaal Alem

Rondom het plangebied zijn binnendijs gemalen aanwezig om overtollig water in de peilgebieden af te voeren. Wanneer de hoeveelheid kwel in een peilgebied toeneemt, kan dit invloed hebben op het functioneren van de ontwateringsgemalen.

Uit de berekeningen blijkt dat voor een T=10 hoogwatersituatie tijdens de realisatiefase enkel binnendijs van Alem er een kwelverhoging (> 2%) optreedt die boven de grenswaarden van het waterschap is (zie tabel 5.1 in paragraaf 5.6). De berekende kweltoename tijdens een T=10 hoogwatersituatie voor peil-gebieden 10 en 11, binnendijs van Alem, is respectievelijk 1,9 en 0,5 mm/dag. Dit betekent dat het gemaal aan de oostkant van de dijkkring van Alem 62 m³/uur extra water moeten afvoeren (van 96 m³/uur naar 158 m³/uur).

Deze toename komt overeen met de kweltoename die in een eerder onderzoek⁸ is berekend.

Een toename van 2 mm/dag tijdens een extreme situatie (T=10 hoogwater) is relatief klein, in vergelijking met een neerslaggebeurtenis die ook verwerkt moet worden door dit gemaal. Het gemaal heeft een bemalingscapaciteit van 1.320 m³/u. De verwachting is dan ook dat het gemaal met de huidige bemalingscapaciteit goed kan blijven functioneren bij de berekende extra afvoer door kwel van 62 m³/uur.

Bovengenoemde kweltoename geeft inzicht van de kwel tijdens de realisatiefase wanneer er nog geen talud- en bodemweerstand is opgebouwd in de vorm van natuurlijke slibvorming. De berekende waarde betreft dus een 'worst case'-situatie.

De berekende kweltoename is kleiner wanneer er een sliblaag in de gebruiksfase ontstaat. Met een sliblaag van 0,05 m kan de kweltoename binnendijs van Alem worden gereduceerd tot 19,3 m³/uur.

7.2 Invloed op rioolwateroverstorten

Wanneer de grondwaterstanden tijdens hoogwater bij een overstortlocatie hoger worden, kan dit nadelig zijn voor het functioneren van de overstort; de overstort kan niet overstorten in het oppervlaktewater.

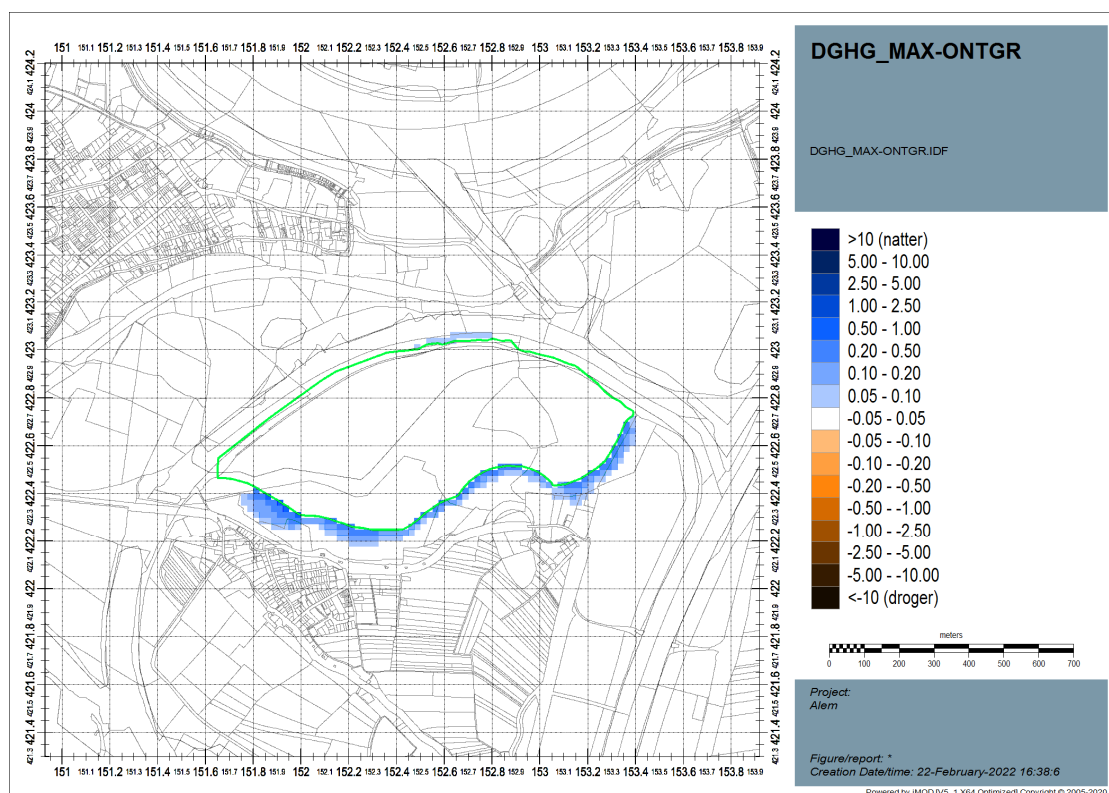
Omdat er binnendijs geen grondwaterstandsverhogingen worden berekend (en daarmee geen invloed heeft op het waterpeil in de watergangen), heeft de uitbreiding van de zandwinplas geen nadelige invloed op het functioneren van de overstorten.

⁸ Kwelonderzoek Marensche waard te Alem – invloed uitbreiding zandwinning op kwel en op de waterkering, Grontmij Nederland bv (2007)

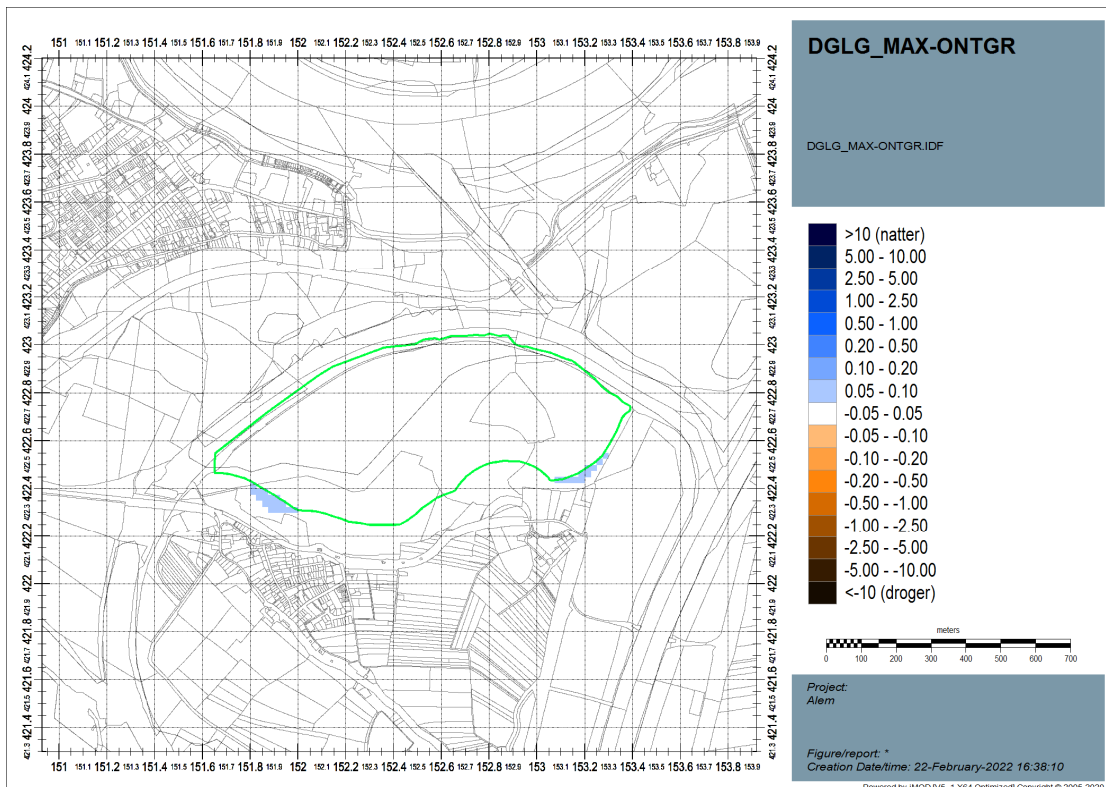
7.3 Invloed op landbouw en natuur

Uit de berekeningen blijkt dat bij zowel bij een gemiddelde waterpeil, een T=10 hoogwatersituatie als bij een T=10 laagwatersituatie de effecten op de grondwaterstanden beperkt zijn tot enkel zones aan de rand van de uitbreiding van de zandwinplas. Voor de landbouw- en natuurgebieden in de omgeving zijn de effecten daarom verwaarloosbaar. Dit is hieronder verder toegelicht.

Wijzigingen in de grondwaterstand kunnen eventueel leiden tot opbrengstderving in de landbouw. Dit wordt bepaald aan de hand van de verandering van de GHG/GLG, in relatie tot het bodemtype. In figuur 7-1 en figuur 7-2 zijn de verandering van GHG en GLG weergegeven (verschil huidige en toekomstige waarden).



Figuur 7-1 Verandering GHG tijdens de realisatiefase; bruintinten: lagere grondwaterstanden (droger); blauwtinten: hogere grondwaterstanden (natter)



Figuur 7-2 Verandering GHG tijdens de realisatiefase; bruintinten: lagere grondwaterstanden (droger); blauwtinten: hogere grondwaterstanden (natter)

Uit de figuren blijkt dat enkel tot maximaal 100 m buiten de zandwinplas er een toename van 0,05-0,5 m van de GHG plaatsvindt. Deze zone ligt enkel langs de zuidrand van de zandwinplas.

Er wordt geen GLG-verlaging berekend. Dit betekent dat effecten van de uitbreiding van de zandwinning op de landbouw verwaarloosbaar zijn.

7.4 Invloed op zettingen

Door de verandering in korrelspanning ten gevolge van de grondwaterstandsverlaging tot beneden de *laagst gemeten waarde ooit*, kunnen zettingen optreden. Omdat de *laagst gemeten waarde ooit* moeilijk te achterhalen is en er daarbij geen rekening is gehouden met de factor tijd, wordt uitgegaan van de GLG-waarde. Hierbij kan met enige zekerheid van uitgegaan worden dat eventuele zettingen al volledig zijn opgetreden, aangezien lagere waarden al vaker (en dus van langere duur) zijn voorgekomen.

Uit hoofdstuk 5 blijkt dat bij een T=10 laagwatersituatie (= 'worst-case') er nauwelijks grondwaterstandsverlagingen optreden (zie figuur 5-3). Binnendijs, waar de bebouwing staat, treedt er geen grondwaterstandsverandering op waardoor de kans op zettingen als gevolg van de zandwinplasmauitbreiding uitgesloten kunnen worden.

8. Effecten realisatie haven en getijdengeul

Naast de uitbreiding van de huidige zandwinplas zijn ook een verplaatsing van de haven en de aanleg van een getijdengeul voorzien in het plangebied.

De ontgravingen die nodig zijn voor de verplaatsing van de haven en de aanleg van de getijdengeul, zijn in oppervlak en diepte vele malen kleiner dan de uitbreiding van de zandwinplas. De getijdengeul heeft een geplande waterdiepte van 1 m bij een maatgevend peil. Dit betekent dat de kleideklaag hier waarschijnlijk gedeeltelijk doorgraven zal worden. Bij de haven die een waterdiepte van 3 m krijgt, wordt de deklaag waarschijnlijk wel geheel doorgraven.

Aangezien de effecten van een uitbreiding van de zandwinplas op de grondwaterstanden en kwel in het plangebied al gering zijn, zal dit daarom zeer waarschijnlijk ook het geval zijn voor het verplaatsen van de haven en de aanleg van de getijdengeul.

Wel dient nagegaan te worden of de verplaatsing van de haven geen negatieve impact op de waterkering ten noorden van Alem heeft, aangezien de uitbreiding over een deel van de dijkbeschermingszone ten noorden van Alem ligt. Dit is onderdeel van het parallelle onderzoek naar de bodem- en waterkering stabiliteit rondom de gebiedsontwikkelingen bij Alem.

9. Conclusie

Ten noorden van Alem in gemeente Maasdriel ligt het gebied de Marensche Waarden. Als onderdeel van de gebiedsontwikkeling Alem-St. Andries worden een uitbreiding van de huidige zandwinplas, het verplaatsen van de haven en een getijdengeul voorzien.

Om inzicht te krijgen in de gevolgen van de extra ontgraving op de grondwaterstand, kwelsituatie, landbouw, natuur en het functioneren van de gemalen en rioolwateroverstorten, is een grondwatermodellering uitgevoerd.

Allereerst is de invloed van de zandwinplasuitbreiding zeer beperkt bij een gemiddeld rivierpeil of $T=10$ laagwater. Berekende grondwaterstandsveranderingen blijven binnen de uiterwaard en er vindt geen significante ($> 2\%$) verandering van de kwel/wegzijing plaats.

De berekende effecten op de grondwaterstanden tijdens de zandwinning in een 'worst-case' situatie (in een $T=10$ hoogwatersituatie) zijn eveneens erg gering. Tot maximaal 200 m vanaf de zuidrand van de zandwinplasuitbreiding daalt de grondwaterstand met maximaal 0,20 meter. Deze verlagingen blijven binnen de uiterwaard.

Bij een $T=10$ hoogwatersituatie neemt de kwel binnendijks bij Alem toe met maximaal 1,9 mm/dag. Deze hoeveelheid komt overeen met $62 \text{ m}^3/\text{uur}$ extra waterbezwaar voor het gemaal ten oosten van Alem. Dit gemaal heeft een bemalingscapaciteit van $1.320 \text{ m}^3/\text{u}$. De verwachting is dan ook dat het gemaal met het extra waterbezwaar goed kan blijven functioneren.

Bovenstaande conclusies gelden voor de invloed van de zandwinplasuitbreiding in de realisatiefase. Wanneer er tijdens de gebruiksfase slib opbouwt op de bodem en op het talud van de zandwinplas, worden bovengenoemde effecten gereduceerd. Zo vinden de grondwaterstandsverlagingen in de uiterwaard ten zuiden van de zandwinplas tijdens $T=10$ hoogwater niet meer plaats wanneer er een sliblaag (van minimaal 0,05 m) opbouwt. Daarnaast wordt het berekende extra waterbezwaar voor het gemaal van Alem gereduceerd tot $19 \text{ m}^3/\text{uur}$ bij het ontstaan van een sliblaag (0,05 m).

De reductie van de effecten door de sliblaagopbouw wordt niet groter wanneer de dikte van de sliblaag toeneemt. Zo is het verschil in de berekende effecten tussen géén sliblaag en een sliblaag van 0,05 m groter dan het verschil tussen effecten bij een sliblaag van 0,05 m en 1,0 meter.

Er worden op basis van de berekeningsresultaten geen negatieve effecten verwacht ten aanzien van rioolwateroverstorten, landbouw en natuur of zettingen.

Gelet op het feit dat het verplaatsen van de haven en de aanleg van de getijdengeul zowel in oppervlak als in ontgravingsdiepte vele male kleiner/ondieper zijn dan de zandwinplasuitbreiding, zal de invloed van het verplaatsen van de haven en de aanleg van de getijdengeul waarschijnlijk beperkt zijn.

Wel dient nagegaan te worden of het verplaatsen van de haven geen negatieve impact op de stabiliteit van de waterkering ten noorden van Alem heeft, aangezien de beoogde ligging van de haven over een deel van de dijkbeschermingszone ten noorden van Alem ligt. Dit is onderdeel van het

parallele onderzoek naar de bodem- en waterkering stabiliteit rondom de gebiedsontwikkelingen bij Alem.

Op basis van de berekende effecten worden er vanuit de geohydrologie geen belemmeringen gezien voor de vergunbaarheid van de ontwikkelingen.

Bijlage 1 – Afkortingen

- DINOLoket (Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond): online database van TNO met boringen, sonderingen, tijdreeksen van grondwater.
- REGIS (Regionaal Geografisch Informatie Systeem): is een 3D-lagenmodel dat de ondergrond van Nederland tot ongeveer 500 meter onder NAP in blokken van 100 x 100 meter weergeeft.
- GeoTOP 3D-model van de ondergrond tot maximaal NAP-50 m.
- k-waarde: doorlaatfactor van de bodem in m/dag.
- kD-waarde: doorlaatvermogen van de bodem in m²/dag (k-waarde * dikte bodemlaag).
- c-waarde: weerstand van de bodem (dikte scheidende laag/verticale doorlaatfactor scheidende laag).
- GHG/GHS: Gemiddeld Hoogste (freatische) Grondwaterstand / Gemiddeld Hoogste Stijghoogte.
- GLG / GLS Gemiddeld laagste (freatische) grondwaterstand / Gemiddeld Laagste Stijghoogte.
- GxG/GxS: verzamelnaam voor GHG/GHS/gemiddelde grondwaterstand of stijghoogte en GLG/GLS.
- Invloedsgebied: gebied waarbinnen de verandering van de grondwaterstand/stijghoogte meer is dan 0,05 meter.
- Legger: kaart van het waterschap met daarop de situering van wateren of waterkeringen die in beheer zijn van het waterschap/hoogheemraadschap en waar de regels van de keur voor gelden.

Bijlage 2 – Ontwerp



Zoekgebied zandwinning

talud tijdens ontzanding: maximaal 1:3

talud na herinrichting:

tot 2 meter waterdiepte: maximaal 1:7

vanaf 2 meter waterdiepte: maximaal 1:4

maximale diepte: 35m

Beschermingszone dijk

ca. 150m

Zoekgebied haven

Oppervlakte: Ca. 4 ha

Waterdiepte: maximaal 3m

bestaande haven
ca. 4 ha

Beschermingszone dijk

ca. 150m





Overstromingsvlek

4 ha bestaansvlek
3 ha aanschaffings



Nevenged met getijslag

4 ha oppervlakte
3 km oeverlengte



Hardhoutoedontwikkeling

20 ha hardhoutoed

Bijlage 3 – Modelkalibratie

B3.1: Algemeen

In dit hoofdstuk worden de modelinvoer en -uitvoer van het originele MORIA model gecontroleerd en, indien nodig, aangepast, om te oordelen in hoeverre het model bruikbaar is voor de geohydrologische effectberekening voor de ontwikkeling.

B3.2: Controle modelinvoer

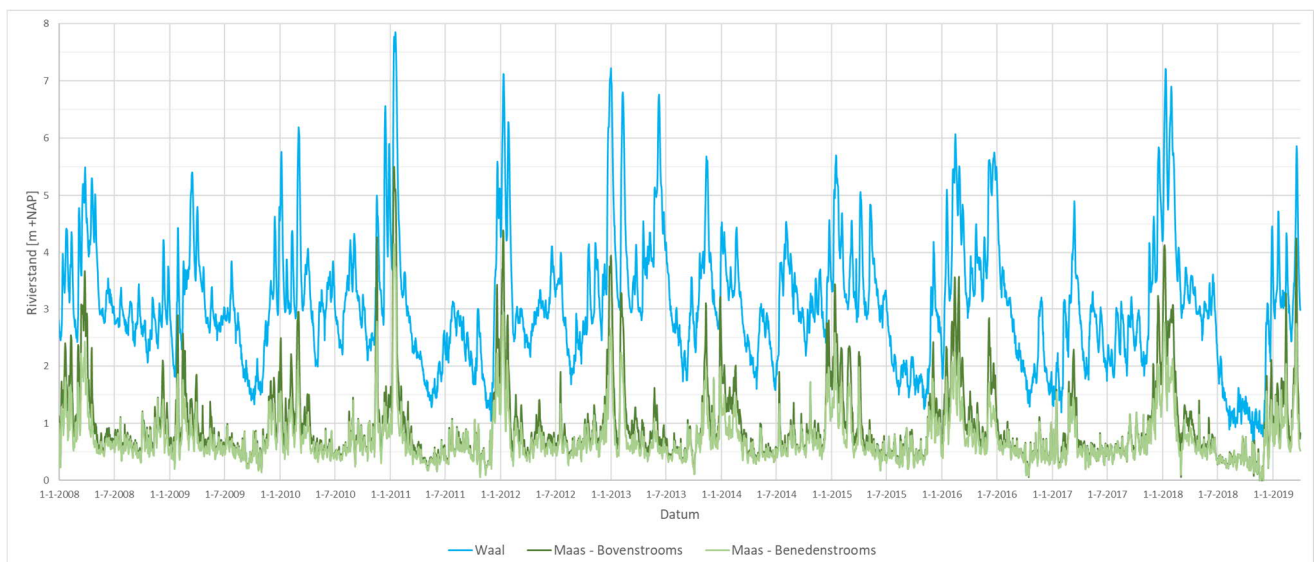
Imodvalidator

Het basismodel is met de Imodvalidator-tool van Sweco gecontroleerd op fouten en inconsistenties in de modelinvoer. Denk hierbij bijvoorbeeld aan watergangen die geen oppervlaktewaterpeil hebben gekregen, KD- en C-waarden die ver buiten de realistische range liggen, of industriële grondwater-onttrekkingen met het filter in een kleilaag. Uit deze controle kwamen geen bijzonderheden voor de omgeving in het plangebied.

Rivierstanden

Grondwaterstanden in het plangebied worden sterk beïnvloed door de rivierstanden van de Maas en Waal. In het MORIA model zijn rivierpeilen van de Maas en Waal op dagbasis opgenomen. Dit is een grote meerwaarde van het MORIA model voor deze locatie. Dit betekent ook dat de grondwater-standen in het plangebied veel minder afhankelijk zijn van andere regionale factoren en grondwaterstromingen. Wanneer de rivierstanden goed in het model zitten, geeft dit al een grote mate van betrouwbaarheid.

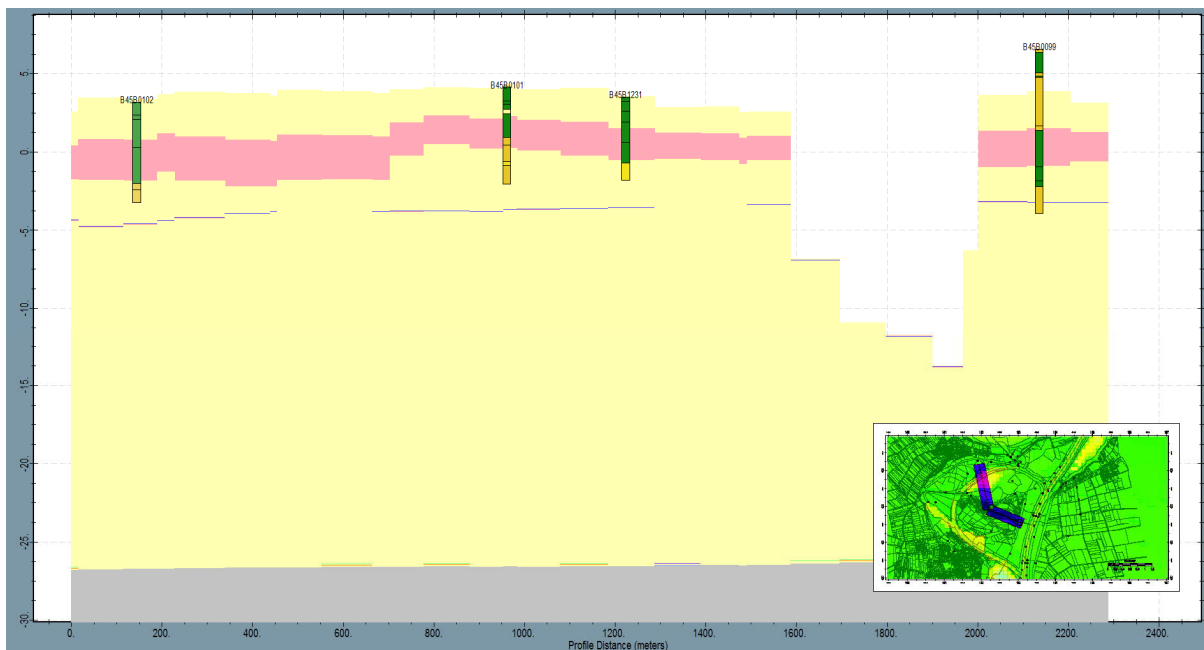
In figuur B3.1 zijn de rivierstanden in het MORIA model rondom het plangebied weergegeven. De rivierstanden, zoals ze in het MORIA model zitten, komen overeen met het regime van rivierstanden in Tabel 2-2.



Figuur B3.1 Rivierstanden in MORIA model

B3.3 Lagenmodel

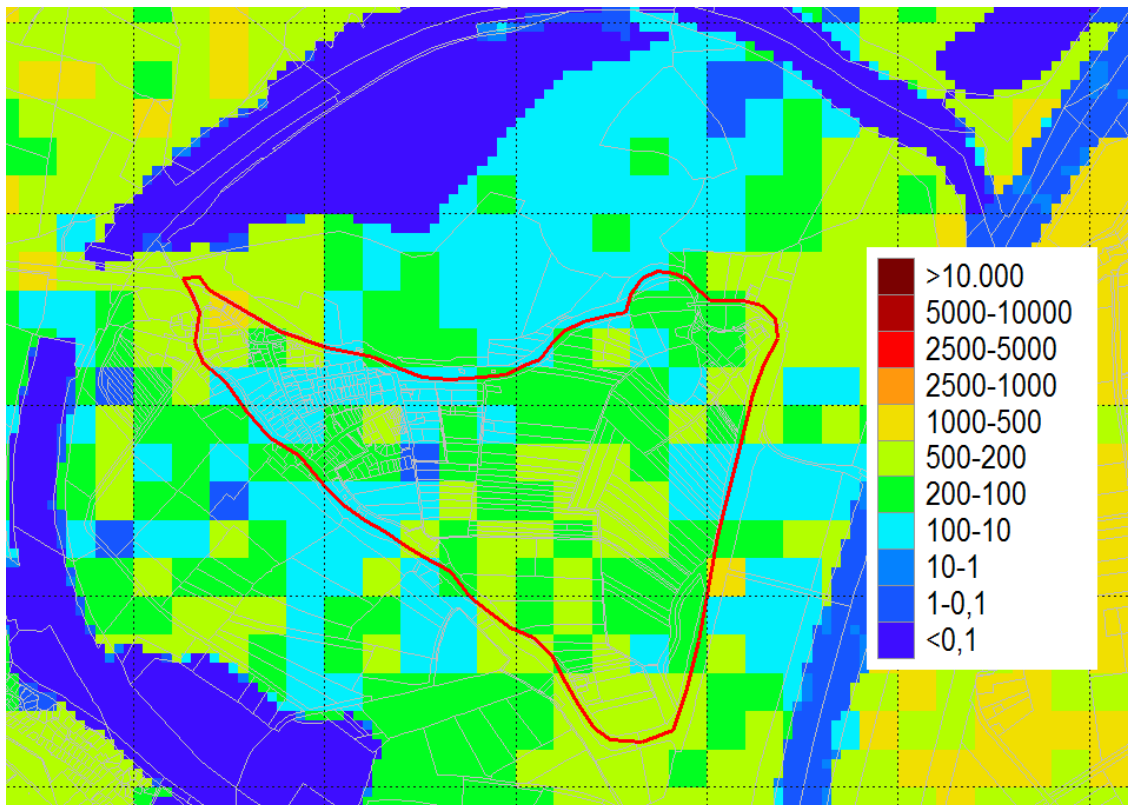
In figuur B3.2 is de bodemopbouw van het originele MORIA model weergegeven, waarbij de gele vlakken zand representeren en de roze vlakken de deklaag. Daarnaast zijn ook de boringen uit Dinoloket opgenomen, waarbij geel staat voor zand en groen voor klei. Ondanks de beperkte hoeveelheid beschikbare boringen in Dinoloket komt de lagenopbouw in het originele MORIA model goed overeen met de gegevens uit dinoloket. Ook het watervoerend pakket onder de deklaag komt goed overeen met de bodemopbouw, zoals beschreven in paragraaf 2.3. Er hoeven dan ook geen aanpassingen te worden gedaan aan de lagenopbouw van het originele model.



Figuur B3.2 Lagenopbouw MORIA model; roze = deklaag, geel = watervoerend pakket

Binnendijs in en rondom de dorpskern van Alem zitten in het model plekken met een sterk afwijkende/lage bodemweerstand, zogenaamde gaten in de deklaag (< 100 dagen, blauwe plekken in figuur B3.3). Er zijn op deze plekken geen oppervlaktewateren, zoals plassen of grote vijvers, aanwezig die deze gaten zouden kunnen verklaren. Binnendijs in en rondom Alem is de deklaag minimaal 3 m dik (zie paragraaf 2.3.1).

Uitgaande van een doorlatendheid van 0,03 m/dag voor zandige klei, betekent dit een minimale weerstand van 100 dagen. Daarom is besloten om de weerstand voor de deklaag (L1) binnendijs van Alem te verhogen naar minimaal 100 dagen.



Figuur B3.3 Bodemweerstand Laag 1 (in dagen) MORIA model

B3.4 Validatie modelresultaten

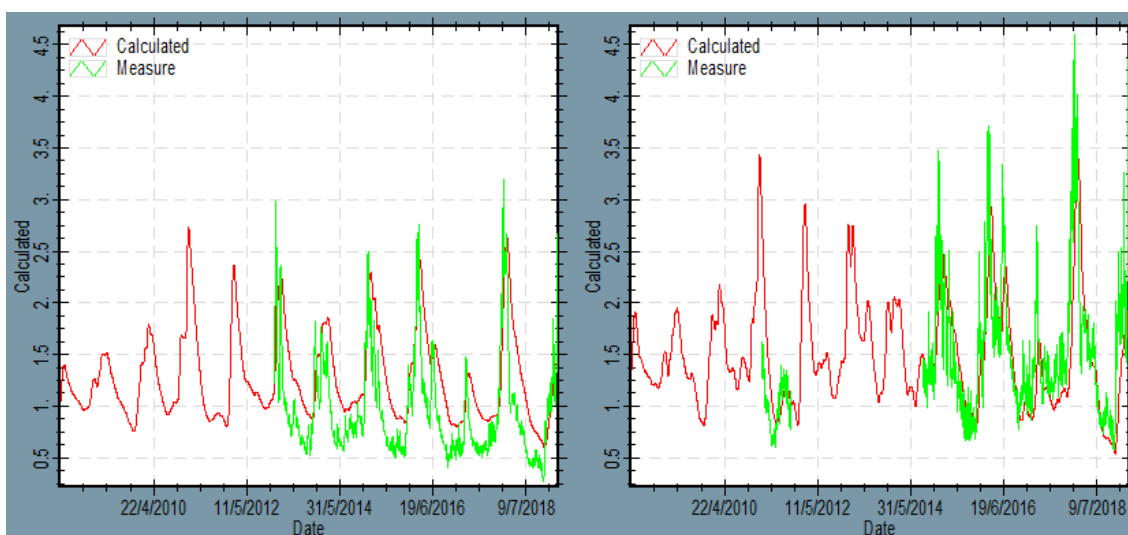
In de directe omgeving van het plangebied liggen twee peilbuizen, waarbij de gemeten waarden vergeleken zijn met de door het originele model berekende grondwaterstanden (zie figuur B2.4). De vergelijking tussen gemeten en berekende grondwaterstanden is weergegeven in figuur B3.5 en figuur B3.6.

Over het algemeen komen de gemeten grondwaterstanden goed overeen met de berekende grondwaterstanden in het MORIA model. De afwijkingen tussen gemeten- en berekende grondwaterstanden in de deklaag (figuur B3.5) zijn iets groter dan voor de vergelijkingen van de stijghoogten in het watervoerend pakket (figuur B3.6).

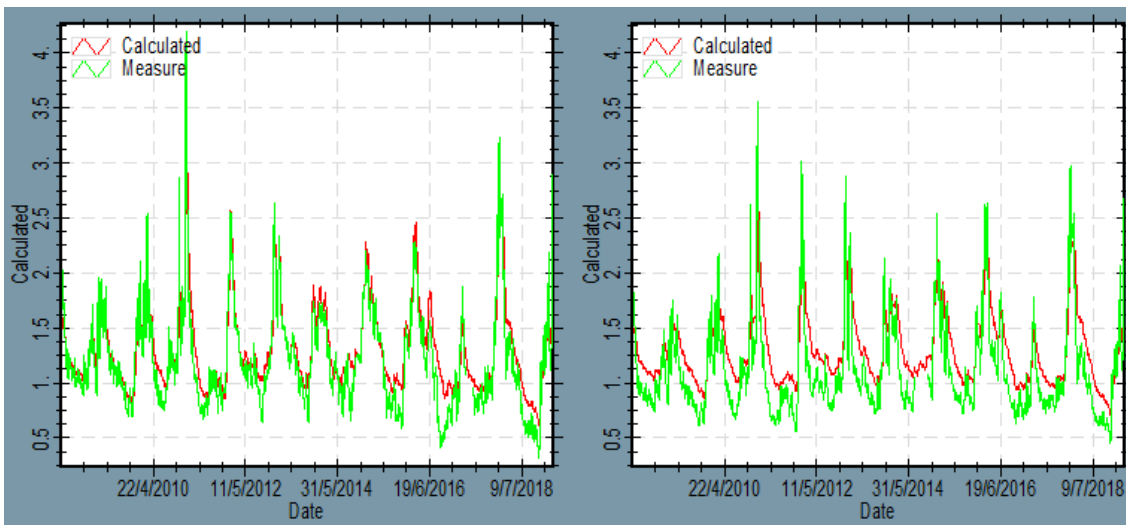
Zo zijn de pieken en dalen extremer in de gemeten tijdreeks. Dit komt door de heterogeniteit van de deklaag, welke moeilijk te modeleren is in een regionaal grondwatermodel. Echter, de gemiddelde waarden en de dynamiek van de deklaag komen goed overeen tussen gemeten- en berekende waarden.



Figuur B3.4 Locaties van peilbuizen

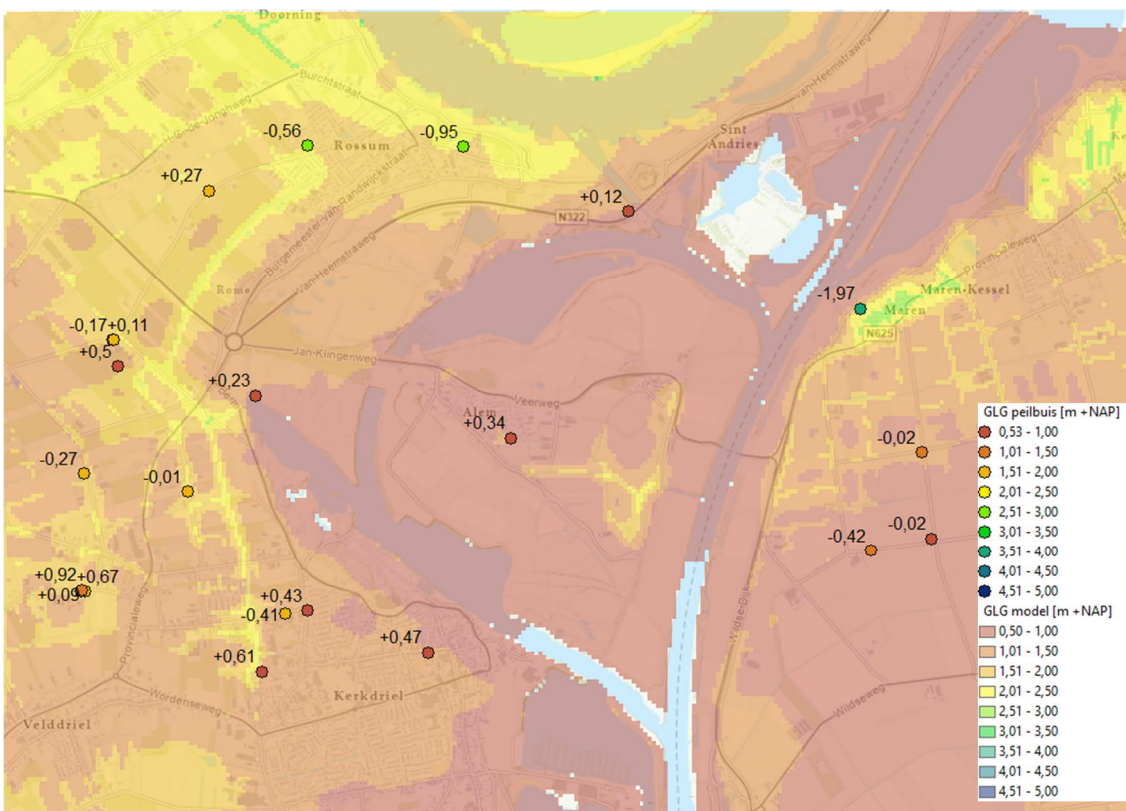


Figuur B3.5 Tijdreeks vergelijking tussen gemeten en berekende grondwaterstanden in de deklaag voor peilbuis B45B1582 (links) en peilbuis B45B1611 (rechts)

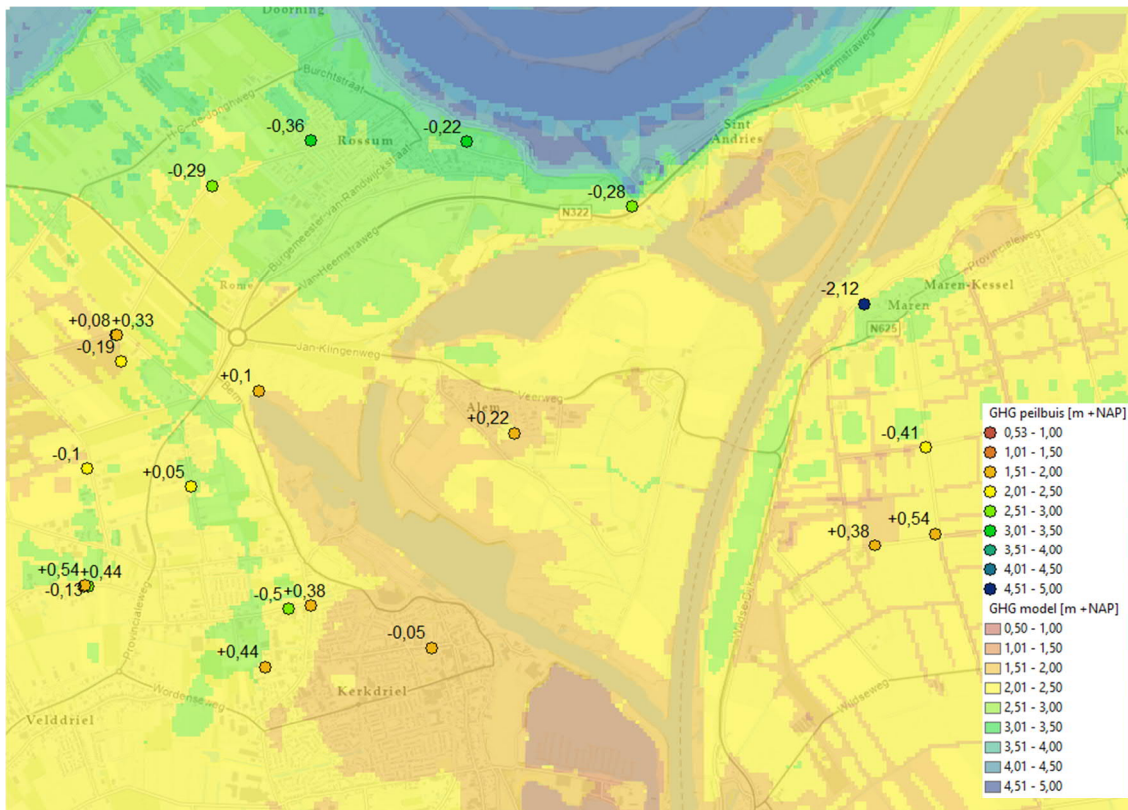


Figuur B3.6 Tijdsreeksen vergelijking tussen gemeten en berekende grondwaterstanden in het watervoerend pakket voor peilbuis B45B0106 (links) en peilbuis B45B0488 (rechts)

Naast de tijdsreeksen zijn ook de berekende en gemeten GXG-waarden vergeleken. Hiervoor is gebruik gemaakt van peilbuisgegevens uit Dinoloket. Deze zijn vergeleken met de berekende GHG en GLG en het verschil (residu) tussen beide is weergegeven in figuur B3.7 en figuur B3.8.



Figuur B3.7 Berekende GLG (vlakdekkend grid) en gemeten GLG (punten) [m +NAP] [modelafwijking in m]



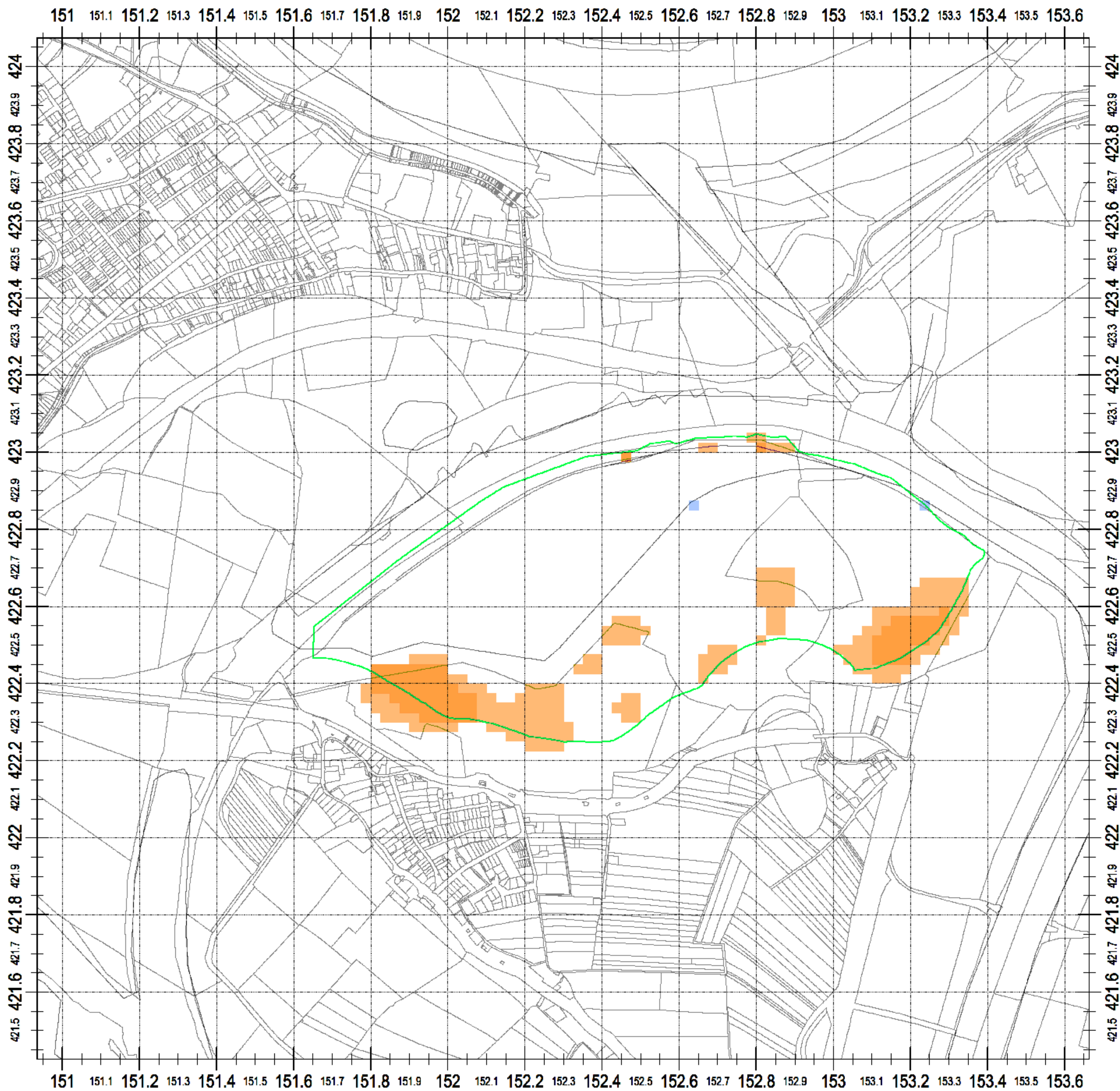
Figuur B3.8 Berekende GHG (vlakdekkend grid) en gemeten GLG (punten)
[m +NAP] [modelafwijking in m]

In figuur B3.7 en figuur B3.8 is te zien dat de gemiddelde grondwaterstanden uit de peilbuizen (punten) overeenkomen met de berekende GHG en GLG (raster). De afwijkingen zijn daarom ook beperkt ($< 0,50$ m). Op enkele plekken is de afwijking tussen de gemeten en de berekende GXG groter. Dit komt voor op plekken waar ruimtelijk veel variatie in de GXG aanwezig is. Op plekken waar het verloop van de GXG meer geleidelijk is, is de afwijking tussen de gemeten en berekende grondwaterstanden lager.

B3.5: Conclusie

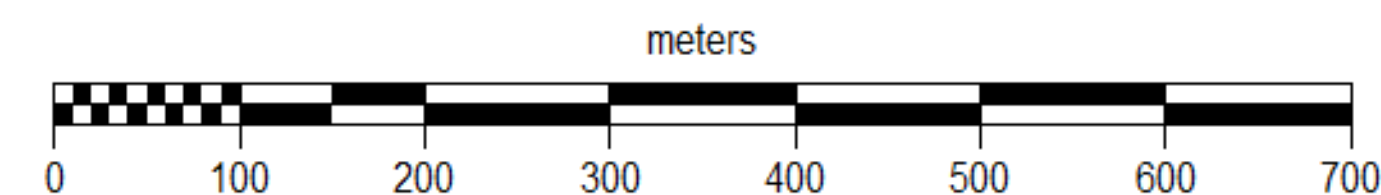
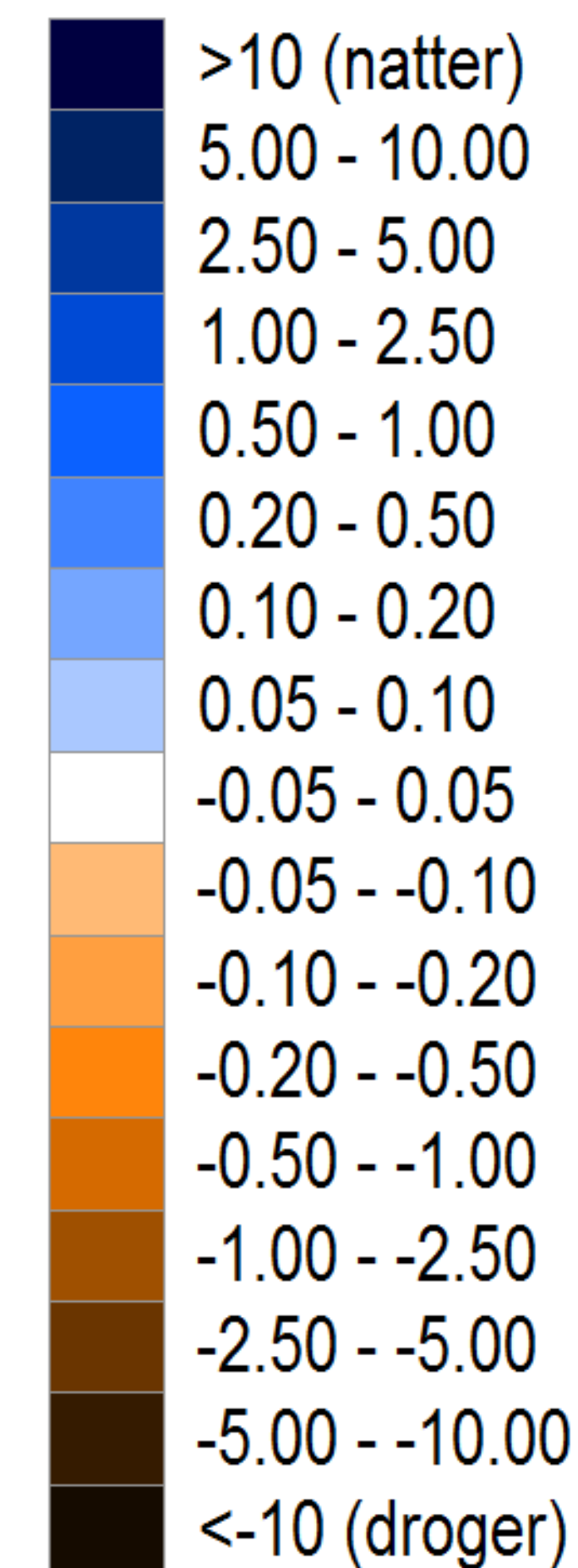
Uit de modelkalibratie blijkt het model voldoende nauwkeurig is om de effecten van de zandwinning, aanleg haven en getijdengeul te kunnen modelleren.

Bijlage 4 – Effectkaarten gemiddelde grondwaterstanden



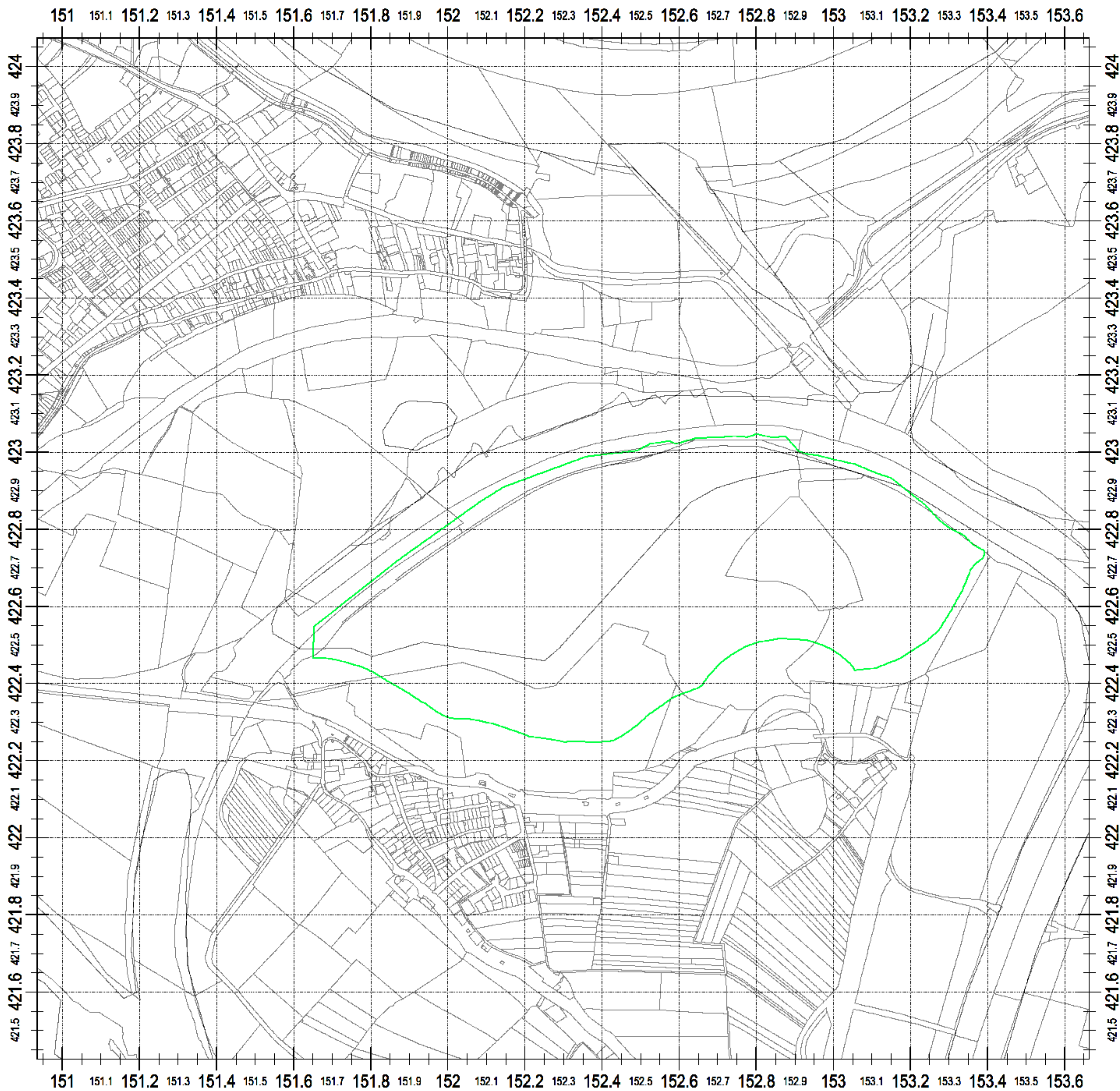
Effect head L1

MAX-ONTGR-STAT - REF-STAT_I1



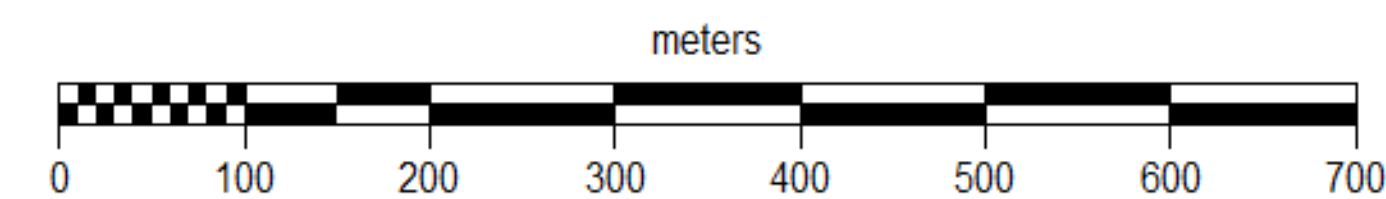
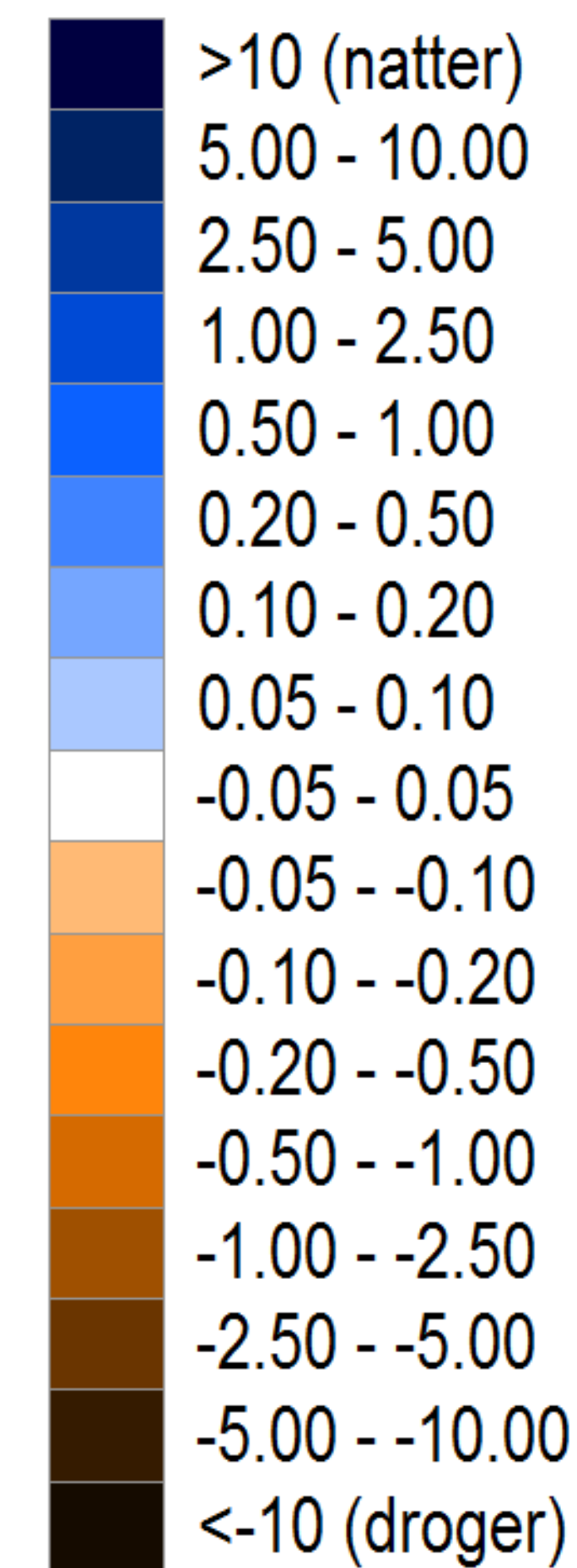
Project:
Sweco - ORG

Figure/report: MAX-ONTGR-STAT.head_L1
Creation Date/time: 1-February-2022 13:3:44



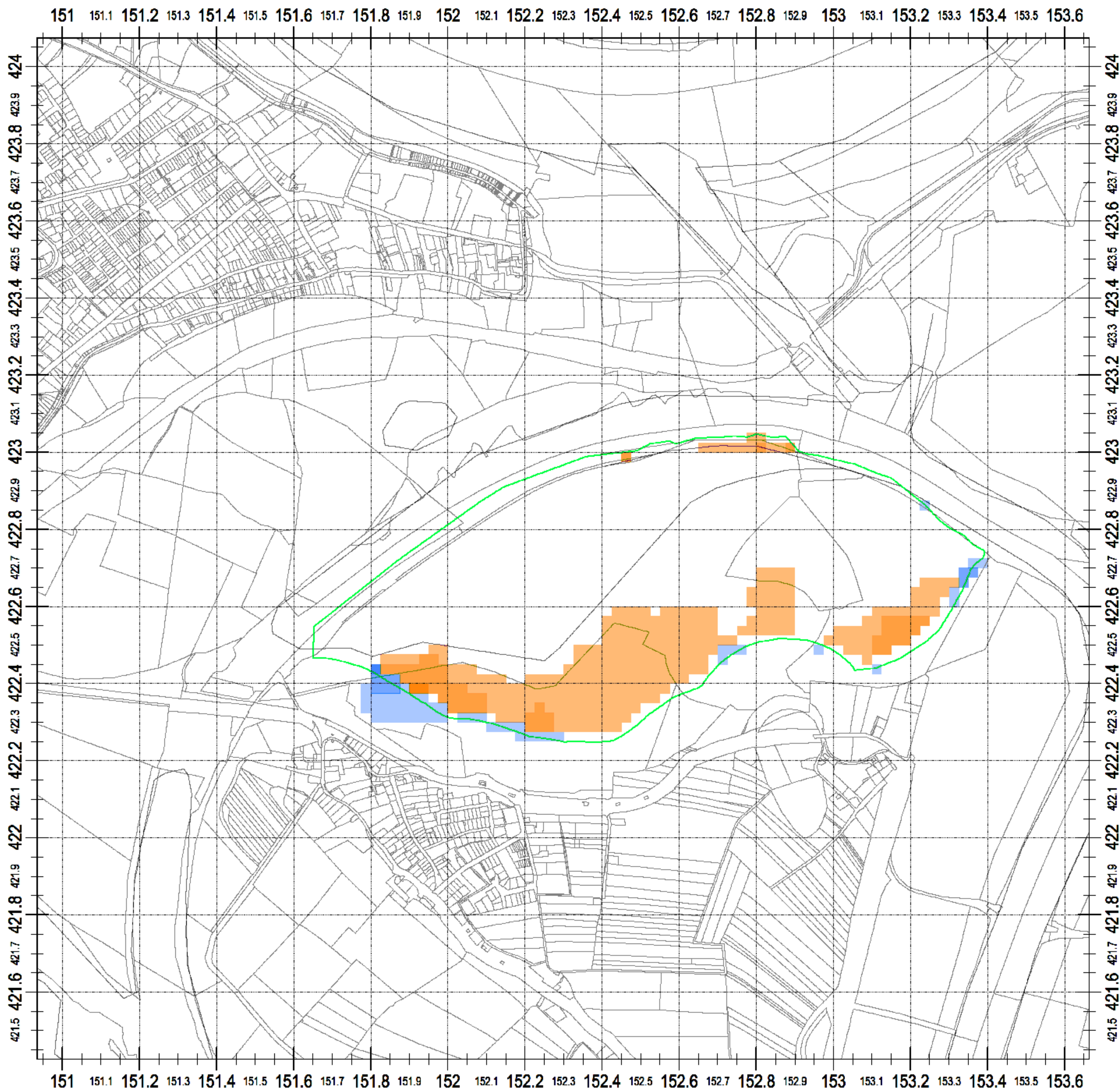
Effect head L2

MAX-ONTGR-STAT - REF-STAT_I2



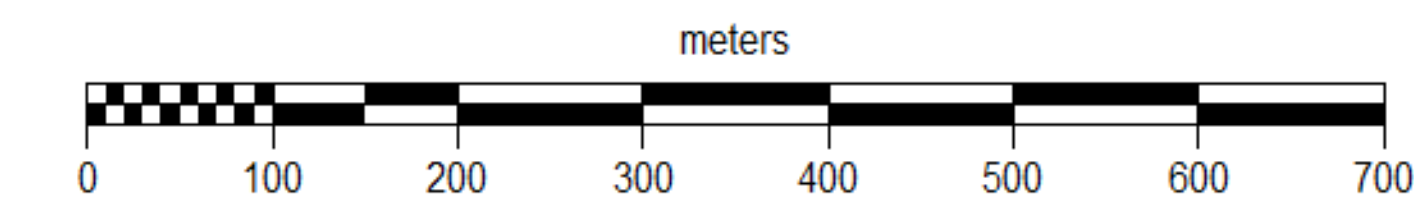
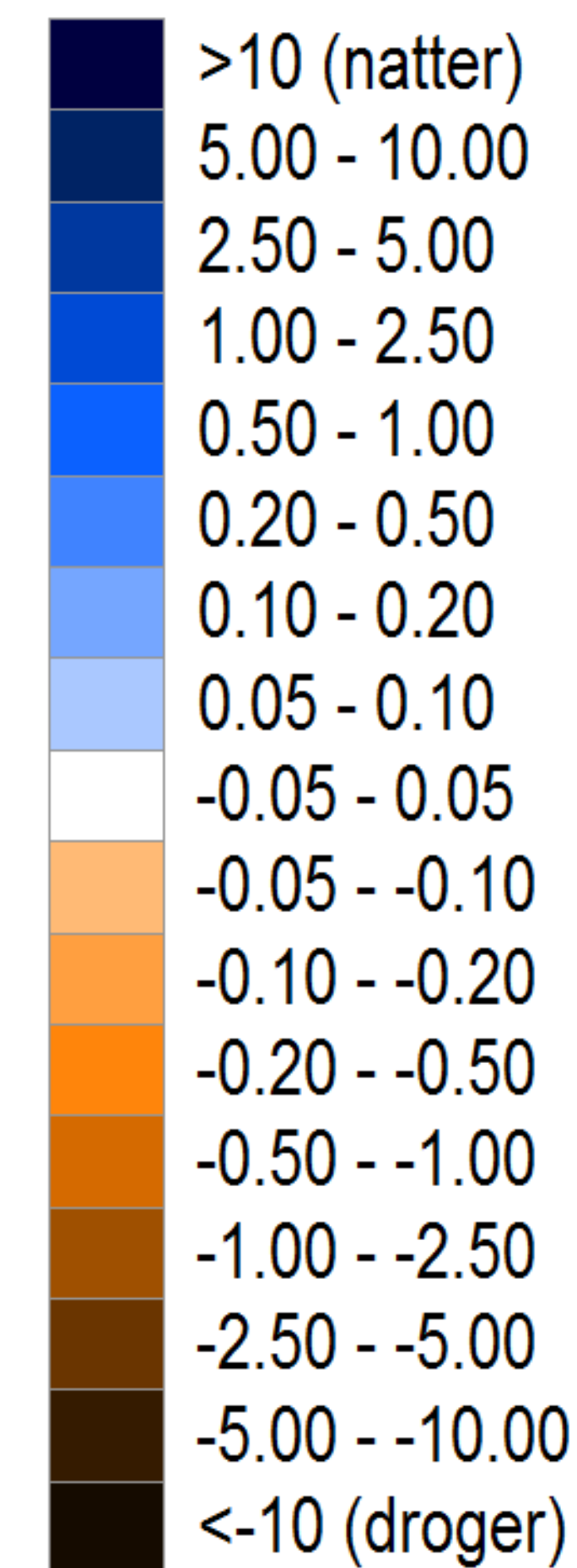
Project:
Sweco - ORG

Figure/report: MAX-ONTGR-STAT.head_L2
Creation Date/time: 1-February-2022 13:3:47



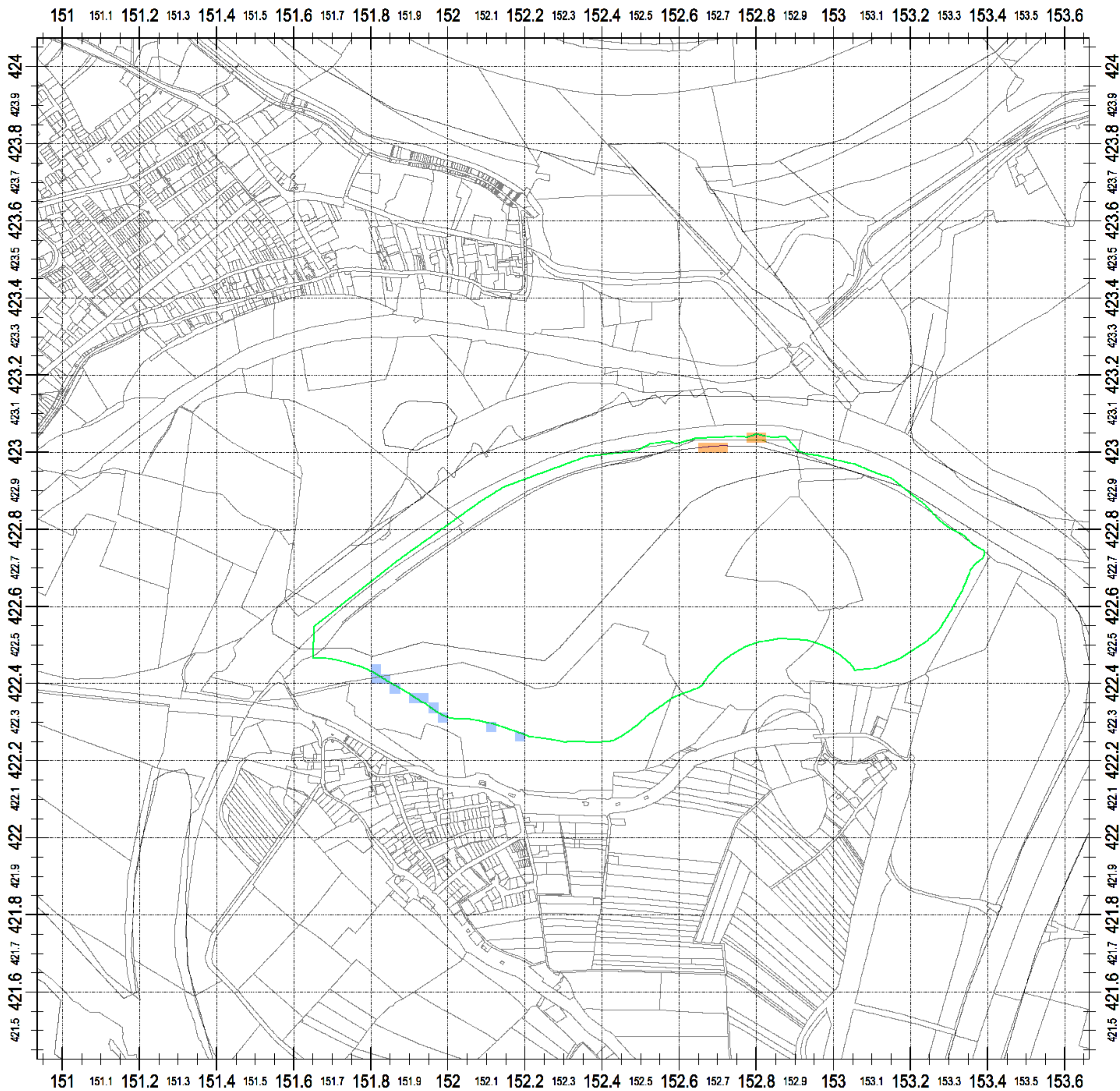
Effect head L1

MAX-ONTGR-BODW-C5-STAT - REF-STAT_I1



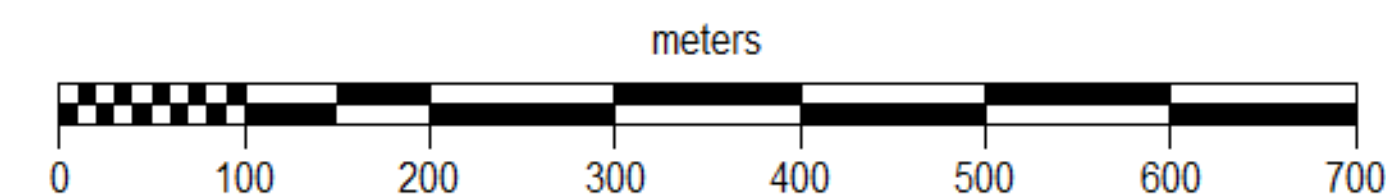
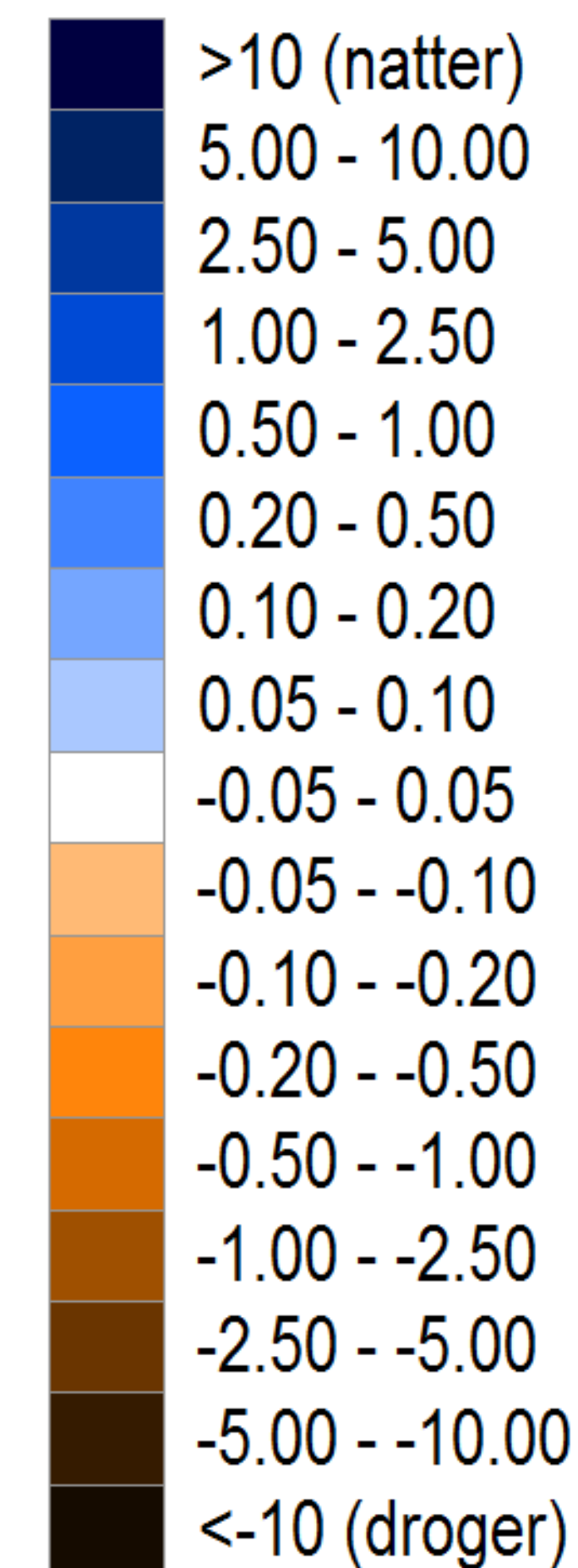
Project:
Sweco - ORG

Figure/report: MAX-ONTGR-BODW-C5-STAT.head_L1
Creation Date/time: 1-February-2022 14:7:52



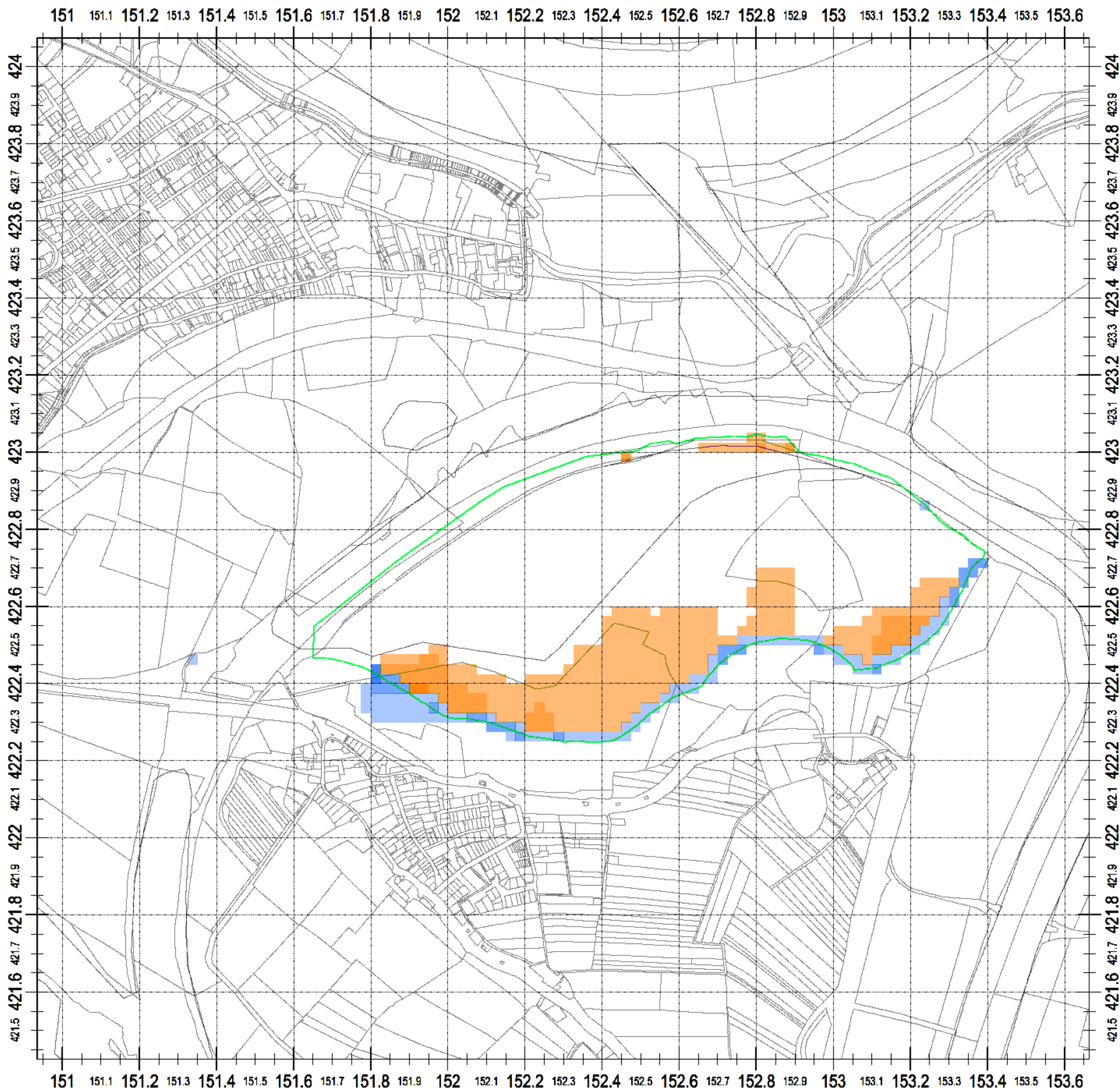
Effect head L2

MAX-ONTGR-BODW-C5-STAT - REF-STAT_I2



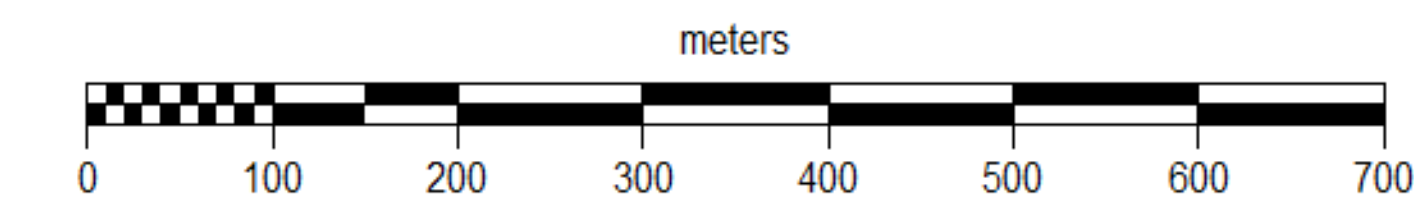
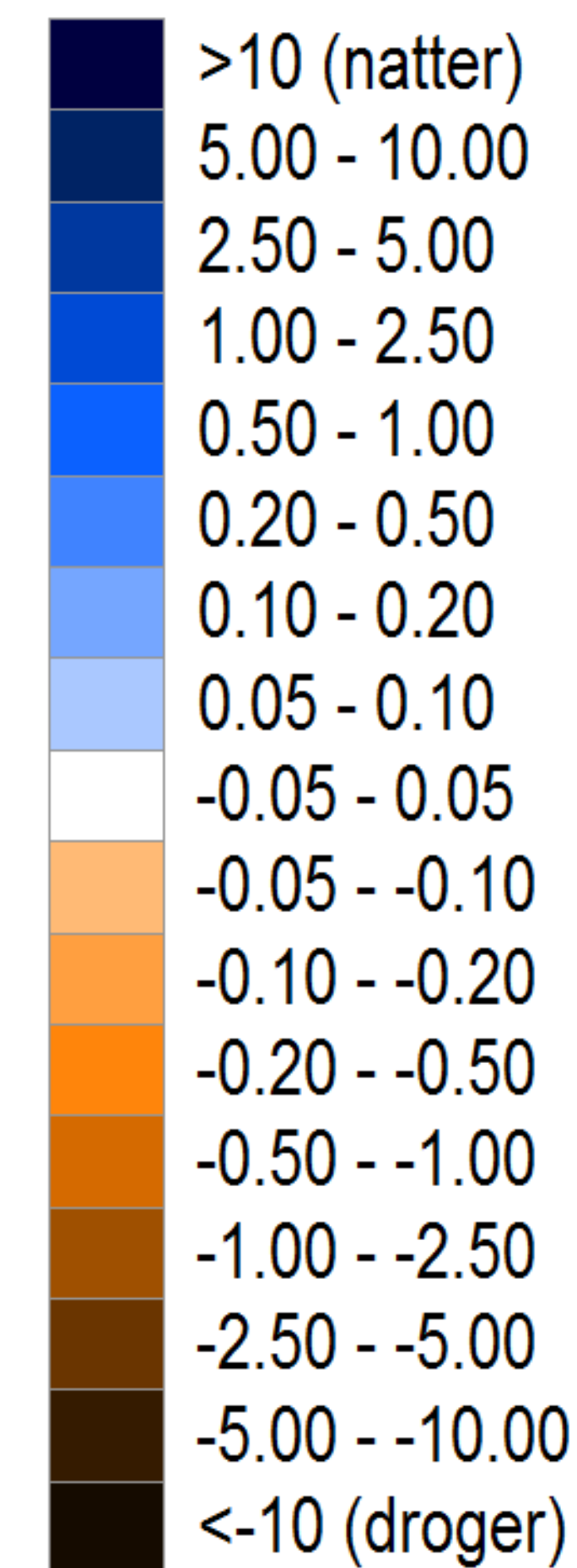
Project:
Sweco - ORG

Figure/report: MAX-ONTGR-BODW-C5-STAT.head_L2
Creation Date/time: 1-February-2022 14:7:56



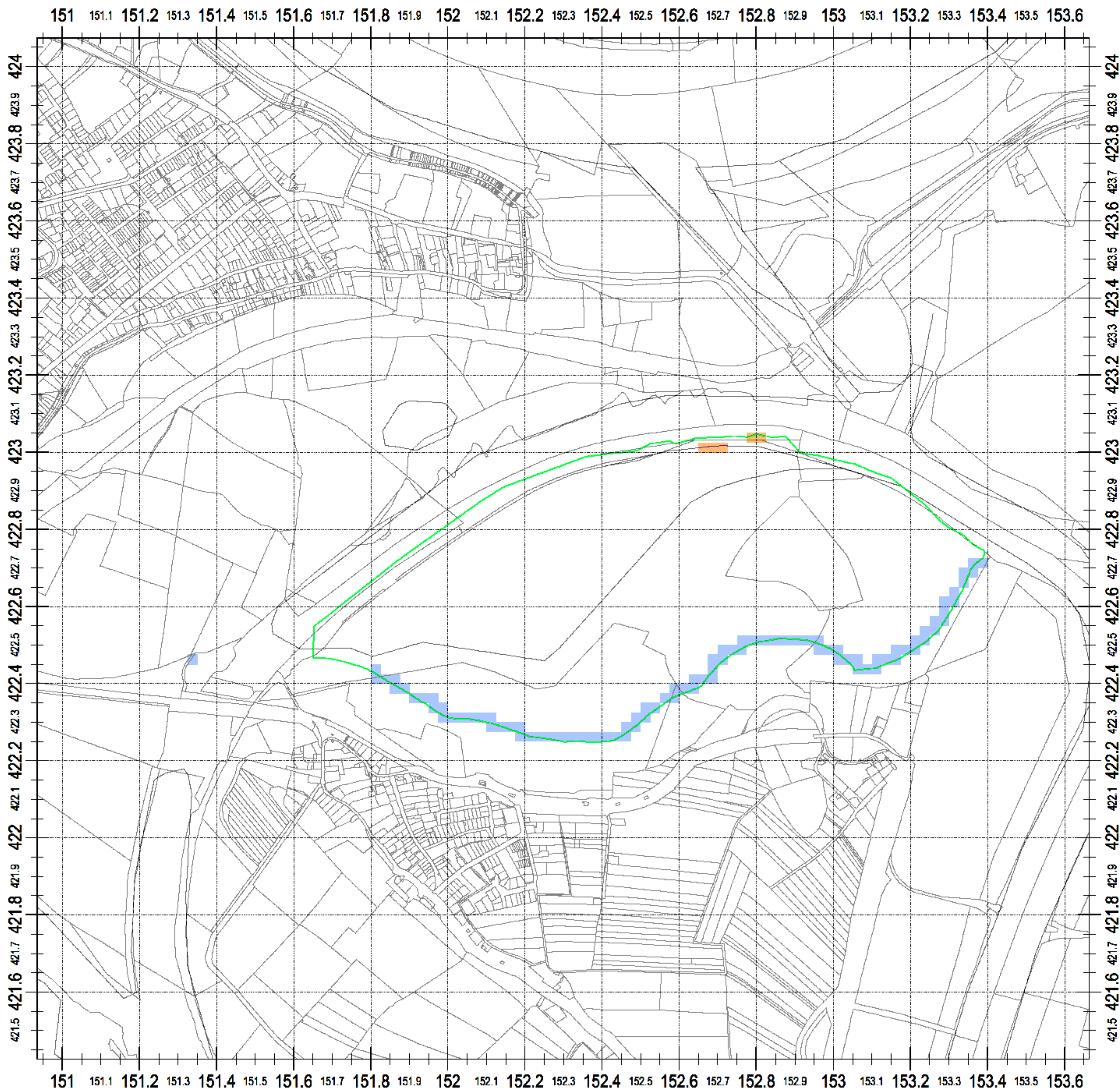
Effect head L1

MAX-ONTGR-BODW-C20-STAT - REF-STAT_I1



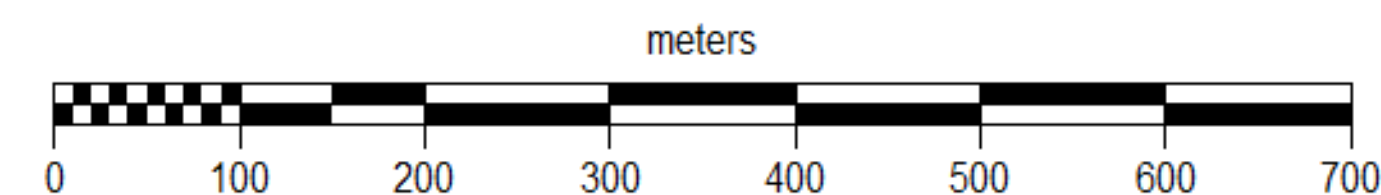
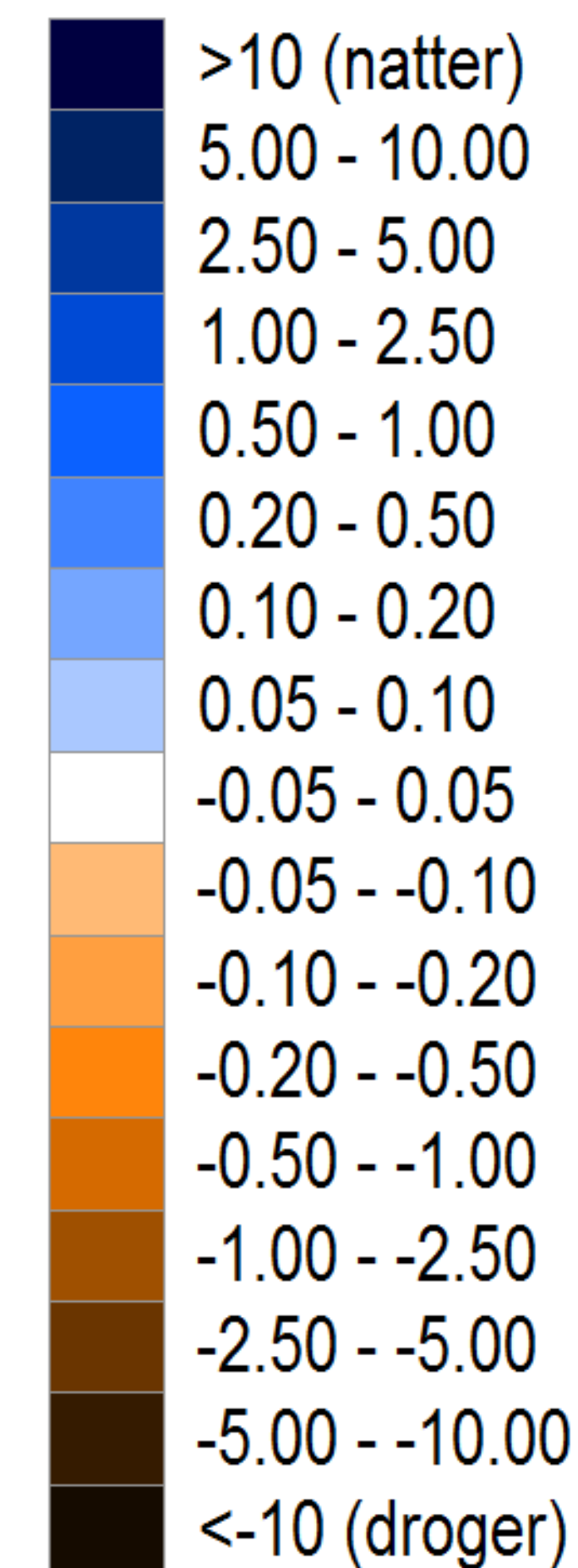
Project:
Sweco - ORG

Figure/report: MAX-ONTGR-BODW-C20-STAT.head_L1
Creation Date/time: 1-February-2022 14:7:38



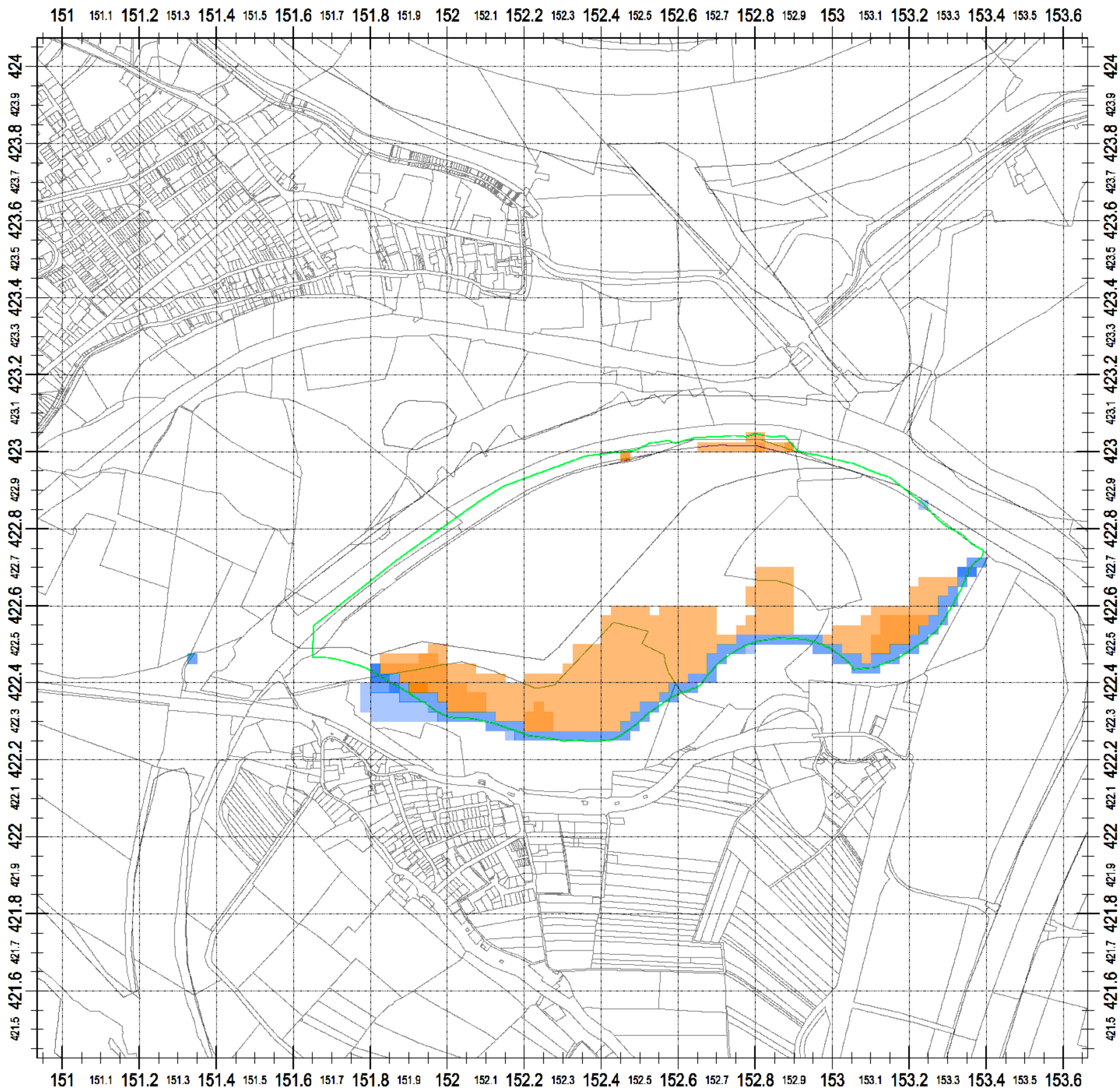
Effect head L2

MAX-ONTGR-BODW-C20-STAT - REF-STAT_I2



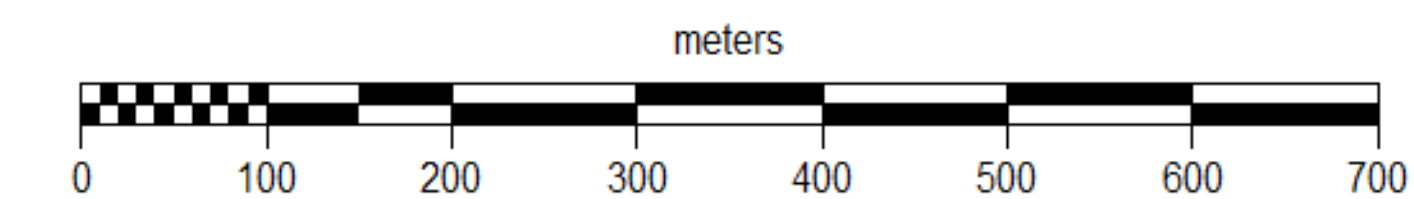
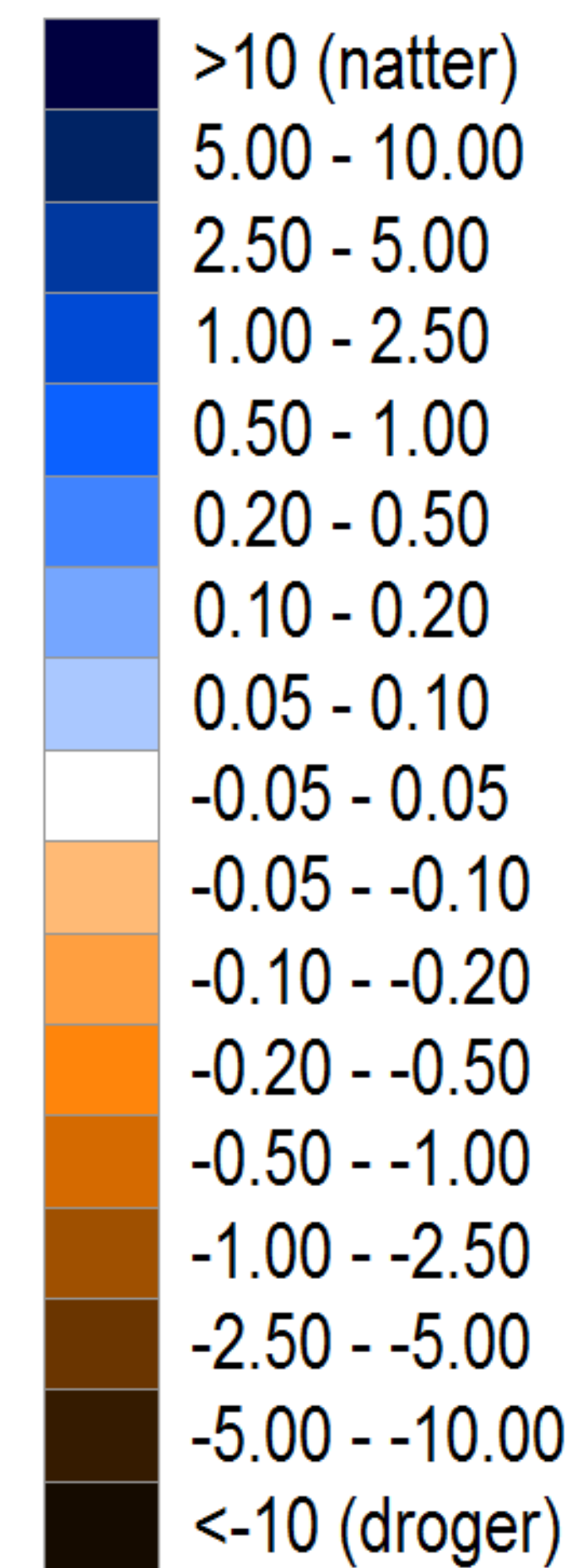
Project:
Sweco - ORG

Figure/report: MAX-ONTGR-BODW-C20-STAT.head_L2
Creation Date/time: 1-February-2022 14:7:43



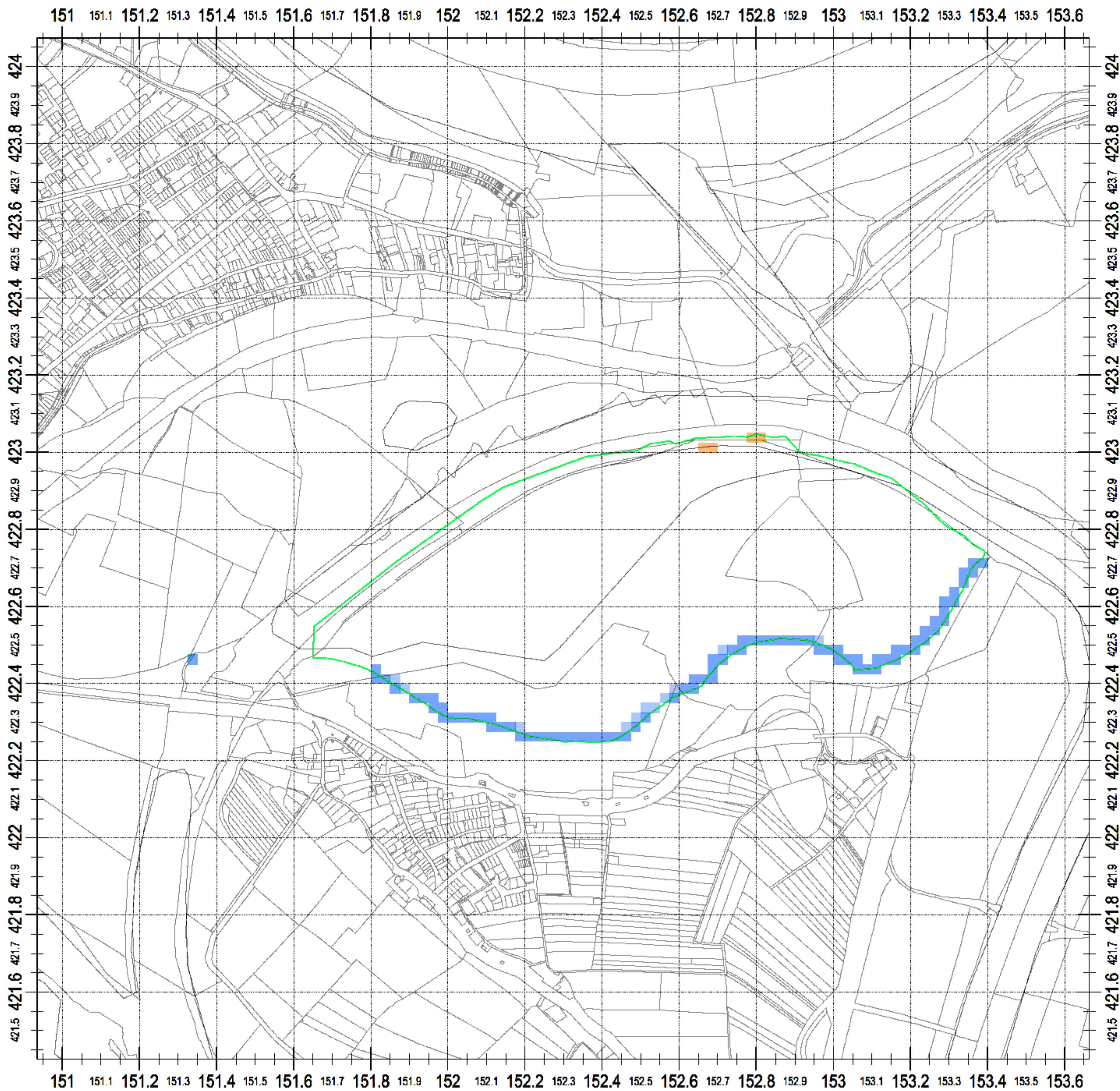
Effect head L1

MAX-ONTGR-BODW-C50-STAT - REF-STAT_I1



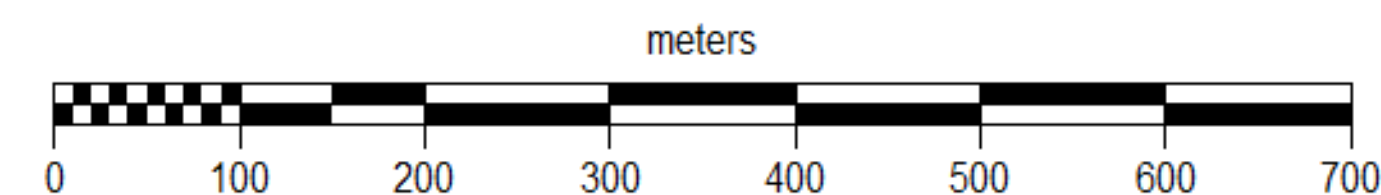
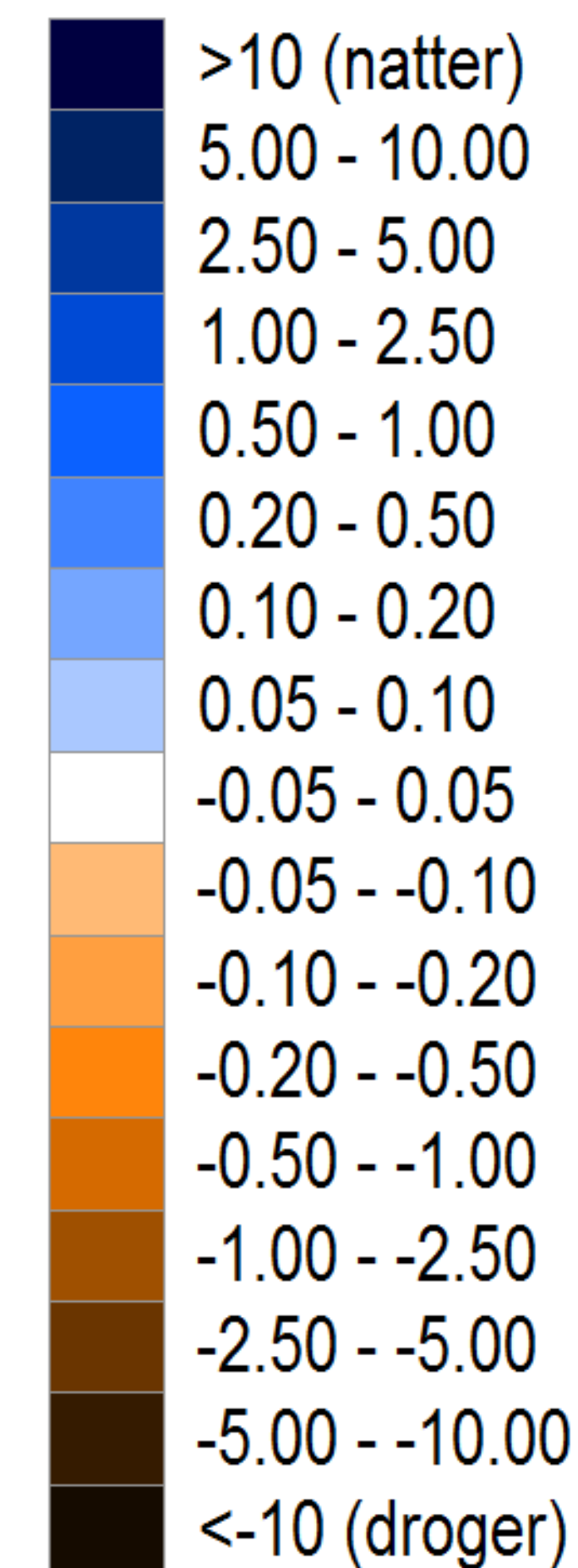
Project:
Sweco - ORG

Figure/report: MAX-ONTGR-BODW-C50-STAT.head_L1
Creation Date/time: 1-February-2022 14:7:53



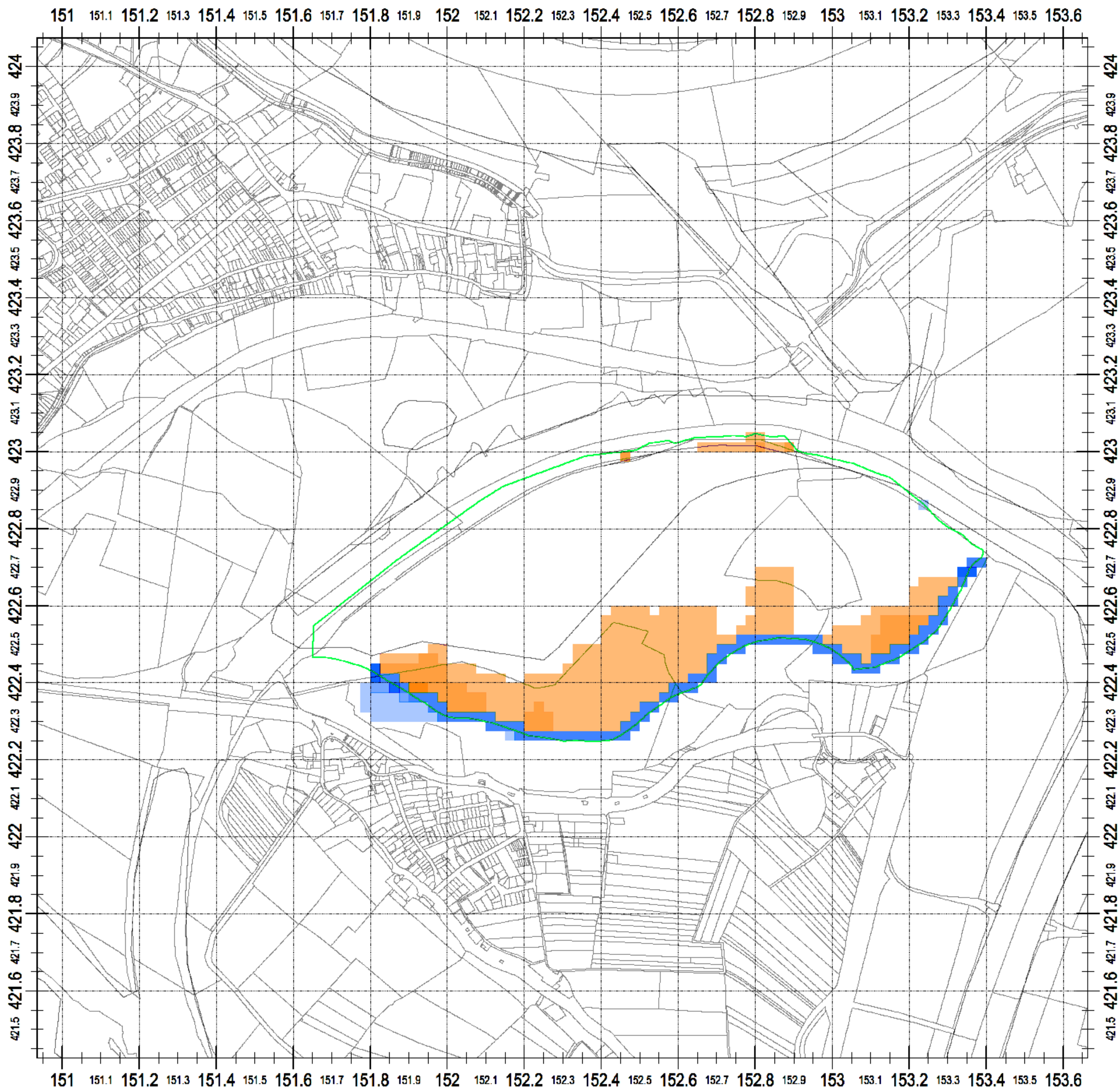
Effect head L2

MAX-ONTGR-BODW-C50-STAT - REF-STAT_I2



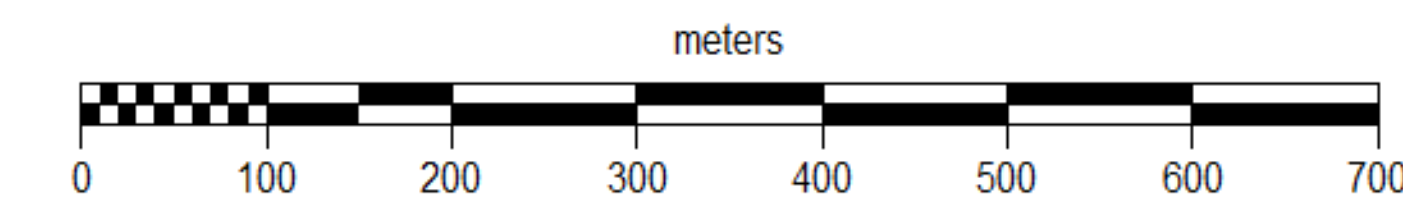
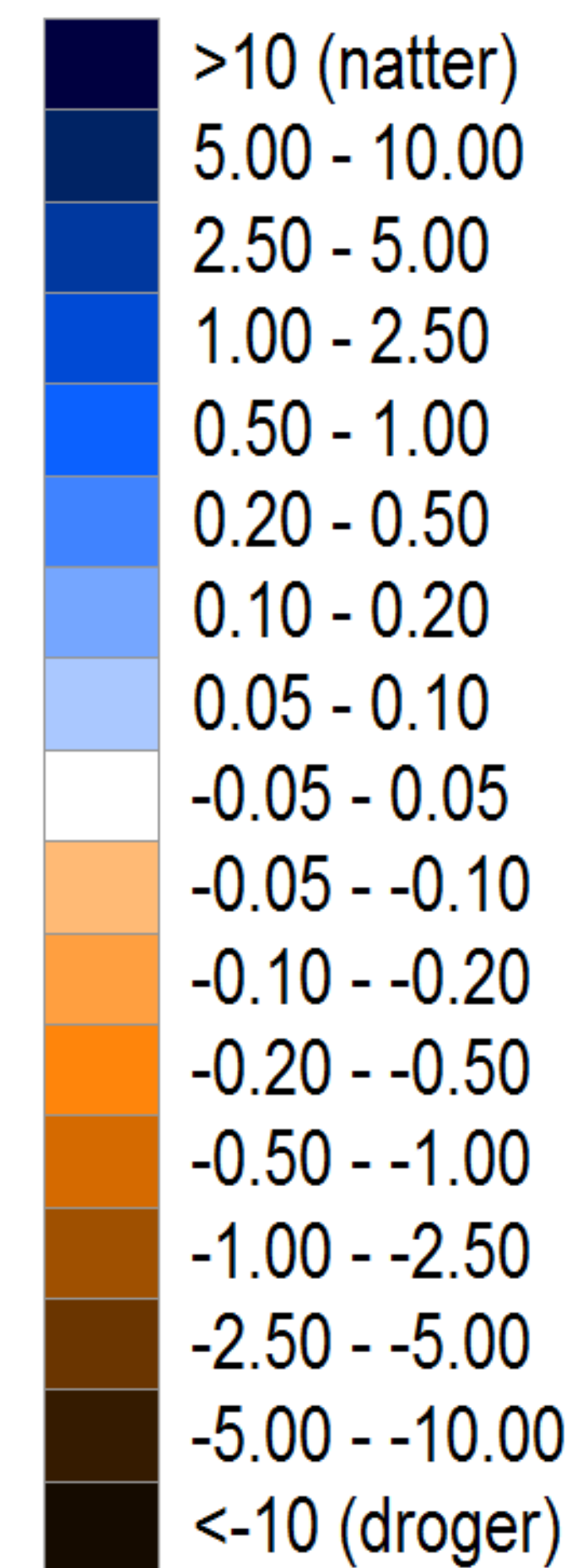
Project:
Sweco - ORG

Figure/report: MAX-ONTGR-BODW-C50-STAT.head_L2
Creation Date/time: 1-February-2022 14:7:56



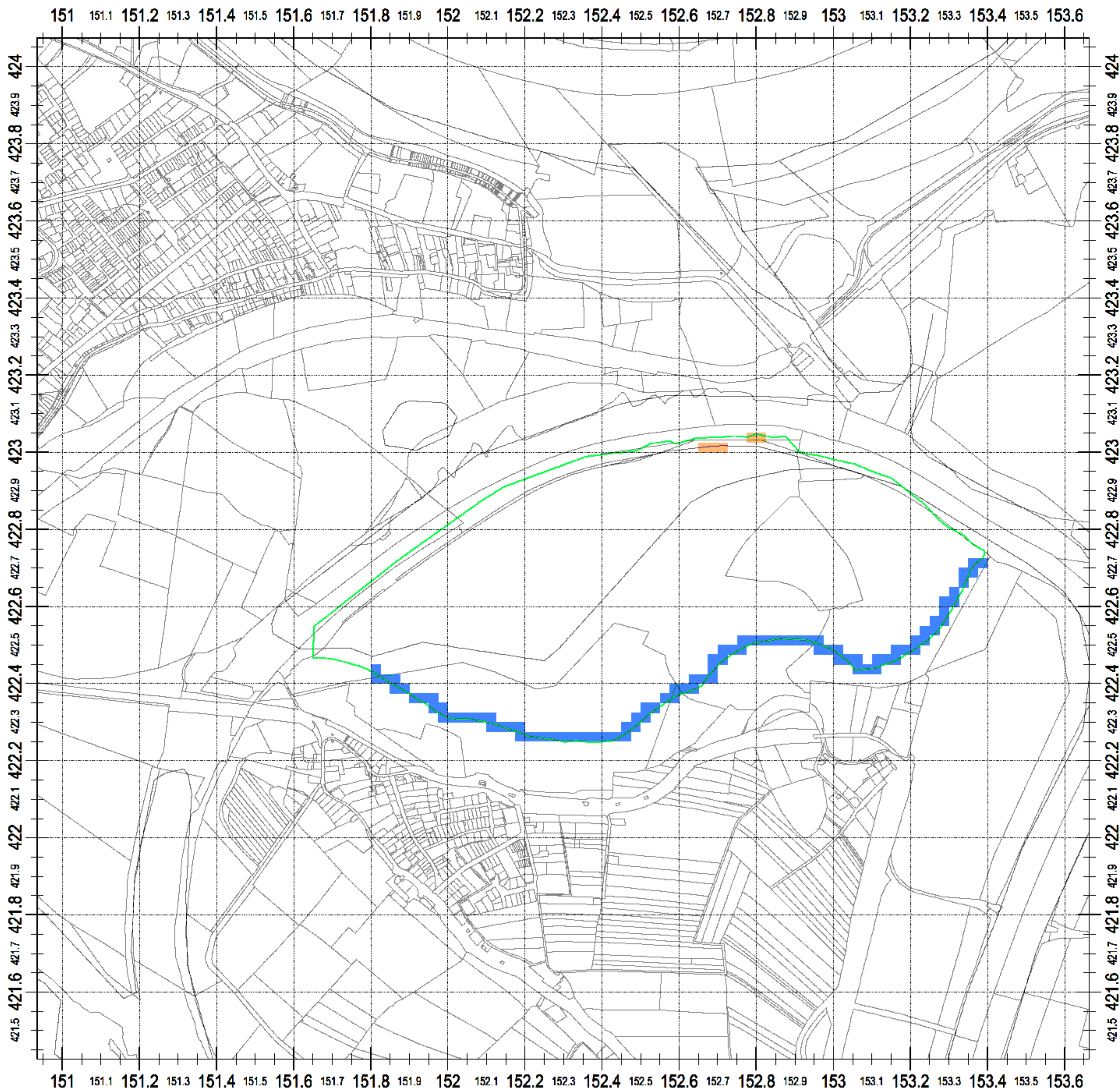
Effect head L1

MAX-ONTGR-BODW-C100-STAT - REF-STAT_I1



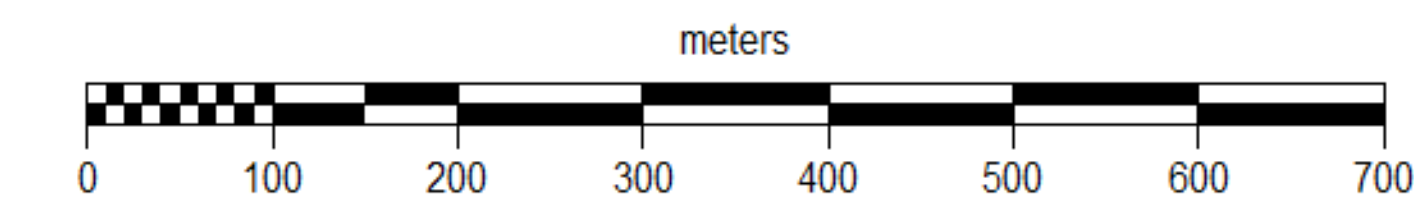
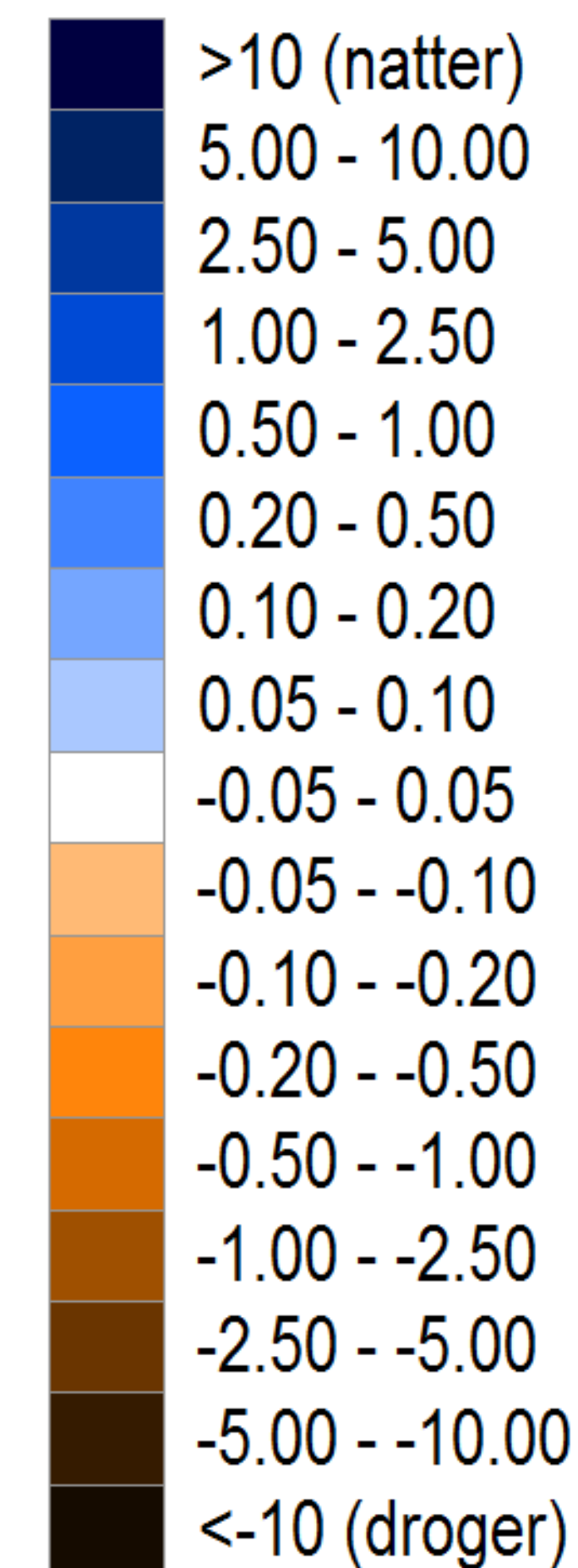
Project:
Sweco - ORG

Figure/report: MAX-ONTGR-BODW-C100-STAT.head_L1
Creation Date/time: 23-February-2022 14:16:13



Effect head L2

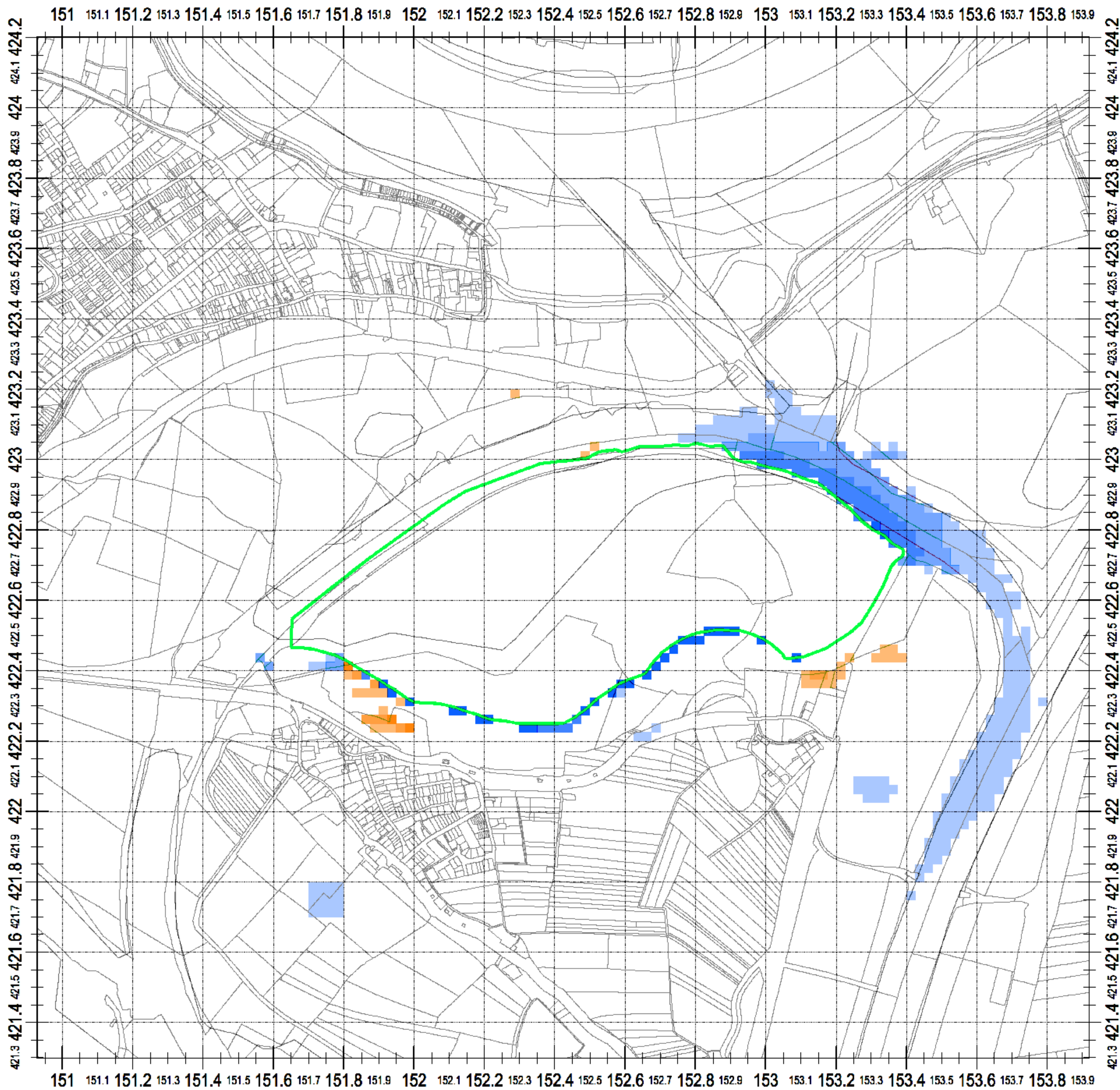
MAX-ONTGR-BODW-C100-STAT - REF-STAT_I2



Project:
Sweco - ORG

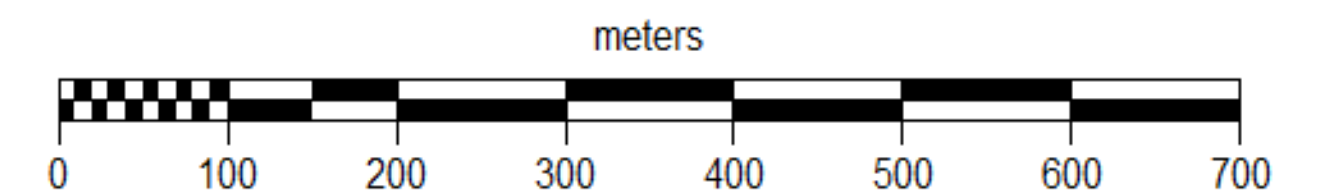
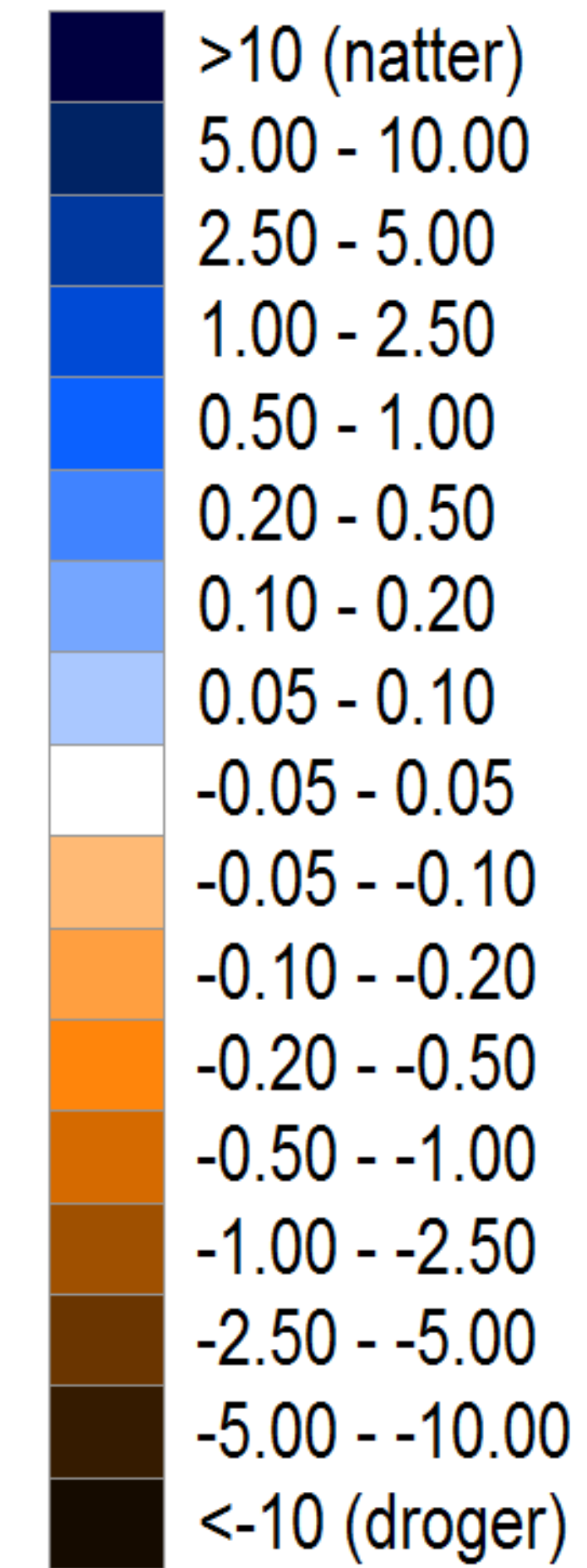
Figure/report: MAX-ONTGR-BODW-C100-STAT.head_L2
Creation Date/time: 23-February-2022 14:16:17

Bijlage 5 – Effectkaarten T=10 hoogwater



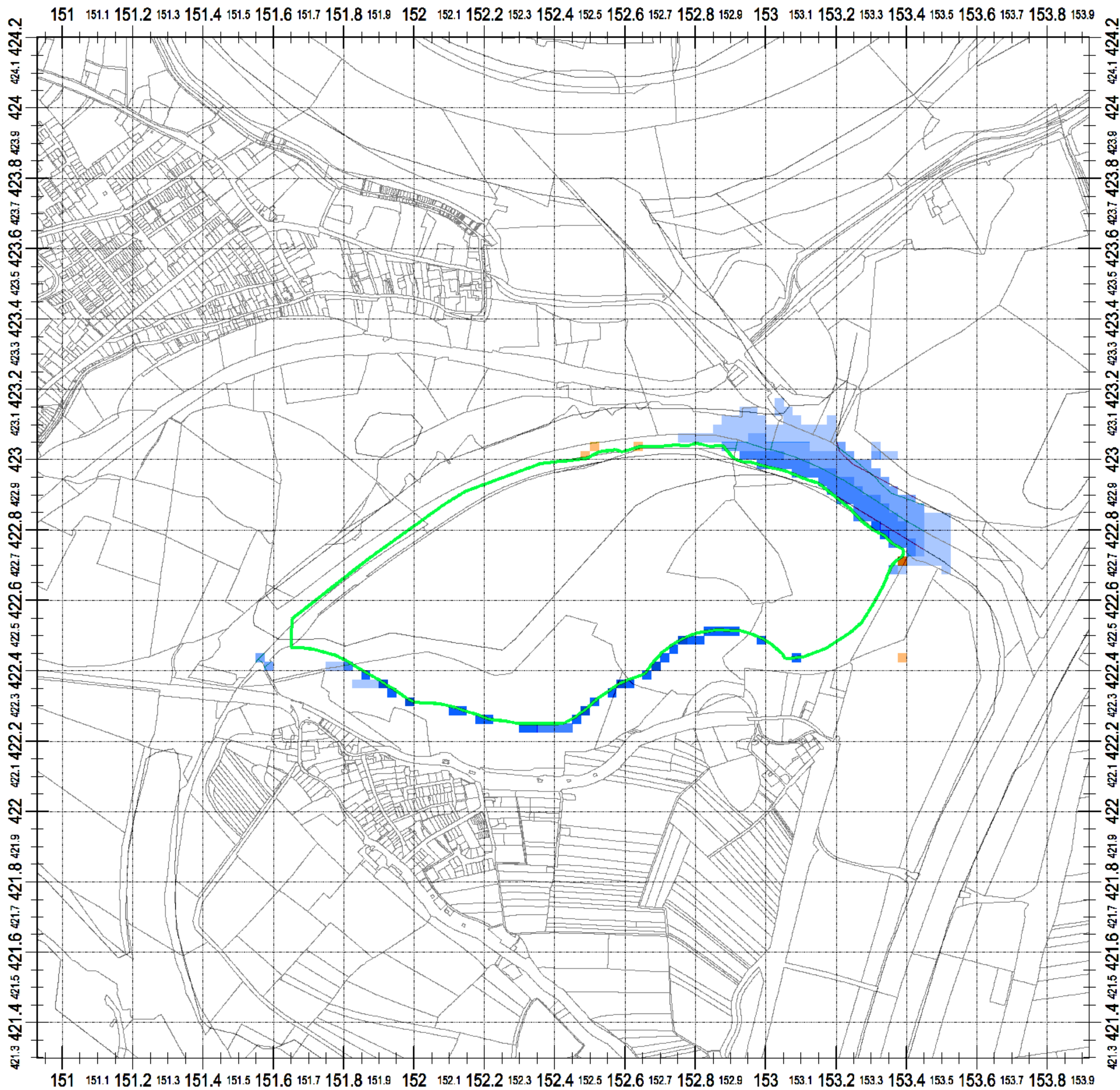
Dhead_MAX-ONTGR_T10h oog

Dhead_MAX-ONTGR_T10h oog.IDF



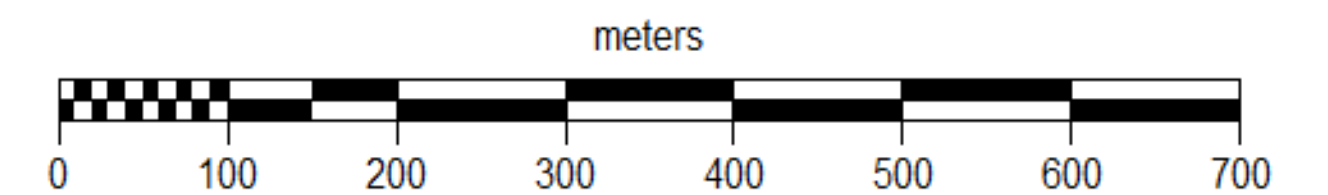
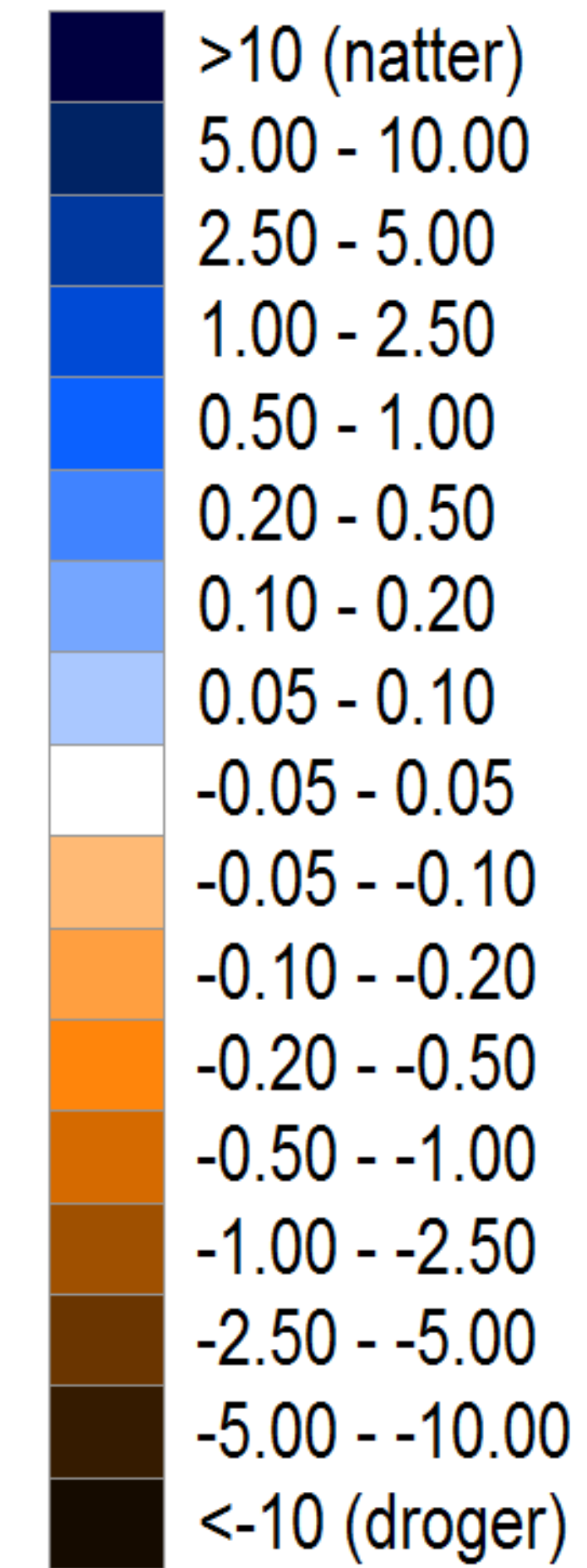
Project:
Alem

Figure/report: *
Creation Date/time: 2-February-2022 15:31:25



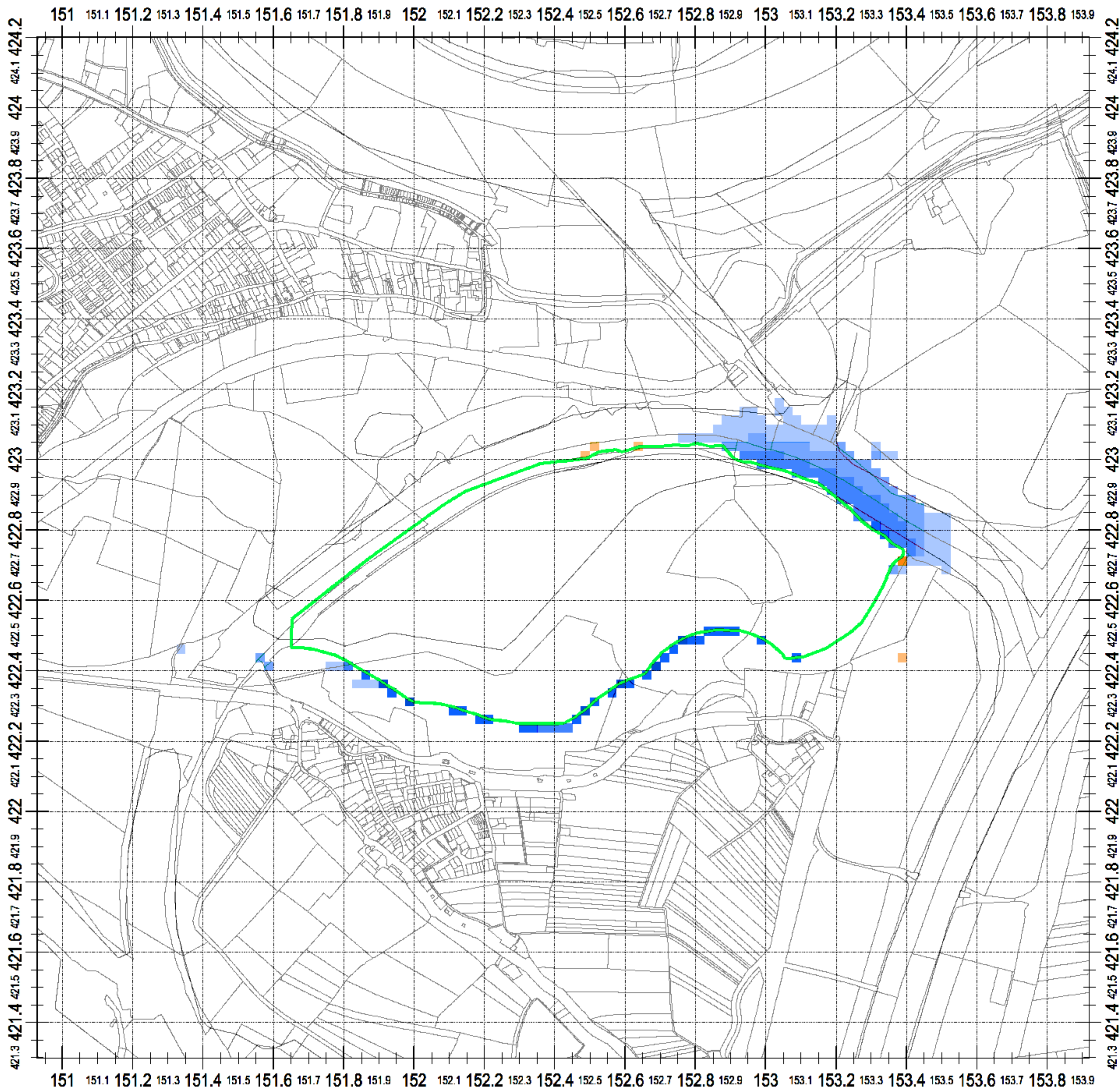
Dhead_MAX-ONTGR-BOD W-C5_T10hoog

Dhead_MAX-ONTGR-BODW-C5_T10hoog.IDF



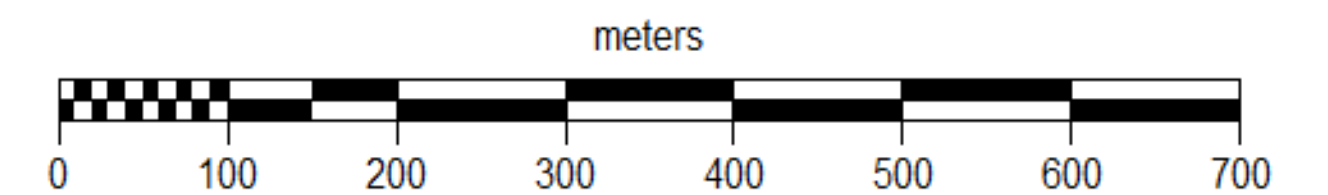
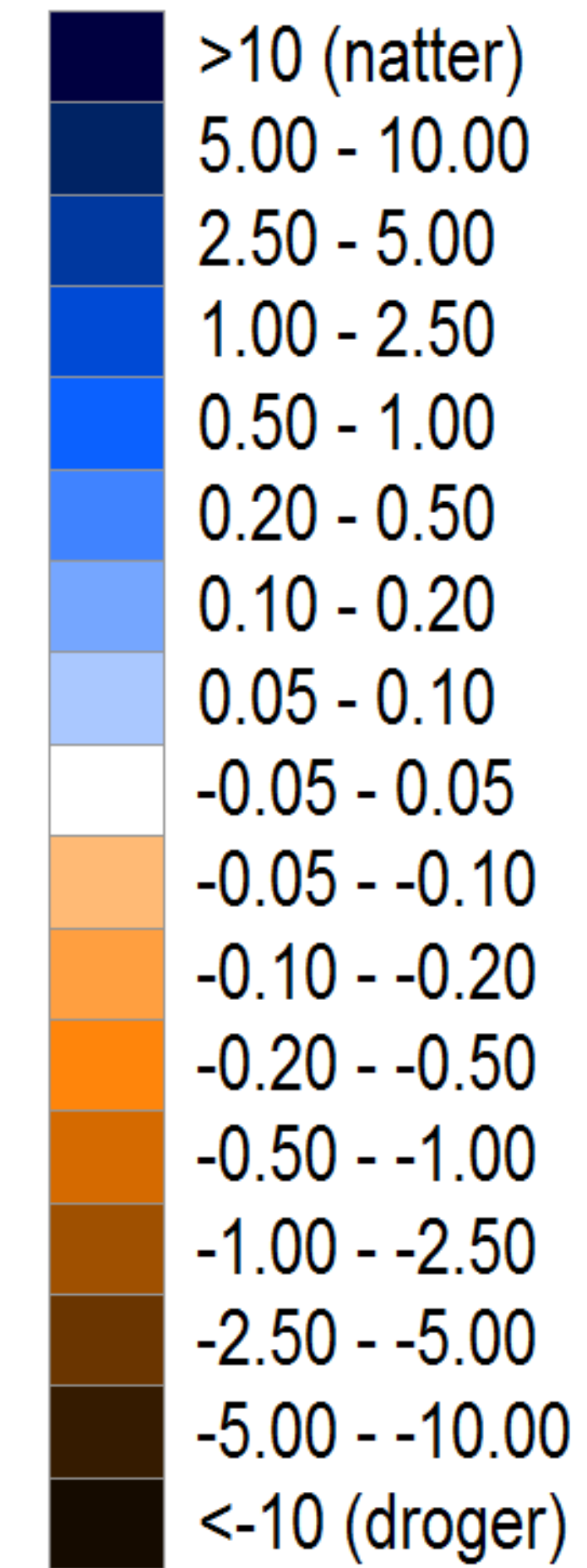
Project:
Alem

Figure/report: *
Creation Date/time: 2-February-2022 15:37:59



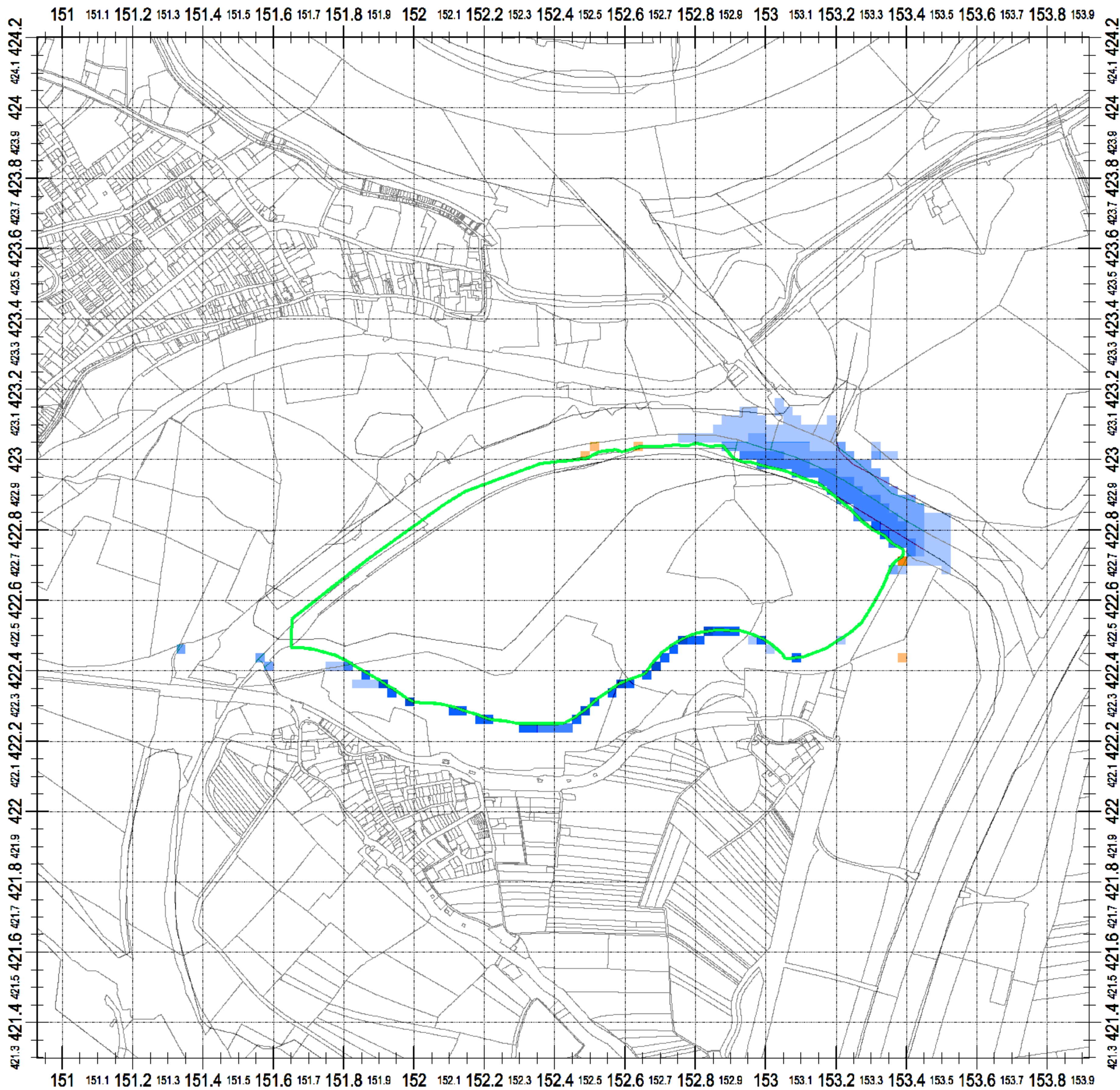
Dhead_MAX-ONTGR-BOD W-C20_T10hoog

Dhead_MAX-ONTGR-BODW-C20_T10hoog.IDF



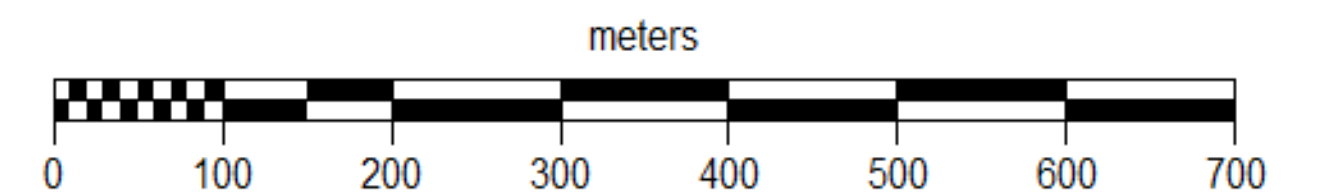
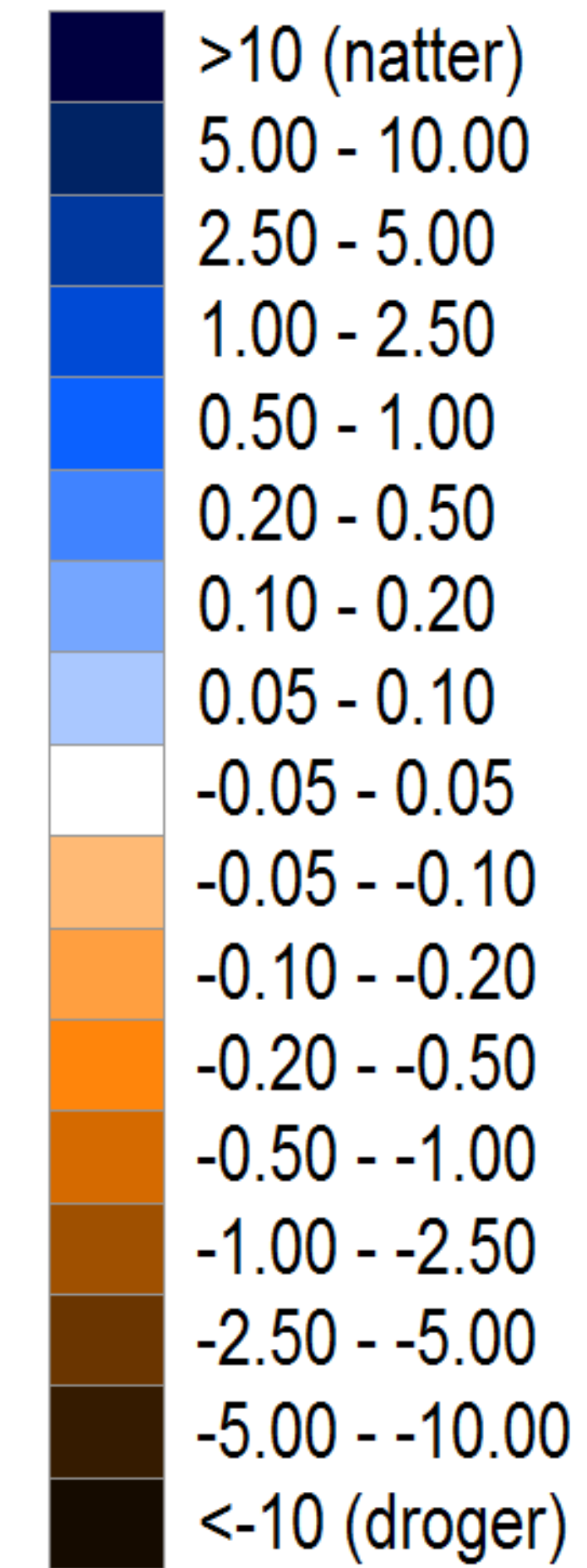
Project:
Alem

Figure/report: *
Creation Date/time: 2-February-2022 15:36:52



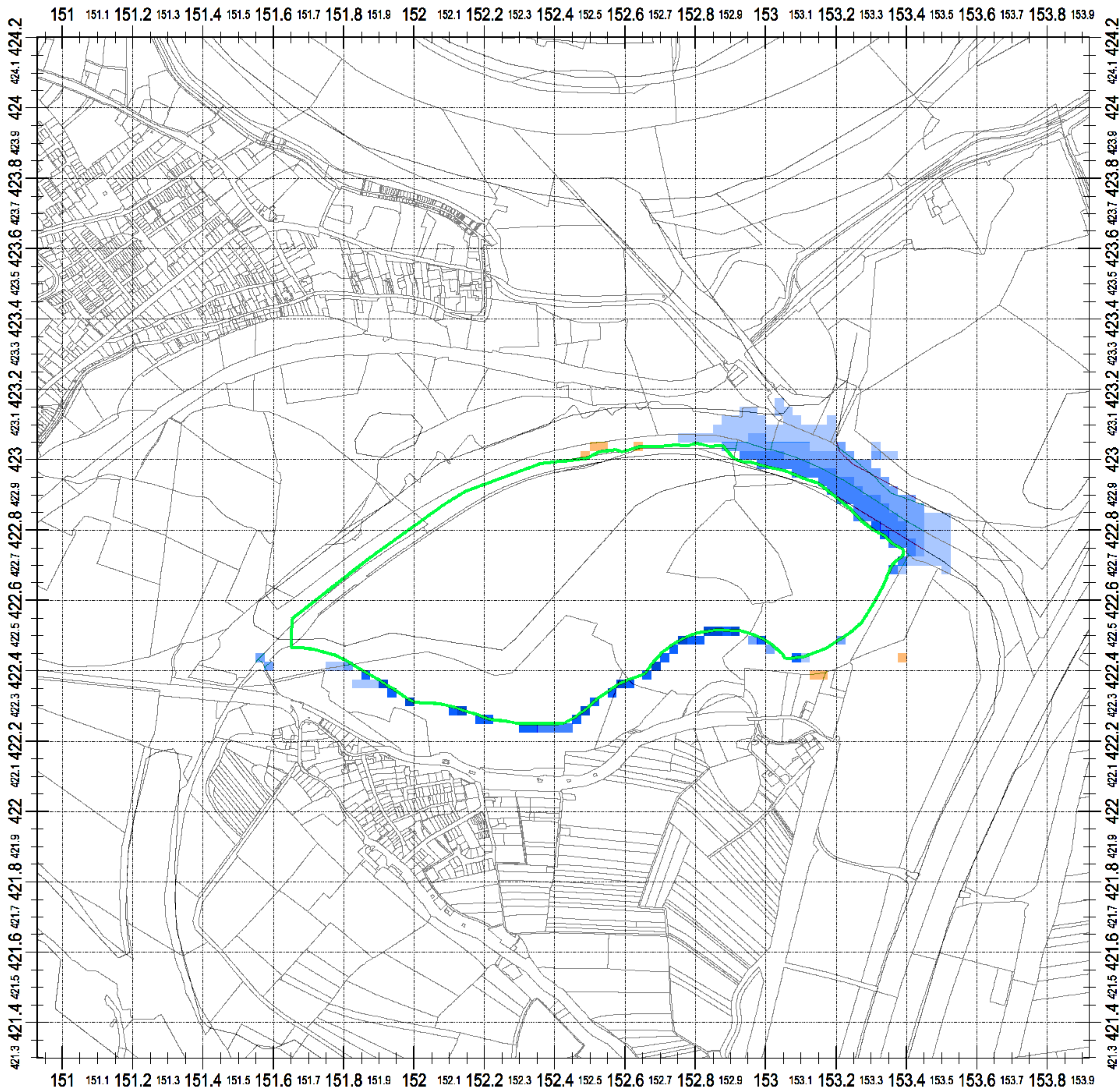
Dhead_MAX-ONTGR-BOD W-C50_T10hoog

Dhead_MAX-ONTGR-BODW-C50_T10hoog.IDF



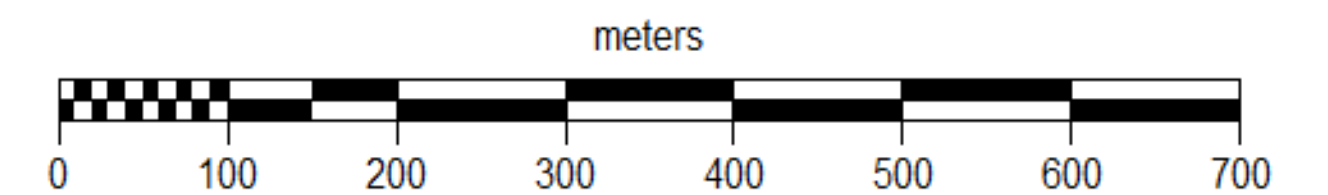
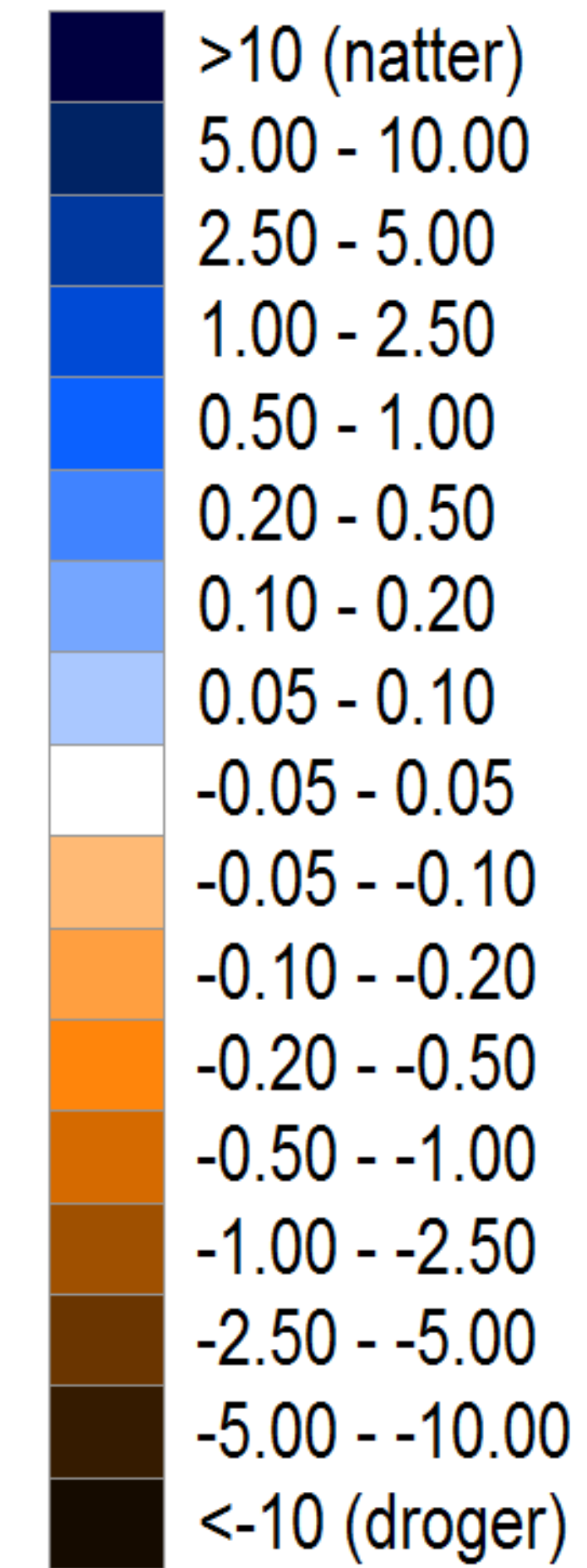
Project:
Alem

Figure/report: *
Creation Date/time: 2-February-2022 15:39:2



Dhead_MAX-ONTGR-BOD W-C100_T10hoog

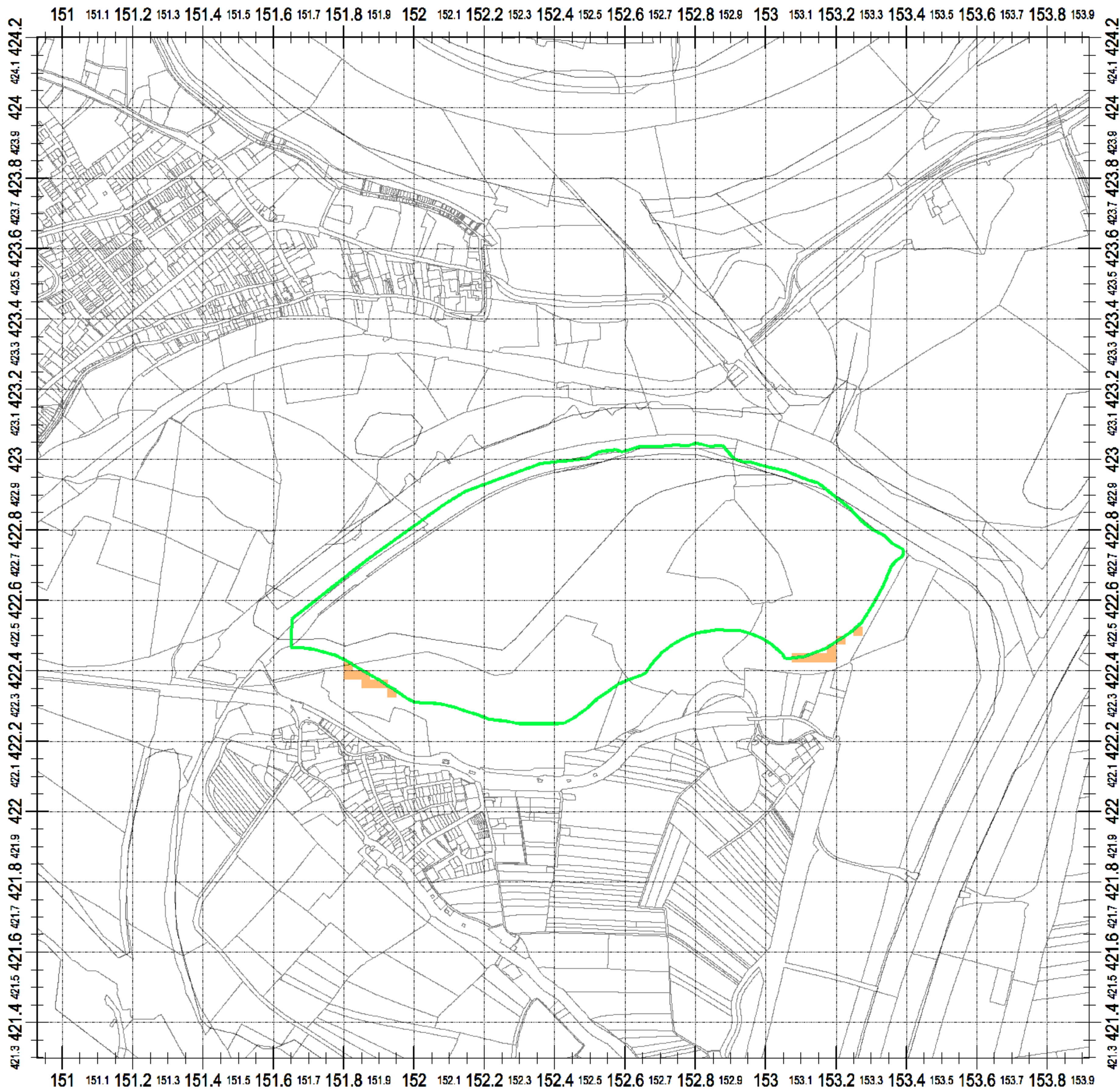
Dhead_MAX-ONTGR-BODW-C100_T10hoog.IDF



Project:
Alem

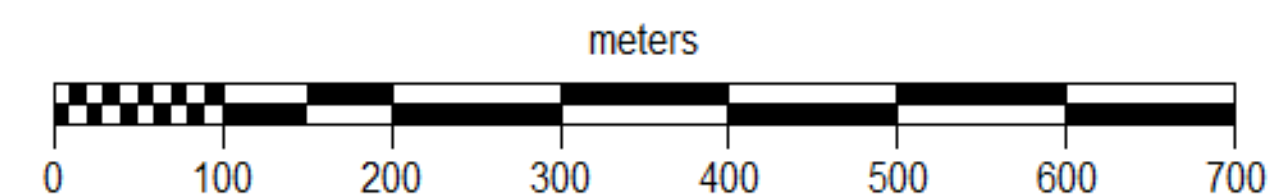
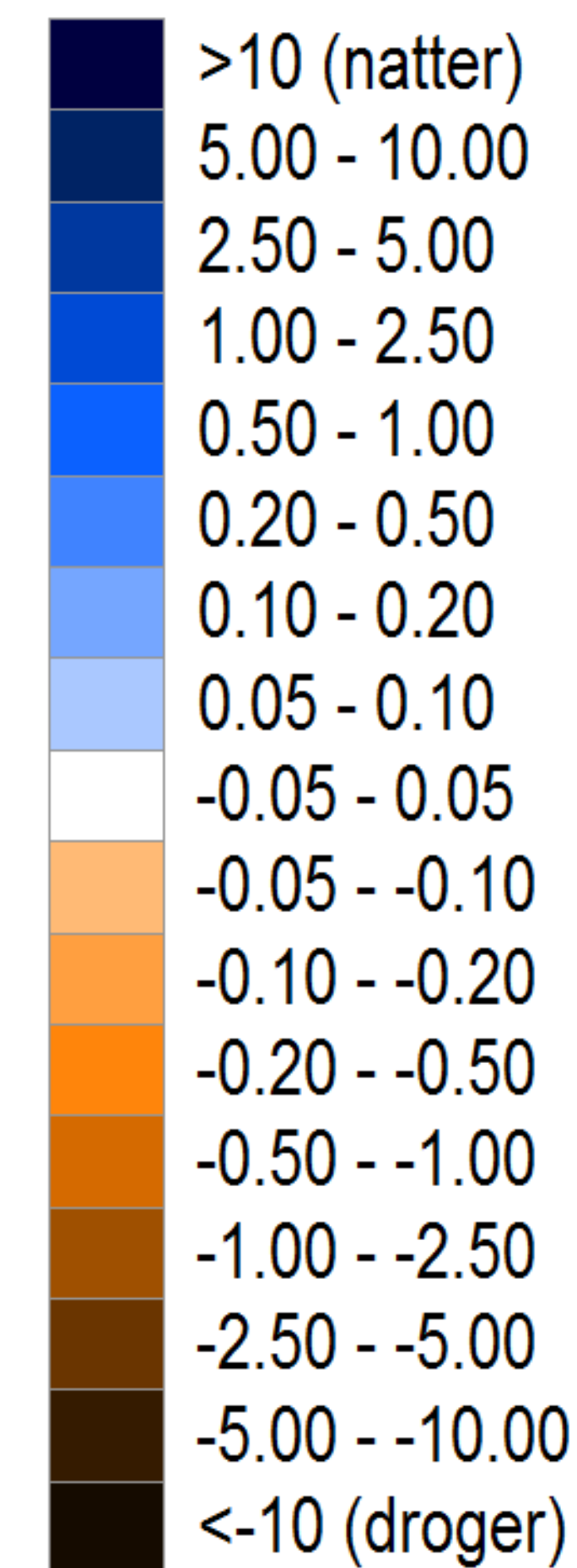
Figure/report: *
Creation Date/time: 22-February-2022 14:20:26

Bijlage 6 – Effectkaarten T=10 laagwater



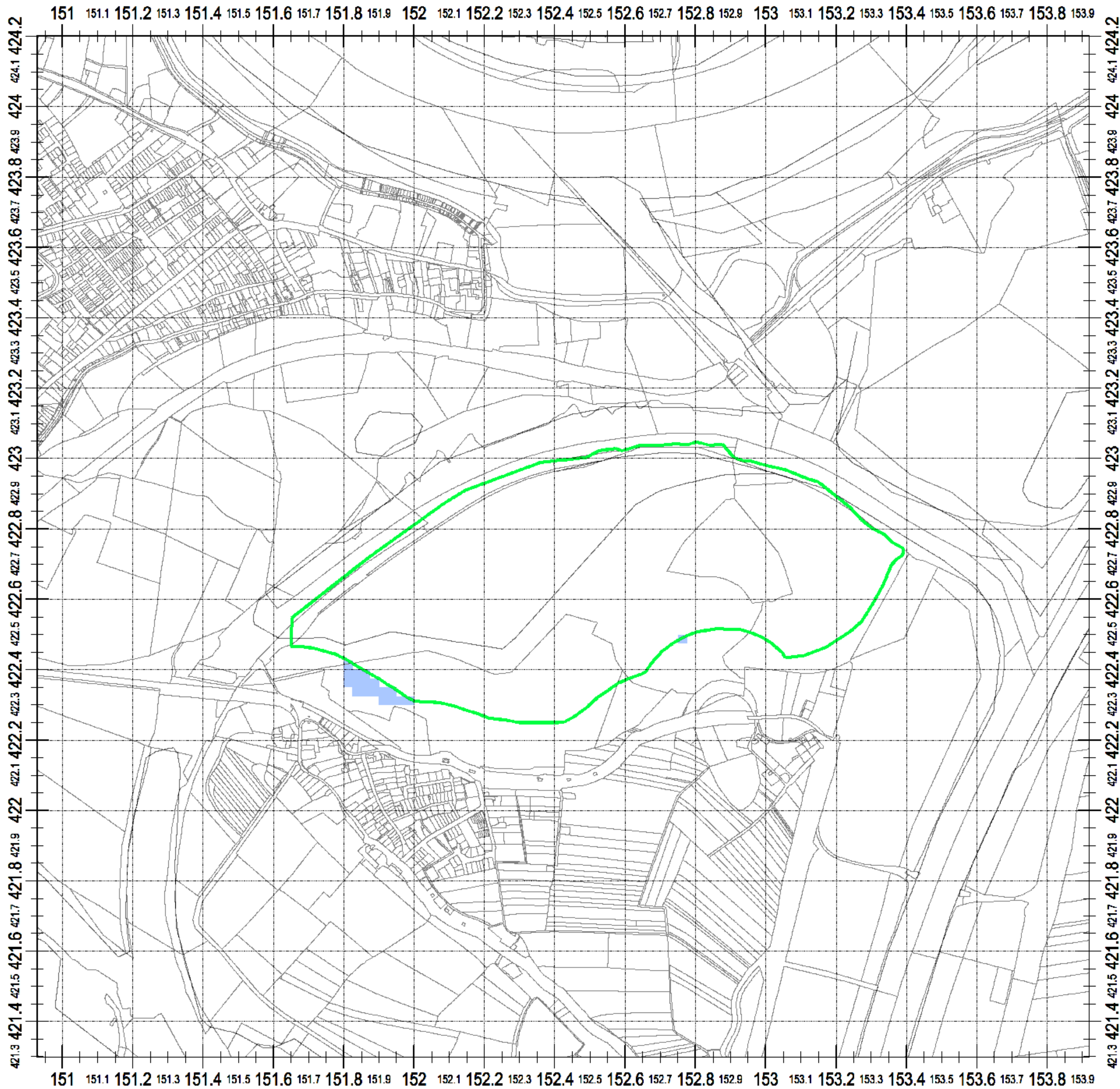
Dhead_MAX-ONTGR_T10la ag

Dhead_MAX-ONTGR_T10laag.IDF



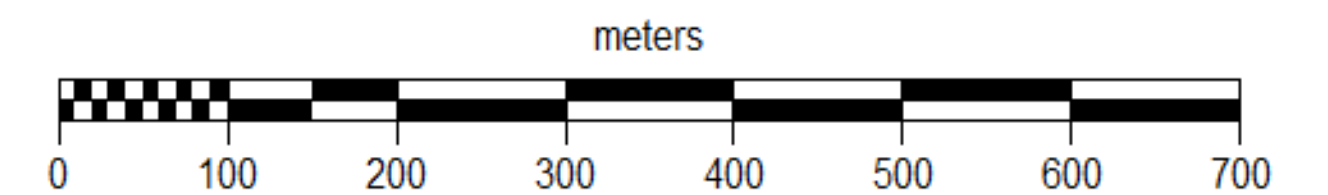
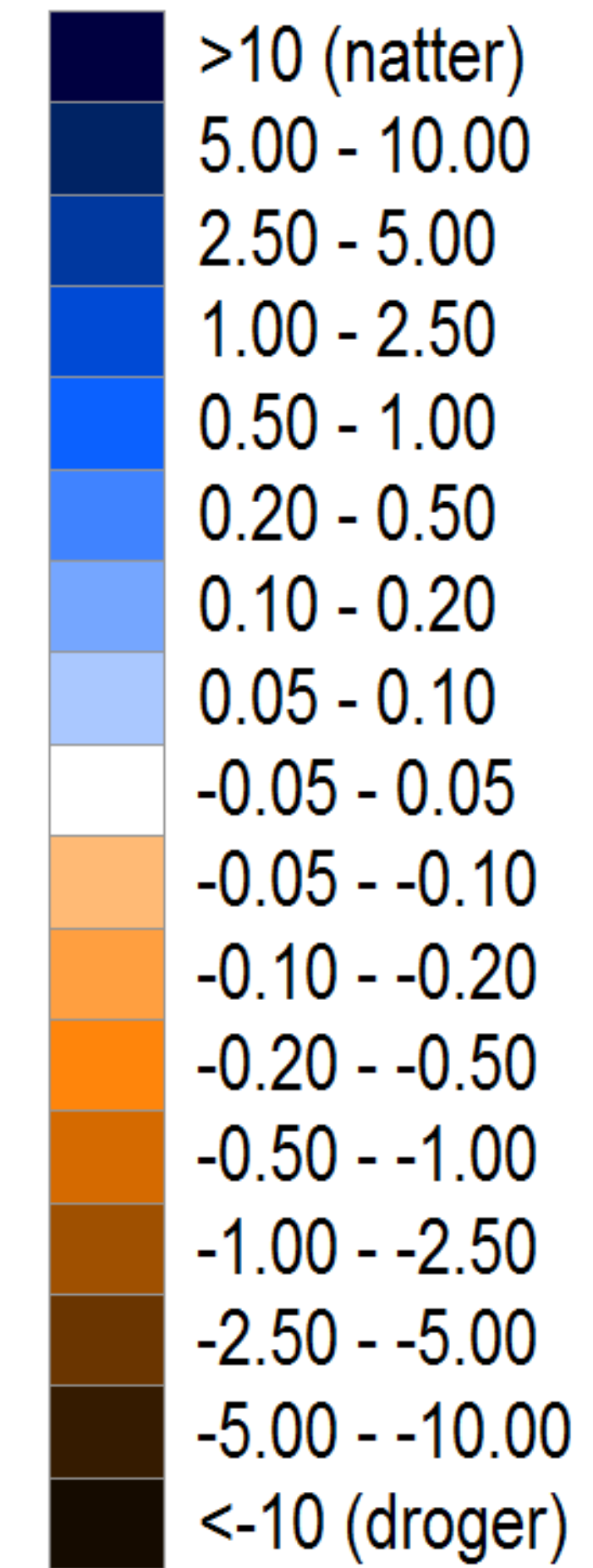
Project:
Alem

Figure/report: *
Creation Date/time: 2-February-2022 15:31:28



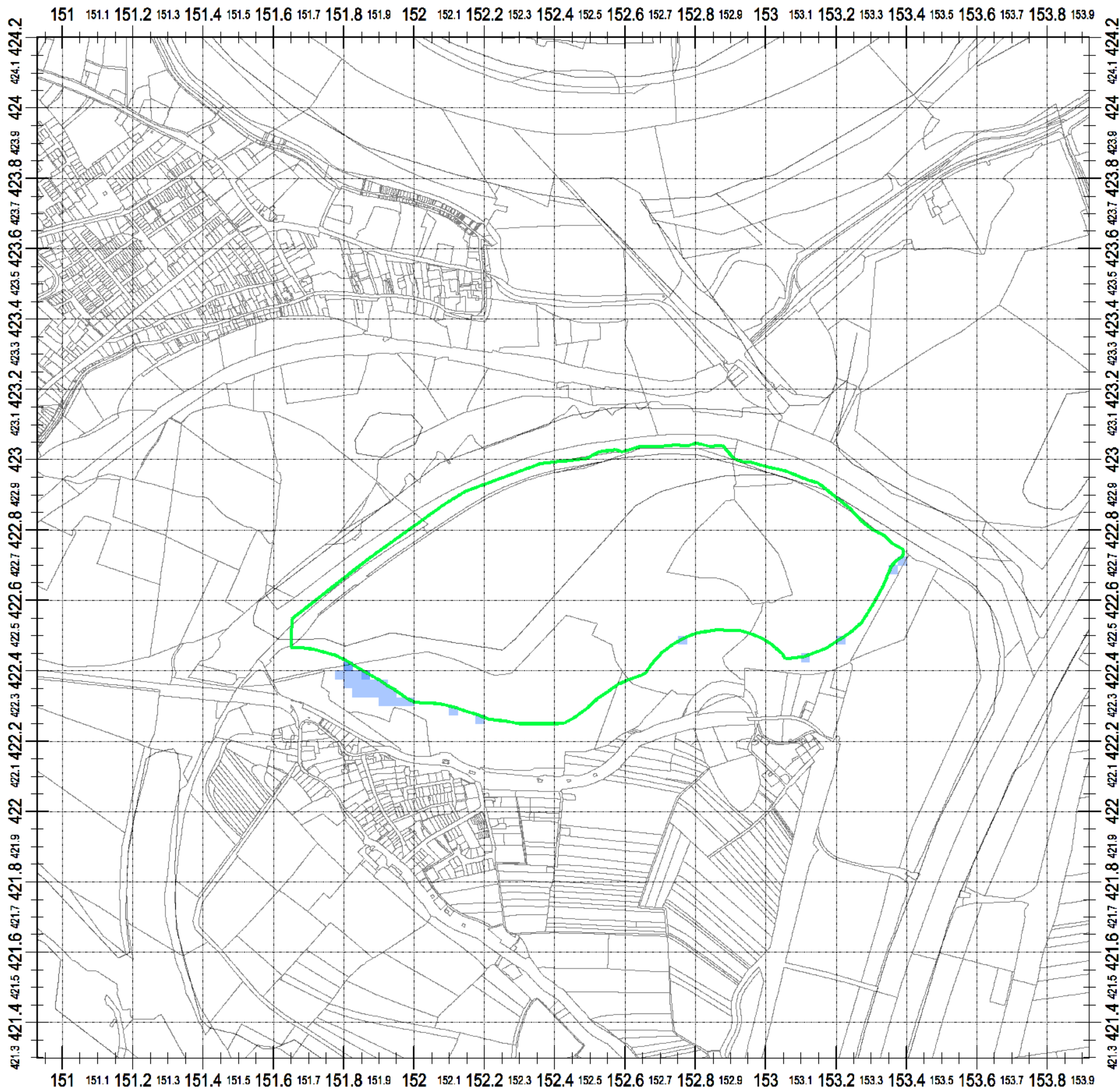
Dhead_MAX-ONTGR-BOD W-C5_T10laag

Dhead_MAX-ONTGR-BODW-C5_T10laag.IDF



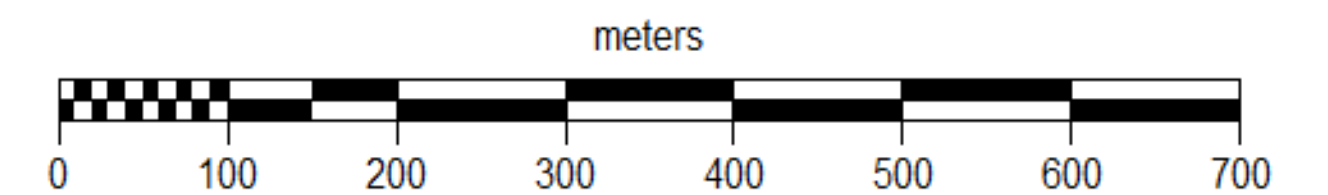
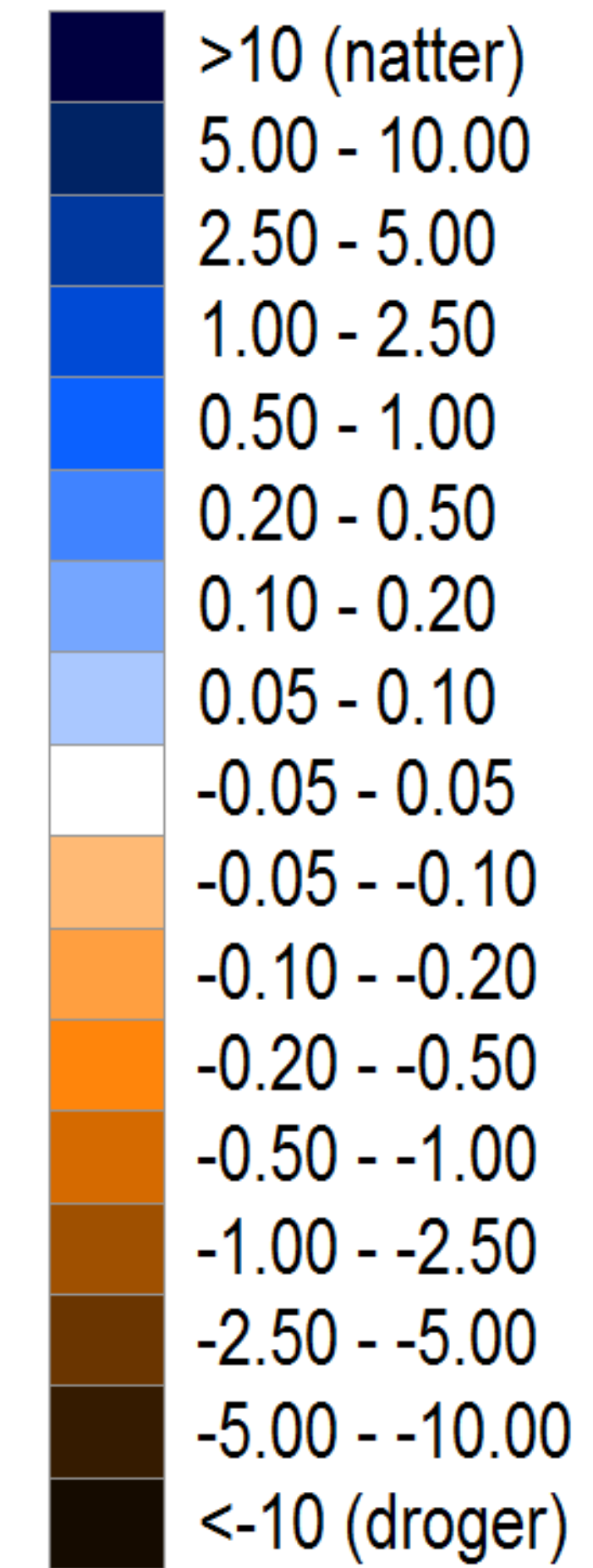
Project:
Alem

Figure/report: *
Creation Date/time: 2-February-2022 15:38:2



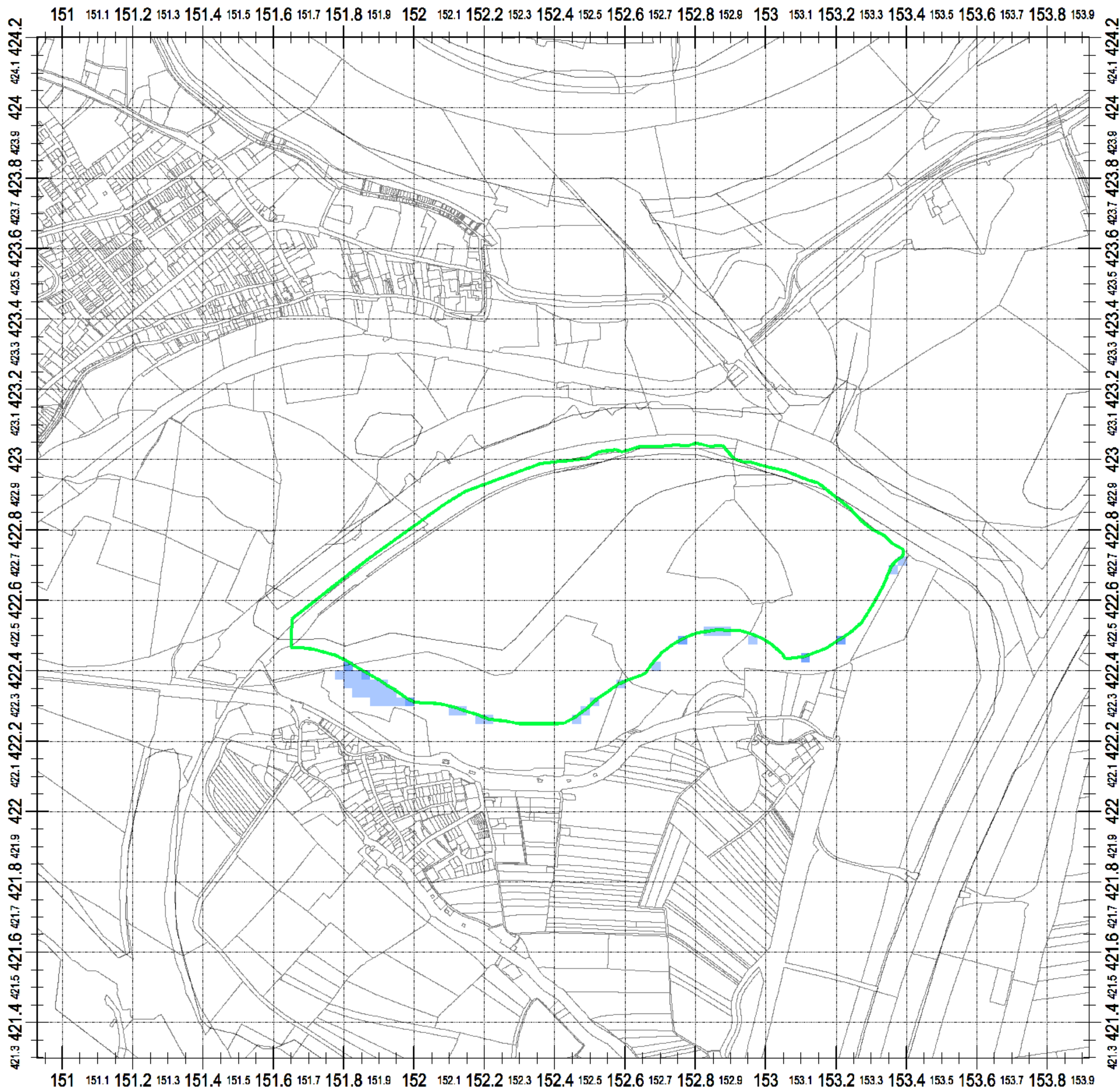
Dhead_MAX-ONTGR-BOD W-C20_T10laag

Dhead_MAX-ONTGR-BODW-C20_T10laag.IDF



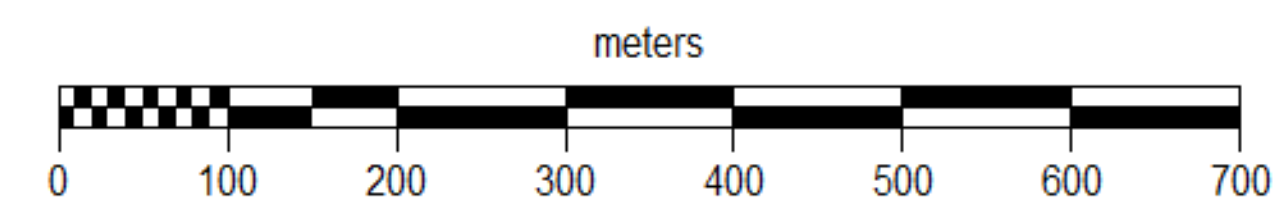
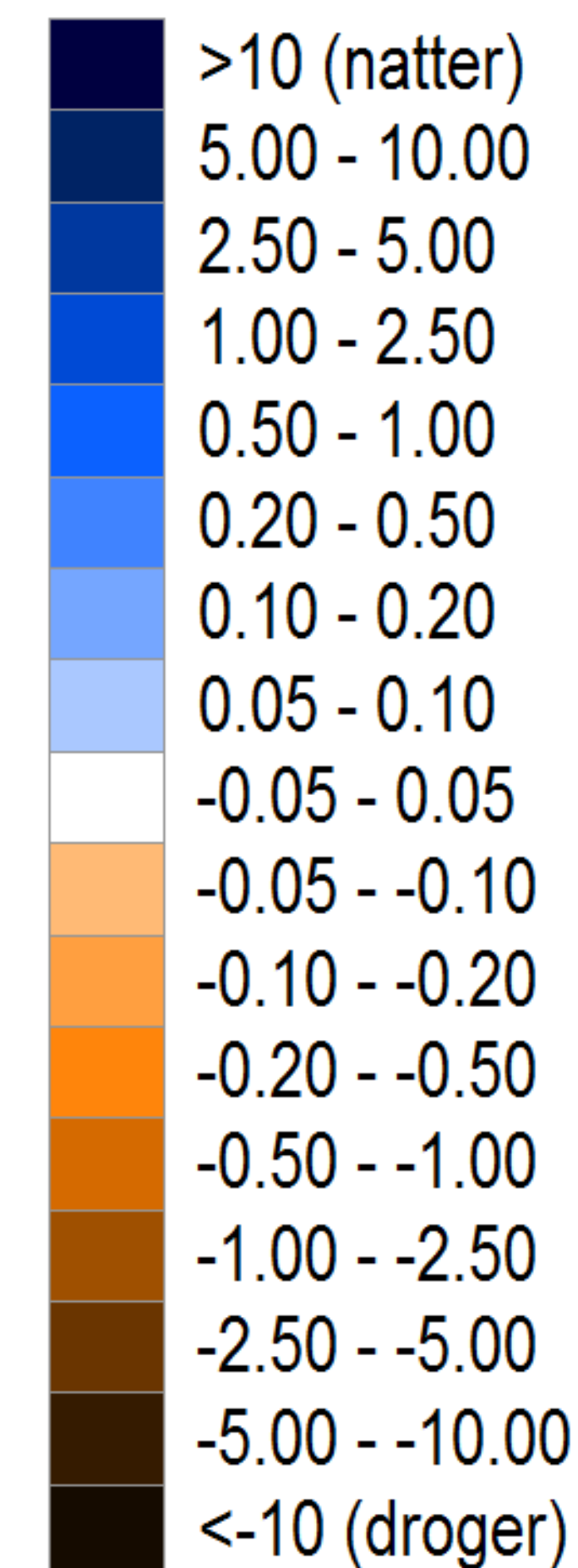
Project:
Alem

Figure/report: *
Creation Date/time: 2-February-2022 15:36:55



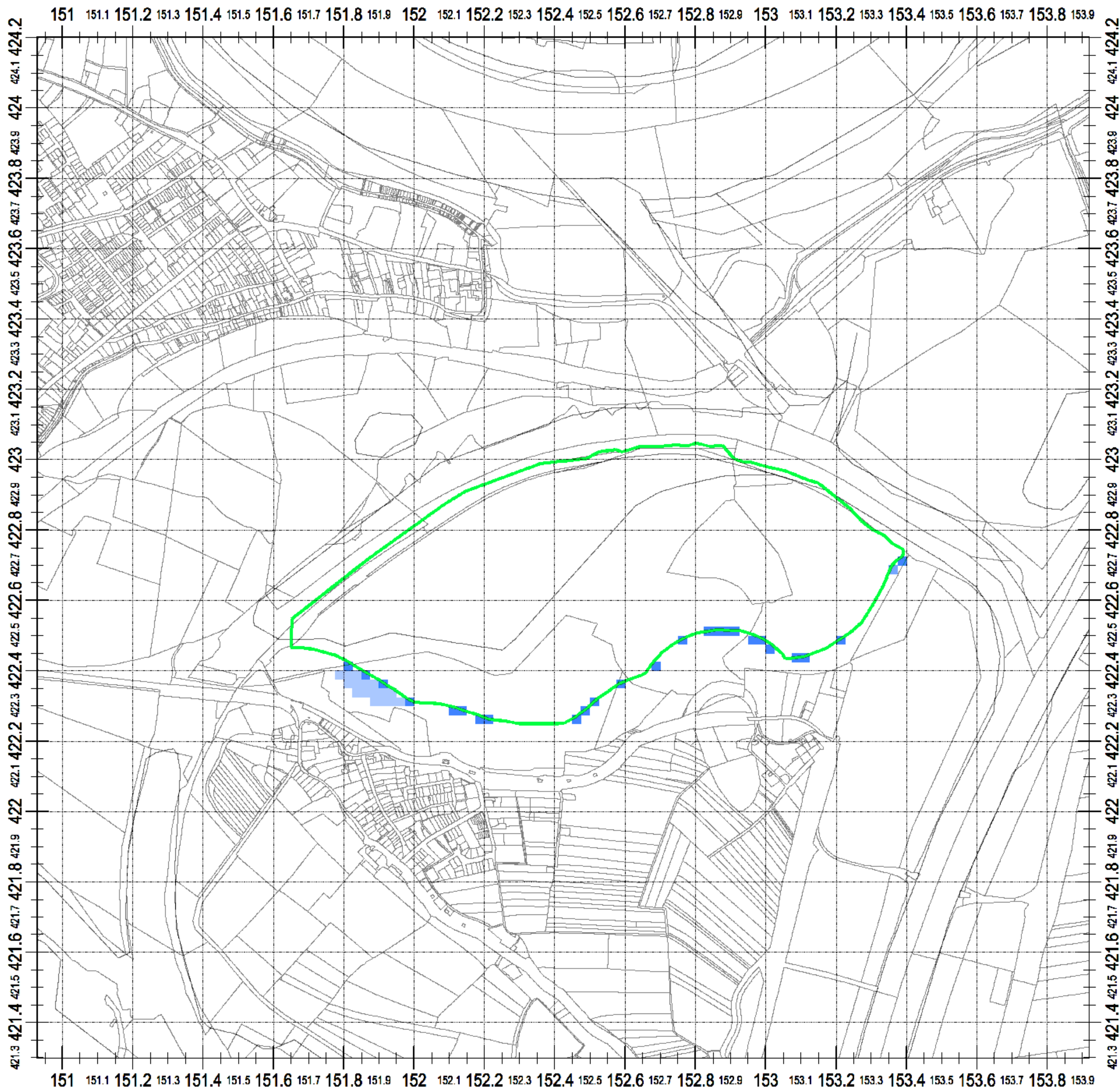
Dhead_MAX-ONTGR-BOD W-C50_T10laag

Dhead_MAX-ONTGR-BODW-C50_T10laag.IDF



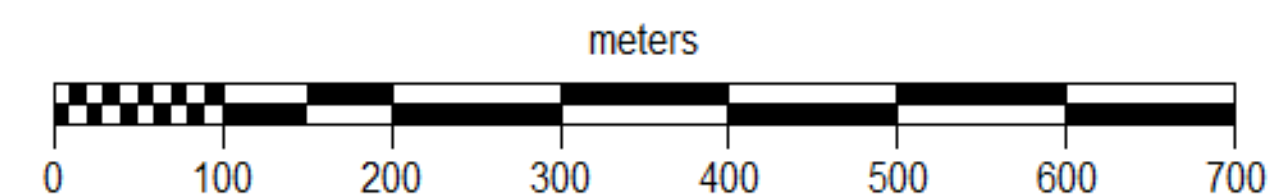
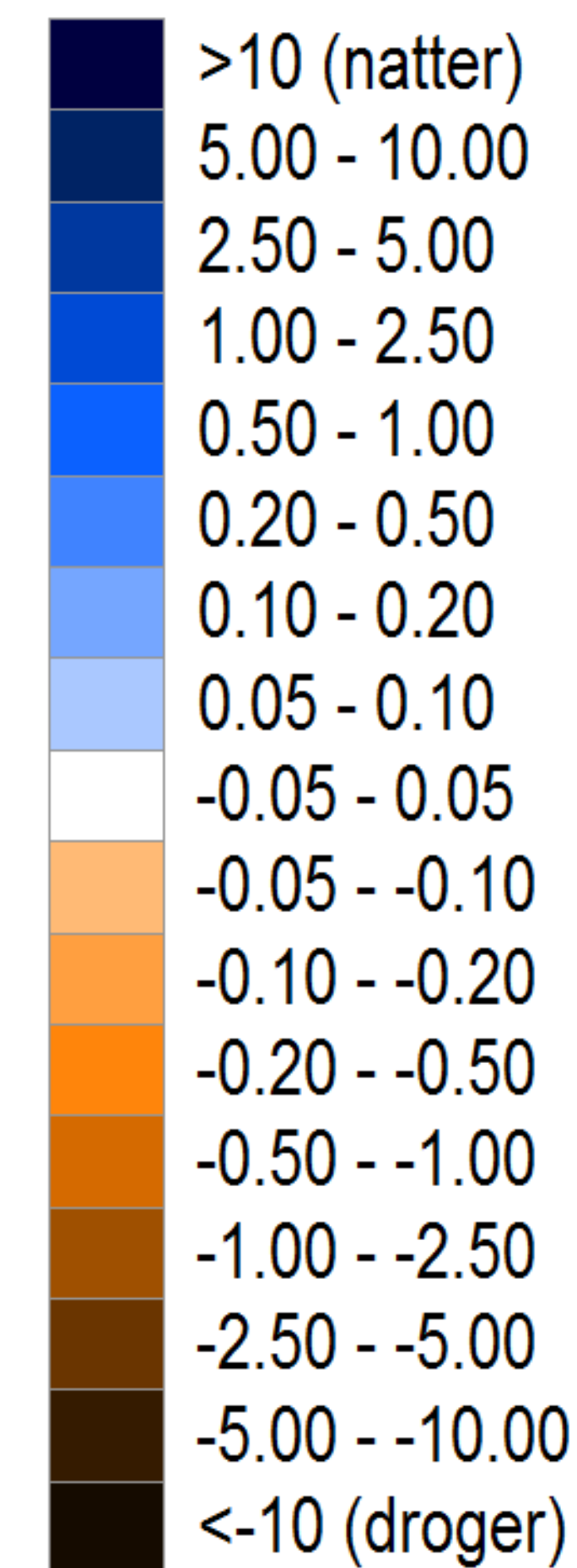
Project:
Alem

Figure/report: *
Creation Date/time: 2-February-2022 15:39:5



Dhead_MAX-ONTGR-BOD W-C100_T10laag

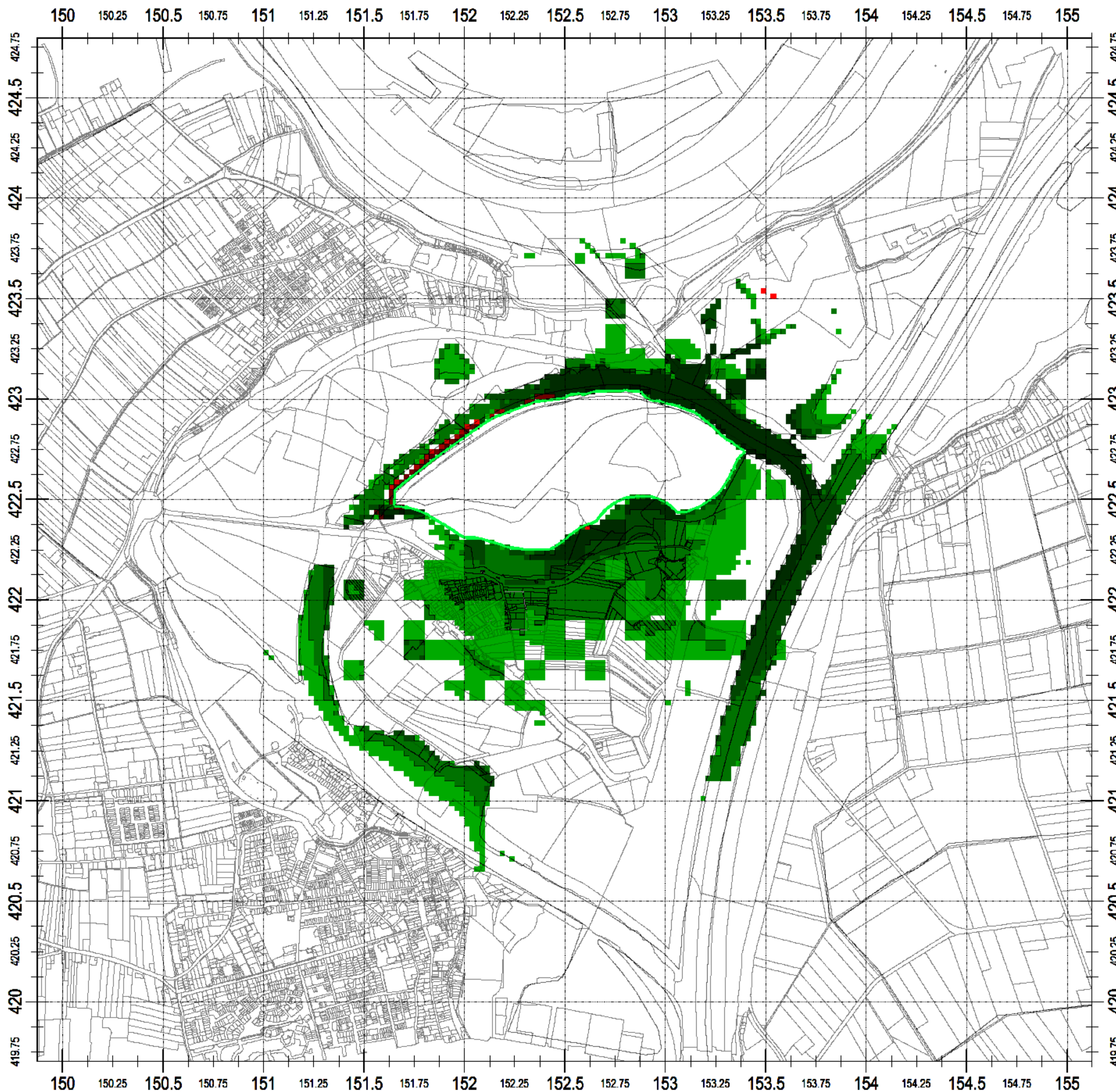
Dhead_MAX-ONTGR-BODW-C100_T10laag.IDF



Project:
Alem

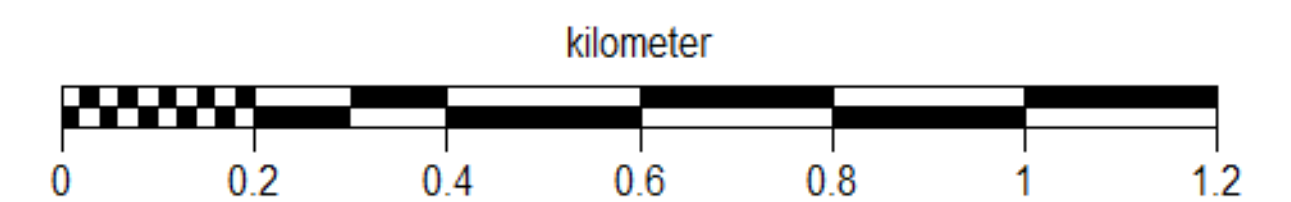
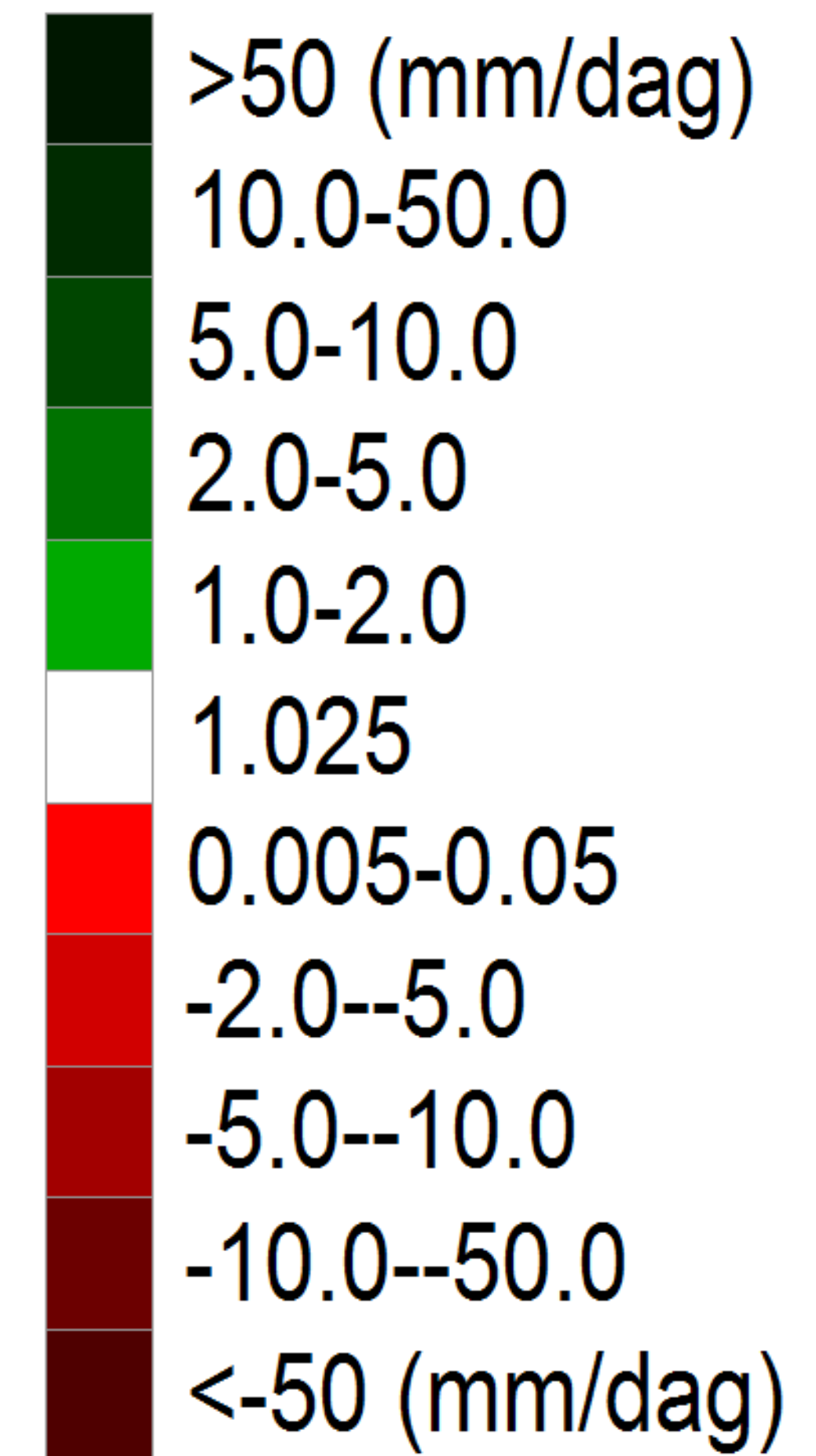
Figure/report: *
Creation Date/time: 22-February-2022 14:20:30

Bijlage 7 – Kwelverandering kaarten



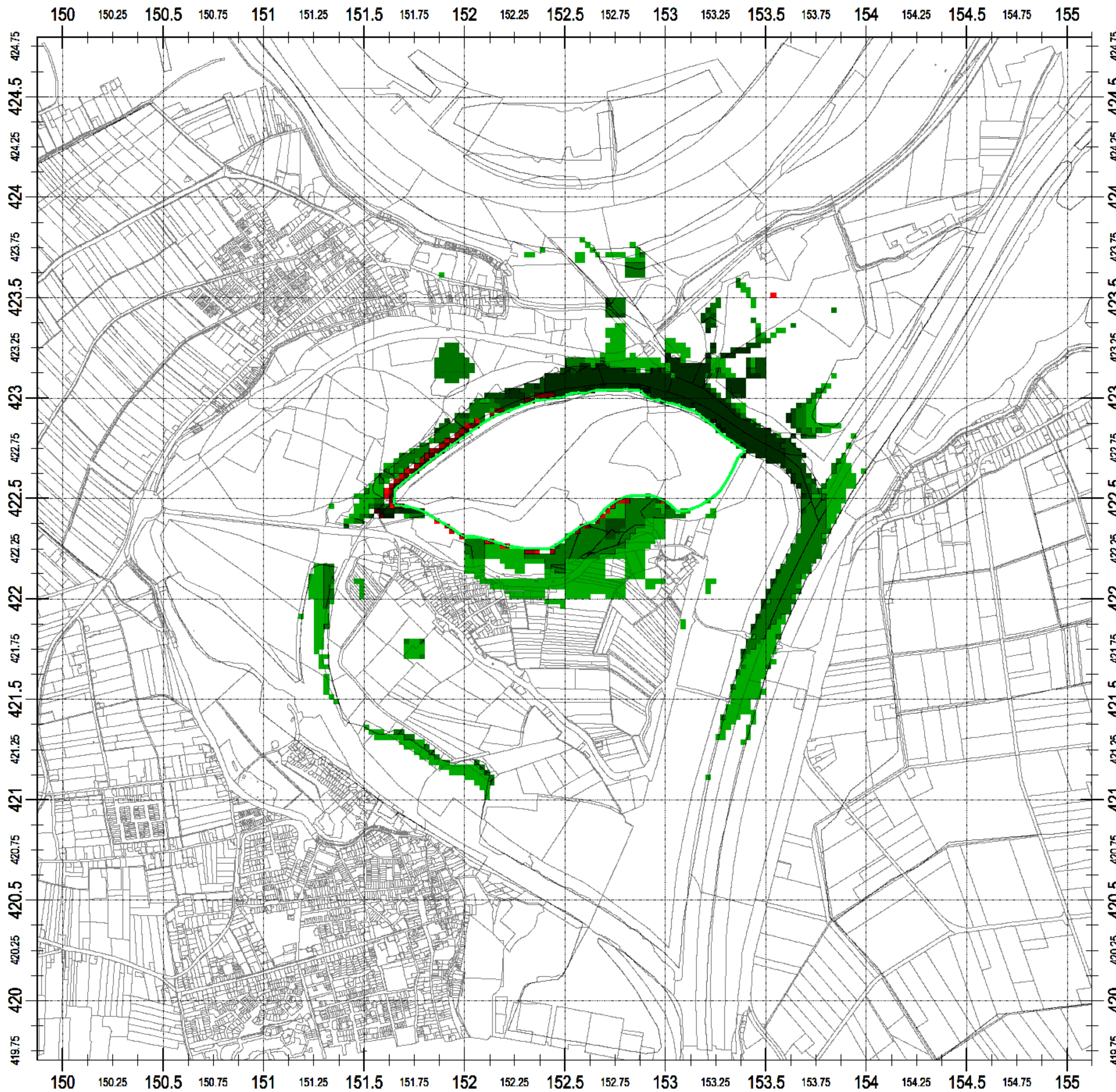
dkwel_MAX-ONTGR_T10hoog_mm

dkwel_MAX-ONTGR_T10hoog_mm.IDF



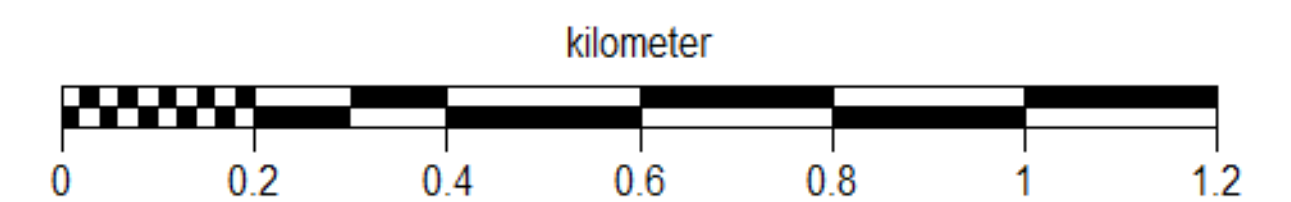
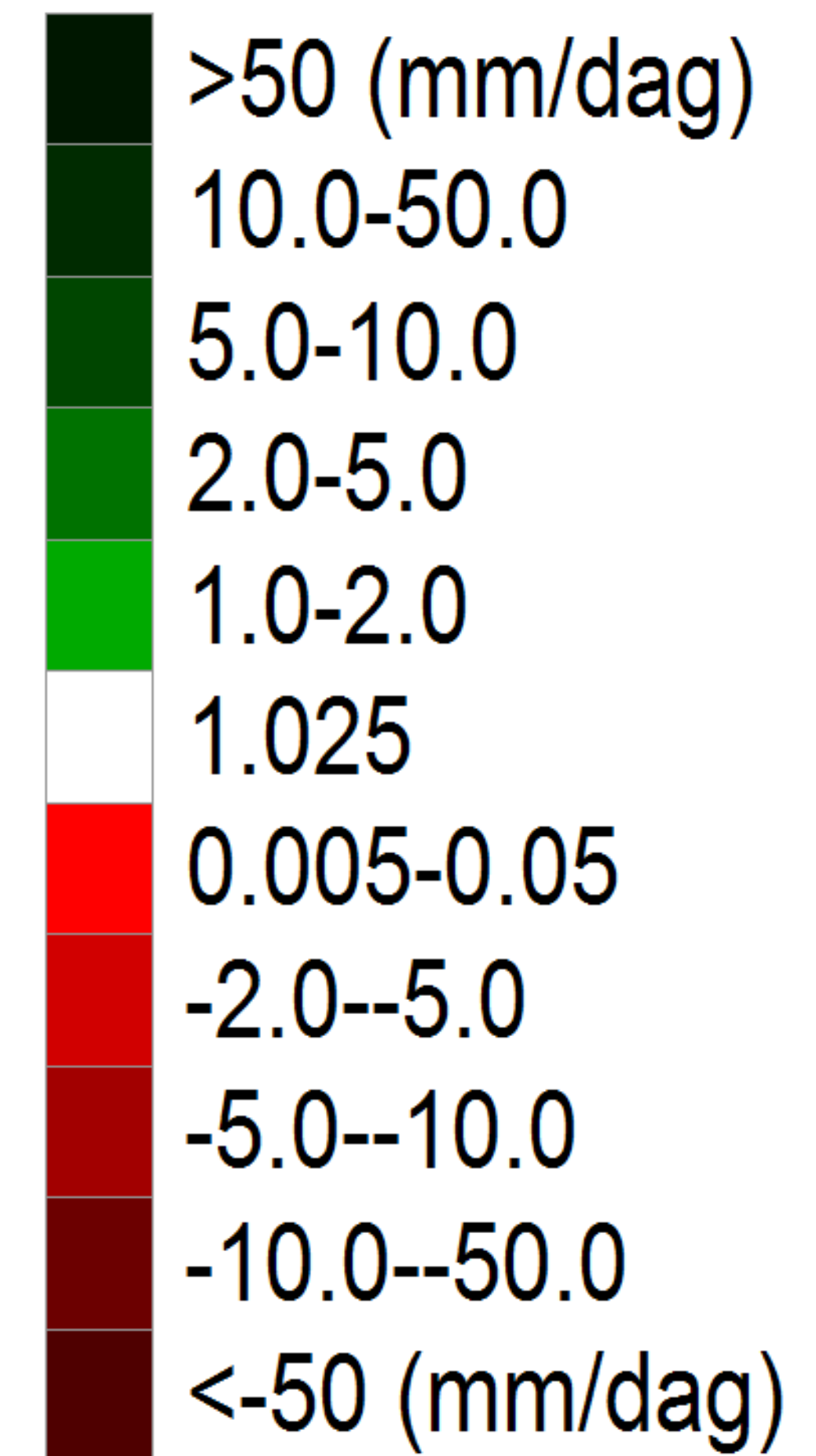
Project:
Alem

Figure/report: *
Creation Date/time: 23-June-2022 15:25:3



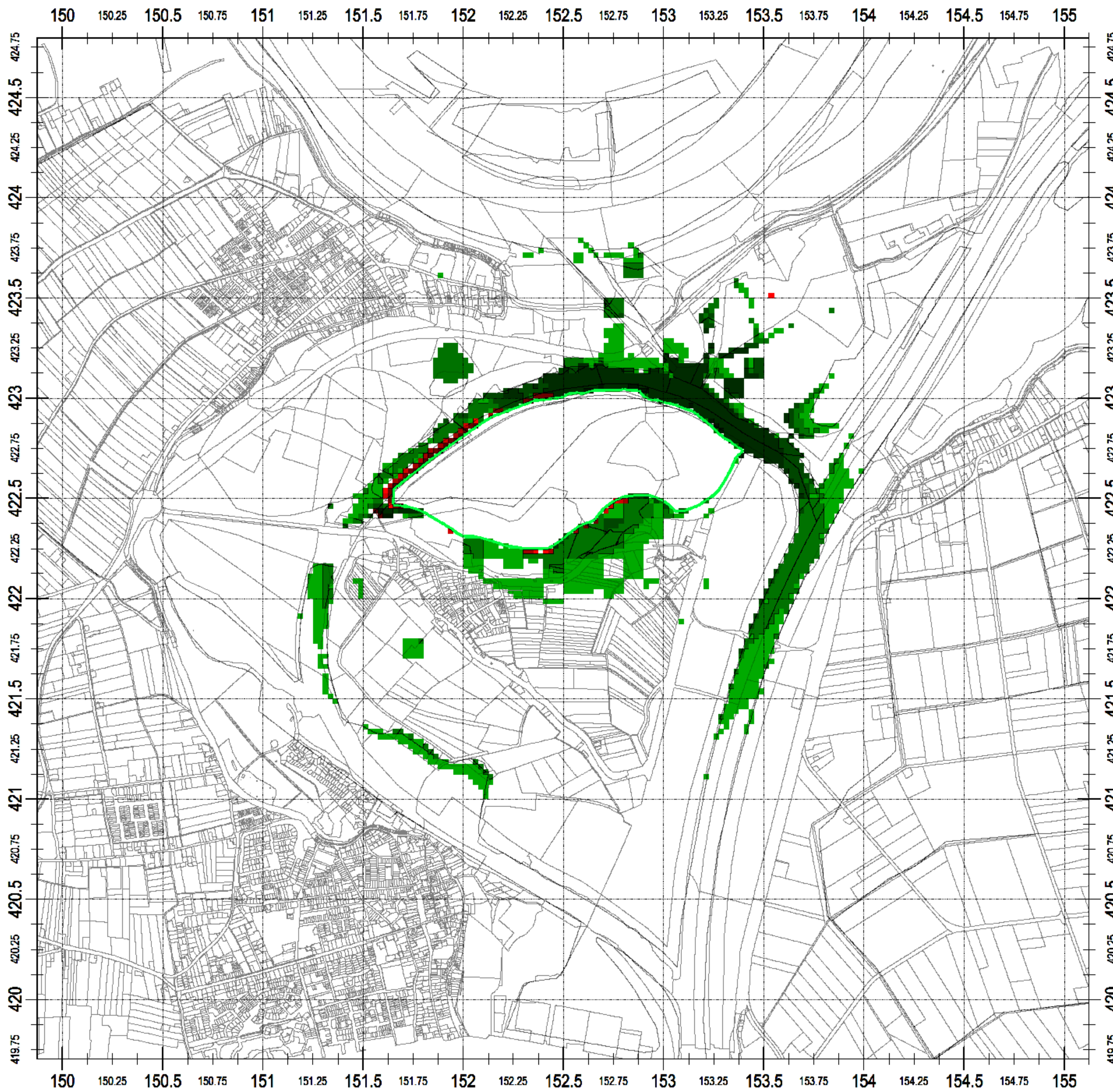
**dkwel_MAX-ONTGR-BODW
-C5_T10hoog_mm**

dkwel_MAX-ONTGR-BODW-C5_T10hoog_mm.IDF



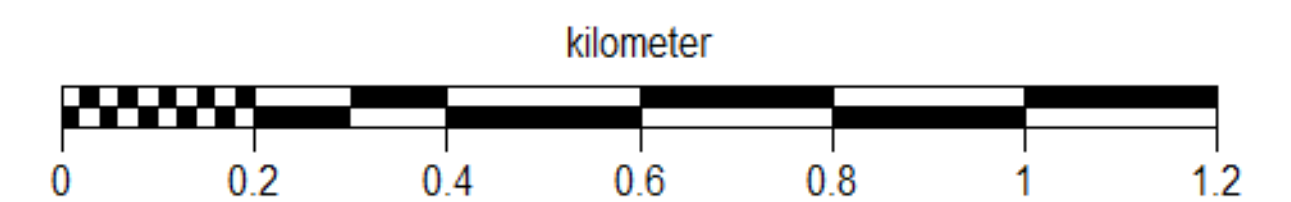
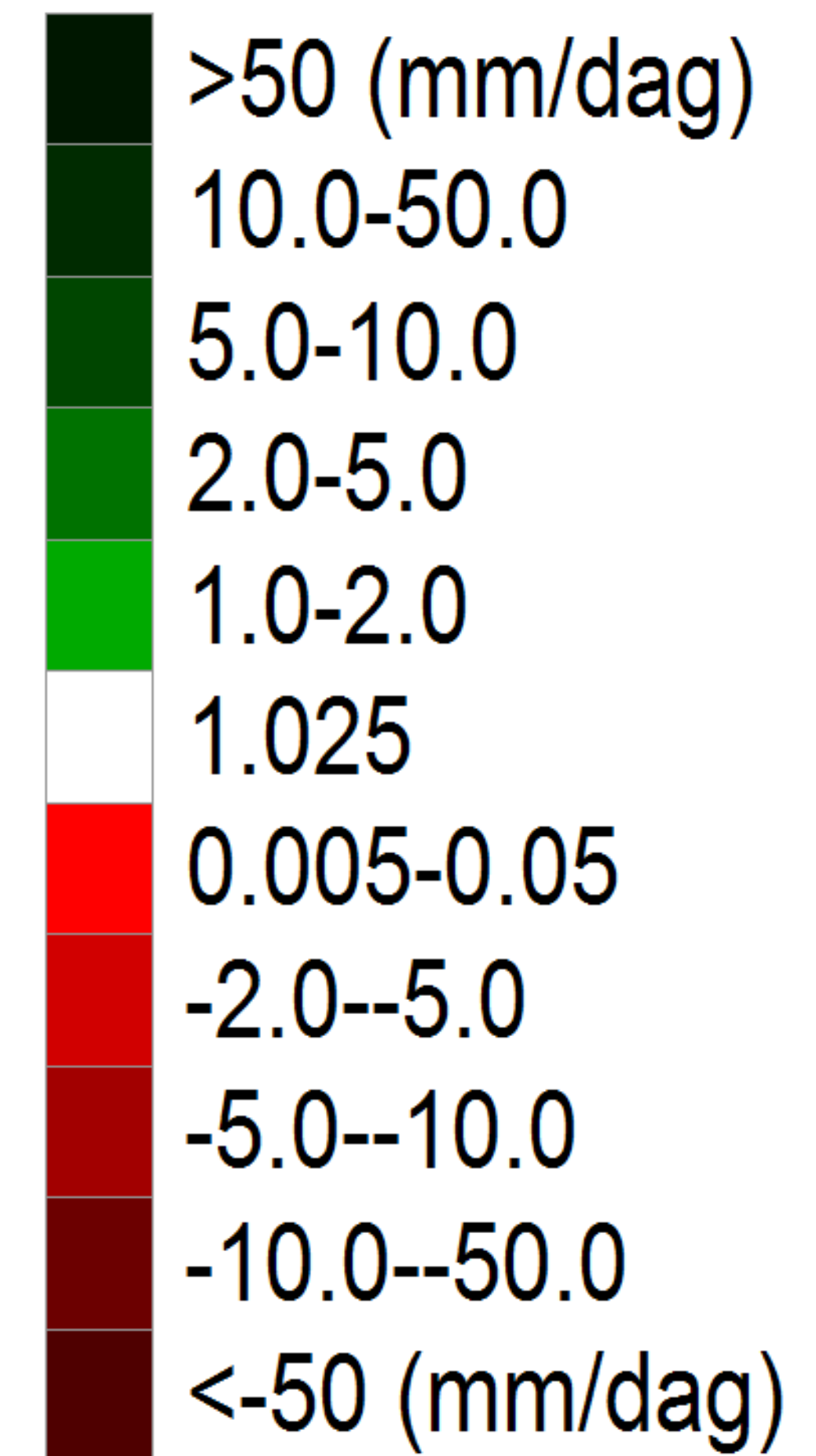
Project:
Alem

Figure/report: *
Creation Date/time: 23-June-2022 15:24:57



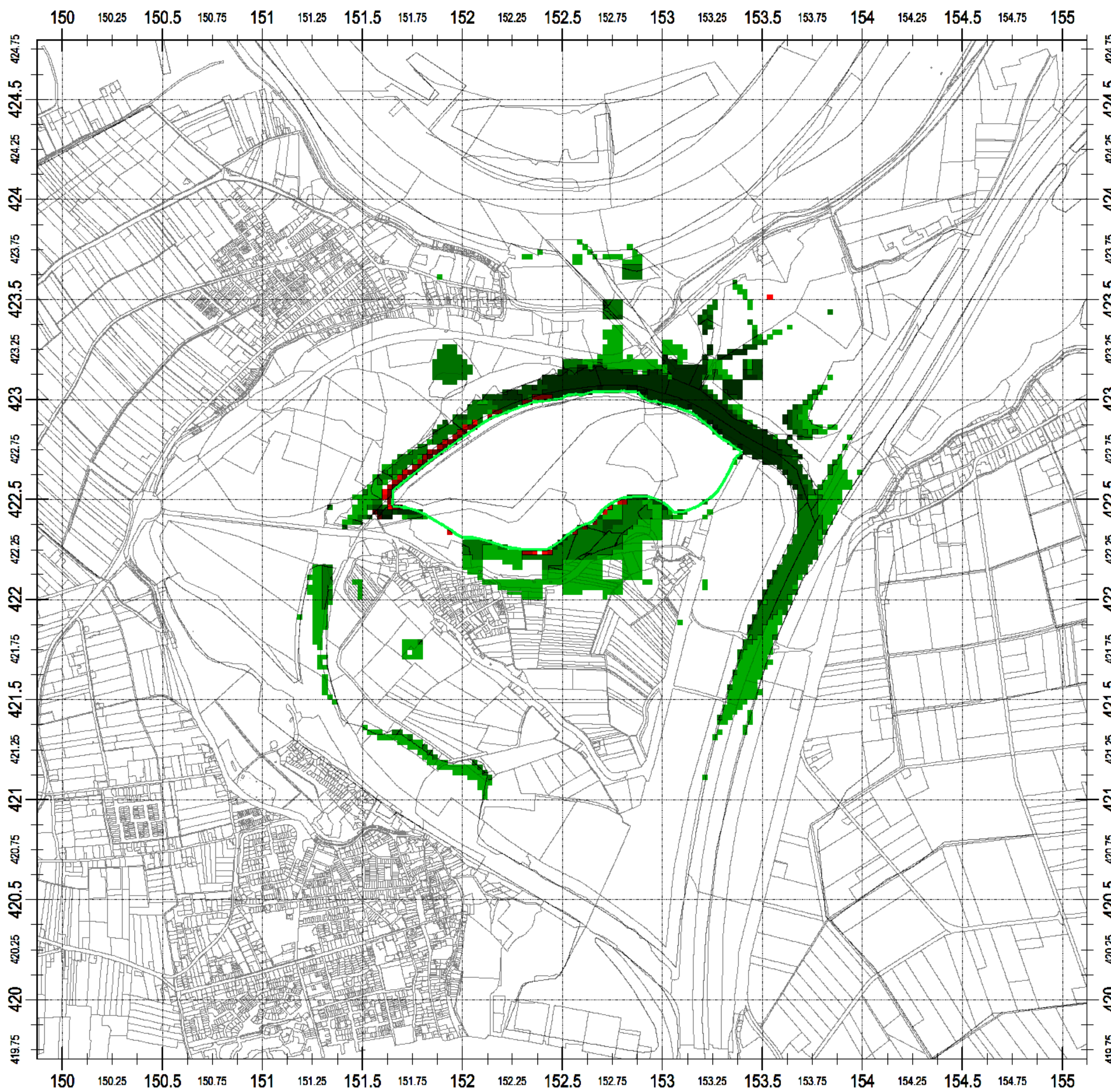
**dkwel_MAX-ONTGR-BODW
-C20_T10hoog_mm**

dkwel_MAX-ONTGR-BODW-C20_T10hoog_mm.IDF



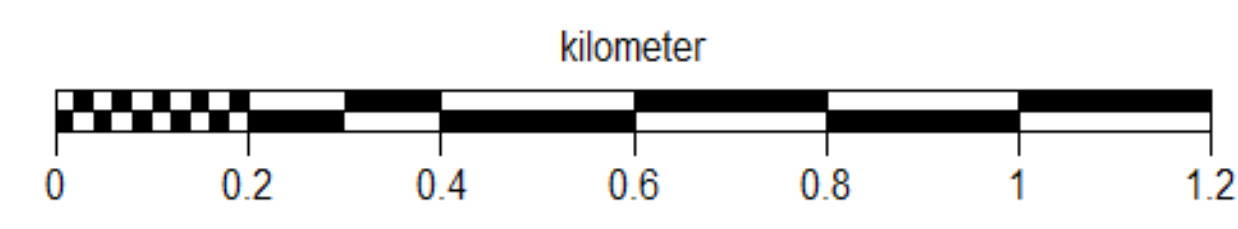
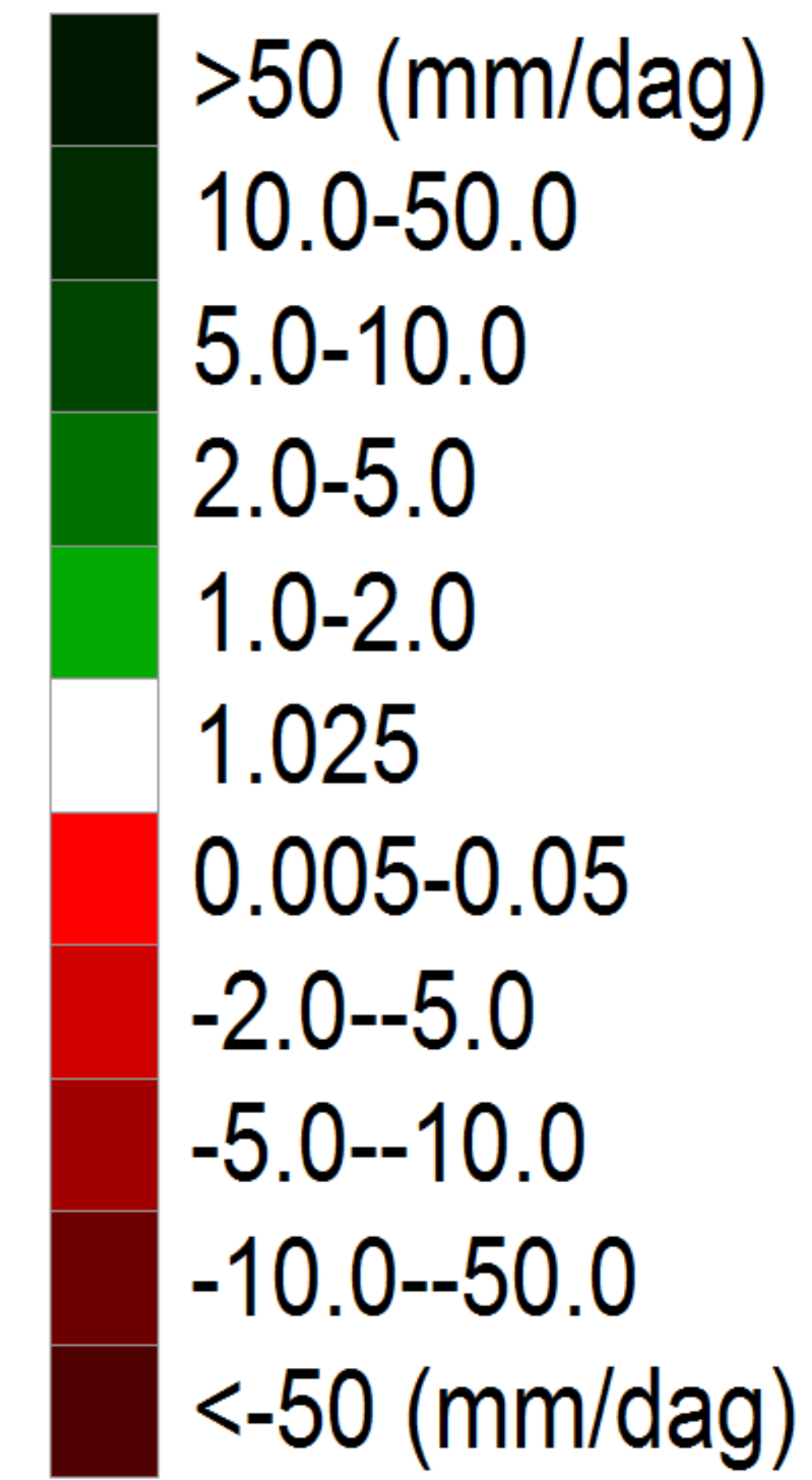
Project:
Alem

*Figure/report: **
Creation Date/time: 23-June-2022 15:24:44



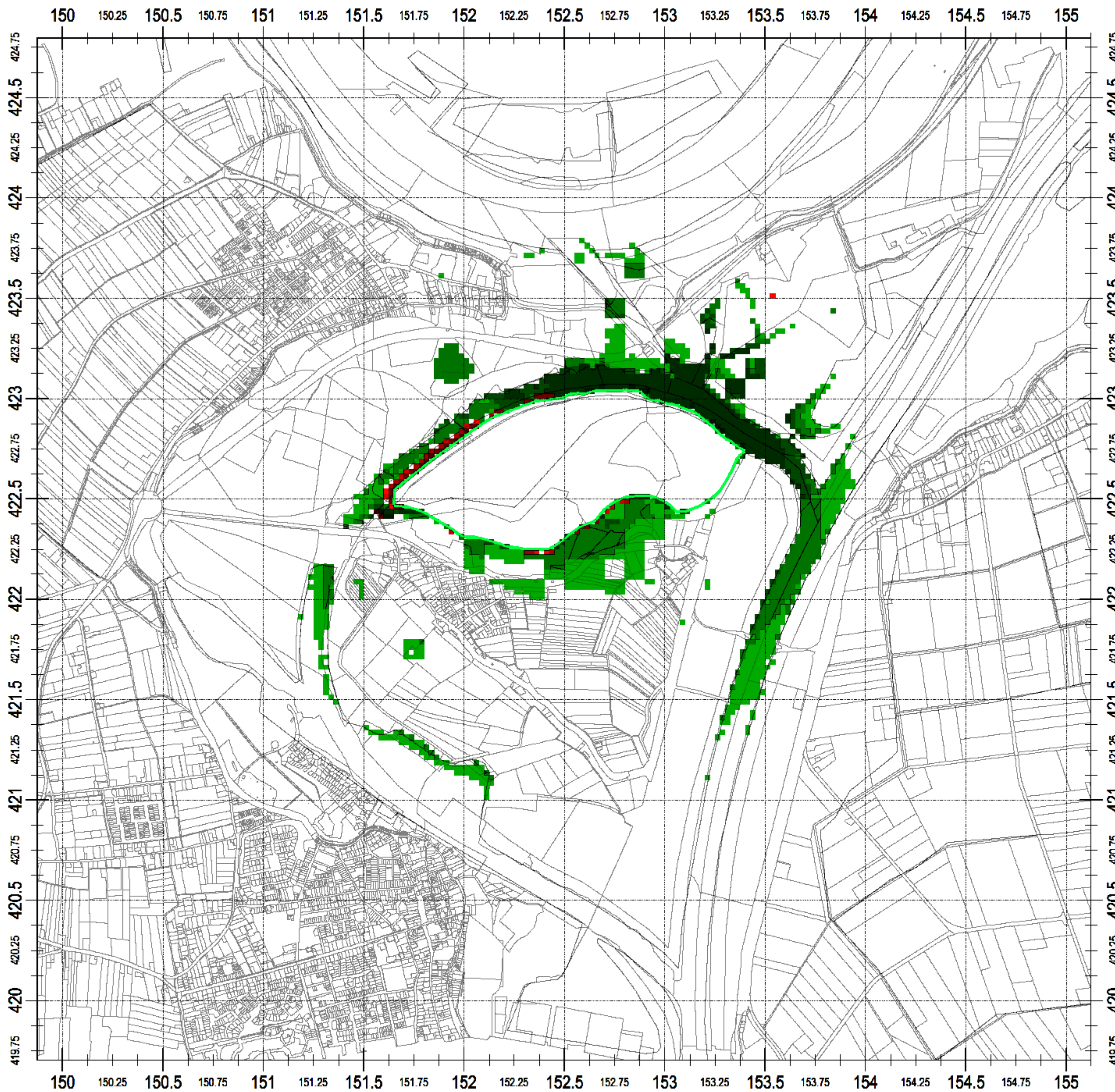
dkwel_MAX-ONTGR-BODW -C50_T10hoog_mm

dkwel_MAX-ONTGR-BODW-C50_T10hoog_mm.IDF



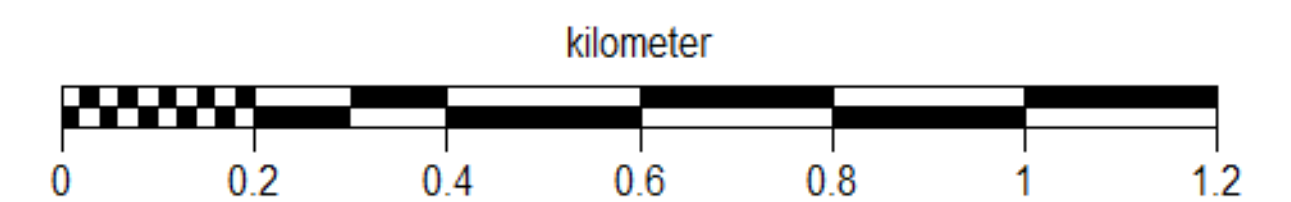
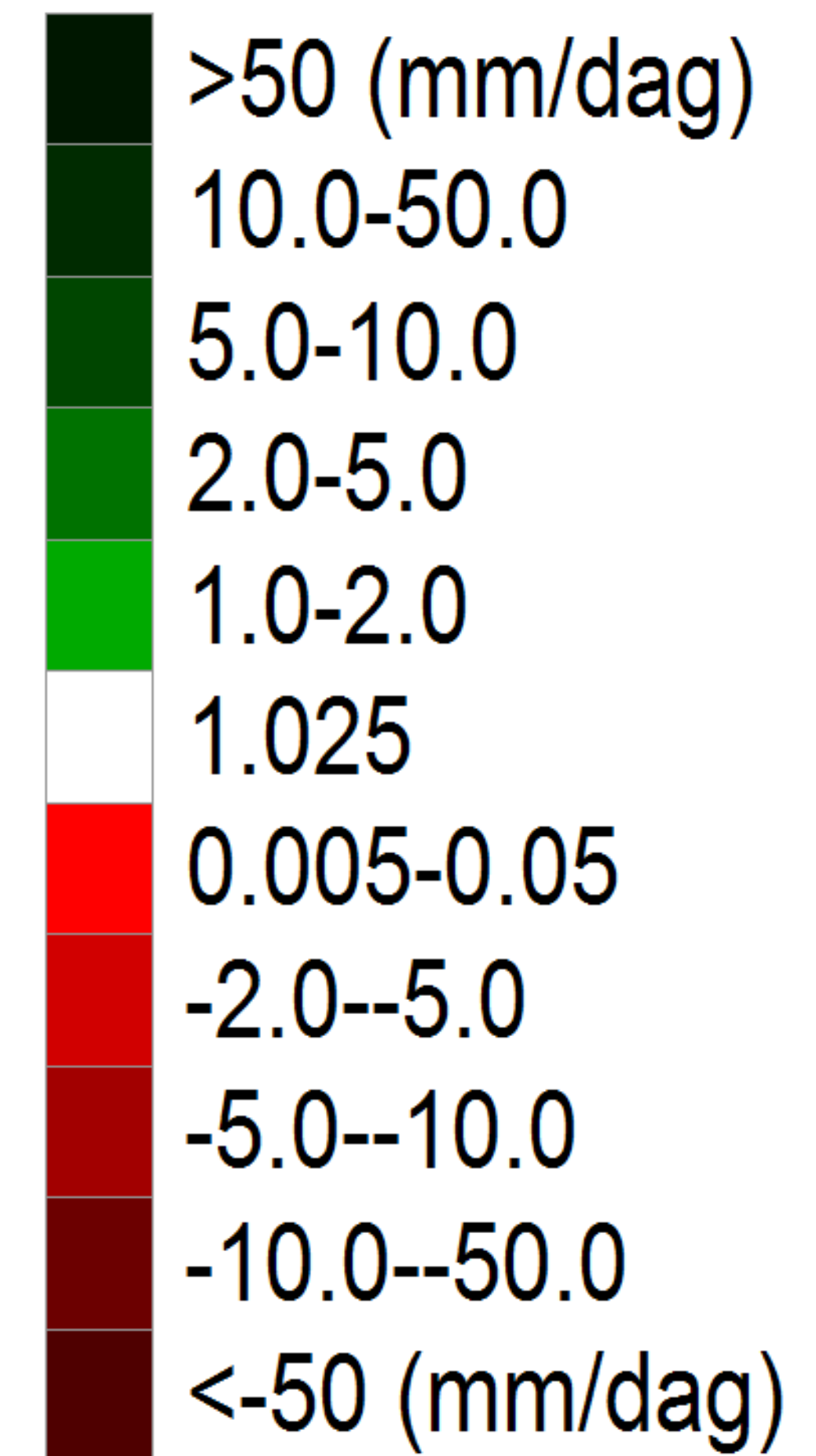
Project:
Alem

Figure/report: *
Creation Date/time: 23-June-2022 15:24:51



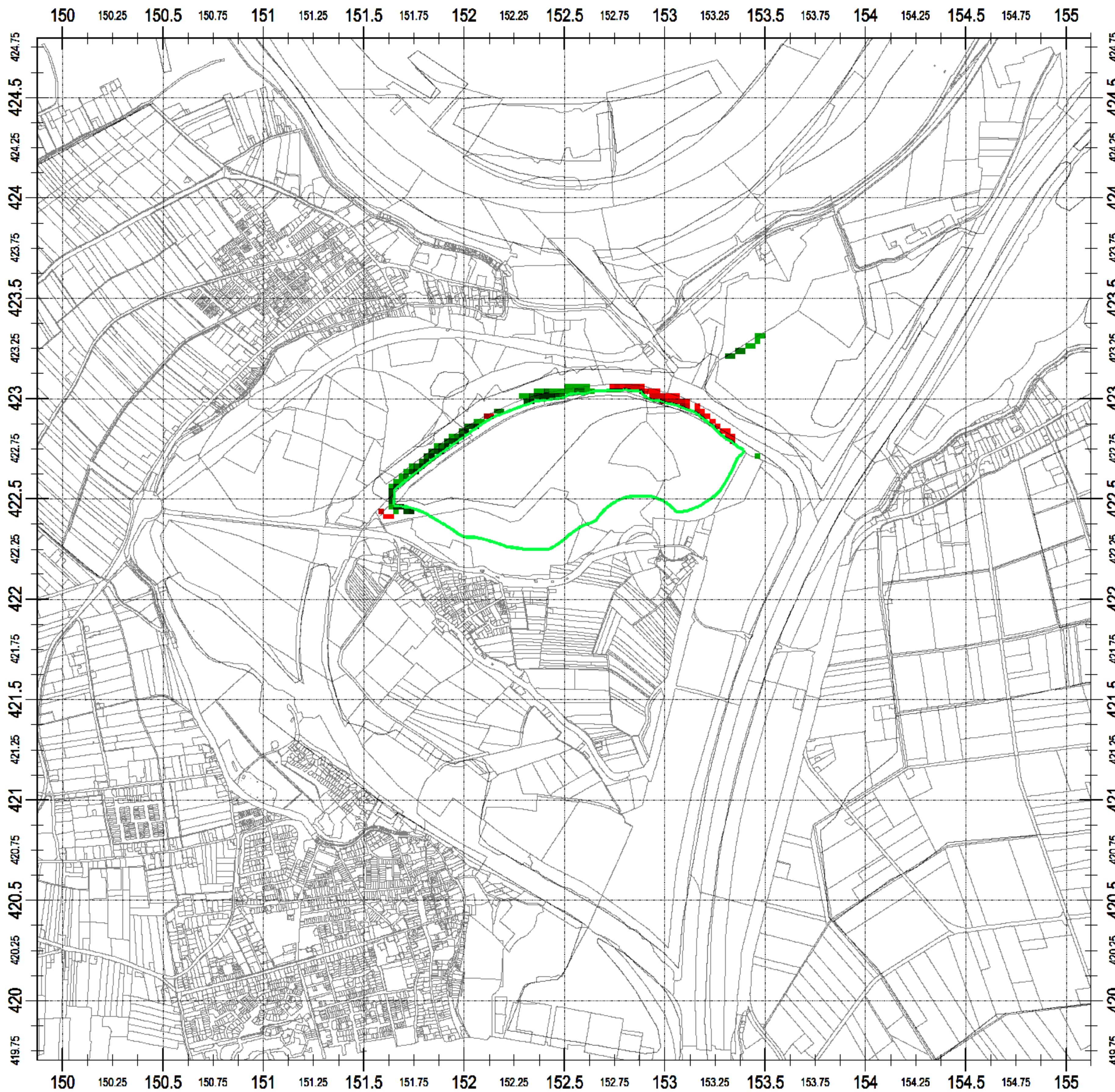
**dkwel_MAX-ONTGR-BODW
-C100_T10hoog_mm**

dkwel_MAX-ONTGR-BODW-C100_T10hoog_mm.ID
F



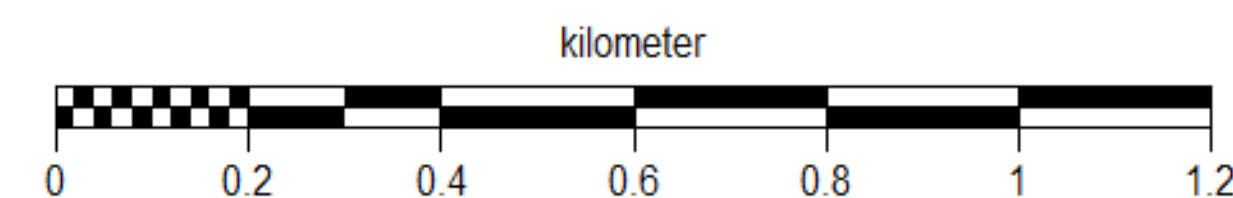
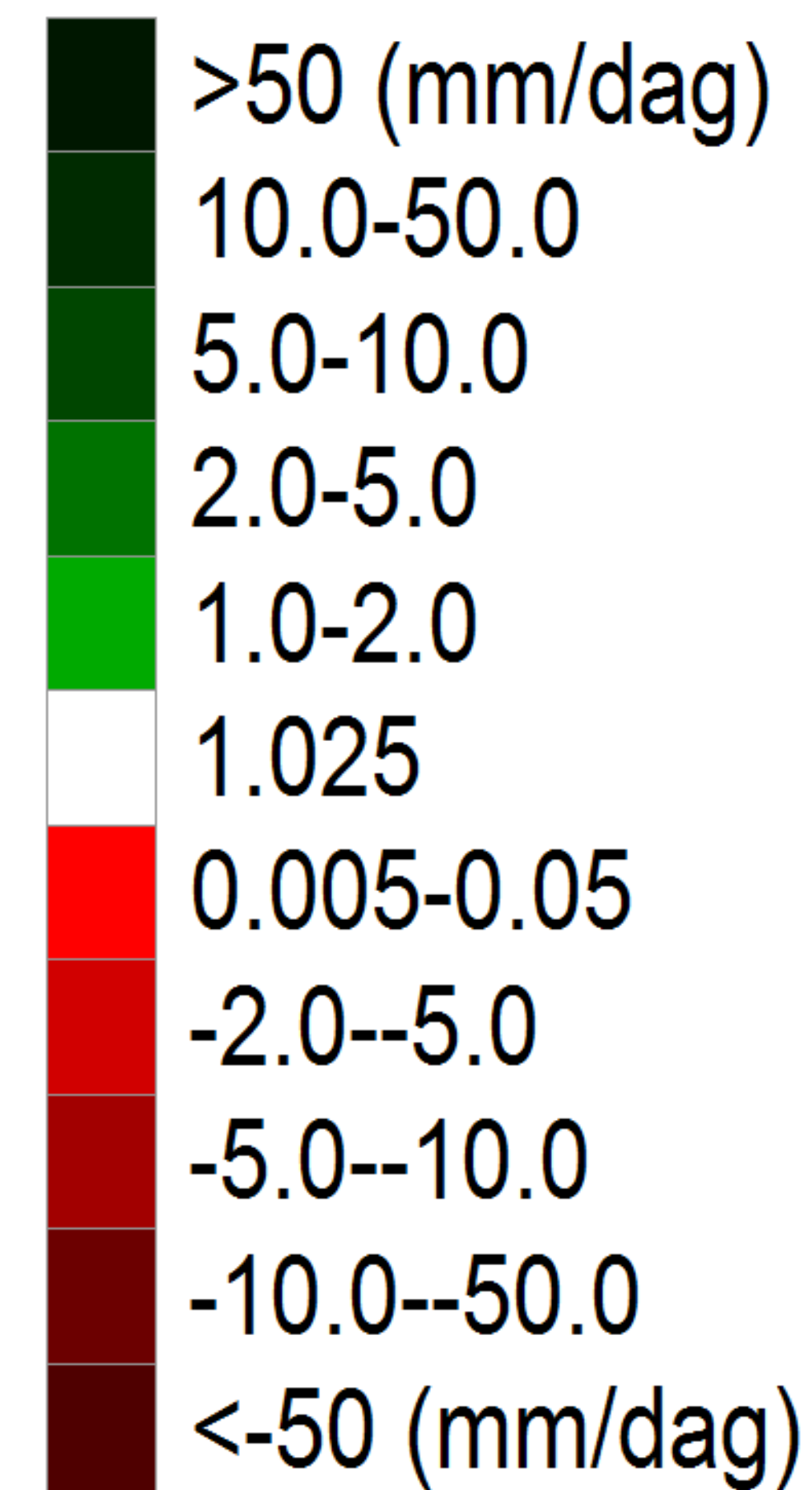
Project:
Alem

Figure/report: *
Creation Date/time: 23-June-2022 15:24:38



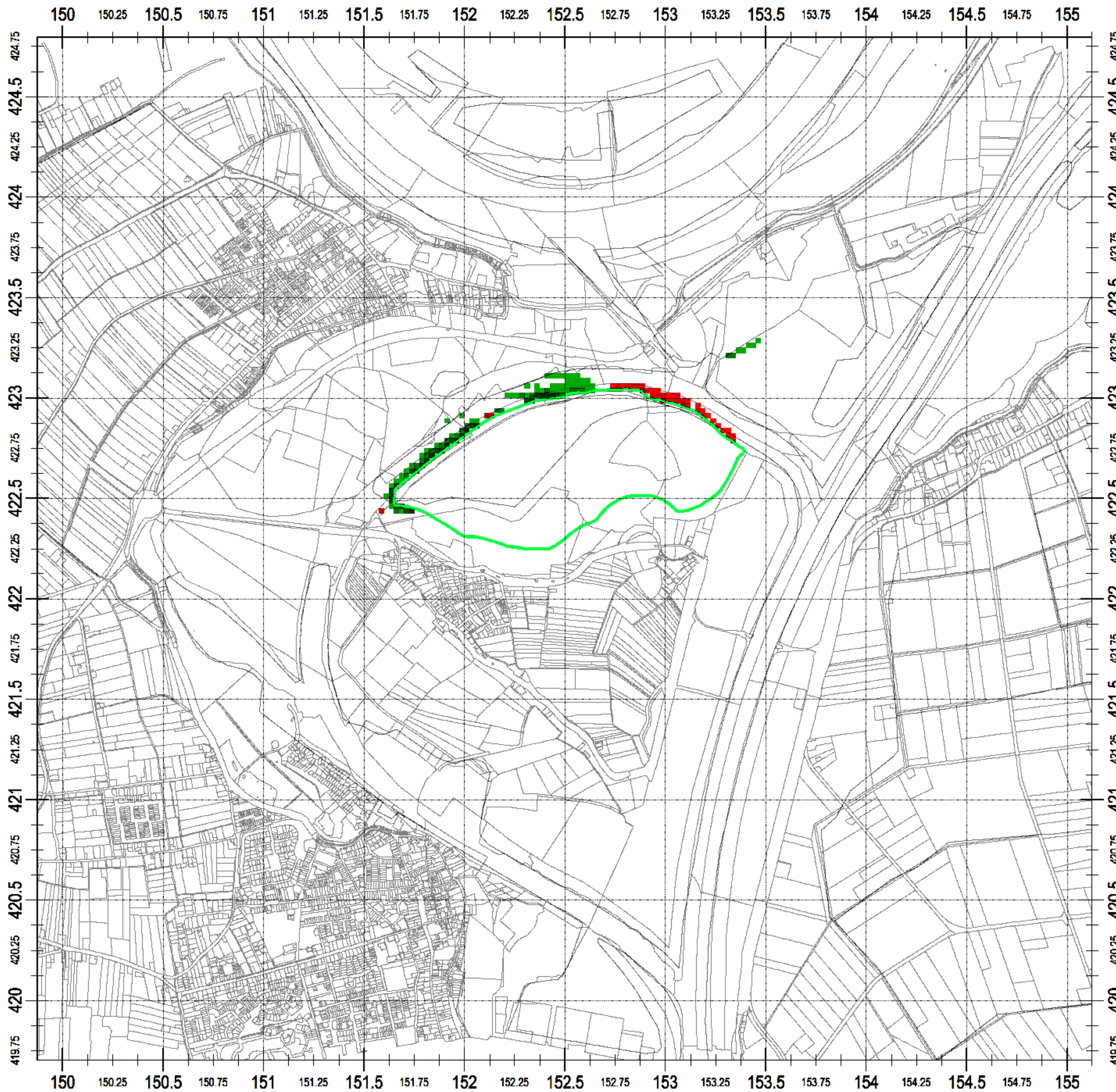
dkwel_MAX-ONTGR_T10la
ag_mm

dkwel_MAX-ONTGR_T10laag_mm.IDF



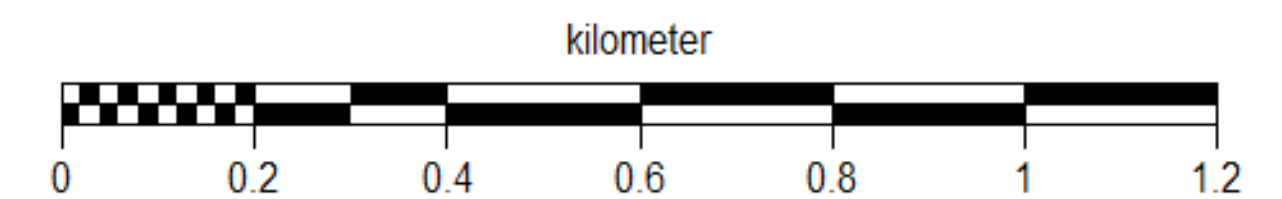
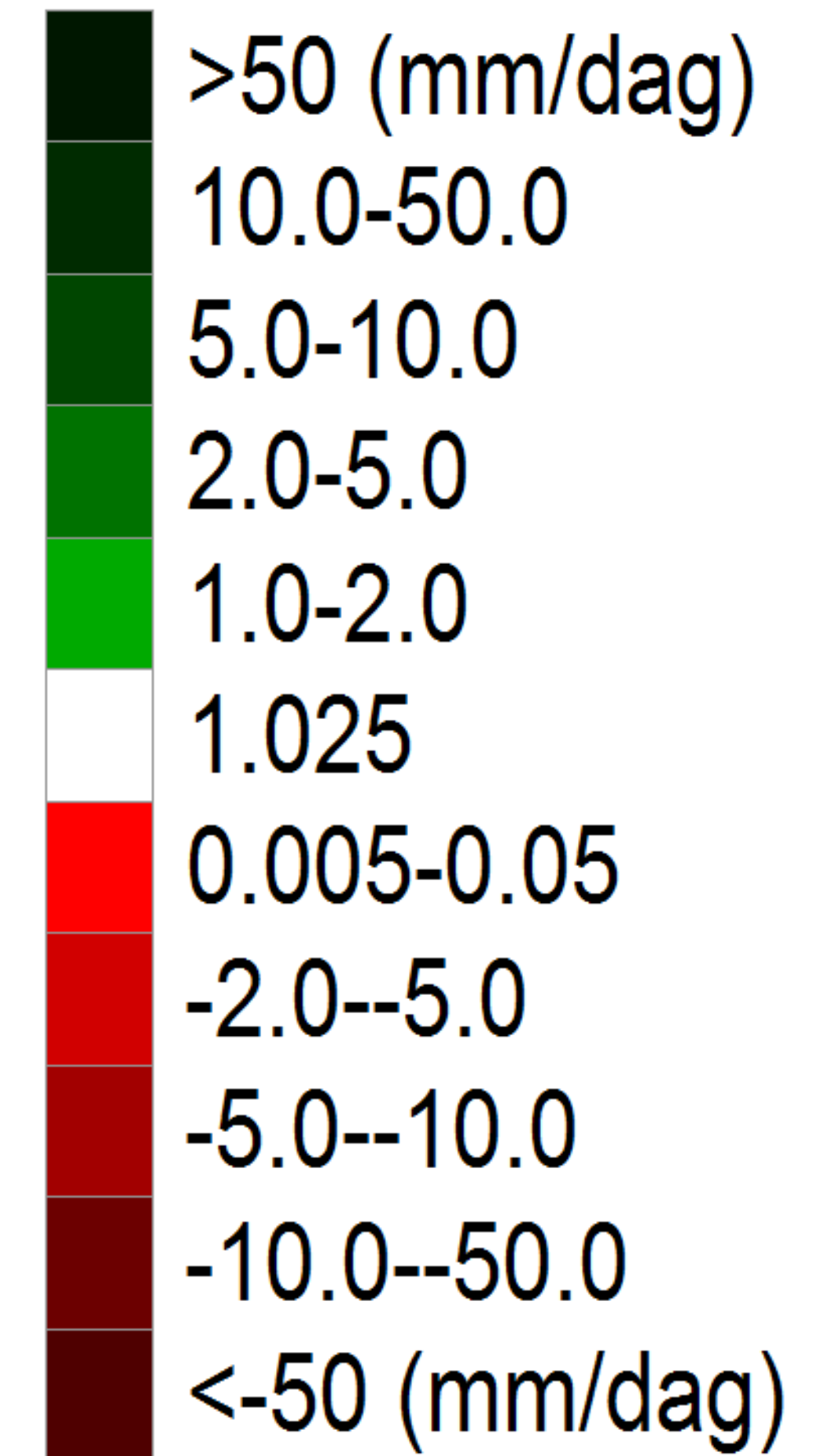
Project:
Alem

Figure/report: *
Creation Date/time: 23-June-2022 15:25:7



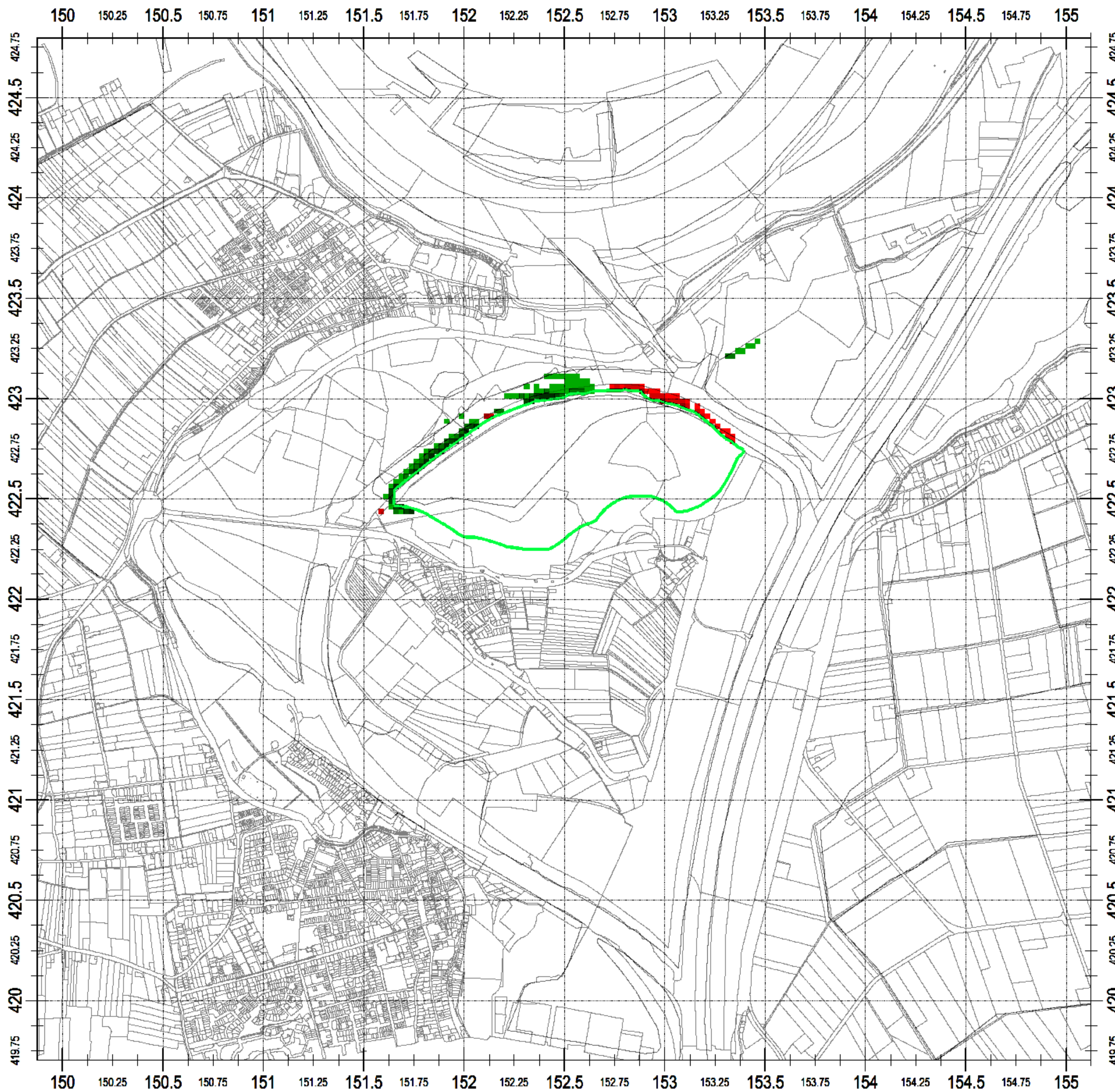
dkwel_MAX-ONTGR-BODW -C5_T10laag_mm

dkwel_MAX-ONTGR-BODW-C5_T10laag_mm.IDF



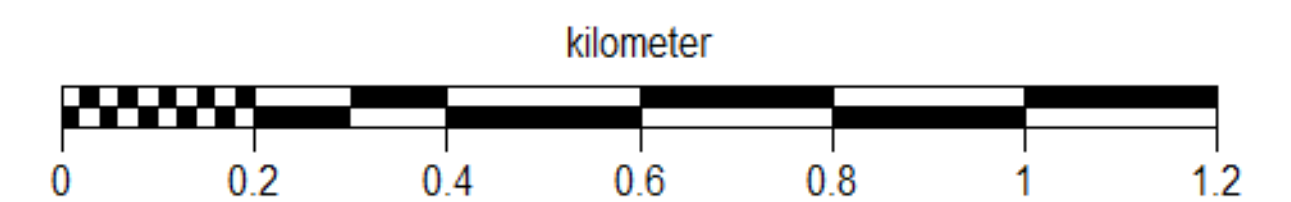
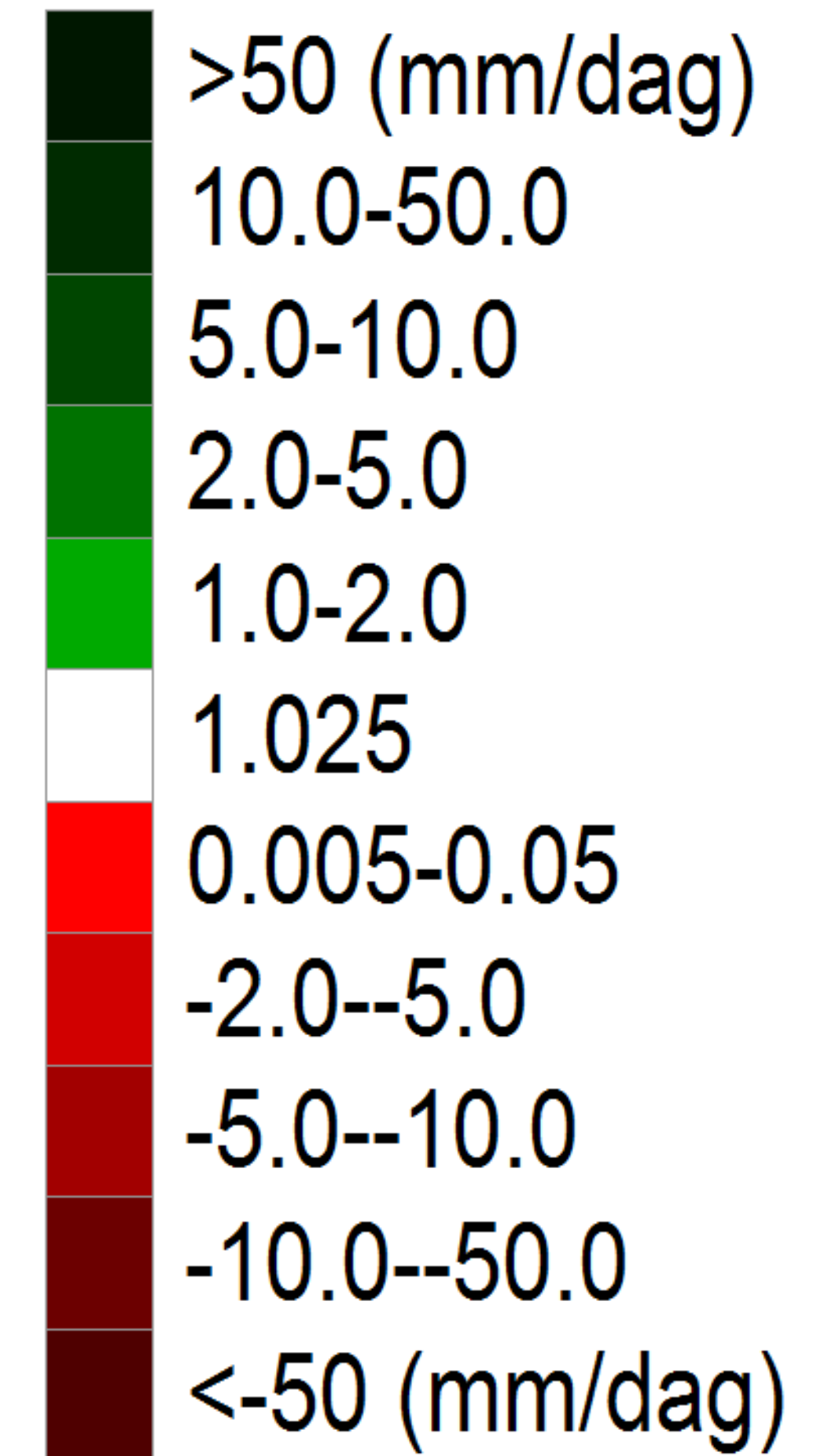
Project:
Alem

Figure/report: *
Creation Date/time: 23-June-2022 15:25:0



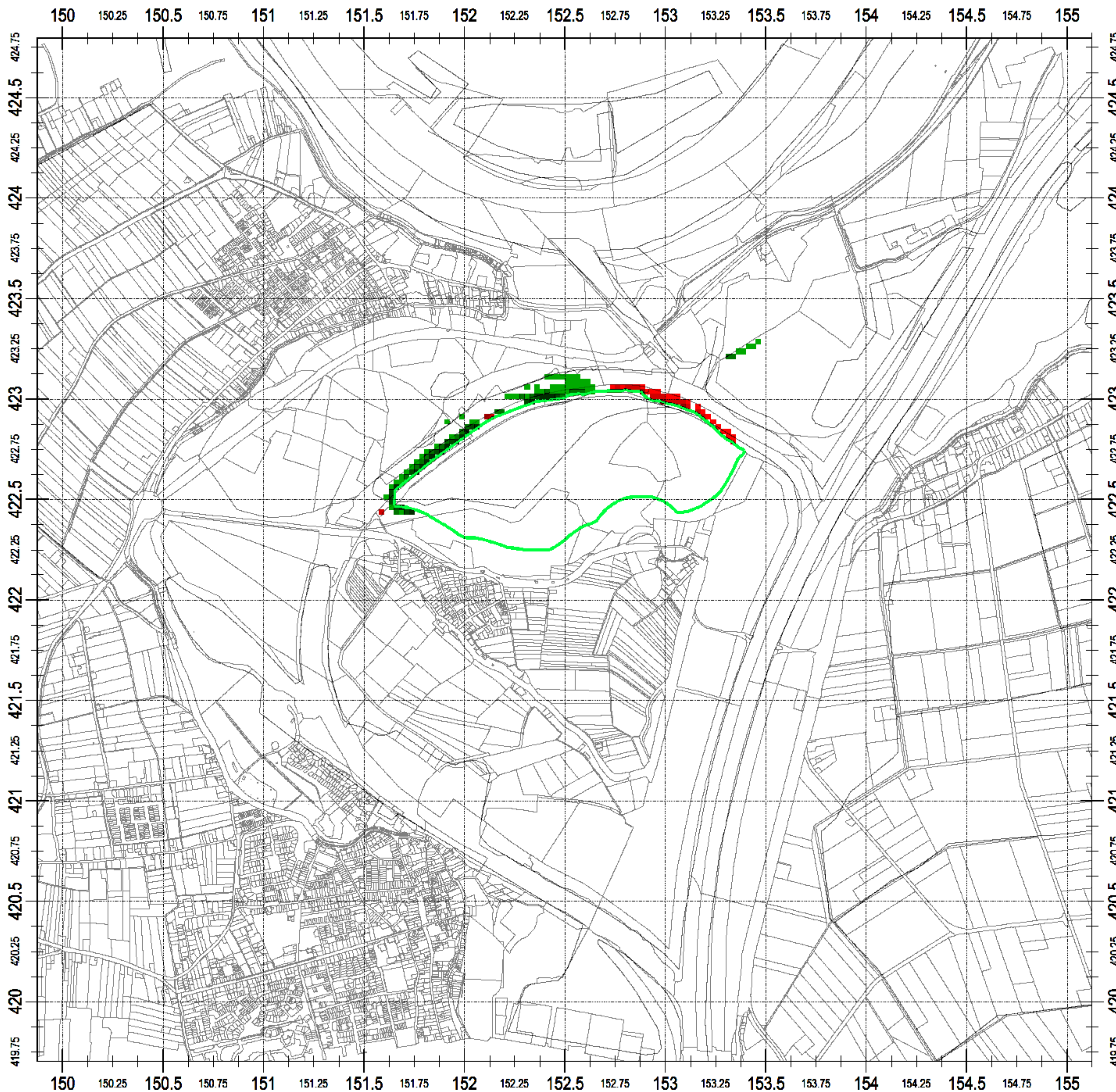
dkwel_MAX-ONTGR-BODW -C20_T10laag_mm

dkwel_MAX-ONTGR-BODW-C20_T10laag_mm.IDF



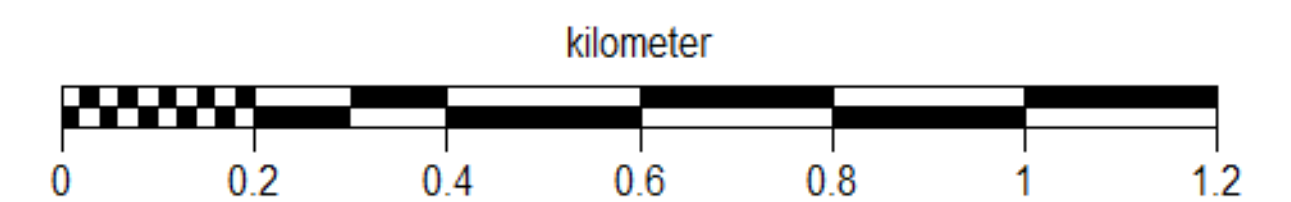
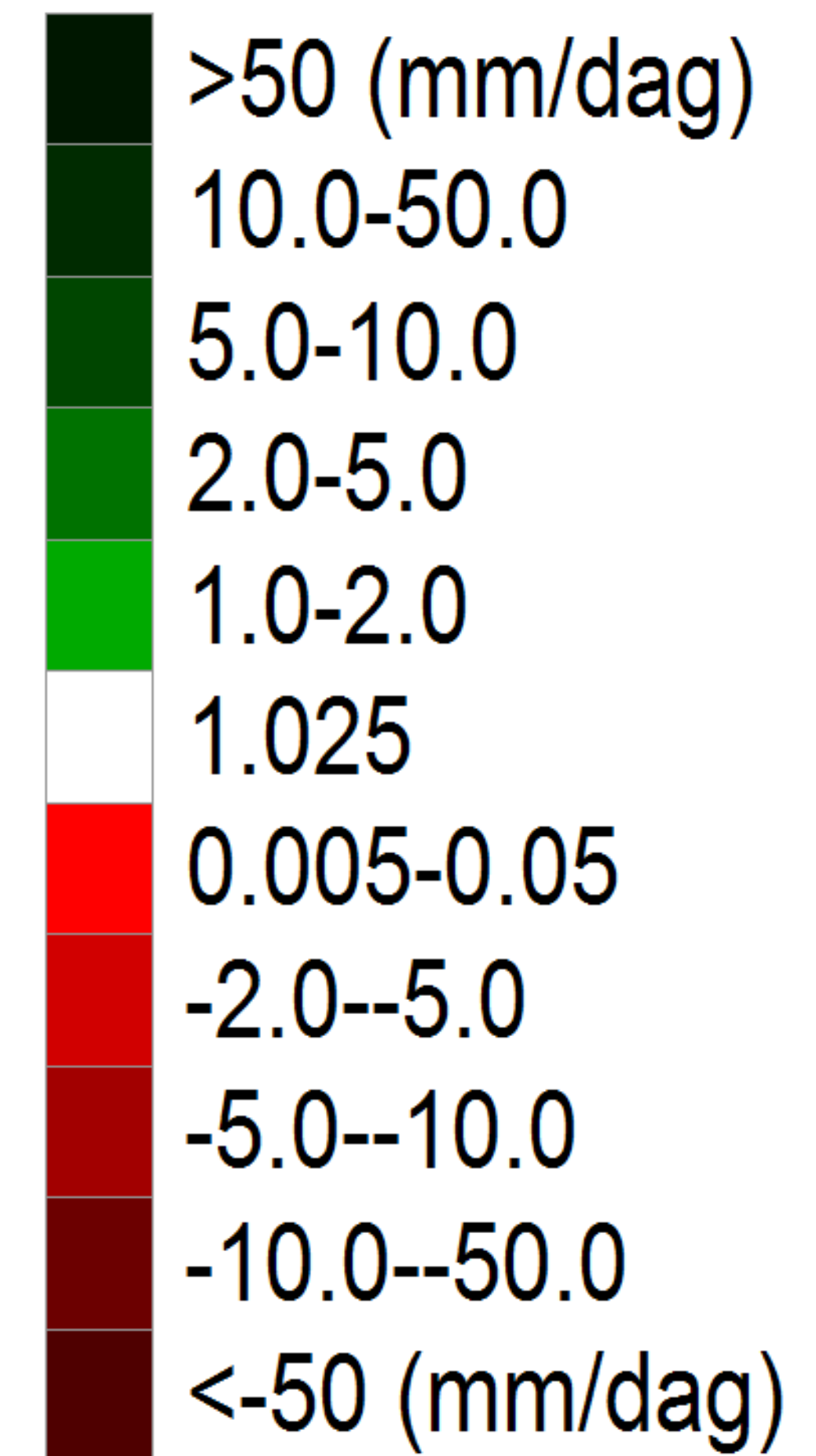
Project:
Alem

Figure/report: *
Creation Date/time: 23-June-2022 15:24:48



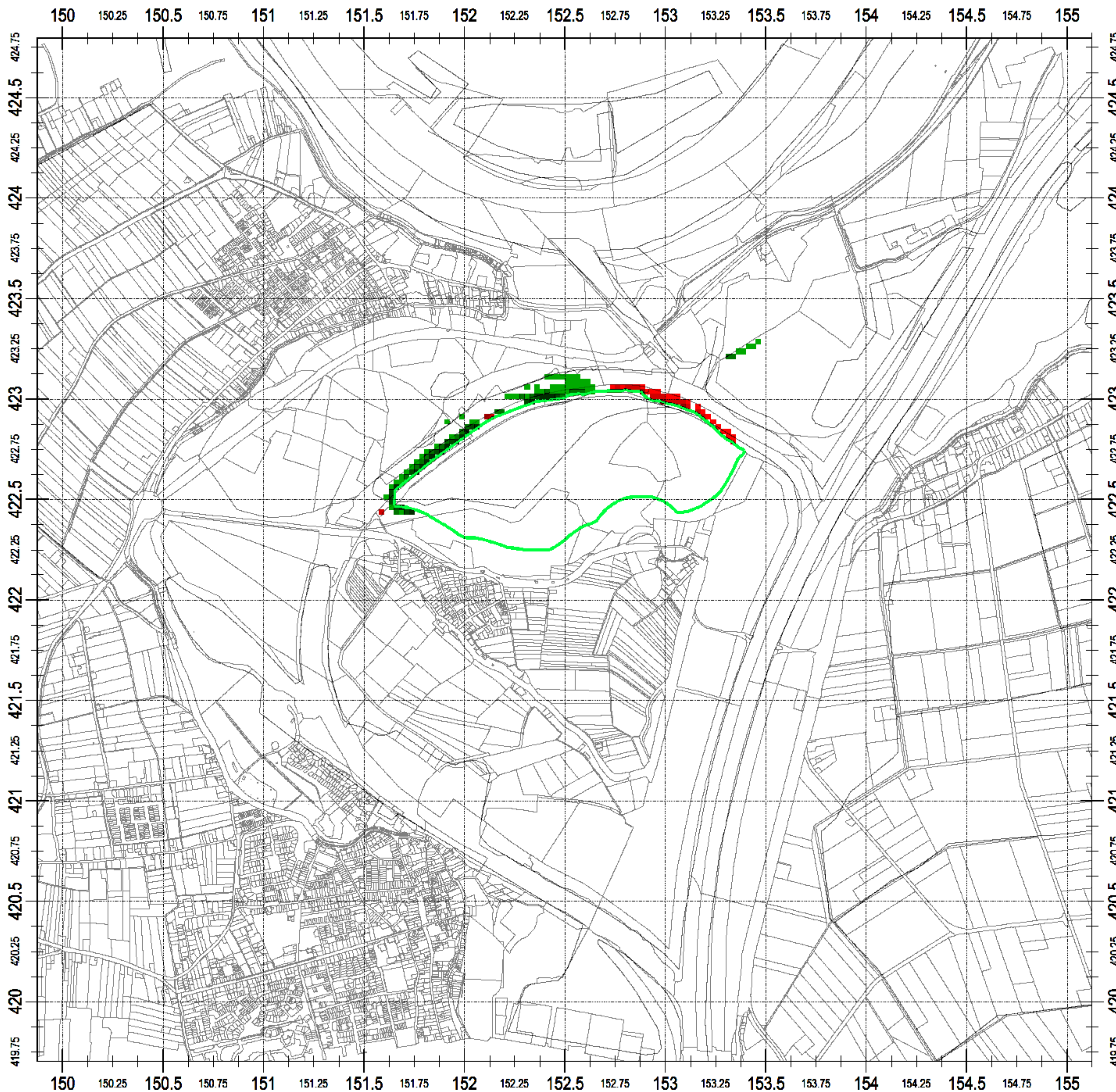
dkwel_MAX-ONTGR-BODW -C50_T10laag_mm

dkwel_MAX-ONTGR-BODW-C50_T10laag_mm.IDF



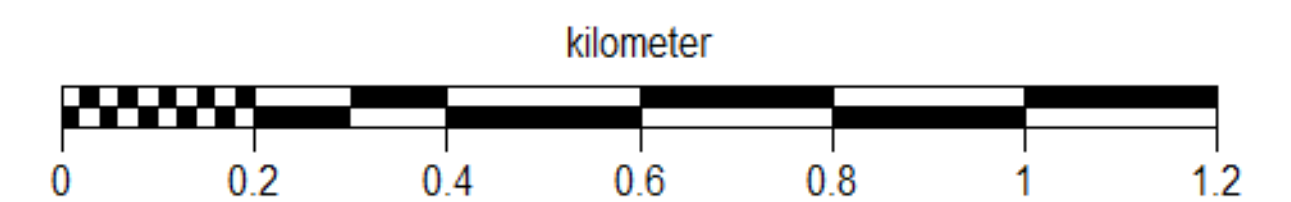
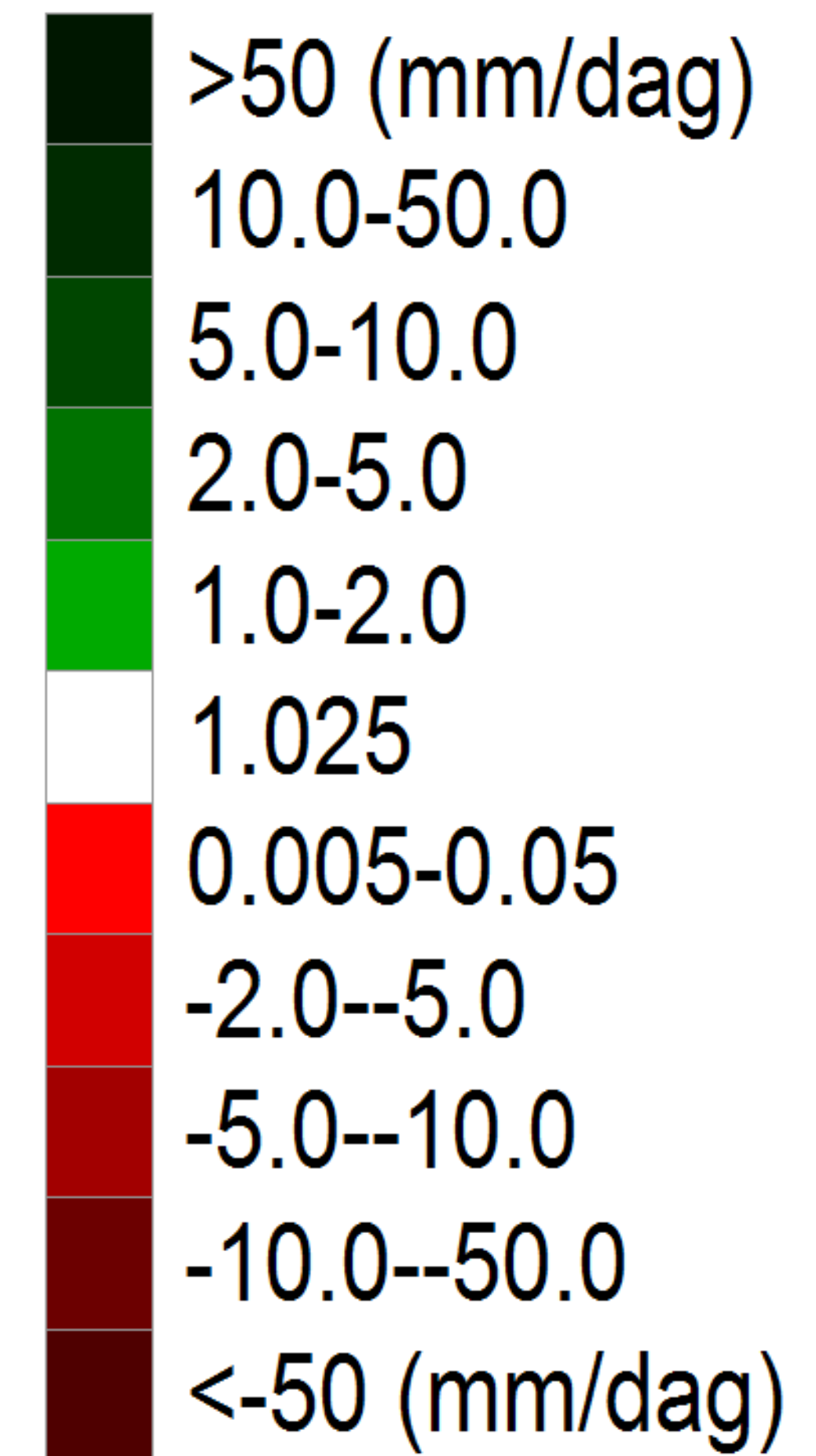
Project:
Alem

Figure/report: *
Creation Date/time: 23-June-2022 15:24:54



dkwel_MAX-ONTGR-BODW -C100_T10laag_mm

dkwel_MAX-ONTGR-BODW-C100_T10laag_mm.ID
F



Project:
Alem

Figure/report: *
Creation Date/time: 23-June-2022 15:24:41