



Monitoring walviskadaver Rottumerplaat; metingen 2020-2022

Auteurs: Baptist, M.J., M.F. Leopold, J.P. Verdaat, M.E.B. van Puijenbroek & N. Janinhoff-Verdaat.

Wageningen University &
Research rapport C051/23

Monitoring walviskadaver Rottumerplaat; metingen 2020-2022

Auteurs: Baptist, M.J., M.F. Leopold, J.P. Verdaat, M.E.B. van Puijenbroek &
N. Janinhoff-Verdaat.

Wageningen Marine Research
Den Helder, Februari 2024

Wageningen Marine Research rapport C051/23

Keywords: walvis, kadaver, karkas, Waddenzee

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat Noord-Nederland
T.a.v. Sophia Bats
Zuidersingel 3
8911 AV Leeuwarden

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/635213>
Wageningen Marine Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

Wageningen Marine Research is ISO 9001:2015 gecertificeerd.

© Wageningen Marine Research

Wageningen Marine Research,
instituut binnen de rechtspersoon
Stichting Wageningen Research,
hierbij vertegenwoordigd door
Drs.ir. M.T. van Manen,
directeur bedrijfsvoering

KvK nr. 09098104,
WMR BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

Wageningen Marine Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Wageningen Marine Research. Opdrachtgever vrijwaart Wageningen Marine Research van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de uitgever of auteur.

A_4_3_1 V32 (2021)

Inhoud

1	Inleiding	10
1.1	Aanleiding	10
1.2	Onderzoeksvragen	11
1.3	Strandingen van walvissen	12
1.4	Dankwoord	14
2	Meetresultaten	15
2.1	Fotogrammetrie vanuit de lucht	15
2.1.1	Methoden	15
2.1.2	Resultaten	16
2.2	Fotogrammetrie op de grond	18
2.2.1	Methoden	18
2.2.2	Resultaten	22
2.3	Wildcamera's	33
2.3.1	Methoden	33
2.3.2	Resultaten	34
2.4	Bemonstering van invertebraten	56
2.4.1	Methoden	56
2.4.2	Resultaten	58
2.5	Waarnemingen aan staat van ontbinding en geur	68
2.5.1	Methoden	68
2.5.2	Resultaten	69
2.5.3	Schimmels of niet?	98
2.6	Vegetatiekartering	102
2.6.1	Methoden	102
2.6.2	Resultaten	104
2.7	Bodemmonsters	128
2.7.1	Methoden	128
2.7.2	Resultaten	130
3	Evaluatie en aanbevelingen	145
3.1	Evaluatie van het afbraakproces	145
3.2	Evaluatie van overlast door geur en ontplofingsgevaar	146
3.3	Evaluatie van de biodiversiteit	146
3.4	Evaluatie van verrijking van de bodem	147
3.5	Evaluatie van cadmium in de bodem	148
3.6	Evaluatie van vegetatieontwikkeling	148
3.7	Aanbevelingen	149
4	Kwaliteitsborging	151
	Literatuur	152
	Verantwoording	154
Bijlage 1	Dwergvinvis op Juist	155
Bijlage 2	Time-lapse foto's per dag	162

Samenvatting

Een kadaver van een 4,70 m lange, mannelijke jonge dwergvinvis (*Balaenoptera acutorostrata*) spoelde aan op de westkant van de Rottumerplaat, waar hij als eerste werd opgemerkt door een visserman op woensdag 25 november 2020. Het kadaver is nog dezelfde nacht door de Waddenunit van LNV verplaatst naar de zuidoostpunt van Rottumerplaat en neergelegd in een duin op een hoogte van 4,5 m +NAP, nabij de vogelwachterspost. Rijkswaterstaat Noord-Nederland heeft de verantwoordelijkheid over het kadaver genomen met de bedoeling het op natuurlijke wijze te laten ontbinden en het ontbindingsproces te monitoren. Vanwege dit experiment kon er geen sectie gedaan worden om de doodsoorzaak van het dier vast te stellen. Ook de leeftijd kon niet goed worden vastgesteld. Afgaande op de afmetingen was de vermoedelijke leeftijd tussen 1,5 en 2,5 jaar. Rijkswaterstaat vroeg Wageningen Marine Research (WMR) daags na de stranding om de ecologische gevolgen van de ontbinding van het walviskadaver te onderzoeken. Een meetplan voor de monitoring is opgeleverd door WMR op 27 november 2020. Een eerste veldbezoek is afgelegd op zaterdag 28 november 2020. Tot zeven maanden na de stranding zijn acht maandelijks veldbezoeken uitgevoerd waarvan steeds verslag is gedaan in tussenrapportages. In 2022 is de monitoring voortgezet met een minder hoge frequentie. In dit rapport wordt de eindbalans opgemaakt van de monitoring over de periode 2020-2022.

De dode dwergvinvis had enkele weken in zee gedreven voordat hij strandde. De ogen ontbraken en ook de baleinen zaten niet meer in de bek. De tong was opgezwollen en de huid had schaafwonden door het schuren over het strand. Op basis van de uiterlijke kenmerken werd het walviskadaver op 28 november 2020 in *Decomposition Condition Category* (DCC) CODE 3 ingedeeld; '*moderate decomposition*'. Het volume van de aangespoelde dwergvinvis bedroeg 0,82 m³. Bij een aangenomen dichtheid van 1000 kg/m³ komt dit overeen met 0,82 ton. Vergelijken met referentiemetingen is dit een relatief laag gewicht voor de lengte (4,70 m) van de dwergvinvis. Het lage gewicht kan verklaard worden doordat het gevonden individu mager was terwijl referentiemetingen afkomstig zijn van gezonde gevangen exemplaren uit de walvisindustrie. Er is geen sectie gedaan om de conditie van het dier vast te stellen. Ook is de maaginhoud niet onderzocht om na te gaan of het dier nog tot zijn dood had gegeten.

Drie weken na de stranding (midden december 2020) vertoonden de rode schaafwonden aan de huid ontkleuring door degradatie van bloed. Ongeschonden delen van de donkergrijze huid werden grauwer van kleur. De achterrand van de staart was verkleurd naar lichtgrijs. Het gehemelte was aan het verkleuren van (vers) rozerood naar bruin en dit gebeurde van binnen naar buiten. De tong was nog meer gezwollen en had vooral de onderkaak weggeduwd waardoor de bek van het kadaver verder open stond. Het volume van het kadaver was in de eerste maand toegenomen tot 0,92 m³. De enige vogelsoorten die werden gezien bij het kadaver waren ekster en zwarte kraai.

Na twee maanden (eind januari 2021) waren sporen van vraat door vogels te zien. Zowel in de linker- als rechteronderkaak was het bot blootgelegd door vogels die op het kadaver, of op de grond naast het kadaver hebben gestaan. De staartvin was rafelig aangevreten en een losliggende lap huid was verdwenen. De zwelling van de tong was afgenomen en de onderkaak was meer gesloten. Het kadaver was aan de voorzijde ingevallen waardoor een kommetje ontstond waarin regenwater bleef staan. De opperhuid was wit en bruin verkleurd. De delen van de huid die tijdens het aanspoelen reeds geschonden waren, vertoonden de grootste verkleuring. Op basis van de uiterlijke kenmerken werd het walviskadaver in DCC CODE 4 ingedeeld; '*advanced decomposition*'. Het karkas was nog intact maar ingevallen, de opperhuid liet los en er was een sterke geur benedenwinds van het kadaver tot op 30 m. Het volume van het kadaver was afgenomen tot 0,72 m³, wat lager is dan volume bij aanspoelen. Vogelsoorten die op of nabij het walviskadaver werden vastgelegd waren ekster, zwarte kraai, grote mantelmeeuw, zilverbmeeuw en buizerd.

Na drie maanden (eind februari 2021) was het kadaver roodbruin verkleurd. Dit werd veroorzaakt door chemische reacties die optreden in de afbraak van vetten, vetzuren en aminozuren. Eerder vertoonden alleen de staart, de borstvin en de relatief dunne huid van de kaken sporen van vraat. Nu waren er ook

vraatsporen op enkele andere plekken in de huid te zien. Deze plekken bevonden zich met name aan de achterzijde en op 'pikhoogte' van eksters en kraaien waar ze naast het kadaver op de grond hebben gestaan. Vogelsoorten die op of nabij het walviskadaver werden vastgelegd waren ekster, zwarte kraai, scholekster en zilvermeeuw.

Na vier maanden (eind maart 2021) was de kleur van de huid donkerder bruin geworden en de huid begon op steeds meer plaatsen zwart te kleuren. Daarnaast waren er zwarte en witte plekken op de huid te zien. De tong was minder gezwollen en begon zwart te verkleuren. De onderkaak was verder kaalgepikt door vogels en het bot kleurde zwart. De huid was op steeds meer plaatsen aangepikt, maar nog steeds zonder grote gaten. Op het kadaver werden veel plekken met een witte kleur en een schimmelachtige structuur waargenomen. Dit betrof waarschijnlijk 'zoutuitbloei' van salpeter (kaliumnitraat) wat bekend is van de witte aanslag op muren en werd veroorzaakt door uittreding van kalium en ammonium uit de huid van het kadaver. In de duinvegetatie werden geen extra planten geregistreerd die wijzen op een toename van de beschikbaarheid van voedingsstoffen. Veranderingen in de samenstelling van soorten waren seizoensgerelateerd. Nabij het kadaver was de vegetatie bedekt met een olieachtige laag. De vegetatie die vlakbij het kadaver stond leek te zijn aangetast. Deze zone strekte zich uit tot een afstand van ca. 25 cm van het kadaver. Vogelsoorten die op of nabij het walviskadaver werden vastgelegd waren zwarte kraai, ekster, scholekster, zilvermeeuw, roodborst, merel, houtsnip, holenduif en zwarte roodstaart.

Na vijf maanden (eind april 2021) was de huid van het kadaver nog steeds grotendeels intact. De verkleuring zette door naar nog donkerder bruin. De vorm van het kadaver was platter en meer ingevallen. De tong was zwart en verschrompeld. De zoutuitbloei met witte pluizige structuren was op veel plaatsen aanwezig. Op de plek waar de tong op de grond lag was het duinzand zwart gekleurd en de vegetatie verdord. Vogelsoorten die op of nabij het walviskadaver werden vastgelegd waren zwarte kraai, ekster, scholekster, zilvermeeuw, roodborst, merel, zwarte roodstaart, wilde eend, bergeend, eider, tapuit, zanglijster, koperwiek en fitis/tjiftjaf. Dit betrof zowel toevallige passanten als aaseters en insecteneters die op het kadaver afkwamen. Voor het eerst werden vliegen aangetroffen die hun eieren afzetten in aas; een paar honderd vliegenmaden van de familie van de bromvliegen werden gevonden in potvallen, die voor dit onderzoek rond het kadaver waren geplaatst.

Na zes maanden (eind mei 2021) was het kadaver aanzienlijk platter geworden. Alle interne organen leken verteerd en vervloeid te zijn. Op basis van de uiterlijke kenmerken werd het walviskadaver in DCC CODE 5 ingedeeld; '*mummified or skeletal remains*'. De huid lag gedrapeerd over de botten en de organen waren geheel of gedeeltelijk verdwenen, te oordelen aan het kleine volume van 0,37 m³. Er werden geen op schimmel lijkende witte pluizige structuren meer waargenomen op de huid, maar nog wel een platte witte korst. Het verdwijnen van de zoutuitbloei kan verklaard worden door toegenomen regenval, immers, kaliumnitraat is een goed oplosbaar zout. In de bodem werden verhoogde gehalten aan natrium en kalium gevonden, afkomstig uit organen, bloed en lymfevocht van de walvis. Daarnaast werden verhoogde gehalten gemeten van koolstof en de nutriënten fosfor, zwavel en stikstof (met name ammonium). Veranderingen in de aanvoer van onder meer organische stof en nutriënten maken dat de biologische beschikbaarheid van elementen kan veranderen zoals werd waargenomen bij de elementen vanadium en arseen. Geen verhoging werd gevonden voor het gehalte cadmium in de bodem. Afgetekend tegen het vers opgekomen groen in de omgeving van het kadaver viel de zone van dorre vegetatie in de directe nabijheid van het kadaver op. Dit kwam waarschijnlijk door het hoge gehalte aan ammonium dat werd gemeten in de bodem. Vlak buiten de zone van dode vegetatie profiteerden voorjaarsbloeiers en grassen juist van een extra toevoer van nutriënten; de vegetatie was groener en sommige soorten waren vitaler dan normaal. Vogelsoorten die op of nabij het walviskadaver werden vastgelegd waren scholekster, ekster, zwarte kraai, zanglijster, kramsvogel en kneu. Waar tot nu toe weinig kevers werden gevangen in de potvallen, werden nu hoge aantallen van 28 soorten kevers gevangen. Hierbij zaten enkele exemplaren die gespecialiseerd zijn in huid (*Dermestes frischii*) en botten (*Omosita colon*).

Na zeven maanden (begin juli 2021) was het kadaver sterk ingevallen, letterlijk vel over been. De huid lag als een lap leer gedrapeerd over de botten en was nog steeds grotendeels intact. De contouren van ribben waren zichtbaar in de huid. Dorre vegetatie tekende zich af tot 23 cm rondom het kadaver en het gebied was bedekt met geelachtig dood plantmateriaal en in sommige delen vogeluitwerpselen van

foeragerende vogels of van vogels die het kadaver als uitkijplek gebruiken. Er was geen ontkieming of uitlopen van vegetatie in de directe nabijheid van het kadaver. Ook grassen die typisch nieuwe gebieden koloniseren met hun kruipende ondergrondse wortelstokken, waren niet te vinden binnen de dode zone, wat wijst op zeer ongunstige bodemgesteldheid en ongunstige groeiomstandigheden. De dode zone breidde zich niet uit aan de heuvelopwaartse, duingeoriënteerde kant van het kadaver, maar aan de benedenzijde was het gebied rond de kop van het walviskadaver in grootte toegenomen. Vogelsoorten die op of nabij het walviskadaver werden vastgelegd waren scholekster, ekster, zwarte kraai, witte kwikstaart, spreeuw en eider. Hoge aantallen kevers van 35 soorten werden gevangen waaronder 3 soorten aaskevers (Silphidae), de krompootdoodgraver (*Nicrophorus vespillo*), oeveeraaskever (*Necrodes littoralis*) en *Thanasphilus sinuatus* (geen Nederlandse naam). Deze (grottere) kevers zijn nog niet eerder op Rottumerplaat waargenomen. Er werden grote aantallen aangetroffen van de 'huid-eter' *Dermestes frischii* en de 'botten-knager' *Omosita colon*.

Na 18 maanden (mei 2022) lag de sterk uitgedroogde huid deels gedrapeerd over het skelet. Grote delen van het skelet lagen bloot. Organen waren geheel verdwenen. Er was geen geur. Rondom het kadaver breidde her en der brandnetel zich uit en ook een toename van gewoon struisgras en akkerdistel duiden op een toename van beschikbare voedingsstoffen rond het kadaver. De voorheen dode zones waren grotendeels bedekt met vegetatie, alleen een klein deel resteerde nog.

Na 21 maanden (augustus 2022) lag de uitgedroogde huid deels over het skelet. Organen waren geheel verdwenen. Er was geen geur. Vegetatie groeide door het skelet heen, brandnetel groeide hoog.

Na 25 maanden (december 2022) resteerde nog een klein stuk huid ter hoogte van het midden van de wervelkolom. Vegetatie groeide door het skelet heen. Vooral brandnetel was erg vitaal en heeft zich verspreid door middel van worteluitlopers. De voorheen dode zones waren geheel begroeid.

Evaluatie van het afbraakproces

Een serie foto's van de afbraak van een dwergvinvis in de duinen van Juist (Duitsland) geeft een indicatie van de snelheid van ontbinding. Het kadaver van Rottumerplaat blijkt sneller te ontbinden dan op basis van het kadaver van Juist verwacht werd. Op basis van de foto's van het kadaver van Juist was de verwachting dat eind 2022 de schedel bloot zou komen te liggen, maar dat dan nog niet al het weefsel van het lijf zou zijn ontbonden. Eind 2023 zou er naar verwachting nog steeds veel niet-ontbonden huid zijn overgebleven. Eind 2024 zouden er naar verwachting losse skeletdelen te zien, maar die zijn dan nog niet helemaal schoon van weefselresten. Pas eind 2026 zouden naar verwachting de botten schoon zijn.

Evaluatie van overlast door geur en ontploffingsgevaar

Vlak na het aanspoelen was de geur van het kadaver niet sterk, passend bij DCC CODE 3. De geur werd sterker toen het kadaver in DCC CODE 4 kwam. De geur was echter nooit een overweldigende stank. Benedenwinds van het kadaver was het goed waarneembaar vanaf een afstand van ongeveer 10-30 m. De vogelwachters die hun onderkomen hadden op 45 m afstand van het kadaver fungeerden als geursensoren. Op sommige dagen met een milde wind uit het zuidwesten kon de geur in de duinkom van het vogelwachtersonderkomen blijven hangen. De geur was dan niet intensief maar wel onprettig om lange tijd in te verblijven. Het is waarschijnlijk dat er een hevigere geur ontstaat bij een kadaver van een grotere walvis, of wanneer een walvis in de zomer strandt, bij hogere temperaturen. In de tweede zomer resteerde er alleen nog een stuk uitgedroogde huid en was de geur afwezig.

Er bestaat een vermeend gevaar op ontploffen van een kadaver tijdens de ontbinding. Dit kan zich voordoen bij vers aangespoelde dieren door de opeenhoping van ontbindingsgassen. Meestal leidt de drukopbouw binnen het kadaver tot het sissend ontsnappen van de gassen uit openingen zoals mond, blaasgat of anus. Ontploffingen doen zich voor zover bekend uitsluitend voor wanneer iemand met een scherp voorwerp in de walvis steekt, of wanneer een kadaver wordt verplaatst of vervoerd.

Evaluatie van de biodiversiteit

Normaal gesproken worden kadavers van bijvoorbeeld zeehonden en bruinvissen door vogels opengemaakt en leeggegeten. Echter, de huid van de walvis leek te stevig om opengepikt te worden door vogels. Zoogdieren als muizen, ratten, wilde zwijnen of vossen, die het kadaver voor andere aaseters (zoals vogels) kunnen openen, komen op Rottumerplaat niet voor. De meest waargenomen vogels waren scholekster (40%), ekster (32%) en zwarte kraai (21%). Vogelsoorten die zijn geregistreerd als foeragerend op het kadaver zijn zwarte kraai, scholekster, zilvermeeuw, grote mantelmeeuw, ekster, zwarte roodstaart en kramsvogel. Het vaakst werd zwarte kraai gezien (54%), daarna ekster (28%) en vervolgens grote mantelmeeuw (11%). Deze vogelsoorten komen af op het vlees van het kadaver. Foeragerende scholekster, zwarte roodstaart en kramsvogel komen af op de insecten of de maden die op het kadaver te vinden zijn, waarbij een scholekster zijn snavel diep in het kadaver stak, vermoedelijk om insectenlarven (maden) uit dit "substraat" te bemachtigen. Insectenetende vogels werden ook foeragerend in de vegetatie naast het kadaver waargenomen. De insectenfauna van het kadaver trok diverse vogelsoorten aan. In totaal werden 26 vogelsoorten gezien.

Vanaf april 2021 werden aasvliegen gevonden. Grote aantallen larven van vleesvliegen en bromvliegen werden in de potvallen gevangen. Bij het kadaver werden ook pissebedden, oorwormen, duizendpoten en miljoenpoten aangetroffen. Dit zijn alle algemeen voorkomende soorten die je in duingebied kan verwachten.

Ook is een groot aantal kevers aangetroffen. In 2021 werden in de potvallen in totaal 1373 exemplaren van 57 soorten gevonden en in de monsters van 2022 werden in totaal 4667 exemplaren gevonden van 104 soorten. In totaal werden 129 soorten kevers bij het kadaver gevonden in 2021 en 2022. Hiervan waren er maar liefst 74 soorten nieuw voor Rottumerplaat, Tabel 8. Dat wil zeggen, nog niet beschreven in het standaardwerk van Zekhuis & De Vries (2012) over de fauna van Rottum. Het grote aantal nog niet eerder op Rottumerplaat gevonden keversoorten impliceert dat het gebied slecht op kevers onderzocht is, want anders waren er minder nieuwe soorten aangetroffen. Maar er zitten ook kevers tussen die specifiek op het kadaver kunnen zijn afgekomen. Er zijn in 2021 drie soorten aaskevers (Silphidae) gevonden. Deze (grotere) kevers zijn nog niet eerder op Rottumerplaat waargenomen. De Krompootdoodgraver (*Nicrophorus vespillo*, 1 ex.), Oeveraaskever (*Necrodes littoralis*, 2 ex.) en *Thanatophilus sinuatus* (geen Nederlandse naam, 1 ex.) zijn echte kadavervreters die afkomen op vlees en maden van vleesvliegen. Mogelijk zijn ook de vlees- en madenetende Grauwe aaskortschildkever (*Creophilus maxillosus*, 1 ex.), de Gestreepte spiegelkever (*Saprinus semistriatus*, 9 ex.) en de nauw verwante *S. planiusculus* (451 ex.) op het kadaver afgekomen. De drie aaskeversoorten en de Grauwe aaskortschildkever zijn alleen in 2021 waargenomen toen het kadaver nog 'vers' was. Ook de vleesetende spiegelkever *Saprinus planiusculus* werd in 2021 in veel grotere aantallen (390 ex.) gevonden dan in 2022 (6 ex.). Er werden in 2021 ook grote aantallen aangetroffen van de 'huid-eter' *Dermestes frischii* (159 ex.) vergeleken met 2022 (16 ex.). Soorten die zich juist specialiseren in botten zoals de 'botten-knager' *Omosita colon* werden in 2022 in veel grotere aantallen (3664 ex.) gevonden dan in 2021 (305 ex.). Ook werd in 2022 de bottenetende Aasglanskever (*Nitidula carnaria*, 2 ex.) gevonden.

Het laten liggen van een walviskadaver blijkt van hoge waarde te zijn voor de biodiversiteit aan kevers. In vergelijking met kleinere kadavers zoals van vogels of landzoogdieren trok dit grote kadaver hoge aantallen kevers aan, zoals bleek uit potvallen. Omdat het lang blijft liggen kunnen meerdere generaties kevers worden grootgebracht. En er zullen nog lange tijd huid- en botresten blijven liggen die nog andere gespecialiseerde keversoorten kunnen aantrekken.

Evaluatie van verrijking van de bodem

Voor een aantal elementen werd een significant hoger gehalte in de bodem waargenomen een half jaar na stranding (T1) in vergelijking met direct na stranding (T0) waarbij ook een significant interactie-effect met de afstand van de monsterpunten tot het kadaver werd gevonden. Dit betekent dat de toename in de tijd extra sterk is dichterbij het kadaver dan verder weg. We interpreteren dit als een waarschijnlijk effect van het kadaver op de verrijking van de bodem. Voor de metalen is een significant verschil gevonden tussen T1 en T0 in samenhang met een significant interactie-effect met de afstand tot het kadaver voor zowel het totaalgehalte als het biologisch beschikbaar gehalte van kalium en voor het biologisch beschikbaar gehalte van natrium, vanadium en arseen. Voor mangaan en magnesium

was er een significante toename inclusief interactie-effect met afstand tussen T0, T1 en T2 (ongeveer anderhalf jaar na stranding), hetgeen erop duidt dat de afgifte voor mangaan en magnesium langer aanhield (anderhalf jaar lang) dan die voor de meeste andere metalen (half jaar).

Bij de niet-metalen is een significant verschil gevonden tussen T1 en T0 in samenhang met een significant interactie-effect met de afstand tot het kadaver voor het biologisch beschikbaar gehalte koolstof, totaalgehalte fosfor, biologisch beschikbaar orthofosfaat, biologisch beschikbaar zwavel en biologisch beschikbaar ammonium. Verhoogde waarden van nutriënten worden veroorzaakt door het in de bodem sijpelen van organisch materiaal afkomstig van de weefsels van de walvis. Voor biologisch beschikbaar nitraat+nitriet was er een significante toename inclusief interactie-effect met afstand tussen T0, T1 en T2, hetgeen erop duidt dat de afgifte voor nitraat+nitriet langer aanhield (anderhalf jaar lang) dan die voor de meeste andere niet-metalen (half jaar). Voor totaal fosfor en orthofosfaat werden zelfs trendmatige toenames gevonden, inclusief interactie-effect met afstand, tussen T0, T1, T2 en T3 (ongeveer 2 jaar na stranding) hetgeen duidt op toenemende gehalten over een periode van 2 jaar.

Voor een aantal elementen werd een significant hoger gehalte waargenomen in T1 in vergelijking tot T0 maar zonder statistisch significant interactie-effect met de afstand tot het kadaver. We interpreteren dit als een waarschijnlijke relatie tussen de aanwezigheid van het kadaver en de toename van deze elementen. Voor de metalen geldt dit voor de biologisch beschikbaar gehalten kobalt en het totaalgehalte molybdeen. Voor de niet-metalen voor het totaalgehalte stikstof en het totaalgehalte zwavel.

Evaluatie van cadmium in de bodem

Een reden waarom een aangespoelde walvis wordt beschouwd als afval en moet worden opgeruimd is dat deze dieren een hoog gehalte aan cadmium in organen en skelet opgeslagen kunnen hebben en derhalve als chemisch afval beschouwd moeten worden (MinVenW, 2007).

Gebruikmakend van een destructie-analyse met Aqua Regia is weliswaar cadmium aangetroffen, maar (meestal) beneden de aantoonbaarheidsgrens van 0,05 mg/kg (Figuur 120). Tot december 2022 is geen verhoging gevonden voor het totaalgehalte cadmium in de bodem; de gemeten concentraties lagen onder de aantoonbaarheidsgrens. In twee monsters genomen in december 2022 vlak naast het kadaver zijn totaalgehalten gevonden die vlak boven de aantoonbaarheidsgrens lagen. Afwijkende waarden kunnen worden veroorzaakt door variatie vanwege heterogeniteit van de bodem. Het is daarom niet waarschijnlijk dat de gevonden cadmium-gehalten het gevolg zijn van de aanwezigheid van het kadaver.

In de bodemonsters is geen biologisch beschikbaar cadmium gevonden; in twee gevallen zijn concentraties onder de aantoonbaarheidsgrens geanalyseerd. Er zijn geen statistisch significante relaties gevonden in tijd en afstand tot het kadaver voor de biologisch beschikbare concentratie. De dwergvinvis op Rottumerplaat heeft niet geleid tot vervuiling van de bodem met cadmium.

Evaluatie van vegetatieontwikkeling

Het duin waarin het kadaver is neergelegd bestond uit verstoorde grond en betrof reeds een voedselrijk duin met veel konijnenkeutels. Veranderingen van de vegetatie bij het kadaver waren voornamelijk het gevolg van seizoenseffecten en begrazing door konijnen. Daarnaast trad er sterfte van vegetatie op in een zone tot 23 cm rondom het kadaver. Dit hangt vermoedelijk samen met de hoge gehalten aan ammonium. Vlak buiten de zone van dode vegetatie was er in het voorjaar 2021 juist een versnelde groei en hoge vitaliteit van voorjaarsbloeiërs als gevolg van verhoogde toevoer van stikstofverbindingen. De dode zone was in mei 2022 bijna geheel verdwenen. Rondom het kadaver breidde her en der brandnetel zich uit en ook een toename van gewoon struisgras en akkerdistel duiden op een toename van beschikbare voedingsstoffen rond het kadaver. In december 2022 was de dode zone geheel verdwenen en groeide er vegetatie door het skelet heen, vooral brandnetel was weelderig groen. Er waren geen ontwikkelingen in de morfologie van het duin omdat er geen stuivend zand was.

Aanbevelingen

In internationale literatuur wordt aangemoedigd walviskadavers te laten liggen ten behoeve van natuurlijke ontbinding, op voorwaarde dat aan wettelijke vereisten en veiligheid kan worden voldaan (Quaggiotto et al. 2022). Het wordt aanbevolen om kaarten te maken die laten zien waar het laten liggen van een walviskadaver het meest kansrijk is. Voor het laten liggen van walviskadavers is het noodzakelijk om duidelijke regelgeving en organisatiestructuren te ontwikkelen. Bovendien moeten communicatie- en beheerprotocollen worden opgesteld tussen overheidsinstanties en de lokale bevolking (Tucker et al. 2018). Er wordt aanbevolen het beheer van gestrande walvisachtigen seizoens- en locatieafhankelijk te maken. Wanneer strandingen optreden in het hoogseizoen kan een tijdelijke toegangsbeperking worden ingesteld voor de nabijheid van publiek bij het kadaver gedurende de belangrijkste ontbindingsperiode, die afhankelijk is van de grootte van het kadaver. Het maken van zoneringskaarten kan daarbij de besluitvorming vergemakkelijken. Als alternatief wordt voorgesteld om kadavers in kleinere delen te hakken om hun consumptie door aaseters of door ontbinding te versnellen. Tot slot wordt aanbevolen om de historische en huidige waarden van strandingen, en van walviskadavers in het algemeen, op te nemen in educatieve initiatieven (Quaggiotto et al. 2022).

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Een kadaver van een 4,70 m lange, mannelijke jonge dwergvinvis (*Balaenoptera acutorostrata*) spoelde aan op de westkant van de Rottumerplaat en werd als eerste opgemerkt door een visserman op woensdag 25 november 2020. Na de melding van de visserman zijn medewerkers van de WaddenUnit van ministerie LNV ter plaatse gegaan om de situatie te bekijken (Figuur 1). Hieruit resulteerde een melding aan de strandingscoördinator van LNV en aan betrokken (onderzoek)instanties in lijn met de 'Leidraad stranding grote levende walvisachtigen 2020' (MinLNV, 2020). In samenspraak met het ministerie van LNV en Staatsbosbeheer besloot Rijkswaterstaat het dier niet te bergen, maar om het kadaver op een veilige plek te laten liggen. Rottumerplaat bood namelijk een unieke kans voor monitoring van het kadaver en de impact die het heeft op de natuur. Het kadaver kon niet op het strand blijven liggen omdat er dan een risico is op terugspoelen in zee waarna het een gevaar voor de scheepvaart kan vormen. Na onderling overleg is het kadaver nog dezelfde nacht verplaatst met het vaartuig van de WaddenUnit MS Harder naar de zuidoostpunt van Rottumerplaat. Hier is het met een trekker versleept naar het duin op positie N53.5343°, E006.5058° op een hoogte van 4,5 m +NAP nabij de vogelwachterspost (Figuur 2). Rijkswaterstaat Noord-Nederland nam de verantwoordelijkheid over het kadaver met de bedoeling het te laten ontbinden en het natuurlijke ontbindingsproces te monitoren.

Vanwege het experiment kon er geen sectie gedaan worden om de doodsoorzaak of de conditie van het dier vast te stellen (Castrillon & Bengtson Nash, 2020). De maaginhoud kon niet worden onderzocht om na te gaan of het dier nog tot zijn dood had gegeten. Ook de leeftijd kon niet goed worden vastgesteld (Nielsen et al., 2018). Afgaande op de afmetingen was de vermoedelijke leeftijd tussen 1,5 en 2,5 jaar.



Figuur 1. Het walviskadaver, kort na de eerste melding. 25 november 2020. Foto: WaddenUnit LNV.



Figuur 2. Het walviskadaver in het duin nabij de vogelwachterspost op Rottumerplaat op 28 november 2020. Foto: Martin Baptist.

1.2 Onderzoeksvragen

Rijkswaterstaat vroeg Wageningen Marine Research (WMR) daags na de stranding om de ecologische gevolgen van de ontbinding van het walviskadaver te onderzoeken. WMR beschikt over de benodigde ontheffingen om onderzoek aan een beschermd zeezoogdier uit te voeren.

Rijkswaterstaat leverde onderstaande onderzoeksvragen aan, met suggesties voor onderzoeksmethoden en frequentie van bezoeken:

Onderzoeksvraag	Toelichting	Methode	Frequentie
Verloop natuurlijke afbraak proces	Wat is de evolutie van het afbraakproces? Hoe snel gaat het, hoe werkt het (ontploft het kadaver ook?), hoe lang duurt het? Beschrijving van de geur over de tijd.	time lapse	maandelijks
Soorten interacties	Welke soorten profiteren van het kadaver, welke functies heeft het kadaver en hoe is de successie van soorten?	camera	maandelijks met vogelteller mee naar Rottums
Biodiversiteit verhoging	Hoeveel soorten maken gebruik van het kadaver? Soorten tellen		maandelijks met vogelteller mee naar Rottums

Hoe beïnvloedt het kadaver ondergrond chemisch	Is er een injectie van nutriënten en mineralen? Hoe verschilt dit van de omgeving? Welke soorten profiteren daarvan?	sediment core	6 maandelijks
Hoe beïnvloedt het kadaver de morfologische ontwikkelingen?	Wat zijn de gevolgen voor erosie, sedimentatie, duinvorming		maandelijks met vogelteller mee naar Rottums
Wordt het skelet gebruikt door soorten?	Welke specifieke soorten gebruiken het skelet?	camera	? (laatste stadium en van lange duur)

De onderzoeksvragen richtten zich op verschillende ruimtelijke schaalniveaus van processen, zowel op grotere ruimtelijke schaal (duinvorming, kadaverontbinding) als kleinere ruimtelijke schaal (maden, nutriënten). Voor de beantwoording van de vragen is een meetprogramma ingericht met behulp van wildcamera's die het ontbindingsproces dag en nacht in beeld brengen. Ook was het vereist om maandelijks in het veld ter plaatse te zijn om monsters te nemen, metingen te verrichten of om batterijen en geheugenkaarten te verwisselen. Sommige meettechnieken geven antwoord op meerdere van bovenstaande onderzoeksvragen. De combinatie van technieken geeft het beste overzicht van de processen in tijd en ruimte en gaat efficiënt om met mensen en middelen.

Een meetplan voor de monitoring werd opgeleverd door WMR op 27 november 2020. Een eerste veldbezoek werd afgelegd op zaterdag 28 november 2020 door Martin Baptist, Hans Verdaat en Nicole Janinhoff-Verdaat. Een meetverslag van het eerste veldbezoek werd opgeleverd op dinsdag 1 december 2020. Tot zeven maanden na het aanspoelen zijn acht maandelijks veldbezoeken uitgevoerd waarvan steeds verslag is gedaan in tussenrapportages die te vinden zijn op <https://basismonitoringwadden.waddenzee.nl/pilots-en-projecten/walviskadaver>. In 2022 werd de monitoring in minder hoge frequentie voortgezet. In dit rapport wordt de balans opgemaakt van de monitoringsresultaten van 2020-2022.

1.3 Strandingen van walvissen

Op de Nederlandse kust spoelen regelmatig walvissen aan, waarvan verreweg de meeste de bruinvis betreffen. Alle strandingen worden bijgehouden op www.walvisstrandingen.nl door coördinator Guido Keijl van Naturalis Biodiversity Center.

Dwergvinissen behoren tot onze vijf inheemse walvissoorten samen met bruinvis, tuimelaar, witsnuitdolfijn en bultrug (Camphuysen & Peet, 2006; Leopold et al., 2018). Meer informatie over de soort is online te vinden op: www.walvisstrandingen.nl/soort/dwergvinis.

Dwergvinissen spoelen niet frequent aan op de Nederlandse stranden, gemiddeld één individu per jaar sinds 2000. In Tabel 1 staan alle gerapporteerde strandingen van dwergvissen in Nederland. Wanneer een lengte niet werd bepaald is, waar mogelijk, door WMR aan de hand van fotomateriaal een geschatte lengteklasse gegeven.

Tabel 1. Alle bekende strandingen van dwergvinissen in Nederland van 1862 tot mei 2023.

#	Datum	Geslacht	Vindplaats	Gemeten lengte (m)	Geschatte lengte (m)
1	14/apr/2021	Onbekend	Razende Bol	4.4	
2	01/nov/2020	Man	Rottumerplaat	4.7	
3	12/jul/2020	Onbekend	Schiermonnikoog		4-5
4	09/jul/2019	Vrouw	Schiermonnikoog		4-5
5	08/jul/2019	Vrouw	Texel		4-5
6	12/dec/2017	Man	Neeltje Jans	6.8	
7	09/dec/2017	Vrouw	Zandvoort		6-7

8	14/nov/2017	Vrouw	Texel	7	
9	13/apr/2017	Man	Vrouwenpolder		
10	12/dec/2015	Vrouw	Razende Bol	8.8	
11	07/nov/2015	Vrouw	Rotterdam	5.06	
12	12/jun/2014	Onbekend	Terschelling		
13	03/apr/2011	Man	Breskens	7.6	
14	19/mei/2010		Engelsmanplaat		4-5
15	22/aug/2009		Ritthem		5-6
16	06/mei/2008		Terschelling	6	
17	20/aug/2005	Vrouw	Katwijk	4.6	
18	01/aug/2005	Vrouw	Texel	10	
19	07/jan/2005		Ameland	4.05	
20	15/apr/2001	Man	Noordwijk	4.29	
21	30/jul/2000		Vlieland		
22	23/jun/1998		Texel		
23	20/mrt/1998		Terschelling	4.5	
24	01/jul/1996	Vrouw	Sint Maartenszee	6.75	
25	25/nov/1994	Man	Valkenisse	4.53	
26	19/nov/1987	Man	Groote Keeten	8.1	
27	26/okt/1974		Petten		
28	01/mrt/1951	Onbekend	Urk		
29	01/nov/1950		Vlieland	9	
30	03/jan/1944		Texel	7	
31	20/nov/1942	Vrouw	Noordwijk	8.5	
32	18/nov/1942	Vrouw	Scharendijke		
33	17/nov/1941		Anjum	9	
34	25/okt/1941		Ameland	9	
35	13/jun/1941	Vrouw	Wijk aan Zee		7-8
36	01/dec/1939		Burghsluis	6	
37	24/sep/1939		Ameland	9	
38	23/jul/1939	Onbekend	Texel		
39	jan. 1932	Onbekend	Vlieland		
40	12/okt/1925	Vrouw	Ameland	9	
41	05/dec/1922		Vrouwenpolder	8	
42	aug. 1920	Vrouw	Eems	8.5	
43	feb. 1914		Wieringen	5	
44	okt. 1912		Rottumerplaat		
45	4 mei 1892	Man	Texel	5.8	
46	5 dec. 1886		Vlieland	8.6	
47	10 dec. 1866	Vrouw	Zeedorp		
48	20 dec. 1862	Vrouw	Amsterdam	5	

Wanneer een levende gestrande walvis wordt aangetroffen aan de Nederlandse kust, wordt de 'Leidraad stranding levende grote walvisachtigen' gevolgd indien het een baleinwalvis of een tandwalvis groter dan 3 meter betreft (MinLNV, 2020). Een walvisachtige die levend of dood op de Nederlandse kust strandt, is formeel niemands eigendom (zg. '*res nullius*'). Om die reden neemt de overheid, als Rijksvertegenwoordiger van iedereen, het beheer van het dier op zich. Dit betekent dat het ministerie van LNV zeggenschap over het dier heeft zolang het dier leeft en wanneer het dier is overleden tot en met het postmortale onderzoek. Bij strandingen van grote walvissen, levend of dood, vindt coördinatie plaats door de nationale strandingscoördinator van het ministerie van LNV. Afstemming vindt plaats met diverse (onderzoeks)instanties, waaronder over de vraag of het dier in een collectie moet worden

opgenomen, of dat er postmortaal onderzoek nodig is om de doodsoorzaak vast te stellen. Voor dode aangespoelde dieren waar geen postmortaal onderzoek voor wordt gedaan geldt dat het kadaver wordt overgedragen aan Rijkswaterstaat. Een kadaver wordt dan beschouwd als afval en in de 'Samenwerkingsregeling Bestrijding Kustverontreiniging RWS-diensten' is opgenomen dat een kadaver, normaal gesproken, verwijderd moet worden. Een reden hiervoor is dat "[...] deze dieren een hoog gehalte aan cadmium in organen en skelet opgeslagen hebben en derhalve als chemisch afval beschouwd moeten worden" (MinVenW, 2007).

1.4 Dankwoord

Wij danken de bemanning van de MS Harder, Jan Kostwinner en Freek Jan de Wal van de Waddenunit, voor de veilige overtochten en de hulp bij de veldwerkzaamheden.

Wij danken Jaap Kloosterhuis van Staatbosbeheer voor het verlenen van toestemming en toegang tot het walviskadaver.

Wij danken Peter Nobels, chemisch laborant bij CBLB-WUR, en Paul Römken, onderzoeker bodemkwaliteit WEnR, voor hun deskundige adviezen over de bepalingen aan de bodemmonsters.

Wij danken Theodoor Heijerman, gepensioneerd WUR Biosystematiek, en Wim Dimmers, Dennis Lammertsma en Ruud van Kats van team dierecologie WEnR, voor hun adviezen over invertebraten en vangstmethoden en voor het verstrekken van potvallen. Dennis heeft de vliegen en muggen uitgezocht en Wim de 'veelpoten'.

Een speciaal woord van dank gaat uit naar Jan Burgers die als vrijwilliger alle kevers op naam bracht. Het aantal uren vrijwilligerswerk voor de determinatie bedroeg 75 uur in 2021 en 120 uur in 2022.

Wij danken Patrick Jansen, Elke Wenting en Yorick Liefing van de Wildlife Ecology and Conservation Group voor hun adviezen over wildcamera's.

Wij danken Dick Forsman voor de determinatie van de moeilijk te determineren roofvogel die een buizerd bleek te zijn.

Wij danken Dr. Oliver Katenhusen en Annika Kruse die de soorten mossen op naam hebben gebracht.

Wij danken de bemanning van de HA2 Pescador voor de overtochten naar Rottumerplaat toen de MS Harder in het dok lag.

Wij danken Jos Houbraken van het Westerdijk Fungal Biodiversity Institute voor de begeleiding in het nemen van schimmelmonsters en het uitzoeken van deze monsters.

Wij danken de vogelwachters van Rottumerplaat voor hun hartelijke ontvangst, de hulp bij de veldwerkzaamheden en het vervangen van batterijen.

2 Meetresultaten

Dit hoofdstuk beschrijft de methoden en resultaten van de uitgevoerde meetactiviteiten teneinde de onderzoeksvragen te beantwoorden. Omdat de onderzoeksvragen een combinatie van meetmethoden vergen is er voor gekozen om de resultaten te structureren langs de meetactiviteiten, Tabel 2.

Tabel 2. Onderzoeksvragen en bijbehorende paragrafen in dit rapport.

Onderzoeksvragen	Paragraaf
Wat is de evolutie van het afbraakproces?	2.2 Fotogrammetrie op de grond
Hoe snel gaat het, hoe werkt het (ontploft het kadaver ook?)	2.3 Wildcamera's
Hoe lang duurt het? Beschrijving van de geur over de tijd.	0 Waarnemingen aan staat van ontbinding en geur
Welke soorten profiteren van het kadaver, welke functies heeft het kadaver en hoe is de successie van soorten?	2.3 Wildcamera's 2.4 Bemonstering van invertebraten
Hoeveel soorten maken gebruik van het kadaver?	2.3 Wildcamera's 2.4 Bemonstering van invertebraten
Is er een injectie van nutriënten en mineralen? Hoe verschilt dit van de omgeving?	2.6 Vegetatiekartering 2.7 Bodemonsters
Welke soorten profiteren daarvan?	
Wat zijn de gevolgen voor erosie, sedimentatie, duinvorming?	2.1 Fotogrammetrie vanuit de lucht 2.6 Vegetatiekartering
Welke specifieke soorten gebruiken het skelet?	2.3 Wildcamera's 2.4 Bemonstering van invertebraten

2.1 Fotogrammetrie vanuit de lucht

2.1.1 Methoden

Met een drone zijn luchtfoto's gemaakt van het kadaver en de omgeving in een gebied van ongeveer 270 x 135 m. De foto's werden tijdens het vliegen uit verschillende hoeken genomen en overlappen elkaar. Uit deze beelden is een orthomosaïek gemaakt (een samenstelling van loodrechte foto's).

Meetfrequentie

De dronemetingen zijn eenmalig uitgevoerd op 30 november 2020.

Uitvoering

WUR heeft The Fieldwork Company gevraagd als onderaannemer om de dronebeelden te maken, zie <https://fieldworkcompany.nl/nl/categorie/drones/>. Voor het vliegen met een drone boven Natura 2000-gebied is een ontheffing nodig en er zijn ontheffingen nodig voor de luchtvaartwet. Rottumerplaat ligt in *Restricted Area Marnewaard*. The Fieldwork Company beschikt over een volledige bedrijfsontheffing (ROC).

Beantwoording van onderzoeksvragen

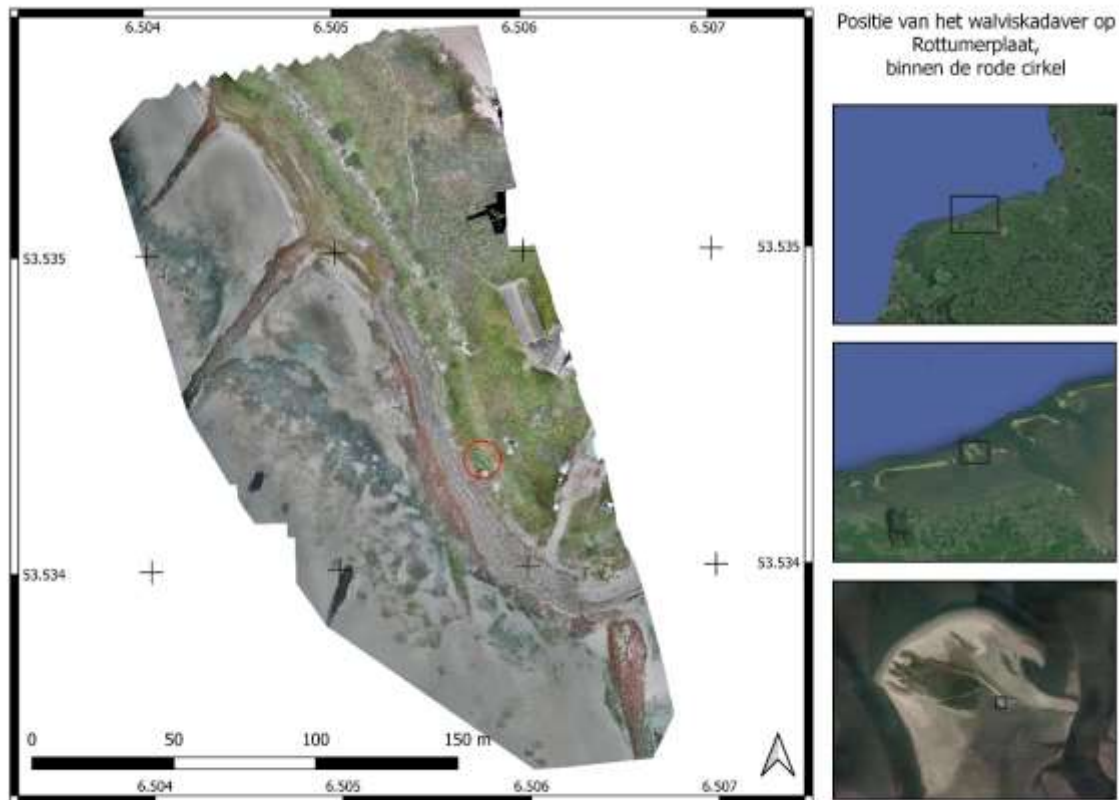
Herhaalde fotogrammetrie vanuit de lucht zou antwoorden kunnen geven voor de onderzoeksvraag:

- Wat zijn de gevolgen voor erosie, sedimentatie, duinvorming?

Maar omdat het walviskadaver op een half-natuurlijk duin op een verhard talud ligt, werd aan deze onderzoeksvraag geen vervolg gegeven.

2.1.2 Resultaten

De volledige droneopname die is gemaakt op 30 november 2020 is weergegeven in Figuur 3. Het walviskadaver ligt op de zuidoostpunt van de stuifdijk op Rottumerplaat, nabij het onderkomen van de vogelwachters. Enkele gebouwen zijn in de foto te zien. Het kadaver ligt in de rode cirkel. Een uitsnede van de droneopname is gegeven in **Figuur 4**.



Figuur 3. Droneopname van de omgeving waarin het walviskadaver ligt. Opname door The Fieldwork Company, 30 november 2020.



Figuur 4. Uitsnede van de droneopname van de omgeving waarin het walviskadaver ligt. Opname door The Fieldwork Company, 30 november 2020.

2.2 Fotogrammetrie op de grond

2.2.1 Methoden

Een meetopstelling ontwikkeld door WMR is gebruikt voor het maken van hoge resolutie orthofoto's en 3D hoogtemodellen van het kadaver genomen vanaf de grond. De meetopstelling bestaat uit 2 of 3 camera's die zijn bevestigd aan een lange stang. De camera's hebben een groothoeklens en maken overlappende foto's. De stang met de camera's werd over het kadaver geleid op een hoogte van circa 1 m boven het kadaver. Op en naast het kadaver werden controlepunten (*Ground Control Points*) aangebracht waarvan de hoogte nauwkeurig werd ingemeten met RTK-DGPS met 2 cm nauwkeurigheid in horizontaal en verticaal. Deze controlepunten werden voor iedere fotosessie opnieuw aangebracht en nadien weggehaald. Door middel van fotogrammetrie werd een gedetailleerde 3D-foto van het kadaver gemaakt aan de hand van overlappende foto's. Per compositiefoto werden zo'n 150 individuele opnamen gebruikt. De horizontale resolutie van de compositiefoto was 0,3 – 0,4 mm per pixel. Aan de hand van de hoogtegegevens werd ook een digitaal hoogtemodel van het kadaver gemaakt met een resolutie van 0,6 – 0,8 mm per pixel.

Meetfrequentie

De opnamen werden gemaakt met een frequentie van 1x per maand in de periode 28 november 2020 t/m 9 juli 2021 en vervolgens elke drie tot vier maanden in 2022, op 6 mei 2022, 10 augustus 2022 en 10 december 2022.

Beantwoording van onderzoeksvragen

De fotogrammetrie op de grond geeft antwoorden voor de onderzoeksvragen:

- Wat is de evolutie van het afbraakproces?
- Hoe snel gaat het, hoe werkt het (ontploft het kadaver ook?).
- Hoe lang duurt het?

Op en naast het kadaver werden *Ground Control Points* gelegd waarvan de positie en hoogte nauwkeurig is ingemeten met een RTK-DGPS, Figuur 5 en Figuur 6. Hierna werd de stang met de camera's over het kadaver geleid, Figuur 7 en Figuur 8.



Figuur 5. Ground Control Points aangebracht op het kadaver. Foto: Martin Baptist, 28-11-2020.



Figuur 6. Inmeten van Ground Control Points. Foto: Jan Kostwinner, Waddenunit, 16-12-2020.



Figuur 7. Drie fototoestellen met groothoeklens en afstandsbediening voor het maken van de orthofoto's van het kadaver. Foto: Hans Verdaat, Wageningen Marine Research, 25-02-2021.



Figuur 8. Drie fototoestellen aan een lange stang voor het maken van overlappende foto's. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat, 30-03-2021.



Figuur 9. Ground Control Points op het walviskadaver. Foto: Marinka van Puijenbroek, Wageningen Marine Research, 28-05-2021.

2.2.2 Resultaten

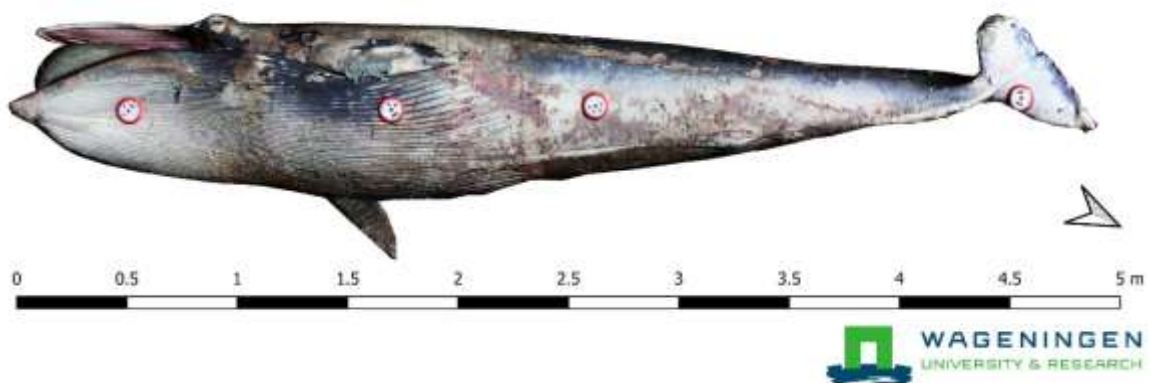
2.2.2.1 T0 op 28 november 2020

Op 28 november 2020 werd de eerste orthofoto gemaakt, Figuur 10. De dwergvinvis had enkele weken in zee gedreven. De ogen ontbraken en ook de baleinen zaten niet meer in de bek. De tong was opgezwollen en de huid had schaafwonden door het schuren over het strand.



Figuur 10. Compositie orthofoto van het kadaver op 28-11-2020. Bron: Wageningen Marine Research.

28-11-2020



Figuur 11. Uitsnede van het kadaver op 28-11-2020. Bron: Wageningen Marine Research.

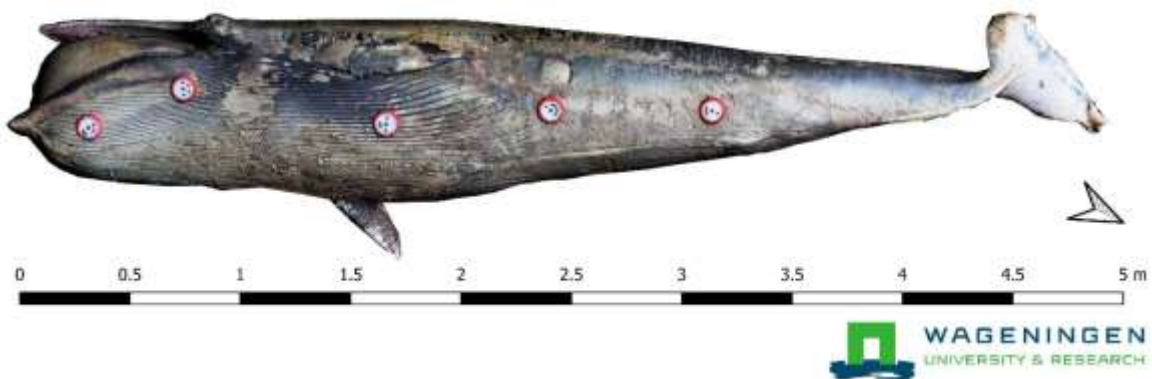
2.2.2.2 T1 op 16 december 2020

Drie weken na de stranding werd een tweede detailfoto gemaakt van het walviskadaver, Figuur 12. Er waren nog geen sporen van vraat door vogels. Zelfs niet in de verse wond die gemaakt werd op 28 november bij het wegsnijden van een stuk huid met onderliggend spek van 15x15 cm voor onderzoek. De rode schaafwonden aan de huid - die op 28 november te zien waren - vertoonden ontkleuring door degradatie van bloed. Ongeschonden delen van de donkergrijze huid werden grauwer van kleur. De achterrand van de staart was verkleurd naar lichtgrijs. Het gehemelte was aan het verkleuren van (vers) rozerood naar bruin en dit gebeurde van binnen naar buiten. De tong was nog meer gezwollen en had vooral de onderkaak weggeduwd waardoor de bek van het kadaver verder open stond.



Figuur 12. Compositie orthofoto van het kadaver op 16-12-2020. Bron: Wageningen Marine Research.

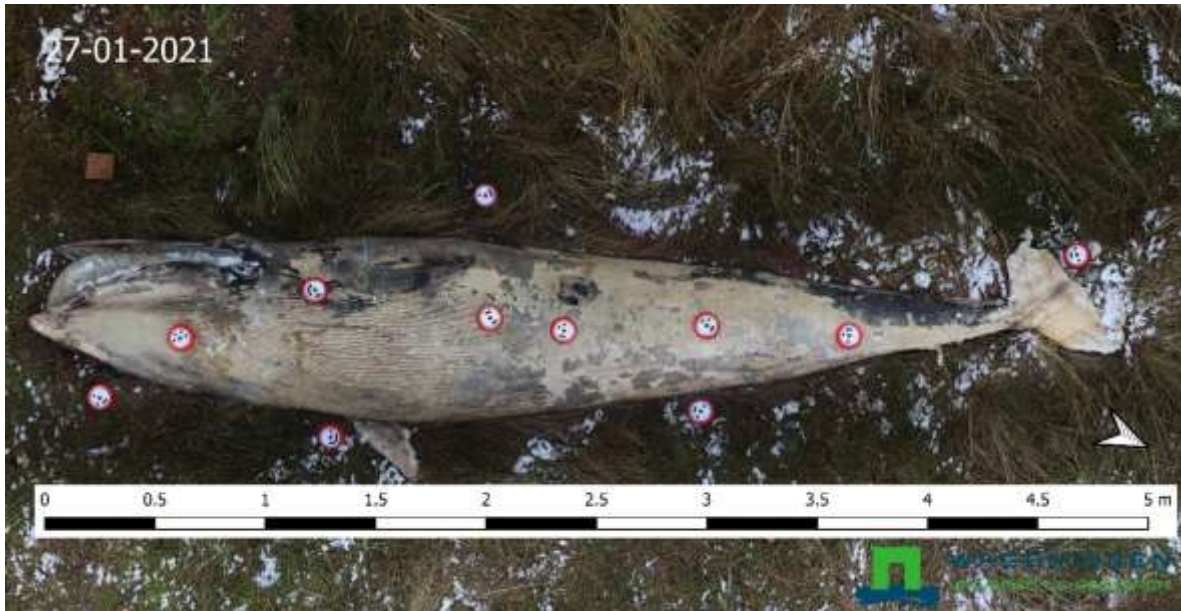
16-12-2020



Figuur 13. Uitsnede van het kadaver op 16-12-2020. Bron: Wageningen Marine Research.

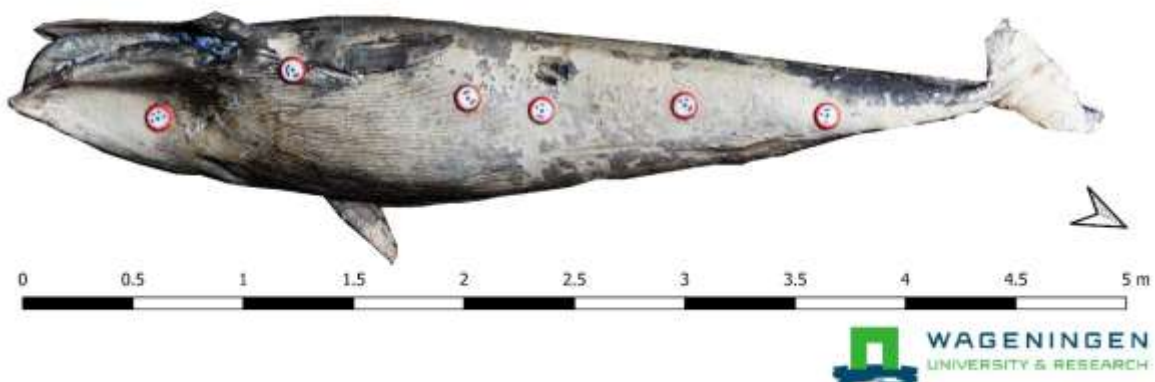
2.2.2.3 T2 op 27 januari 2021

Twee maanden na de stranding werd een derde detailfoto van het kadaver gemaakt, Figuur 14. Er waren sporen van vraat door vogels te zien. Zowel in de linker- als rechteronderkaak was het bot blootgelegd door vogels die op het kadaver, of op de grond naast het kadaver hebben gestaan. Op de plek waar een lap huid en onderliggend vet ter grootte van 15x15 cm was verwijderd voor onderzoeksdoeleinden was een opening in het kadaver ontstaan. In de opening waren pezen te zien overlappend aan de rugspieren. Door ontbinding vergaat zachter spierweefsel eerder dan de draderige pezen. Aan de achterzijde was een reep huid losgelaten. De staartvin was rafelig aangevreten en een losliggende lap huid was verdwenen. De zwelling van de tong was afgenomen en de onderkaak was meer gesloten. Het kadaver was aan de voorzijde ingevallen waardoor een kommetje ontstond waarin regenwater bleef staan. De opperhuid was wit en bruin verkleurd. De delen van de huid die tijdens het aanspoelen reeds geschonden waren, vertoonden de grootste verkleuring.



Figuur 14. Compositie orthofoto van het kadaver op 27-01-2021. Bron: Wageningen Marine Research.

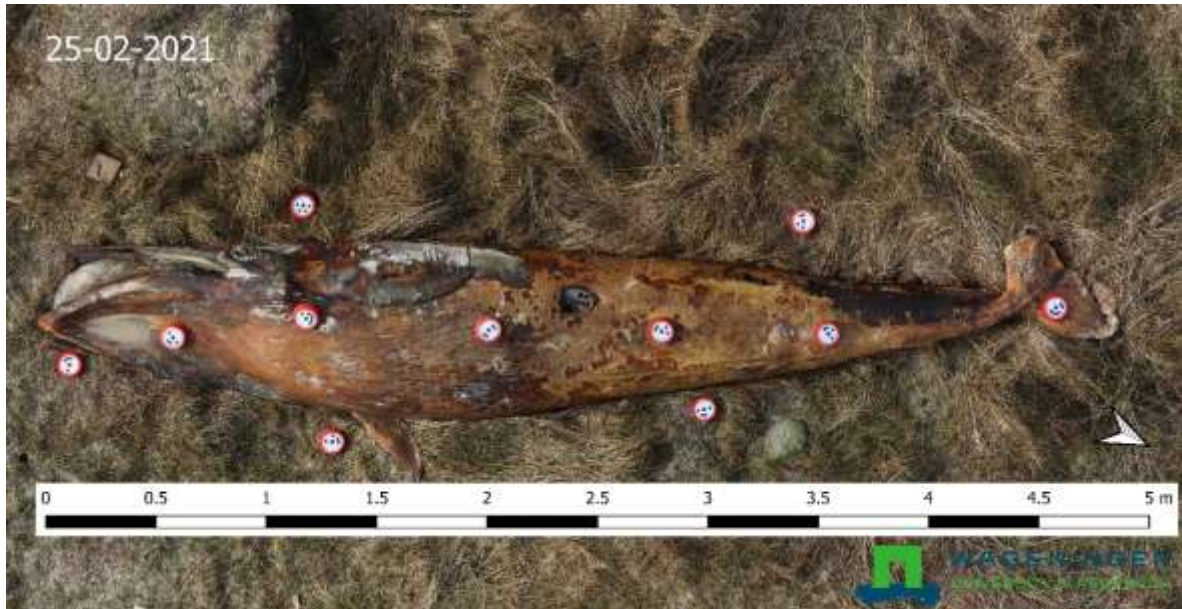
27-01-2021



Figuur 15. Uitsnede van het kadaver op 27-01-2021. Bron: Wageningen Marine Research.

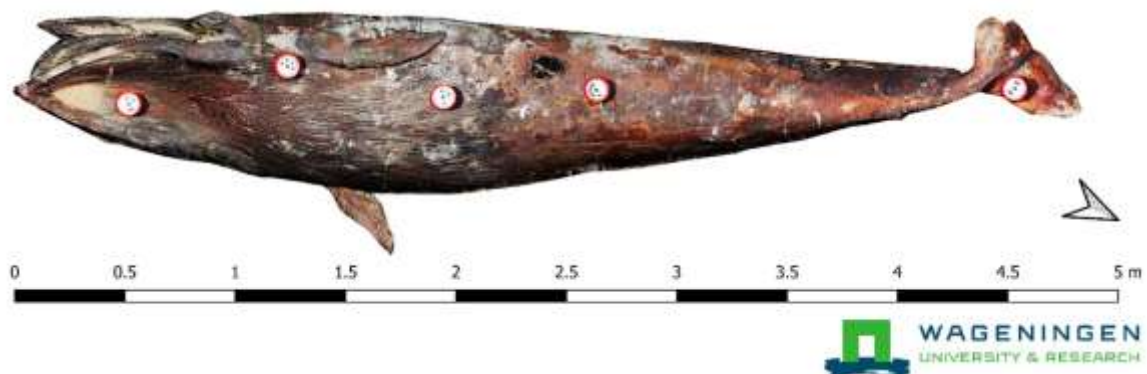
2.2.2.4 T3 op 25 februari 2021

Drie maanden na de stranding werd een vierde detailfoto van het kadaver gemaakt, Figuur 16. Wat direct opvalt aan de foto was de roodbruine verkleuring van het kadaver. Dit wordt veroorzaakt door chemische reacties die optreden in de afbraak van vetten, vetzuren en aminozuren. Een bruinverkleuring treedt ook op wanneer vlees of vis te lang buiten de koelkast ligt. De toegenomen temperatuur speelde waarschijnlijk een belangrijke rol in de opgetreden verkleuring; het was 16-17 graden Celsius op Rottumeroog in de week van 22 februari. Het kadaver was nog steeds grotendeels intact. Eerder vertoonden alleen de staart, de borstvin en de relatief dunne huid van de kaken sporen van vraat. Nu waren er ook vraatsporen op enkele andere plekken in de huid te zien. Deze plekken bevonden zich met name aan de achterzijde en op 'pikhoogte' van eksters en kraaien waar ze naast het kadaver op de grond hebben gestaan.



Figuur 16. Compositie orthofoto van het kadaver op 25-02-2020. Bron: Wageningen Marine Research.

30-03-2021



Figuur 17. Uitsnede van het kadaver op 25-02-2020. Bron: Wageningen Marine Research.

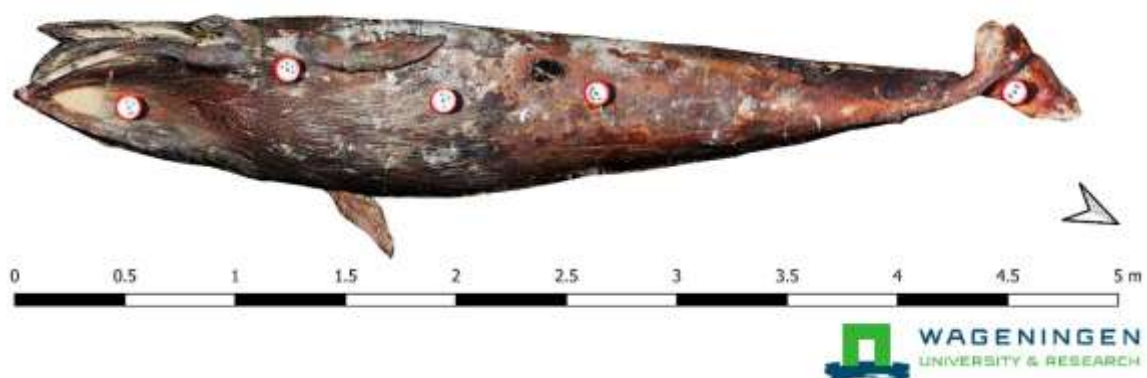
2.2.2.5 T4 op 30 maart 2021

Vier maanden na de stranding werd een vijfde detailfoto van het kadaver gemaakt, Figuur 18. Vergeleken met een maand eerder waren er geen grote veranderingen. De algehele kleur van de huid was nog donkerder bruin geworden en de huid begon op steeds meer plaatsen zwart te kleuren. Daarnaast waren er zwarte en witte plekken op de huid te zien. De tong was minder gezwollen en begon zwart te verkleuren. De onderkaak, die makkelijk bereikbaar is omdat het kadaver op zijn rug ligt, was verder kaalgepikt door vogels en het onderliggende bot kleurde zwart. De huid was op steeds meer plaatsen aangepikt, maar nog steeds zonder grote gaten.



Figuur 18. Compositie orthofoto van het kadaver op 30-03-2021. Bron: Wageningen Marine Research.

30-03-2021



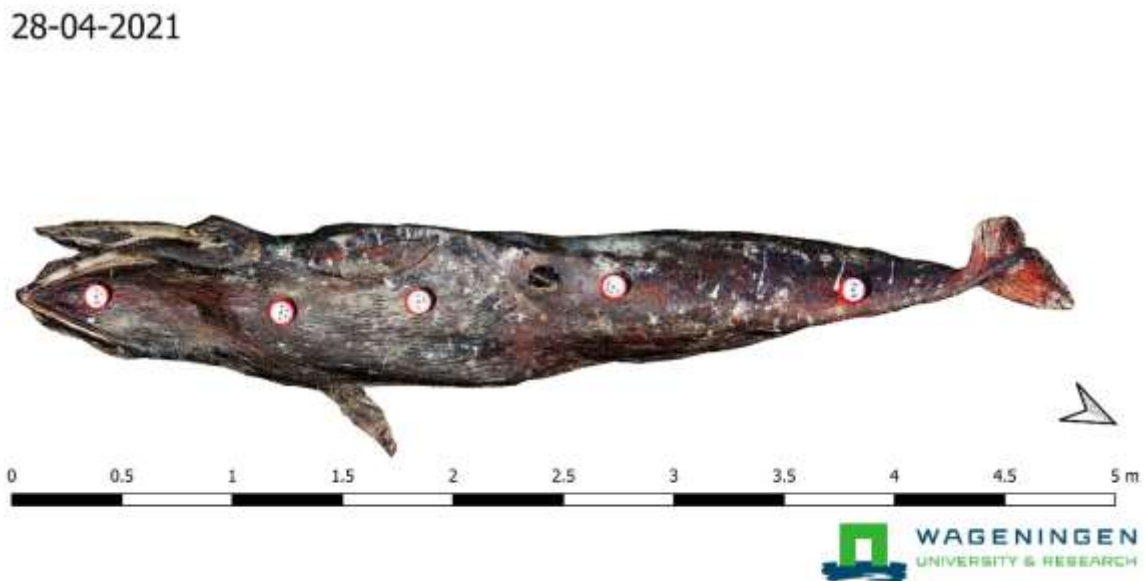
Figuur 19. Uitsnede van het kadaver op 30-03-2021. Bron: Wageningen Marine Research.

2.2.2.6 T5 op 28 april 2021

Vijf maanden na de stranding werd een zesde detailfoto van het kadaver gemaakt, Figuur 20. Nog steeds was de huid grotendeels intact. De verkleuring van het kadaver zette door naar nog donkerder bruin. De vorm van het kadaver was platter en meer ingevallen. De tong was zwart en verschrompeld. Op de plek waar de tong op de grond lag was het duinzand zwart gekleurd en de vegetatie verdord. Dorre vegetatie tekende zich af rondom het kadaver.



Figuur 20. Compositie orthofoto van het kadaver op 28-04-2021. Bron: Wageningen Marine Research.

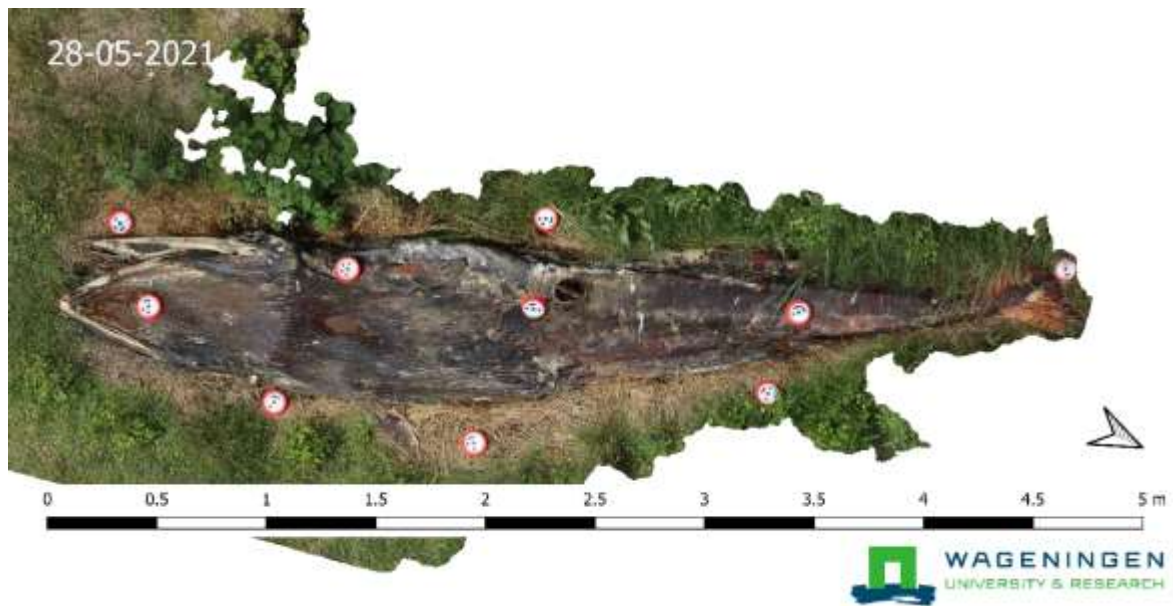


Figuur 21. Uitsnede van het kadaver op 28-04-2021. Bron: Wageningen Marine Research.

2.2.2.7 T6 op 28 mei 2021

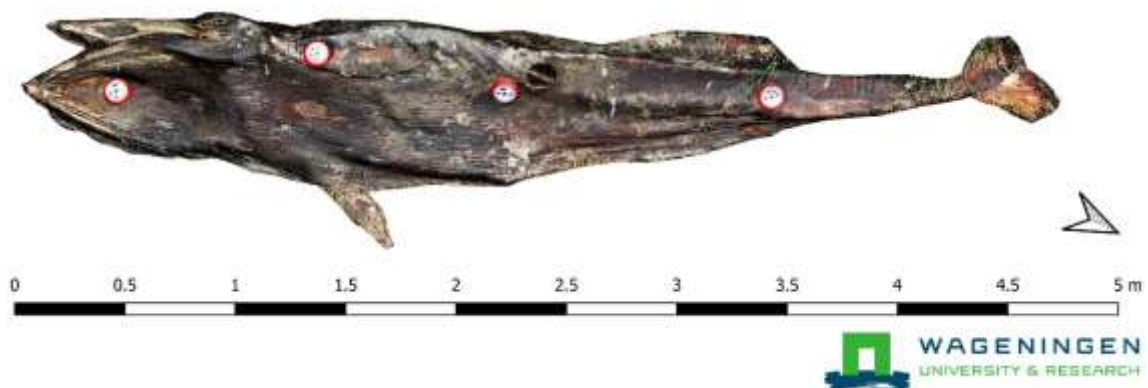
Zes maanden na de stranding werd een zevende detailfoto van het kadaver gemaakt. De kleur van het kadaver was nagenoeg hetzelfde als een maand geleden. Het kadaver was aanzienlijk platter geworden en de huid was ingevallen. Interne organen lijken verteerd en vervloeid te zijn, door bacteriologische en enzymatische afbraak. Afgetekend tegen het verse groen in de omgeving valt de dorre vegetatie direct rondom het kadaver nog meer op. Dit komt waarschijnlijk door een hoge concentratie aan stikstofverbindingen die de grond in lekken.

De fotobewerkingssoftware had moeite om een compositie te maken van hoge vegetatie. In Figuur 22 is het kadaver goed afgebeeld en ook de vers groene vegetatie vlak naast het kadaver, maar de rest van de foto ontbreekt.



Figuur 22. Compositie orthofoto van het kadaver op 28-05-2021. Bron: Wageningen Marine Research.

28-05-2021



Figuur 23. Uitsnede van het kadaver op 28-05-2021. Bron: Wageningen Marine Research.

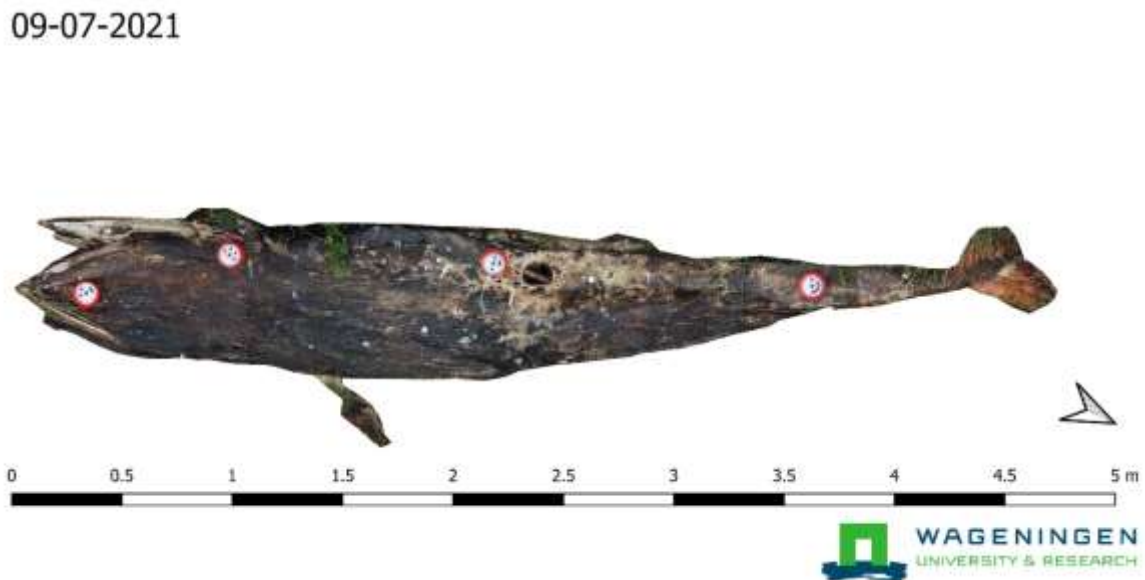
2.2.2.8 T7 op 9 juli 2021

Zeven maanden na de stranding werd een achtste detailfoto van het kadaver gemaakt. Het kadaver is sterk ingevallen, letterlijk vel over been. De huid ligt als een lap leer gedrapeerd over de botten en is nog steeds grotendeels intact. De contouren van ribben zijn zichtbaar in de huid. Rond het kadaver is de vegetatie dor en dood.

De fotobewerkingssoftware had moeite om een compositie te maken van hoge vegetatie. Bovendien was de staartvin overgroeid door vegetatie waardoor deze niet in de foto verwerkt kon worden. Om een beeld te krijgen van het complete kadaver is in Figuur 24 en Figuur 25 de staartvin van de foto van 28 mei gebruikt.



Figuur 24. Compositie orthofoto van het kadaver op 09-07-2021. Bron: Wageningen Marine Research.



Figuur 25. Uitsnede van het kadaver op 09-07-2021. Bron: Wageningen Marine Research.

2.2.2.9 T8 op 6 mei 2022

Zeventien maanden na de stranding werd een negende detailfoto van het kadaver gemaakt. Vanwege de hoog opstaande vegetatie aan de staartzijde van het kadaver kon geen volledig vlakdekkende compositiefoto worden gemaakt.

De huid is niet meer intact en delen van het skelet zijn zichtbaar geworden. Op de compositiefoto zijn de beide onderkaken (die bovenop liggen) goed te zien en bijvoorbeeld ook de beide botten van de flippers.



Figuur 26. Compositie orthofoto van het kadaver op 06-05-2022. Bron: Wageningen Marine Research.

2.2.2.10 T9 op 10 augustus 2022

Twintig maanden na de stranding werd een tiende detailfoto van het kadaver gemaakt. Vanwege de hoog opstaande vegetatie midden in het zomerseizoen kon geen compositiefoto worden gemaakt.

2.2.2.11 T10 op 9 december 2022

Vierentwintig maanden na de stranding werd een elfde detailfoto van het kadaver gemaakt. De huid is bijna in zijn geheel verteerd en bijna alle botten liggen bloot. Vanwege de vochtige omstandigheden in de herfst en winter zijn sommige botten groen uitgeslagen van algen.

In de foto van Figuur 27 is ook een witte uitslag te zien, maar dit is rijp op een stuk overgebleven huid vanwege de lage temperatuur in de ochtend van 9 december.

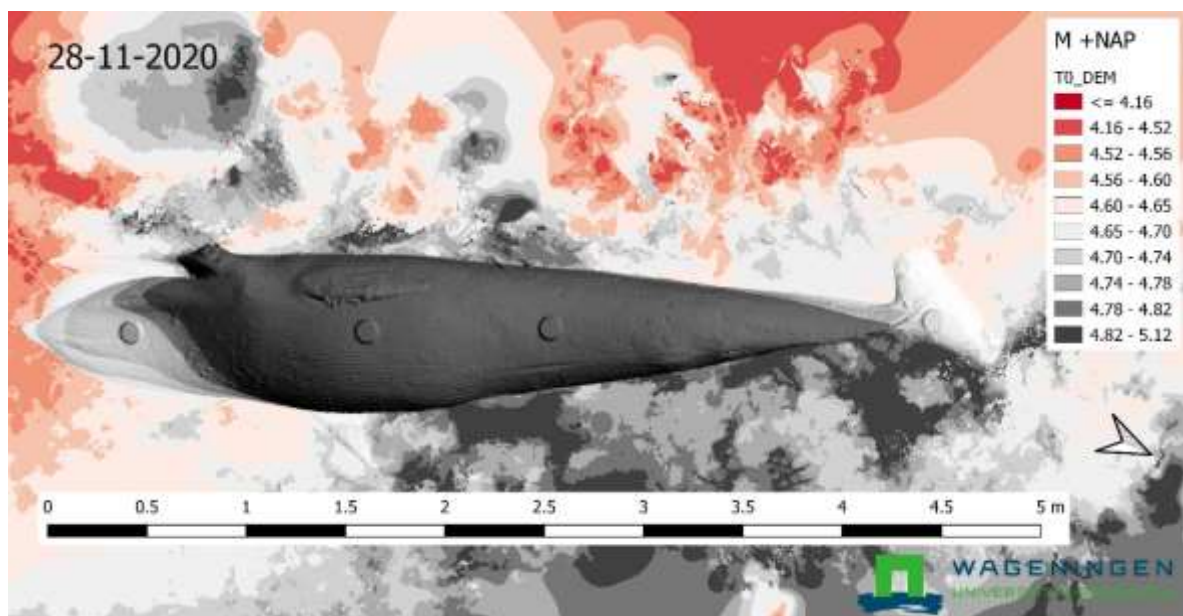


Figuur 27. Compositie orthofoto van het kadaver op 09-12-2022. Bron: Wageningen Marine Research.

2.2.2.12 Oppervlakte en volumeveranderingen van het kadaver

Van de compositie orthofoto's t/m juli 2021 is een digitaal hoogtemodel gemaakt (de foto's van 2022 waren hiervoor niet geschikt). Hiermee is het mogelijk om een berekening te maken van het volume van het kadaver. Een aanname is nodig voor de hoogte van een horizontaal referentievlak dat onder het kadaver ligt; de bodemhoogte. Het kadaver ligt op een hellende bodem en de bodem zelf is niet vlak. De exacte ligging van de bodem onder het kadaver is onbekend. De bodemhoogte naast het kadaver is niet goed te meten bij hoge vegetatie omdat vegetatie ook wordt gefotografeerd waarmee de hoogte van de vegetatie ook meegenomen wordt in het hoogtemodel.

De hoogte van het horizontale referentievlak is bepaald aan de hand van de eerste orthofoto (Figuur 10) en het digitaal hoogtemodel van 28 november 2020 (Figuur 28). Op plaatsen met een spaarzame vegetatie zoals bij de staart en - op de afbeelding - linksvoor van de kop van het kadaver is de bodemhoogte 4,60 m +NAP. Bij de punt van de kaak ligt de ondergrond iets lager, maar rechtsvoor van het lijf juist weer wat hoger. De hoogte van het referentievlak is bepaald op 4,60 m +NAP. Hiermee doet de staart nog net mee, de rest van het kadaver ook, alleen de punt van de bovenkaak niet want die ligt wat lager op de helling.



Figuur 28. De hoogte van en rondom het kadaver op 28-11-2021. Bron: Wageningen Marine Research.

Het volume van de aangespoelde dwergvinvis op 28 november 2020 bedroeg 0,82 m³. Bij een aangenomen dichtheid van 1000 kg/m³ komt dit overeen met 0,82 ton. Dit is een relatief laag gewicht voor de lengte (4,70 m) van de dwergvinvis. Lockyer (1976) leidde gewicht-lengte relaties af voor walvisachtigen op basis van de vergelijking:

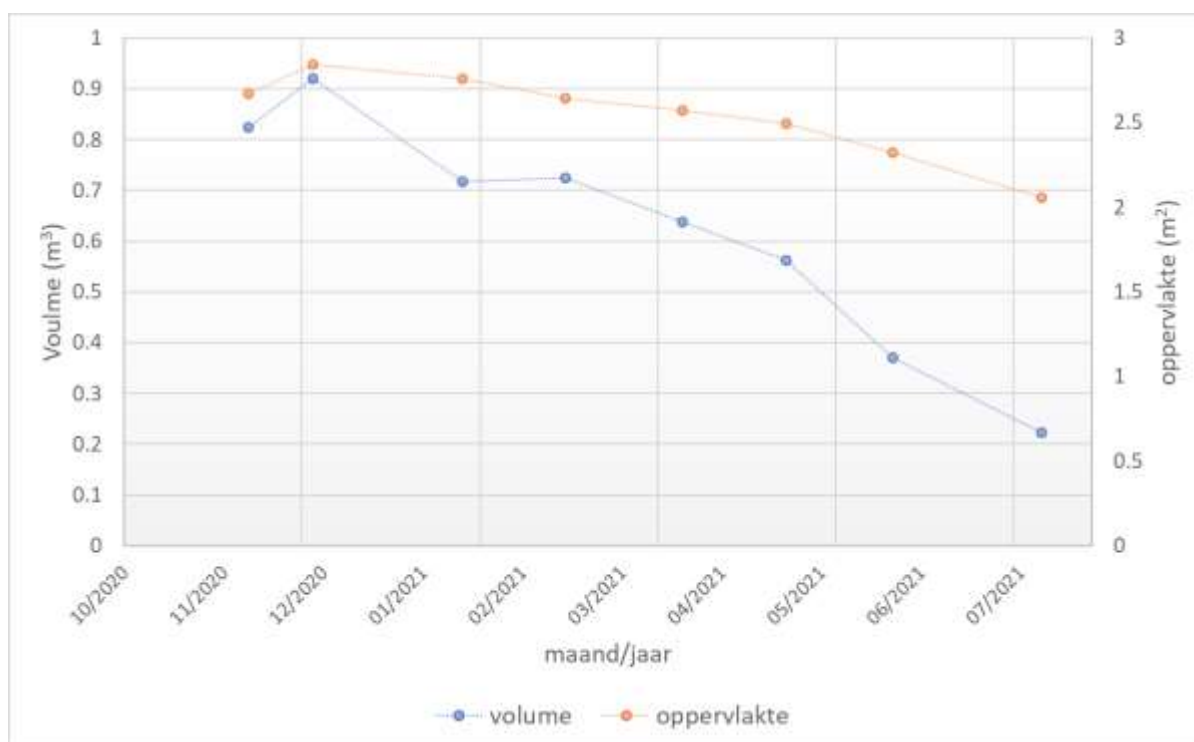
$$W = aL^b$$

waarin W het gewicht is in ton, L lengte in m, en a en b regressieparameters. Lockyer (1976) vond voor 22 dwergvinvissen de waarden $a = 0.0076$ en $b = 3.23 \pm 0.16$. Dit geeft voor een lengte van 4,70 m een gewicht tussen 0,88 en 1,13 ton. Het lage gewicht van 0,82 ton kan verklaard worden doordat het gevonden individu mager was (visuele waarneming Hans Verdaat en zie Figuur 1) terwijl de metingen afkomstig zijn van gezonde gevangen exemplaren uit de walvisindustrie.

Het kadaver nam na 28 november eerst toe in volume tot 0,92 m³, als gevolg van gasophoping, bijvoorbeeld van de tong. Hierna nam het volume af doordat organen verteerd worden. Een snelle afname van het volume werd ingezet in mei 2021. De loodrechte projectie (oppervlakte) van het kadaver vertoonde een soortgelijk verloop als het volume, Tabel 3, Figuur 29.

Tabel 3. Volume en oppervlakte van het kadaver.

	Datum	Volume (m ³)	Opp. (m ²)
T0	28/11/2020	0.82	2.67
T1	16/12/2020	0.92	2.84
T2	27/01/2021	0.72	2.76
T3	25/02/2021	0.72	2.65
T4	30/03/2021	0.64	2.57
T5	28/04/2021	0.56	2.49
T6	28/05/2021	0.37	2.32
T7	09/07/2021	0.22	2.06



Figuur 29. Het volume (blauw) en het loodrecht geprojecteerde oppervlakte (oranje) van het kadaver.

2.3 Wildcamera's

2.3.1 Methoden

Wildcamera's werden ingezet om de aanwezigheid van diersoorten bij het kadaver vast te leggen en om een time lapse opname te maken van het ontbindingsproces. De wildcamera's werken autonoom op batterijen. De werkingsduur is afhankelijk van de instellingen en het weer. Afhankelijk van het type camera kunnen foto's met een 4G verbinding worden verzonden, maar ze werden ook altijd lokaal opgeslagen op een SD-kaart. Bij ieder veldbezoek werden foto's uitgelezen. De foto's die werden gemaakt t/m juli 2021 zijn geanalyseerd op aanwezigheid van (vogel)soorten. De wildcamera's werkten volcontinu, dag en nacht. 's Nachts werden foto's gemaakt met behulp van IR-licht. Direct volgend op een foto maakten de camera's een video-opname met een duur van 5 seconden.

De afbeeldingen die genomen zijn door de wildcamera's werden verwerkt en gearchiveerd op <https://www.agouti.eu/> dat in beheer is van WUR.

Meetfrequentie

Opnamen werden gemaakt met een frequentie van 1x per uur en afhankelijk van beweging van dieren. Om batterijcapaciteit te besparen werd een minimaal tijdsinterval ingesteld van 5 minuten voordat een nieuwe opname van beweging werd gemaakt. Ook was het aantal foto's per dag gemaximeerd op 50.

Vanaf juli 2021 werd de bewegingsdetectie uitgeschakeld en werd de frequentie teruggebracht naar 1x per 2 uur. Deze instellingen werden gekozen om batterijen uit te sparen, omdat deze in de winter niet vaak vervangen kunnen worden. Gedurende 2022 zijn deze instellingen gecontinueerd.

Beantwoording van onderzoeksvragen

De wildcamera's geven antwoorden voor de onderzoeksvragen:

- Wat is de evolutie van het afbraakproces?
- Hoe snel gaat het, hoe werkt het (ontploft het kadaver ook?).
- Hoe lang duurt het?
- Welke soorten profiteren van het kadaver, welke functies heeft het kadaver en hoe is de successie van soorten?
- Hoeveel soorten maken gebruik van het kadaver?
- Welke specifieke soorten gebruiken het skelet?

Bij het eerste veldbezoek op 28 november 2020 zijn zes camera's geplaatst op drie palen. Op 16 december 2020 zijn twee wildcamera's met 4G dataverbinding geplaatst, waarvan één op een nieuwe camerapaal en de ander ter vervanging van een ander type camera. Bij het veldbezoek van 27 januari 2021 zijn er twee wildcamera's met 4G dataverbinding geplaatst ter vervanging van twee oudere typen wildcamera's. Hierbij is de meest veraf gelegen camerapositie (op meer dan 15 m afstand) buiten gebruik gesteld. Er is een nieuwe camerapositie gekozen aan de benedenzijde van het walviskadaver op de rand van de steenglooing. In totaal staan er vanaf 27 januari 2021 zeven wildcamera's op vier palen, Figuur 31, Figuur 30 en Tabel 4. In december 2022 zijn de meeste camera's opgeruimd, alleen op Paal 1 en Paal 2 zijn nog Snyder 4G camera's blijven staan.

Tabel 4. Cameraposities wildcamera's.

Naam	RD_X	RD_Y	Z (m+NAP)	Afstand (m)	Kijkri.	Camera's
Paal 1	229169.0	617059.7	5.48	8.7	Z	Snyder 4G Reconyx HF2X
Paal 2	229175.3	617050.5	5.57	4.0	ZW	Snyder 4G Reconyx HF2X
Paal 3	229181.3	617041.0	5.76	11.4	WNW	Snyder 4G Reconyx HF2X
Paal 4	229163.6	617052.8	3.87	5.8	OZO	Snyder 4G



Figuur 30. Posities van de vier camerapalen ten opzichte van het walviskadaver. Bron achtergrondfoto: drone-opname The Fieldwork Company.



Figuur 31. De vier camerapalen met zeven wildcamera's. Van links naar rechts paal 1 t/m paal 4. Foto's: Hans Verdaat, Wageningen Marine Research, 25-02-2021.

2.3.2 Resultaten

2.3.2.1 T1 op 16 december 2020

Diersoorten die op de wildcamera's werden vastgelegd tussen 28 november 2020 en 16 december 2020 waren konijn, ekster en zwarte kraai. Het gebied waar het walviskadaver ligt, bleek in gebruik als konijnenlatrine; er ligt een grote hoeveelheid konijnenkeutels. De eerste vogel die werd gefotografeerd

bij het walviskadaver was een ekster op 3 december 2020, Figuur 32. Op latere datums werd vaker een ekster gefotografeerd. De ekster leek vooral belangstelling te hebben voor de konijnenlatrine, niet voor het kadaver.



Figuur 32. Wildcam foto's van Ekster vanuit camerapositie 2 op 4,0 m afstand op 8 december 2020. Bron: Wageningen Marine Research.

2.3.2.2 T2 op 27 januari 2021

Vogelsoorten die tussen 16 december 2020 en 27 januari 2021 op of nabij het walviskadaver werden vastgelegd zijn ekster, zwarte kraai (Figuur 33), grote mantelmeeuw (Figuur 34), zilverbmeeuw en buizerd.



Figuur 33. Wildcam foto van drie zwarte kraaien bij het kadaver op 15 januari 2021. Bron: Wageningen Marine Research.



Figuur 34. Wildcam foto van een grote mantelmeeuw (en twee zwarte kraaien) bij het kadaver op 31 december 2020. Bron: Wageningen Marine Research.

Eén foto verdient een aparte beschrijving (Figuur 35). Op 12 januari 2021 om 10:37 uur werd een roofvogel gefotografeerd die laag over het walviskadaver vloog. Determinatie van de soort was niet eenvoudig. De duidelijke witte stuit kan een aanwijzing zijn voor een vrouwtje blauwe kiekendief, maar dan zou de staart langer zijn met een duidelijke bandering, en de vleugels zouden slanker zijn. Deze forse brede vleugels doen meer denken aan een zeearend, maar die heeft een witte staart, geen witte stuit. Een schreeuwarend heeft een witte stuit en ook witte vlekken op de bovenzijde van de vleugels. Maar arenden hebben zes in plaats van vijf vingers, dus een arend is het niet. Dit sluit ook een bastaardarend uit. Het postuur past ook bij een ruigpootbuiserd en die heeft ook een witte stuit. Echter, door de aanwezigheid van een fijne bandering in de witte staartveren is het eindoordeel gegeven door Dick Forsman, auteur van "The Raptors of Europe and the Middle East" (Forsman, 1999): een buizerd.



Figuur 35. Wildcam foto van een buizerd die laag over het walviskadaver vliegt. Bron: Wageningen Marine Research.

2.3.2.3 T3 op 25 februari 2021

Vogelsoorten die tussen 27 januari 2021 en 25 februari 2021 vaak op of nabij het walviskadaver werden vastgelegd zijn ekster, zwarte kraai en zilvermeeuw (Figuur 36). Ook werd er een passerende scholekster gefotografeerd.



Figuur 36. Wildcam foto met v.l.n.r. ekster, zilvermeeuw en zwarte kraai (en nog een ekster). Bron: Wageningen Marine Research.

2.3.2.4 T4 op 30 maart 2021

Vogelsoorten die tussen 25 februari 2021 en 30 maart 2021 op of nabij het walviskadaver werden vastgelegd zijn voornamelijk zwarte kraai en ekster. Regelmatig lopen er 's nachts scholeksters door het gras nabij het kadaver en er zijn zelfs scholeksters óp het kadaver gefotografeerd (Figuur 37). Waarschijnlijk was het voor de scholeksters gewoon een handige plek om tijdelijk te staan. Daarnaast is een enkele keer waargenomen: zilvermeeuw, roodborst (Figuur 38), merel (Figuur 39), houtsnip (Figuur 40), holenduif (Figuur 41) en zwarte roodstaart (Figuur 42). De laatste is ook óp het kadaver waargenomen, waarschijnlijk op zoek naar insecten. Overigens zijn er ook regelmatig konijnen gefotografeerd.



Figuur 37. Wildcam foto van twee scholeksters, waarvan een óp het kadaver, op 26 februari 2021. Bron: Wageningen Marine Research.



Figuur 38. Wildcam foto van een roodborst op 18 maart 2021. Bron: Wageningen Marine Research.



Figuur 39. Wildcam foto van een merel op 19 maart 2021. Bron: Wageningen Marine Research.



Figuur 40. Wildcam foto van een houtsnip op 12 februari 2021. Bron: Wageningen Marine Research.



Figuur 41. Wildcam foto van een holenduif op 20 maart 2021. Bron: Wageningen Marine Research.



Figuur 42. Video still van een zwarte roodstaart op 23 maart 2021. Bron: Wageningen Marine Research.

2.3.2.5 T5 op 28 april 2021

Vogelsoorten die tussen 30 maart 2021 en 28 april 2021 op of nabij het walviskadaver werden vastgelegd zijn voornamelijk zwarte kraai en ekster, maar ook waren er regelmatig scholeksters in de buurt, Figuur 43. Daarnaast is een enkele keer waargenomen: roodborsttapuit (Figuur 44), zilvermeeuw (Figuur 45), roodborst (Figuur 46), merel (Figuur 47), zwarte roodstaart (Figuur 48), wilde eend (Figuur 49), bergeend (Figuur 50), eider (Figuur 51 en Figuur 52), tapuit (Figuur 53), zanglijster (Figuur 54), koperwiek (Figuur 55), fitis/tjiftjaf (Figuur 57) en graspieper (Figuur 58). Overigens zijn er ook regelmatig konijnen gefotografeerd.



Figuur 43. Wildcam foto van de drie meest geziene soorten vogels in één beeld; scholekster, ekster en zwarte kraai, op 25 april 2021. Bron: Wageningen Marine Research.



Figuur 44. Roodborsttapuit op het kadaver, op 31 maart 2021. Bron: Wageningen Marine Research.



Figuur 45. Tweede kalenderjaar zilvermeeuw op het kadaver, op 21 april 2021. Bron: Wageningen Marine Research.



Figuur 46. Nachtfoto van een rookborst op het kadaver, op 3 april 2021. Bron: Wageningen Marine Research.



Figuur 47. Een vrouwtje merel bij het kadaver, op 24 april 2021. Bron: Wageningen Marine Research.



Figuur 48. Een zwarte roodstaart bij het kadaver, op 31 maart 2021. Bron: Wageningen Marine Research.



Figuur 49. Een vrouwtje wilde eend bij het kadaver, op 2 april 2021. Bron: Wageningen Marine Research.



Figuur 50. Een paartje bergeenden bij het kadaver, op 17 april 2021. Bron: Wageningen Marine Research.



Figuur 51. Een volwassen vrouwtje eider bij het kadaver, op 18 april 2021. Bron: Wageningen Marine Research.



Figuur 52. Een volwassen mannetje eider bij het kadaver, op 24 april 2021. Bron: Wageningen Marine Research.



Figuur 53. Nachtopname van een mannetje tapuit bij het kadaver, op 25 april 2021. Bron: Wageningen Marine Research.



Figuur 54. Een zanglijster bij het kadaver, op 18 april 2021. Bron: Wageningen Marine Research.



Figuur 55. Een koperwiek bij het kadaver, op 18 april 2021. Bron: Wageningen Marine Research.



Figuur 56. Een mannetje tapuit kijkt vanaf het kadaver neer op twee ruziënde scholeksters, op 25 april 2021. Bron: Wageningen Marine Research.



*Figuur 57. Wildcam foto van een tjiftjaf of fitis bij het kadaver, op 18 april 2021.
Bron: Wageningen Marine Research.*



*Figuur 58. Wildcam foto van een graspieper bij het kadaver, op 28 april 2021.
Bron: Wageningen Marine Research.*

2.3.2.6 T6 op 28 mei 2021

Vogelsoorten die tussen 28 april 2021 en 28 mei 2021 op of nabij het walviskadaver werden vastgelegd zijn voornamelijk scholekster, ekster en zwarte kraai. De meest gefotografeerde vogel was de scholekster. Scholeksters foerageerden in het gras nabij het kadaver maar werden ook op het kadaver waargenomen waar ze mogelijk belangstelling hadden voor insecten en/of vliegenmaden. Scholeksters

werden waargenomen met hun gehele snavel in de opening van het kadaver en daarbij prooiën doorslikkend, Figuur 59. Daarnaast is een enkele keer waargenomen: zanglijster (Figuur 60), kramsvogel (Figuur 61), kneu (Figuur 63) en visdief (Figuur 64). De zanglijster en kramsvogel leken op insecten af te komen, de kneu zocht nestmateriaal. Overigens zijn er ook konijnen gefotografeerd.



Figuur 59. Een scholekster steekt de gehele snavel in de opening van het kadaver, screenshot uit video van 19 mei 2021. Screenshot uit video. Bron: Wageningen Marine Research.



Figuur 60. Een zanglijster bij het kadaver, op 28 april 2021. Bron: Wageningen Marine Research.



Figuur 61. Een kramsvogel bij het kadaver, op 29 april 2021. Bron: Wageningen Marine Research.



Figuur 62. Een vermoedelijke kramsvogel op het kadaver, op 11 mei 2021. Bron: Wageningen Marine Research.



Figuur 63. Twee kneuen bij het kadaver, op 13 mei 2021. Bron: Wageningen Marine Research.



Figuur 64. Een visdief vliegt over het kadaver, op 22 mei 2021. Bron: Wageningen Marine Research.

2.3.2.7 T7 op 9 juli 2021

Vogelsoorten die tussen 28 mei 2021 en 9 juli 2021 op of nabij het walviskadaver werden vastgelegd zijn voornamelijk scholekster en ekster. Op 8 en 9 juli werd een zwarte kraai waargenomen. De meest gefotografeerde vogel was de scholekster vanwege de nabijheid van het scholeksternest.

Daarnaast is een enkele keer waargenomen: witte kwikstaart (Figuur 60), spreeuw (Figuur 61, Figuur 67), eider (Figuur 68).



Figuur 65. Een witte kwikstaart bij het kadaver, op 2 juni 2021. Bron: Wageningen Marine Research.



Figuur 66. Een adulte spreeuw (en witte kwikstaart) bij het kadaver, op 8 juni 2021. Bron: Wageningen Marine Research.



Figuur 67. Twee juveniele spreeuwen bij het kadaver, op 23 juni 2021. Bron: Wageningen Marine Research.



Figuur 68. Vrouwtje eider bij het kadaver, op 22 juni 2021. Bron: Wageningen Marine Research.

2.3.2.8 Aantallen vogelsoorten en hun gedrag

De foto's tot en met 9 juli 2021 zijn geanalyseerd op het aantal vogelsoorten en hun gedrag. Deze tijdrovende analyse is niet voortgezet na deze datum.

In totaal zijn 41.280 foto's opgeslagen in het wildcamera fotobeheersysteem Agouti (een platform voor het beheer van foto's verzameld met cameravallen; www.agouti.eu). Alle foto's zijn gescreend op aanwezige vogelsoorten. Een deelverzameling van 5.900 foto's vanuit alle vier cameraposities over de gehele duur van de waarnemingen is nauwkeurig geannoteerd op kenmerken zoals soort en gedrag in Agouti. Vanwege het enorme aantal foto's kon niet de gehele dataset worden geannoteerd.

In totaal zijn 26 soorten vogels waargenomen nabij of op het kadaver, Tabel 5. Vogels die op de achtergrond van de foto's te zien waren, bijvoorbeeld foeragerende wadvogels, zijn niet meegenomen. De meest waargenomen vogels waren scholekster (op 40% van de foto's te zien), ekster (32%) en zwarte kraai (21%).

Tabel 5. Lijst van waargenomen vogelsoorten nabij of op het kadaver.

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Opmerking
<i>Anas platyrhynchos</i>	Wilde eend	Passant
<i>Anthus pratensis</i>	Graspieper	Insecteneter
<i>Buteo buteo</i>	Buizerd	Aaseter
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	Kokmeeuw	Aas- en insecteneter
<i>Columba oenas</i>	Holenduif	Passant
<i>Corvus corone</i>	Zwarte kraai	Aaseter
<i>Erithacus rubecula</i>	Roodborst	Insecteneter
<i>Haematopus ostralegus</i>	Scholekster	Insecteneter
<i>Larus argentatus</i>	Zilvermeeuw	Aaseter
<i>Larus marinus</i>	Grote mantelmeeuw	Aaseter
<i>Linaria cannabina</i>	Kneu	Passant
<i>Motacilla alba</i>	Witte kwikstaart	Insecteneter
<i>Oenanthe oenanthe</i>	Tapuit	Insecteneter
<i>Phoenicurus ochruros</i>	Zwarte roodstaart	Insecteneter
<i>Phylloscopus trochilus/collybita</i>	Fitis/Tjiftjaf	Insecteneter
<i>Pica pica</i>	Ekster	Aas- en insecteneter
<i>Saxicola rubicola</i>	Roodborsttapuit	Insecteneter
<i>Scolopax rusticola</i>	Houtsnip	Passant
<i>Somateria mollissima</i>	Eider	Passant
<i>Sterna hirundo</i>	Visdief	Passant
<i>Sturnus vulgaris</i>	Spreeuw	Insecteneter
<i>Tadorna tadorna</i>	Bergeend	Passant
<i>Turdus iliacus</i>	Koperwiek	Insecteneter
<i>Turdus merula</i>	Merel	Insecteneter
<i>Turdus philomelos</i>	Zanglijster	Insecteneter
<i>Turdus pilaris</i>	Kramsvogel	Insecteneter

Tabel 6 geeft de gedragskenmerken die werden geregistreerd bij de foto's. De meeste gedragingen hebben betrekking op vogels, maar er zijn ook konijnen geregistreerd.

Tabel 6. Lijst van gedragskenmerken voor annotatie van foto's.

Behaviour category combination category	..Continued from left column
breeding present	nightview present
flying	nightview present foraging on carcass
flying nightview	nightview present on carcass
flying taking off	nightview taking off
foraging	nightview taking off present on carcass landing
foraging foraging on carcass	present
foraging foraging on carcass present	present landing
foraging nightview	present nightview
foraging present	present present on carcass
foraging taking off	present present on carcass nightview
foraging territorial behavior	present territorial behavior
foraging on carcass	present on carcass
foraging on carcass foraging	present on carcass foraging
foraging on carcass landing	present on carcass landing
foraging on carcass nightview	present on carcass nightview
foraging on carcass nightview foraging	present on carcass present
foraging on carcass present	present on carcass taking off
foraging on carcass present foraging	present on carcass territorial behavior
foraging on carcass present on carcass	resting HVP
landing	taking off
landing foraging on carcass	taking off foraging
landing nightview	taking off nightview
landing present	taking off present
landing present on carcass	taking off present on carcass
landing taking off	taking off territorial behavior
landing territorial behavior	territorial behavior
landing territorial behavior nightview	territorial behavior flying
nightview	territorial behavior foraging
nightview flying	territorial behavior landing
nightview foraging	territorial behavior present
nightview foraging on carcass	territorial behavior present on carcass
nightview landing	territorial behavior taking off
nightview landing present on carcass	

Vogelsoorten die zijn geregistreerd als 'foraging on carcass' zijn zwarte kraai, scholekster, zilvermeeuw, grote mantelmeeuw, ekster, zwarte roodstaart en kramsvogel. Het vaakst werd zwarte kraai gezien (54%), daarna ekster (28%) en daarna grote mantelmeeuw (11%). Deze vogelsoorten komen af op het vlees van het kadaver. Foeragerende scholekster, zwarte roodstaart en kramsvogel komen af op de insecten of de maden die op het kadaver te vinden zijn. Insectenetende vogels werden ook foeragerend in de vegetatie naast het kadaver waargenomen.

2.4 Bemonstering van invertebraten

2.4.1 Methoden

Op 16 december 2020 werden potvallen ingegraven naast het kadaver om insecten te vangen. De gevangen invertebraten werden door specialisten van Wageningen Environmental Research op naam gebracht en ook door vrijwilliger Jan Burgers die de kevers determineerde.

Meetfrequentie

De bemonstering vond plaats met een frequentie van 1x per maand in de zomers van 2021 en 2022.

Beantwoording van onderzoeksvragen

Op kadavers op het vasteland worden diverse aasetende kevers, vliegen en vlinders aangetroffen, het is interessant in hoeverre deze soorten het kadaver op Rottumerplaat kunnen vinden. De bemonstering van invertebraten geeft antwoorden voor de onderzoeksvragen:

- Welke soorten profiteren van het kadaver, welke functies heeft het kadaver en hoe is de successie van soorten?
- Hoeveel soorten maken gebruik van het kadaver?
- Welke specifieke soorten gebruiken het skelet?

Op 16 december 2020 zijn drie potvallen ingegraven nabij het walviskadaver (Figuur 69). Twee potvallen zijn vlak naast het kadaver ingegraven, en een potval op enkele meters afstand. Potval nr. 1 werd op 30 cm naast de kop van het kadaver ingegraven (linkerfoto), potval nr. 2 werd op 50 cm van het lijf van de kadaver ingegraven en potval nr. 3 werd op 3 m achter de staart van het kadaver ingegraven. Een potval bestaat uit een plastic emmer voorzien van een afdak om regenwater tegen te houden. In de plastic emmer bevindt zich een conserveringsmiddel bestaand uit 100 ml propyleenglycol en 200 ml water. Wanneer insecten, zoals kevers, op de grond scharrelen rond het kadaver en in de potval vallen zijn ze gevangen en worden geconserveerd (Figuur 71). Bij ieder veldbezoek werd de inhoud bewaard en het conserveringsmiddel ververs.



Figuur 69. Locaties van de potvallen. Potval nr. 1 op 30 cm naast het kadaver (linkerfoto), potval nr. 2 op 50 cm van het kadaver en potval nr. 3 op 3 m van het kadaver (rechterfoto). Foto's: Hans Verdaat, 16-12-2020.



Figuur 70. Locaties van de twee extra potvallen in 2022. Potval nr. 4 werd geplaatst tussen de kaakbotten onder de keel (boven) en potval nr. 5 werd geplaatst vlak naast de staart (onder). Foto's: Martin Baptist, 06-05-2022.

De potvallen werden geleegd op 22 februari 2021, 30 maart 2021, 28 april 2021, 28 mei 2021 en 9 juli 2021. In de hierop volgende periode werden de potvallen lange tijd niet geleegd, tot 6 mei 2022. De potten die werden geleegd op 6 mei 2022 bevatten dus de vangsten over de gehele periode van 9 juli 2021 tot 6 mei 2022. Op 6 mei werden er twee potvallen bijgeplaatst. Potval nr. 4 werd geplaatst tussen de kaakbotten onder de keel en potval nr. 5 werd geplaatst vlak naast de staart. Alle vijf de potten werden geleegd op 1 juni 2022, 1 juli 2022 en 3 augustus 2022. Op 9 december 2022 werden de potvallen voor de laatste keer geleegd en opgeruimd, echter, alleen potvallen nrs. 1, 3 en 4 konden worden teruggevonden in het veld. Van potval nummer 2 werd alleen het deksel gevonden en van nummer 5 ontbrak ieder spoor.



Figuur 71. De inhoud van drie potvallen naast het kadaver. Foto: Hans Verdaat, Wageningen Marine Research, 28-05-2021.

2.4.2 Resultaten

2.4.2.1 Veelpoten

De 'veelpoten' bestaan uit pissebedden, oorwormen, duizendpoten en miljoenpoten. Duizendpoten zijn predatoren, pissebedden en oorwormen zijn alleseters, en miljoenpoten zijn planteneters. Dit zijn alle gewone soorten die je in een duingebied kan verwachten. In hoeverre de duizendpoten, pissebedden en oorwormen samenhangen met het kadaver is niet duidelijk vast te stellen. Pissebedden eten alles wat in de bek past (en zijn zelfs kannibalistisch), maar de hoogste aantallen werd niet zozeer onder het kadaver gevonden (locatie 4 in 2022), eerder naast het kadaver (met name locatie 1 en 2).

Tabel 7. Gevonden aantallen (en zo mogelijk leeftijd en geslacht) van 'veelpoten' per potval.

datum	plot	<i>Lithobius forficatus</i>	<i>Cylindroiulus latestriatus</i>	<i>Porcellio scaber</i>	<i>Oniscus asellus</i>	<i>Philoscia muscorum</i>	<i>Forficula auricularia</i>
		duizendpoot	miljoenpoot	pissebed	pissebed	pissebed	oorworm
22/02/2021	1	3 v		1 m		4 m	
22/02/2021	2	1 m				2 m/v	2 m
22/02/2021	3	niets	niets	niets	niets	niets	niets

30/03/2021	1		1	2 + 2 juv	2 + 7 juv	2	
30/03/2021	2		1			2	
30/03/2021	3	2 v, 1 juv				3	
28/04/2021	1					5	
28/04/2021	2	1			2	13	
28/04/2021	3		1			16	
28/05/2020	1						
28/05/2021	2	1		2	1	16	
28/05/2021	3	1	1			3	
09/07/2021	1	2		183	1	4	
09/07/2021	2	1 v		68		4	
09/07/2021	3	1 v		43	1	5	
06/05/2022	1	1 m		236	21	14	
06/05/2022	2	2 v, 1 m, 1 ex		39	2	4	1 v
06/05/2022	3	6 v, 11 m, 3 ex		88	30	103	
01/06/2022	1	1 m	1	18	1	6	1 m
01/06/2022	2			10			
01/06/2022	3	3 m, 1 v		9	1	14	
01/06/2022	4	1 v		8			
01/06/2022	5	1 m					
01/07/2022	1	2 m, 3 juv		74	1	17	
01/07/2022	2			180			
01/07/2022	3	3 m, 2 juv.		89	3	11	
01/07/2022	4	1 m, 1 juv		46			
01/07/2022	5			7			
03/08/2022	1			25			
03/08/2022	2	1 m	1	428		1	
03/08/2022	3	1 m, 1 v		180		16	
03/08/2022	4	1 m		16	1	1	
03/08/2022	5	2 m		43			
09/12/2022	1			21		4	
09/12/2022	3	5 m, 2 v, 3 juv		19	6	39	
09/12/2022	4	4 m, 1 v	1	49	1	15	2 m, 1 v

2.4.2.2 Diptera: vliegen en muggen

Het kadaver trok veel vliegen aan. Er was een duidelijk effect van seizoen te zien. In februari en maart 2021 werden nog geen soorten gevonden die zich specifiek op aas richten. Vliegen die hun eieren afzetten in aas werden pas vanaf april 2021 aangetroffen en domineerden in juli de vliegenfauna. Ter illustratie zijn in Figuur 72 twee individuen van de strontvlieg *Scathophaga stercoraria* te zien en in Figuur 73 is een individu van de groene vleesvlieg (*Lucilia sericata*) te zien, waarvan de maden vlees eten.

25 februari 2021

Op 25 februari bevatten de potvallen:

Strontvlieg (*Scatophaga stercoraria*) 2 ex.

Strontvlieg (*Cypselia equina*), 21 ex.

Kleine mestvlieg (*Leptocera sp.*), 4 ex.

Stelmuggen (Limoniidae), tientallen ex.

Rouwmuggen (Sciaridae), 1 ex.

Dit zijn geen soorten die zijn gespecialiseerd in kadavers.

30 maart 2021

Op 30 maart bevatten de potvallen:

Strontvlieg (*Cypselia equina*), 6 ex.

Kleine mestvlieg (*Leptocera sp.*), 4 ex,

Stelmuggen (Limoniidae), enkele ex.

Dit zijn geen soorten die zijn gespecialiseerd in kadavers.

28 april 2021

Op 28 april werden naast muggen een paar honderd vliegenmaden van Calliphoridae, de familie van de bromvliegen, in de potvallen gevonden. Deze vliegen leggen hun eieren op aas. Daarnaast werd gevonden:

Stelmuggen (Limoniidae), enkele ex.

Rouwmuggen (Sciaridae), enkele ex.

28 mei 2021

Op 28 mei 2021 werden opnieuw honderden larven van Calliphoridae in de potvallen gevonden, Figuur 71. Gepoogd is om levende vliegenlarven mee te nemen zodat deze kunnen worden opgekweekt voor een makkelijkere determinatie. Echter, als gevolg van het conserveringsmiddel waren alle larven dood.

Ook op het kadaver werden invertebraten aangetroffen, vooral vleesvliegen en bromvliegen. In Figuur 74 is een individu van (waarschijnlijk) roodwangbromvlieg (*Calliphora vicina*) afgebeeld. Ook werd een zestienstippelig lieveheersbeestje gefotografeerd (*Tytthaspis sedecimpunctata*), Figuur 75, maar dit exemplaar werd niet gevangen en meegenomen.

9 juli 2021

Op 9 juli bevatten de potvallen:

Groene vleesvlieg (*Lucilia sericata*), 1 ex.

Keizersvlieg (*Lucilia caesar*), 1 ex.

Roodbaardbromvlieg (*Calliphora vomitoria*), 5 ex.

larven van Calliphoridae, honderden ex.

Dit zijn alle vliegen die afkomen op rottend vlees.

Seizoen 2022

Over de maand mei 2022 werden nog geen vliegen in de potvallen gevonden. Over de maand juni 2022 werden gemiddeld 13,2 vliegen per potval gevangen en over de maand juli gemiddeld 13,0 vliegen. Hiermee was het hoogtepunt van het seizoen voorbij want over de maanden aug., sept., okt. en nov. werden gemiddeld 3,7 vliegen per maand per potval gevonden. De vliegen zijn niet op naam gebracht.



Figuur 72. Twee strontvliegen op het walviskadaver. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat, 30-03-2021.



Figuur 73. Een (waarschijnlijk) groene vleesvlieg (*Lucilia sericata*) op het walviskadaver. Foto: Martin Baptist, Wageningen Marine Research, 28-04-2021.



Figuur 74. Een (waarschijnlijk) roodwangbromvlieg (*Calliphora vicina*) op de kaak van het walviskadaver. Foto: Marinka van Puijenbroek, Wageningen Marine Research, 28-05-2021.



Figuur 75. Een zestienstippelig lieveheersbeestje op het walviskadaver. Foto: Marinka van Puijenbroek, Wageningen Marine Research, 28-05-2021.

2.4.2.3 Kevers

In 2021 werden in de potvallen in totaal 1373 exemplaren van 57 soorten gevonden en in de monsters van 2022 werden in totaal 4667 exemplaren gevonden van 104 soorten. In totaal werden 129 soorten kevers bij het kadaver gevonden in 2021 en 2022. Hiervan waren er maar liefst 74 soorten nieuw voor Rottumerplaat, Tabel 8. Dat wil zeggen, nog niet beschreven in het standaardwerk van Zekhuis & De Vries (2012) over de fauna van Rottum.

Het grote aantal nog niet eerder op de plaat aangetroffen keversoorten geeft aan dat het gebied slecht op kevers onderzocht is. Maar er zitten ook kevers tussen die specifiek op het kadaver kunnen zijn afgekomen. Er zijn in 2021 drie soorten aaskevers (Silphidae) gevonden. Deze (grotere) kevers zijn nog niet eerder op Rottumerplaat waargenomen. De Krompootdoodgraver (*Nicrophorus vespillo*, 1 ex.), Oeveraaskever (*Necrodes littoralis*, 2 ex.) en *Thanatophilus sinuatus* (geen Nederlandse naam, 1 ex.) zijn echte kadavervreters die afkomen op vlees en maden van vleesvliegen. Mogelijk zijn ook de vlees- en madenetende Grauwe aaskortschildkever (*Creophilus maxillosus*, 1 ex.), de Gestreepte spiegelkever (*Saprinus semistriatus*, 9 ex.) en de nauw verwante *S. planiusculus* (451 ex.) op het kadaver afgekomen. De drie aaskeversoorten en de Grauwe aaskortschildkever zijn alleen in 2021 waargenomen toen het kadaver nog 'vers' was. Ook de vleesetende spiegelkever *Saprinus planiusculus* werd in 2021 in veel grotere aantallen (390 ex.) gevonden dan in 2022 (6 ex.). Er werden in 2021 ook grote aantallen aangetroffen van de 'huid-eter' *Dermestes frischii* (159 ex.) vergeleken met 2022 (16 ex.). Soorten die zich juist specialiseren in botten zoals de 'botten-knager' *Omosita colon* werden in 2022 in veel grotere aantallen (3664 ex.) gevonden dan in 2021 (305 ex.). Ook werd in 2022 de bottenetende Aasglanskever (*Nitidula carnaria*, 2 ex.) gevonden.

	Dec.-Feb. 2021			Maart 2021			April 2021			Mei 2021			Juni 2021			Juli 2021-April 2022					Mei 2022					Juni 2022					Juli 2022					Okt-Nov 2022			Tot.	Nieuw
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P3	P4							
Aaskevers																																								
Necrodes littoralis														2																			2	x						
Nicrophorus vespillo														1																			1	x						
Thanatophilus sinuatus														1																			1	x						
Bladsprietkevers																																								
Aphodius plagiatus																	1																1	x						
Aphodius prodromus		1						1		1																							3	x						
Aphodius punctatosulcatus					1						1																						2	x						
Phyllopertha horticola																							1		1								2							
Glanskevers																																								
Nitidula carnaria																																	2							
Omosita colon											2		269	34		621					190	61	2	1460	457	21	6		226	255		5	2	169	152	39		2	3969	x
Haantjes																																								
Chaetocnema confusa																																	1		2	x				
Harige schimmelkevers																																								
Atomaria apicalis																					1													1	x					
Atomaria clavigera																					1													1	x					
Atomaria rhenana																					1													1	x					
Atomaria sp.																											1							1	x					
Atomaria testacea														4																				4	x					
Cryptophagus reflexus												1																						1	x					
Kerkhofkevers																																								
Monotoma picipes																							1											1	x					
Kniptorren			</																																					

	Dec.-Feb. 2021			Maart 2021			April 2021			Mei 2021			Juni 2021			Juli 2021-April 2022					Mei 2022					Juni 2022					Juli 2022					Okt.-Nov 2022				Tot.	Nieuw	
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P3	P4				
Philonthus sanguinolentus							1	1												1																		1	x			
Philonthus splendens																																							2	x		
Philonthus succicola															1	3																							4	x		
Philonthus tenuicornis												1																											2	x		
Philonthus varians										17	12																												35			
Quedius maurorufus																																							1	x		
Quedius picipes																					1																	2	x			
Quedius schatzmayri																										1													1	x		
Quedius semiaeneus																					1																	4	x			
Quedius simplicifrons		1	1																		1																					
Rugilus orbiculatus										1				13	3		20				7			5	6	4				8					3		4	1	7	77		
Scaphium immaculatum							1																																1	x		
Sepedophilus littoreus																					1																		1	x		
Sepedophilus nigripennis																								1															1			
Stenus crassus																					1																		1	x		
Stenus fulvicornis																										1													1	x		
Tachyporus pusillus																					1																		1	x		
Xantholinus gallicus			1																																					1		
Xantholinus linearis																1										1														2		
Xantholinus longiventris		1	4		6	1							1												2	1	1													17		
Lieveheersbeestjes																																										
Coccidula rufo																					3																			3		
Nephus redtenbacheri												1																												1	x	
Rhyzobius litura																					7					1														8		
Scymnus limbatus																																								1	x	
Tytthaspis sedecimpunctata															1							1						1												9		
Loopkevers																																										
Amara aenea						1																																			2	
Amara communis											1			1	5	5					1	1			1															16		
Amara convexior																																								2	x	
Amara curta																																									27	
Amara familiaris																					5						4		1		1									1		
Amara ovata																																									1	x
Amara tibialis																																									2	
Badister bullatus																											1														2	
Bembidion normannum																					1																			1		
Brosicus cephalotes																																									1	
Calathus cinctus		1				2															1																				29	
Calathus erratus																																									1	6
Calathus fuscipes							1			1	3			6	9	12		5	22	38			1	1			3	1	9		1										18	61
Calathus melanocephalus																																									1	8
Calathus mollis																																									7	
Dyschirius salinus																					1																			1		
Harpalus affinis																											1														1	x
Harpalus latus																												2													5	x
Harpalus serripes																																									1	x
Harpalus tardus													4	2		14	3	2		4																					38	
Paradromius linearis				2		1																																			3	
Philorhizus crucifer																					1																			2	x	
Poecilus cupreus																																									3	x
Poecilus versicolor																																									2	
Pseudoophonus rufipes																																									1	x
Syntomus foveatus																																									2	
Syntomus truncatellus																																									4	
Trechus obtusus	1																																								3	

Een statistisch model werd toegepast op de totaal aantallen kevers in de potvallen van februari 2021 tot en met juni 2021 om te bepalen of er een significante toename was in de aantallen kevers over de tijd (tijd in maanden). Daarbij is ook het interactie-effect van afstand van de potval tot het kadaver meegenomen om te bepalen of een eventuele toename in de tijd extra sterk is dichterbij het kadaver dan verder weg. Potval nr. 1 werd op 30 cm naast de kop van het kadaver ingegraven, potval nr. 2 werd op 50 cm van het lijf van de kadaver ingegraven en potval nr. 3 werd op 3 m achter de staart van het kadaver ingegraven. Het statistische model gaat uit van lineaire regressie (Generalised Linear Model) onder de aanname van normaal verdeelde variabelen. Als uitvoer wordt een aantal parameters gegeven. De regressiecoëfficiënt beta (en de standaardafwijking daarin) laat zien of een gevonden verband sterk positief of sterk negatief is. Als er later in de tijd een verhoging wordt gevonden ten opzichte van eerder in de tijd, dan is de beta-waarde voor tijd groot en positief. Als er een sterke verhoging is nabij het kadaver en niet op grotere afstand dan is de beta-waarde voor het interactie-effect groot en negatief (er is een afname met toenemende afstand). Er wordt een t-waarde met aantal vrijheidsgraden gegeven voor een t-test op het verschil in gemiddelden tussen de groepen. Hoe groter positief of negatief de t-waarde hoe groter het verschil. De p-waarde geeft het significantieniveau van het gevonden verschil. Is de p-waarde kleiner dan 0.05 dan wordt er een significant verband gevonden.

Het totaal aantal kevers per maand per potval liet een significant effect van seizoen zien met hogere aantallen naar de zomer toe. Er is ook een significant interactie-effect van het kadaver met hogere aantallen dichtbij het kadaver dan verder weg van het kadaver.

- Het effect van tijd is statistisch significant en positief (beta = 98.98, 95% CI [47.36, 150.60], $t(12) = 3.76$, $p < .001$; Std. beta = 0.61, 95% CI [0.21, 1.01]).

- Het interactie-effect van afstand op tijd is statistisch significant en negatief (beta = -18.22, 95% CI [-34.63, -1.82], $t(12) = -2.18$, $p = 0.029$; Std. beta = -0.39, 95% CI [-0.80, 0.02]).

Dezelfde analyse werd gedaan voor de totale aantallen kevers in de periode mei 2022 tot en met november 2022 inclusief de extra potvallen. Potval nr. 4 werd geplaatst tussen de kaakbotten onder de keel (0 cm afstand tot het kadaver) en potval nr. 5 werd geplaatst vlak naast de staart (5 cm afstand tot het kadaver). Voor de data in 2022 werden geen statistisch significante verbanden met tijd en afstand gevonden.

2.4.2.4 Overige insectenfauna

De potvallen bevatten ook wespen, mieren, spinnen, hooiwagens, motten, rupsen, bladluizen, wantsen, cicades, sprinkhanen, pseudoscorpionen en een gaasvlieg. Dit zijn allen soorten die in de duinvegetatie verwacht kunnen worden.

2.5 Waarnemingen aan staat van ontbinding en geur

2.5.1 Methoden

Bij ieder veldbezoek werden foto's genomen van het kadaver om de staat van ontbinding vast te leggen. De staat van ontbinding van walviskadavers wordt in vijf categorieën onderscheiden, de Decomposition Condition Categories (DCCs). Dit wordt ingedeeld op uiterlijke kenmerken en, normaal gesproken, op kenmerken verkregen door dissectie (IJsseldijk et al., 2019), Figuur 76.



Figuur 76. Voorbeeldfoto's van DCC CODE 1 t/m DCC CODE 5 voor bruinvis. Foto's afkomstig van Universiteit Utrecht.

De geur was niet objectief en kwantitatief vast te stellen zonder zeer dure apparatuur. Bij ieder veldbezoek van WMR werd een kwalitatieve beschrijving gemaakt van de geur van het kadaver. Dit is telkens door dezelfde persoon gedaan voor de continuïteit. Echter, deze beschrijving is een subjectieve beleving door de waarnemer en is afhankelijk van de weersomstandigheden tijdens de waarneming. Daarnaast fungeerden de vogelwachters die hun onderkomen hadden op 45 m afstand van het kadaver als 'geursensoren'. Zij rapporteerden de geurbeleving in hun dagboeken.

DCC CODE 1: Extremely fresh carcass, just dead

Characteristics: Usually live stranded and died/ euthanized cases or those stranded right after death; exhibiting no post mortem changes (e.g. no bloating or sloughing of skin); fresh smell; clear, glassy eyes; blubber firm and white; muscles firm, dark red, well-defined; viscera intact and well-defined; GIT contains no to little gas (unless pathologic); brain firm with no discolouration, surface features distinct, easily removed intact.

DCC CODE 2: Fresh carcass

Characteristics: Normal appearance, fresh smell, minimal drying and wrinkling of skin, eyes and mucous membranes; carcass not bloated, tongue and penis not protruded; blubber firm and white, occasionally tinged with blood.

DCC CODE 3: Moderate decomposition.

Characteristics: Bloating evident, with tongue and penis often distended; skin cracked and started sloughing; characteristic (mild) odour can be expected; mucous membranes dry, eyes sunken. Blubber blood-tinged and oily; muscles are softer and poorly defined; gut segments contain gas; brain has soft consistency. Organs are largely intact, still distinguishable and can be easily removed and assessed, although colour is more uniform throughout thoracic and abdominal cavity and consistency, particularly kidneys and pancreas is soft and increasingly friable.

DCC CODE 4: Advanced decomposition

Characteristics: Carcass may be intact, but collapsed; skin sloughing; epidermis may be largely missing, exposing underlying blubber. Strong odour; blubber soft, often with pockets of gas and pooled oil; muscles nearly liquefied and easily torn, effortless separation from the bones; blood thin and black; viscera often identifiable but friable, easily torn, and difficult to dissect; gut gas-filled; brain liquified, dark red, containing gas pockets, with decreased consistency.

DCC CODE 5: Mummified or skeletal remains

Characteristics: Skin may be draped over skeletal remains; any remaining tissues are desiccated. Organs partially or totally disappeared, or if present not completely identifiable.

Meetfrequentie

De veldbezoeken vonden plaats met een frequentie van 1x per maand in de periode 28 november 2020 t/m 9 juli 2021 en vervolgens elke drie tot vier maanden op 6 mei 2022, 10 augustus 2022 en 9 december 2022.

Beantwoording van onderzoeksvragen

De beschrijving van de staat van ontbinding en geur geeft antwoorden voor de onderzoeksvragen:

- Wat is de evolutie van het afbraakproces?
- Hoe snel gaat het, hoe werkt het (ontploft het kadaver ook?).
- Hoe lang duurt het?
- Beschrijving van de geur over de tijd.

2.5.2 Resultaten

2.5.2.1 T0 op 28 november 2020

Op basis van de uiterlijke kenmerken, Figuur 77, is het walviskadaver bij aanvang van het experiment op 28 november 2020 in DCC CODE 3 ingedeeld. Passend bij deze categorie is dat de geur van het kadaver aanwezig maar niet erg sterk was. Er was geen risico op ontplofingsgevaar omdat het kadaver niet vers was en er niet in de tong of in de ingewanden gesneden ging worden.







Figuur 77. Uiterlijke kenmerken van het walviskadaver. Foto's Martin Baptist, Wageningen Marine Research, 28-11-2020.

2.5.2.2 T1 op 16 december 2020

Op basis van de uiterlijke kenmerken is het walviskadaver, Figuur 78, op 16 december 2020 in DCC CODE 3 ingedeeld. Ook op 16 december was er een geur van het kadaver aanwezig, maar niet erg sterk.



Figuur 78. Uiterlijke kenmerken walviskadaver. Foto's: Hans Verdaat, Wageningen Marine Research, 16-12-2020.

2.5.2.3 T2 op 27 januari 2021

Op basis van de uiterlijke kenmerken, Figuur 79, is het walviskadaver op 27 januari 2021 in DCC CODE 4 ingedeeld: het karkas is nog intact maar ingevallen, de opperhuid laat los en er is een sterke geur.

De geur van het kadaver was opvallend aanwezig. Benedenwinds van het kadaver was de stank tot op 30 m goed te ruiken; dit gaf een misselijkmakende geurbeleving.





Figuur 79. Uiterlijke kenmerken van het walviskadaver. Foto's: Hans Verdaat, Wageningen Marine Research, 27-01-2021.

2.5.2.4 T3 op 25 februari 2021

Op basis van de uiterlijke kenmerken, Figuur 80 is het walviskadaver op 25 februari 2021 in DCC CODE 4 ingedeeld: het karkas is nog intact maar ingevallen, de opperhuid laat los en er is een sterke geur. De geur van het kadaver was tijdens het veldbezoek van 25 februari 2021 minder opvallend aanwezig dan een maand daarvoor.









Figuur 80. Uiterlijke kenmerken van het walviskadaver. Foto's: Hans Verdaat, Wageningen Marine Research, 25-02-2021.

2.5.2.5 T4 op 30 maart 2021

Op basis van de uiterlijke kenmerken, Figuur 81, is het walviskadaver op 30 maart 2021 in DCC CODE 4 ingedeeld: het karkas is nog intact maar ingevallen en de opperhuid laat los. De geur van het kadaver was tijdens het veldbezoek van 30 maart 2021 slechts binnen een afstand van 3 m goed te ruiken. De geurstoffen gedroegen zich als een zwaar gas; de geur trok over de grond. Tijdens het veldbezoek stond er een zwakke zuidwestelijke wind. Benedenwinds van het kadaver werd de geur over het duin geblazen. De vogelwachters maakten ook melding van dit soort omstandigheden die ertoe leidden dat er de geur van het kadaver rond het vogelwachtershuis bleef hangen. De geur was dan niet intensief maar wel onprettig om lange tijd in te verblijven.









Figuur 81. Uiterlijke kenmerken van het walviskadaver. Foto's: Hans Verdaat, Wageningen Marine Research, 30-03-2021.

2.5.2.6 T5 op 28 april 2021

Op basis van de uiterlijke kenmerken, Figuur 82, is het walviskadaver op 28 april 2021 in DCC CODE 4 ingedeeld: het karkas is nog intact maar ingevallen, de opperhuid laat los en er is een sterke geur. De geur van het kadaver was tijdens het veldbezoek van 28 april 2021 iets sterker dan een maand tevoren. Waar het op 30 maart 2021 slechts binnen een afstand van 3 m goed te ruiken was, was dit nu op een afstand van 10 m benedenwinds van het kadaver. De geur is niet erg intensief of indringend.

Onderstaande foto's tonen de staat en uiterlijke kenmerken van het walviskadaver op 28 april 2021.











Figuur 82. Uiterlijke kenmerken van het walviskadaver. Foto's: Hans Verdaat, Wageningen Marine Research, 28-04-2021.

2.5.2.7 T6 op 28 mei 2021

De geur van het kadaver was tijdens het veldbezoek van 28 mei 2021 vergelijkbaar met een maand tevoren. Waar het op 30 maart 2021 slechts binnen een afstand van 3 m goed te ruiken was, was dit op 28 april 2021 op een afstand van 10 m benedenwinds van het kadaver en dit was ook zo op 28 mei 2021. De geur is niet erg intensief of indringend. Op basis van de uiterlijke kenmerken is het walviskadaver nu in DCC CODE 5 ingedeeld: de huid ligt gedrapeerd over de botten en de organen zijn geheel of gedeeltelijk verdwenen.

Onderstaande foto's tonen de staat en uiterlijke kenmerken van het walviskadaver op 28 mei 2021.





Figuur 83. Uiterlijke kenmerken van het walviskadaver. Foto's: Hans Verdaat, Wageningen Marine Research, 28-05-2021.

2.5.2.8 T7 op 9 juli 2021

Op basis van de uiterlijke kenmerken is het walviskadaver op 9 juli 2021 in DCC CODE 5 ingedeeld: de huid ligt gedrapeerd over het skelet en organen zijn geheel of gedeeltelijk verdwenen. De geur van het kadaver was tijdens het veldbezoek van 9 juli 2021 binnen een afstand van 3 m lokaal sterk, maar buiten deze afstand viel de geur mee.

Onderstaande foto's tonen de staat en uiterlijke kenmerken van het walviskadaver op 9 juli 2021.







Figuur 84. Uiterlijke kenmerken van het walviskadaver. De bamboestokjes staan op de hoekpunten van vegetatieplots van 1x1 m. Foto's: Hans Verdaat, Wageningen Marine Research, 09-07-2021.

2.5.2.9 T8 op 6 mei 2022

Op basis van de uiterlijke kenmerken is het walviskadaver op 6 mei 2022 in DCC CODE 5 ingedeeld: de sterk uitgedroogde huid ligt deels gedrapeerd over het skelet. Organen zijn geheel verdwenen. Grote delen van het skelet liggen bloot. De geur van het kadaver was tijdens het veldbezoek afwezig.

Onderstaande foto's tonen de staat en uiterlijke kenmerken van het walviskadaver op 6 mei 2022.







Figuur 85. Uiterlijke kenmerken van het walviskadaver. Foto's: Hans Verdaat, Wageningen Marine Research, 06-05-2022.

2.5.2.10 T9 op 10 augustus 2022

Op basis van de uiterlijke kenmerken is het walviskadaver op 10 augustus 2022 in DCC CODE 5 ingedeeld: de uitgedroogde huid ligt deels over het skelet. Organen zijn geheel verdwenen. De geur van het kadaver was tijdens het veldbezoek afwezig.

Onderstaande foto's tonen de staat en uiterlijke kenmerken van het walviskadaver op 10 augustus 2022.





Figuur 86. Uiterlijke kenmerken van het walviskadaver. Foto's: Hans Verdaat, Wageningen Marine Research, 10-08-2022.

2.5.2.11 T10 op 12 december 2022

Op basis van de uiterlijke kenmerken is het walviskadaver op 12 december 2022 in DCC CODE 5 ingedeeld: er resteert nog een klein stuk huid ter hoogte van het midden van de wervelkolom. De geur van het kadaver was tijdens het veldbezoek afwezig.

Onderstaande foto toont de staat en uiterlijke kenmerken van het walviskadaver op 12 december 2022. De witte uitslag op deze foto is rijp. Tevens is een groene uitslag op de botten te zien dat waarschijnlijk veroorzaakt is door aangroei van algen.







Figuur 87. Uiterlijke kenmerken van het walviskadaver. Foto's: Martin Baptist, Wageningen Marine Research, 10-08-2022.

2.5.3 Schimmels of niet?

Op het kadaver werden in maart 2021 veel plekken met een witte kleur en een schimmelachtige structuur waargenomen, Figuur 88. Op 28 april zijn monsters genomen die naar het Westerdijk Fungal Biodiversity Institute zijn gestuurd ter determinatie. Monsters zijn genomen met twee technieken: 1. door met een steriel wattenstaafje over de structuren te strijken worden schimmelsporen verzameld die kunnen worden opgekweekt., en 2: door een stukje plakband op de structuren te plakken en dit vervolgens op een objectiefglasje te plakken kunnen schimmelsporen door de microscoop worden bekeken.

Uit analyse blijkt dat de monsters geen schimmelsporen bevatten. Tijdens de bemonstering werd er al getwijfeld of de waargenomen witte structuren schimmels zijn. Het viel namelijk al op dat de structuren hard aanvoelden in plaats van pluizig en dat er nauwelijks materiaal achterbleef op het waterstaafje of plakband.

Een alternatieve hypothese is dat het 'zoutuitbloei' van salpeter betreft, wat bekend is van de witte aanslag op muren. In vochtige muren door optrekkend bodemvocht wordt het veroorzaakt doordat bacteriën een reactie aangaan met ammonium- en nitraatverbindingen uit grondwater en kaliumcarbonaat in het metselwerk wat als reactieproduct onder meer kaliumnitraat oplevert. Dit kan zorgen voor een witte, harige afzetting op de muur als gevolg van het uittreden van kristallijne structuren. In de bodem werden zowel verhoogde gehalten aan kalium aangetroffen, Figuur 132, als verhoogde gehalten aan ammonium, Figuur 140. Het optreden van zoutuitbloei in de vorm van kaliumnitraat (KNO_3) is daarom een waarschijnlijke verklaring.

Op 28 mei 2021 werden geen op schimmel lijkende structuren meer waargenomen, maar nog wel een platte witte korst. Het verdwijnen van de zoutuitbloei kan verklaard worden door toegenomen regenval, aangezien kaliumnitraat een goed oplosbaar zout is dat hierdoor makkelijk uit kan spoelen.





Figuur 88. Plekken met een schimmelachtige structuur op het walviskadaver. Foto's: Martin Baptist, Wageningen Marine Research, 28-04-2021.



Figuur 89. Het nemen van een monster met een wattenstaafje. Foto: Martin Baptist, Wageningen Marine Research, 28-04-2021.



Figuur 90. Het nemen van een monster met een stukje plakband. Foto: Martin Baptist, Wageningen Marine Research, 28-04-2021.

2.6 Vegetatiekartering

2.6.1 Methoden

Vegetatieopnamen zijn gemaakt om de vegetatiesamenstelling en -dichtheid te karteren bij het kadaver. De vegetatie kan wijzigen als gevolg van de verrijking van de bodem met nutriënten. Wanneer de omgeving wordt verrijkt door nutriënten kan zich dit uiten in het groeien van planten uit de families ganzenvoeten of melden als indicatorsoorten. Er zijn drie permanente kwadraten (PQ's) van 1 m² uitgezet in het veld waarin de vegetatiesamenstelling is bepaald. Er wordt niet verwacht dat zich op grote afstand van het kadaver effecten gaan voordoen.

Meetfrequentie

De vegetatieopnamen zijn gemaakt op 28 november 2020, op 30 maart 2021, op 9 juli 2021, op 6 mei 2022 en op 9 december 2022.

Permanente kwadraten (PQ's)

De permanente kwadraten zijn in het veld gemarkeerd door middel van ingegraven magneten en niet met paaltjes om te voorkomen dat de paaltjes door vogels worden gebruikt om op te rusten.

1. PQ1 ligt aan de hoger gelegen oostzijde van het kadaver nabij de kop (Figuur 91).
2. PQ2 ligt aan de lager gelegen westzijde van het kadaver nabij het middendeel (Figuur 92).
3. PQ3 ligt 15 m ten noordnoordwesten van het kadaver (Figuur 106).

Alle vaatplanten werden geregistreerd. Voor de lagere planten (cryptogamen) werden kleine monsters van alle mossen verzameld voor latere bepaling met microscoop. Korstmossen waren niet aanwezig in de permanente kwadraten. Voor het doel van dit onderzoek werd gekozen voor een zeer gedetailleerde telschaal, de gewijzigde LONDO-schaal (zie Tabel 9). De dekking van de kruid- en moslaag is geregistreerd, evenals een ruwe meting van de gemiddelde vegetatiehoogte.

Tabel 9. Gewijzigde LONDO-schaal

Value	Cover	No. of individuals
r	< 1 %	1
+	< 1 %	2 – 5
0.1	< 1 %	> 5
0.2	1 – 3 %	is not taken into account
0.4	3 – 5 %	"
1 a	> 5 – 10 %	"
1 b	> 10 – 15 %	"
2	> 15 – 25 %	"
3	> 25 – 35 %	"
4	> 35 – 45 %	"
5 -	> 45 – 50 %	"
5 +	> 50 – 55 %	"
6	> 55 – 65 %	"
7	> 65 – 75 %	"
8	> 75 – 85 %	"
9	> 85 – 95 %	"
10	> 95- 100 %	"

Een aanvullende letter, "m", kan worden toegevoegd aan waarden 0,1 – 0,4, wanneer het aantal individuen > 50 is (voor ontkiemende planten, kleine overwinterende rozetten bijvoorbeeld).

Beantwoording van onderzoeksvragen

De vegetatiekartering geeft aanwijzingen voor het beantwoorden voor de onderzoeksvragen:

- Is er een injectie van nutriënten en mineralen? Hoe verschilt dit van de omgeving? Welke soorten profiteren daarvan?

Omdat het walviskadaver op een onnatuurlijk half verhard talud ligt in een omgeving met een nutriëntenrijke vegetatie, heeft de opdrachtgever besloten dit onderdeel niet te financieren.



Figuur 91. Vegetatieopname in PQ1 naast het kadaver. Foto: Martin Baptist.



Figuur 92. Vegetatieopname in PQ2 naast het kadaver. Foto: Martin Baptist.



Figuur 93. Een hoek van een permanent kwadraat, gemarkeerd tijdens het in kaart brengen. Na de vegetatieopname zijn de PQs gemarkeerd met magneten in alle hoeken van het perceel op 20 cm diepte. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat.

2.6.2 Resultaten

Het duin waarin het kadaver ligt bestaat uit verstoorde grond. De vegetatie kenmerkt die van een grijs duin. In het duin zijn veel konijnenkeutels en zijn sporen van begrazing aanwezig. De soortensamenstelling van de vegetatie met soorten als *Stellaria media*, *Linaria vulgaris* en *Veronica arvensis* duidt erop dat dit reeds een eutroof duin is. De eutrofiering kan een gevolg zijn van de konijnactiviteit maar ook als gevolg van de nabijheid van de bij hoog water aangespoelde vegetatieresten.

2.6.2.1 PQ 1

Beschrijving 28 november 2020

PQ1 is gelegen aan de rand van een oude stenen dijk voor kustverdediging op de zuidwestelijke punt van Rottumerplaat. De grond bestaat uit ~20 cm zandlaag boven een (gebroken?) stenen fundering. De vegetatie heeft de samenstelling van een grijs duin en is sterk aangetast door konijnenbegrazing. Vooral *Carex arenaria* is ingekort tot 3-5 cm en in sommige delen nauwelijks hoger dan de uitgebreide moslaag. Overal in het PQ is konijnenmest in verschillende stadia van verval. Uit de vloedlijn zijn sommige lichtere materialen zoals bruine algen en piepschuim omhoog gewaaid en terecht gekomen in PQ1 in kleine hoeveelheden. Er zijn indicatorplanten voor een nutriëntrijke omgeving aanwezig in deze PQ, vooral *Stellaria media* is ontkiemd.



Figuur 94. De vegetatie van PQ1 op 28 november 2020. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat.

Beschrijving 30 maart 2021

De vegetatiehoogte daalde tijdens de wintermaanden, voornamelijk als gevolg van begrazing door konijnen. *Ammophila arenaria*, die in november nog strengen van 45 cm hoog bouwde, was verdord of lag plat. Dit lijkt te worden versterkt door dieren (konijnen, vogels) die regelmatig naast het karkas zitten. In vergelijking met november zijn er minder organische resten zoals bruine algen in het plot, maar veel konijnenkeutels en wat vogeluitwerpselen. *Cardamine hirsuta* en *Cerastium holosteoides* bloeiden.

Veranderingen in de samenstelling van soorten (verlies van drie soorten, drie nieuwe soorten) zijn seizoensgerelateerd, net als de afname van de plantenmassa van soorten zoals *Stellaria media*. De nieuw gevonden soorten *Linaria vulgaris* en *Veronica arvensis* komen veel voor in eutrofe grijze duinplantengemeenschappen en zijn er waarschijnlijk al eerder geweest. Er worden geen extra planten geregistreerd die wijzen op een toename van de beschikbaarheid van voedingsstoffen. De vegetatie lijkt niet direct door het karkas te worden beïnvloed.



Figuur 95. De vegetatie van PQ1 op 30 maart 2021. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat.

Beschrijving 9 juli 2021

Overall in de PQ-plot zijn konijnenuitwerpselen te vinden en er is wat materiaal uit de vloedlijn zoals bruinwieren dat door de wind is aangevoerd. De vegetatie is heterogeen en de totale plantenbedekking is afgenomen. Aan het begin van de zomer hebben sommige van de meerjarige grassen hun maximale hoogte bereikt, vooral *Ammophila arenaria* groeit in verspreide plukjes in PQ1. *Carex arenaria*, de meest voorkomende soort in het perceel, blijft met hoogtes van 3-5 cm zeer aangetast door konijnenbegrazing en gedeeltelijk ook door droogte. De planten zijn erg geelachtig en de bladeren bruin en dood aan de uiteinden.

Ruderaal planten die minder vatbaar zijn voor begrazing als gevolg van stekels of bittere smaak zoals *Sonchus asper* of *Cirsium arvense* komen in hogere aantallen voor. Zachte bladkruiden die minder aangepast zijn aan droge plaatsen zoals *Stellaria media* zijn nog steeds aanwezig, maar in lagere dichtheden. De vroegbloeiende kruiden zoals *Cardamine hirsuta* en *Cerastium holosteoides* die eind maart veel voorkwamen, zijn nu bijna volledig verdwenen. Toch nam het totale aantal soorten toe door enkele nieuwe grassoorten. Veranderingen in de soortencompositie zijn voornamelijk seizoensgebonden.

De vegetatiesamenstelling binnen de plot was uniform. Richting het karkas blijft de vegetatie onveranderd. Er is geen toename of afname van het aantal soorten of de samenstelling in vergelijking met de rest van de PQ-plot. Een kaakbot van de walvis die de grens van het perceel raakt, is opgedroogd en heeft geen invloed op de vegetatie.



Figuur 96. De vegetatie van PQ1 op 9 juli 2021. Foto: Hans Verdaat.

Beschrijving 6 mei 2022

De vegetatie in PQ1 is erg laag en komt niet hoger dan 14 cm. *Ammophila arenaria* en *Carex arenaria* zijn sterk afgenomen ten opzichte van 2021 en de totale vegetatiebedekking is gedaald tot 70 procent. De vegetatie vertoont een gelige kleur, met dood plantmateriaal in alle delen van het plot. Verschillende vroegbloeiende kruidensoorten, bijv. *Claytonia perfoliata* of *Stellaria media*, zijn nog wel te determineren in het perceel, maar dood. Andere soorten zoals *Taraxacum officinale* agg. en *Geranium molle* bloeien. Overall in het perceel zijn konijnenuitwerpselen te vinden en alle grassoorten vertonen tekenen van begrazing door konijnen. De grotere hoeveelheid open grond en minder begroeiing van *Carex arenaria* is waarschijnlijk de reden dat er voor het eerst een andere grassoort in het plot te vinden is: *Aira praecox*. Deze typische eenjarige duinsoort is aangepast aan open en halfopen zandgronden, kortlevend en met 1-4 cm erg klein.

Nog drie andere soorten zijn nieuw voor het perceel: *Sedum acre* en *Senecio jacobea* ssp. *dunensis* werden elk met één individu genoteerd, daarnaast één kleine zaailing van *Rumex* spec.

Het aantal soorten in PQ1 is met 21 soorten aanzienlijk toegenomen, hoewel sommige van de vroeg eenjarige soorten waarschijnlijk in het vroege voorjaar voorkwamen maar in mei niet meer te vinden waren. De toename kan onder andere verklaard worden door de afnemende concurrentiekracht en dominantie van *Carex arenaria*, waardoor zwakkere soorten kunnen opkomen. Afname van graspollen veroorzaakte lagere structuurverschillen in het perceel, waardoor de kruidachtige vegetatie directer werd blootgesteld aan wind, zon en ook aan de mechanische stress veroorzaakt door vertrapping door konijnen en vogels.

Binnen het perceel konden geen planten worden opgetekend die duiden op een verschuiving in de beschikbaarheid van voedingsstoffen. Alleen langs de randen van PQ1 in de richting van het karkas heeft zich *Urtica dioica* gevestigd, Figuur 97.



Figuur 97. De vegetatie van PQ1 op 6 mei 2022. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat.

Beschrijving 9 december 2022

De vegetatie in PQ 1 is op de meeste plekken erg laag en bereikt alleen in pollen van *Carex arenaria* 16 cm hoogte. *Ammophila* is verder achteruitgegaan, enkele dode *Ammophila*-stengels liggen verspreid over het perceel. Het perceel wordt voornamelijk gekenmerkt door lage vegetatie die zwaar begraasd wordt door konijnen. Alleen planten die door konijnen worden gemedend, zoals *Senecio jacobea* of *Cirsium arvense* met hun winterrozetten, blijven onaangetast, Figuur 98.

Op 09/12/2022 is de vegetatie bedekt met vorst. Overal op het perceel liggen konijnenuitwerpselen. De maximale hoogte in de meeste delen van het perceel is ongeveer 3 cm. In het centrale deel van het perceel ligt een stuk walvishuid (~ 10 x 4 cm), Figuur 99. De vegetatie eronder is aangetast en sterft af.

Het aantal soorten in perceel nummer 1 is afgenomen ten opzichte van juli 2022, wat voornamelijk een seizoenseffect is. Sommige eenjarige soorten zoals *Stellaria media* of *Claytonia perfoliata* zijn overvloedig aanwezig en zijn waarschijnlijk toegenomen door de herfstneerslag. De voortdurende afname van graspollen, in combinatie met het sterke effect van begrazing door konijnen en vertrapping creëerde meer open grond.

Net als in het voorjaar van 2022 konden er geen planten worden geregistreerd die duiden op een verschuiving in de beschikbaarheid van voedingsstoffen.



Figuur 98. De vegetatie van PQ1 op 9 december 2022. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat.



Figuur 99. Detail van een stuk huid middenin PQ1 op 9 december 2022. De huid en de vegetatie zijn bedekt met rijp. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat.

Tabel 10. Vegetatiesamenstelling in PQ1 van alle vijf opnamen.

No	1	1	1	1	1
Year	2020	2021	2021	2022	2022
Date	28/11/2020	30/03/2021	09/07/2021	06/05/2022	09/12/2022
Area (m2)	1 (1x1)	1 (1x1)	1 (1x1)	1 (1x1)	1 (1x1)
Total cover (%)	90	85	75	70	65
Cover herb layer (%)	70	65	55	50	50
Cover moss layer (%)	45	45	40	30	30
Vegetation height (cm)	3 - 7 (- 40)	3-7	3 - 7 (- 40)	3 - 14	3 - 16
total number of species (excl. mosses)	15	14	18	21	19
Vascular plants:					
Aira praecox	-	-	-	0.2	-
Agrostis capillaris	-	-	r	r	r
Ammophila arenaria	1b	1a	0,4	0.2	0.1
Arenaria serpyllifolia agg.	0.4	0.3	+	+	+
Cardamine hirsuta	0.2	0.3	r	-	0.2
Carex arenaria	5 -	5-	4	3	3
Cerastium diffusum	-	r	-	r	-
Cerastium holosteoides	0.1	0.3	+	-	0.1
Cirsium arvense	r	-	-	r	+
Claytonia perfoliata	r	0.1	r	-	0.2
Dactylis glomerata	-	-	r	-	-
Elytrigia juncea	-	-	r	r	r
Festuca ovina agg.	+	+	+	0.2	0.1
Geranium molle	+	+	+	r	+
Linaria vulgaris	-	+	+	r	-
Myosotis spec.	0.2	0.2	-	+ ***	-
plant unid.*	+	+	+**	+	+
Rumex spec.	-	-	-	r	r
Sedum acre	-	-	-	r	r
Senecio jacobea	-	-	-	r	+
Sonchus asper	-	-	r	r	-
Solanum nigrum	r	-	-	r	-
Stellaria media	1 a	0.2	r	-	0,2
Taraxacum officinale agg.	r	-	r	r	+
Veronica arvensis	-	0.2	r	0.1	0.1
Viola tricolor ssp. tricolor	r	-	r	r	r
Cryptogams					
[Brachytheciaceae]	4	3	3	2	3
Brachythecium salebrosum	0.4	-	-	-	-
Brachythecium albicans	-	-	-	+	+
Ceratodon purpureus	+	+	+	+	+
Tortula ruralis s.l.	-	-	-	0.1	0.2

* two specimens almost completely eaten by rabbits; no sort determination possible. 27/03/21 unchanged

** *Stellaria graminea*

2.6.2.2 PQ 2

Beschrijving 28 november 2020

In tegenstelling tot PQ1 lijkt er geen harde zeewering aanwezig onder dit plot, of de zand- en vegetatielagen die er bovenop liggen zijn dikker dan in PQ1. De vegetatie van PQ2 bestaat uit indicatorplanten voor voedselrijke omgevingen, bijvoorbeeld *Urtica urens*, *Stellaria media* en *Cirsium arvense*. De vegetatie (vooral *Carex arenaria*) vertoont tekenen van konijnenbegrazing in twee kleinere "wildtunnels" die door de konijnen worden gebruikt. *Ammophila arenaria* heeft grote meerjarige bulten gebouwd die met hun massa's organische strooisel gedeeltelijk de groei van andere planten, behalve mossen, beperken.



Figuur 100. Overzichtsfoto van PQ2 op 28 november 2020. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat.



Figuur 101. De vegetatie van PQ2 op 28 november 2020. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat.

Beschrijving 30 maart 2021

Net als in PQ1 veranderden *Ammophila arenaria* en *Carex arenaria* tijdens de afgelopen winterperiode. In maart zijn de meeste bovengrondse plukjes vegetatie gestorven en deze liggen als een laag dood plantenmateriaal in delen van het plot, wat de seizoensgroei of vestiging van andere planten zou kunnen vertragen. *Cardamine hirsuta* bloeit.

Er zijn konijnenuitwerpselen in het plot. Nabij het kadaver lijkt de vegetatie bedekt te zijn met een olieachtige laag, dat een vettig gevoel geeft wanneer het wordt aangeraakt. Dit kan worden verklaard met regenwaterspatten van het nabijgelegen kadaver. De vegetatie die het dichtst bij het kadaver staat, in het bovenste deel van het plot, lijkt te zijn aangetast. Er zijn slappe of dode mossen en *Carex arenaria* is nog niet begonnen met ontkiemen. Deze zone strekt zich uit tot een afstand van ca. 25 cm van het kadaver.

Veranderingen in de soortensamenstelling van het plot (verlies van drie soorten, drie nieuwe soorten) zijn zoals in PQ1 voornamelijk seizoensgerelateerd, maar het verdwijnen van *Sedum sexangulare* heeft waarschijnlijk een andere oorzaak (bijv. te dik bedekt met dode resten *Ammophila*). Er wordt geen toename geregistreerd van planten die een zeer voedselrijke omgeving accepteren, dit kan later in het seizoen op dit plot worden verwacht.



Figuur 102. De vegetatie van PQ2 op 30 maart 2021. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat.

Beschrijving 9 juli 2021

Begin juli heeft de vegetatie, en met name de twee meest voorkomende grassoorten *Ammophila arenaria* en *Carex arenaria*, hun maximale hoogte bereikt. *C. arenaria*, *Festuca ovina*, *F. rubra*, *Agrostis capillaris* en de kruidensoort *Stellaria graminea* bloeien. In en vooral rond PQ2 zijn soorten die wijzen op een voedselrijke omgeving zoals *Cirsium arvense* of *Urtica urens* overvloedig en zeer vitaal.

De impact van grazende konijnen is minder zichtbaar in dit plot dan voorheen, er zijn geen "tunnels" door de vegetatie en er zijn slechts weinig uitwerpselen te vinden. Het totale aantal soorten is afgenomen, vooral kleine kruidensoorten zoals *Claytonia perfoliata* of *Cardamine hirsuta* zijn verdwenen. Dit is deels seizoensgebonden maar kan ook beïnvloed zijn door het gebrek aan begrazing en dus het gebrek aan open gebieden, en door de dikke laag dood organisch plantenmateriaal, voornamelijk gras, die kieming voorkomt.

Richting het walviskadaver in een zone van ca. 25 cm afstand van het kadaver is de vegetatie gestorven. Deze zone is niet exact overeenkomstig aan het vegetatiegebied dat in maart bedekt was met een

kleverige, vettige laag, maar is kleiner. Nu, in juli, ontbreekt een dergelijke vettige laag op de vegetatie. Er zijn geen tekenen dat plantensoorten ontkiemen of wortelen in de zone direct naast het karkas.



Figuur 103. De vegetatie van PQ2 op 9 juli 2021. Foto: Hans Verdaat.

Beschrijving 6 mei 2022

De vegetatie in PQ2 bereikt een maximale hoogte van 40 cm in het gebied met *Ammophila* en is lager in andere delen. De vegetatie is erg dicht, *Carex arenaria* domineert de percelen over een groot gebied. Er zijn slechts kleine gebieden waar konijnen grazen. De konijnen-"tunnels", die aan het begin van het onderzoek duidelijk aanwezig waren, zijn nu nauwelijks meer te zien. Als gevolg hiervan vormt de vegetatie een dicht, door gras gedomineerd tapijt, waarin minder concurrerende kruidachtige soorten naar de achtergrond verdwijnen. Met graspollen en een mix van hogere en lagere vegetatie is het plot meer gestructureerd dan PQ1. Dit zou een reden kunnen zijn waarom sommige vroegbloeiende kruidensoorten zoals *Cardamine hirsuta* nog steeds kunnen worden waargenomen in PQ2, waar ze gedeeltelijk worden afgeschermd van directe wind en zonlicht.

Het gebied in de onmiddellijke nabijheid van het walviskadaver ondergaat sterke veranderingen. *Urtica dioica*, voorheen niet aanwezig in PQ2 (maar wel in de buurt), heeft het gebied veroverd en breidt zich uit in de voorheen dode zone en in de rest van het monstergebied. *Urtica urens* lijkt zwakker te zijn en zich terug te trekken. In het gebied van de dode zone en in het gebied dat in maart 2021 zwaar bedekt was met een vettige film, kan ook een sterke toename van *Agrostis capillaris* worden waargenomen. Alle delen die in juli 2021 vegetatievrij waren, zijn nu weer begroeid. Naast het voorkomen van *Urtica dioica* duidt ook de toename van *Cirsium arvense* op een toename van beschikbare voedingsstoffen in het monstergebied.



Figuur 104. De vegetatie van PQ2 op 6 mei 2022. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat.

Beschrijving 9 december 2022

De vegetatie in PQ2 bereikt een maximale hoogte van 45 cm in het gebied met *Ammophila* en is lager in andere delen. De vegetatie is zeer dicht, naast een grotere graskolf van *Ammophila arenaria* domineert *Carex arenaria* zoals in het voorjaar het perceel over een groot gebied en alle grassen in het bijzonder vormen zeer dichte matten van dood materiaal. Konijnenbegrazing is toegenomen ten opzichte van voorjaar 2022, uitwerpselen zijn overal op het perceel te vinden.

Naast *Carex arenaria* zijn *Agrostis capillaris* en *Festuca rubra* en de kruidachtige soorten *Claytonia perfoliata* en *Cardamine hirsuta* gemengd in de minder hoge delen van het perceel. Net als in het voorjaar van 2022 zijn de gebieden in de directe omgeving van het karkas dicht begroeid, vooral *Urtica dioica* is erg vitaal en verspreidt zich verder door middel van worteluitlopers.



Figuur 105. De vegetatie van PQ2 op 9 december 2022. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat.

Tabel 11 Vegetatiesamenstelling in PQ2 van alle vijf de opnamen.

No	2	2	2	2	2
Year	2020	2021	2021	2022	2022
Date	28/11/2020	30/03/2021	09/07/2021	06/05/2022	09/12/2022
Area (m2)	1 (1X1)	1 (1X1)	1 (1X1)	1 (1x1)	1 (1x1)
Total cover (%)	95	90	90	95	95
Cover herb layer (%)	90	85		95	95
Cover moss layer (%)	10	10	10	5	5
Vegetation height (cm)	10 - 45	2 - 45	2 - 50	4 - 40	5 - 45
total number of species (excl. mosses)	16	16	14	15	16
Vascular plants:					
Agrostis capillaris	-	-	+	2	2
Ammophila arenaria	4	2	4	2	4
Arenaria serpyllifolia agg.	0.2	0.2	0.2	-	0.1
Carex arenaria	5	5	5	5	5
Cardamine hirsuta	+	0.1	-	0.1	0.2
Cerastium holsteoides	0.1	0.1	0.1	-	+
Cirsium arvense	0.1	0.1	0.4	1b	1a
Claytonia perfoliata	-	+	-	-	0.3
Festuca ovina agg.	r	0.1	0.3	1a	0.3
Festuca rubra agg.	-	-	+	0.2	0.2
Geranium molle	r	r	-	-	r
Ligustrum vulgare	r	r	r	r	r
Linaria vulgaris	-	r	-	-	-
Lotus corniculatus	-	-	r	+	r
plant unid.*	r	r	**		
Sedum sexangulare	r	-	-	-	-
Solanum nigrum	r	-	-	-	-
Stellaria graminea	r	-	1a	0.2	-
Stellaria media	0.1	0.1	0.2	r	0.2
Taraxacum officinale agg.	r	r	r	r	R
Urtica dioica	-	-	-	2	2
Urtica urens	+	+	0.1	r	-
Veronica arvensis	-	r	r	r	-
Cryptogams:					
Amblystegium spec.	-	0.2	0.2	+	+
[Brachytheciaceae]	1 b	1b	1b	1b	1b

* Winter form of unknown vascular plant. 27/03/21 unchanged.

** Stellaria graminea

2.6.2.3 PQ3

Beschrijving 28 november 2020

Gelegen op ongeveer 15 m afstand ten noorden van het walviskadaver is PQ3 een ongestoorde referentieplot. De vegetatie in en rond de plot is homogeen en een mix van typische grijze duinvegetatie met een dominantie van *Carex arenaria* en *Ammophila arenaria*. In vergelijking met PQ1 en PQ2 vertoont de vegetatie minder tekenen van aantasting door konijnenbegrazing maar ook hier is vooral *Carex arenaria* aangetast. De vegetatie van PQ3 is een relatief nutriëntenrijk grijs duin.



Figuur 106. Overzichtsfoto van PQ3 op 28 november 2020. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat.



Figuur 107. De vegetatie van PQ3 op 28 november 2020. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat.

Beschrijving 30 maart 2021

Carex arenaria en *Ammophila* bedekken PQ3 met een laag dood plantenmateriaal, verse kiemende delen van beide soorten worden sterk aangetast door konijnenbegrazing. Er zijn veel konijnenuitwerpselen in het plot. Met *Veronica arvensis* wordt één soort aan de lijst toegevoegd en deze bloeit samen met *Cardamine hirsuta*.

Veranderingen in de samenstelling van soorten (één nieuwe soort) zijn seizoensgerelateerd, net als de afname van plantenmassa zoals *Stellaria media*.



Figuur 108. De vegetatie van PQ3 op 30 maart 2021. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat.

Beschrijving 9 juli 2021

Carex arenaria en *Ammophila* hebben hun seizoensgebonden maximale lengte bereikt, maar worden beide aangetast door begrazing door konijnen. Er zijn veel uitwerpselen in het perceel en in sommige delen is de graslaag teruggebracht tot ca. 5 cm hoogte. PQ3 is bedekt met een dikke laag van dood plantenmateriaal.

Carex arenaria, *Agrostis capillaris* en de kruidensoort *Erodium cicutarium* bloeien. Het totaal aantal soorten nam toe (plus vier soorten, min één), wat waarschijnlijk een seizoensgerelateerde verandering is. De totale plantenbedekking is verminderd als gevolg van begrazing en droogte in de zomer. Typische voorjaarssoorten zoals *Cardamine hirsuta* of *Stellaria media* zijn minder overvloedig en het PQ wordt gedomineerd door grassoorten.

Beschrijving 6 mei 2022

Carex arenaria domineert grote delen van het perceel en staat in bloei. De vegetatie is relatief dicht en de grond is bedekt met een dikke matras van dood plantenmateriaal. Er is geen open bodem waardoor kleinere eenjarige plantensoorten zoals *Claytonia perfoliata* zouden kunnen uitlopen. Sommige gebieden, vooral met *Ammophila arenaria*, worden aangetast door begrazing door konijnen. Aan de zeezijde van het perceel heeft zich *Urtica dioica* gevestigd. De *Urtica* planten zijn bedekt met een dun laagje zand. Daarnaast kunnen opgedroogde bruine algen in het perceel worden waargenomen, wat erop wijst dat door de wind meegevoerd materiaal aan het perceel is toegevoegd.

Met 16 soorten is het totaal aantal soorten met één soort gedaald. Voornamelijk de vroegbloeiende voorjaarssoorten zoals *Arenaria serpyllifolia* of *Stellaria media* zijn niet aanwezig of in lagere aantallen, wat zeer waarschijnlijk een seizoensgebonden effect is.



Figuur 109. Detailopname van PQ3 met door zand bedekte brandnetel. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat.

Beschrijving 9 december 2022

Carex arenaria domineert grote delen van de plot. De vegetatie is relatief dicht en de grond is bedekt met een dikke matras van dood plantenmateriaal. Het centrale gebied wordt aangetast door begrazing door konijnen, wat mogelijkheden biedt voor eenjarige soorten zoals *Cardamine hirsuta* of *Stellaria media*. *Senecio jacobea* ssp. *dunensis* neemt toe en overwintert met enkele rozetten verspreid over het gebied. *Urtica dioica*, die in het voorjaar van 2022 aanwezig was, is afgenomen. Het totale aantal soorten steeg met één soort, wat waarschijnlijk een seizoensgebonden effect is en geen verschuiving in de beschikbaarheid van voedingsstoffen.



Figuur 110. De vegetatie van PQ3 op 9 december 2022. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat.

Tabel 12. Vegetatiesamenstelling van PQ3 van alle vijf de opnamen.

No	3	3	3	3	3
Year	2020	2021	2021	2022	2022
Date	28/11/2020	27/03/2021	09/07/2021	06/05/2022	09/12/2022
Area (m2)	1 (1X1)	1 (1X1)	1 (1X1)	1 (1X1)	1 (1X1)
Total cover (%)	95	95	90	95	95
Cover herb layer (%)	70	65	65	65	65
Cover moss layer (%)	40	40	40	40	40
Vegetation height (cm)	3 - 25	3-20	3-40	3-40	3-40
total number of species (excl. mosses)	13	14	17	16	17
Vascular plants:					
Agrostis capillaris	-	-	+	+	+
Ammophila arenaria	3	2	3	3	3
Arenaria serpyllifolia agg.	+	+	0.1	-	-
Cardamine hirsuta	+	0.1	r	+	0.1
Carex arenaria	6	6	6	6	6
Cerastium diffusum	-	-	r	r	-
Cerastium holosteoides	+	+	+	r	+
Cirsium arvense	r	r	+	0.2	0.1
Dactylis glomerata	-	-	+	r	r
Erodium cicutarium	r	r	r	r	r
Festuca ovina agg.	+	+	+	0.1	+
Festuca rubra	-	-	-	r	r
Geranium molle	r	r	r	-	+
Holcus lanatus	r	r	-	+	+
Linaria vulgaris	-	-	+	r	-
Myosotis spec.*	+	+	-	r	r
Senecio jacobea ssp. dunensis		r	r	r	0.1
Stellaria media	0.2	+	r	r	0.2
Taraxacum officinale agg.	-	-	r	r	r
Veronica arvensis	-	r	r	r	+
Cryptogams:					
[Brachytheciaceae]	4	4	4	4	4
Brachythecium salebrosum	0.1	0.1	0.1	-	-
Brachytecium albicans	-	+	+	+	+

2.6.2.4 Ontwikkeling van dode vegetatie naast het kadaver

Op 30 maart 2021 werden zones met dode planten geobserveerd rond het walviskadaver. De breedte van deze zones varieerde van 5 tot 23 cm. Het dode plantmateriaal was deels bedekt met een plakkerige, vette substantie (Figuur 111, Figuur 112).



Figuur 111. Zone van dode vegetatie in maart 2021. De blauwe kleur geeft het gebied aan waarin de vegetatie dood is of aangetast. Foto's: Nicole Janinhoff-Verdaat.



Figuur 112. Zone van dode vegetatie rond de staart van het kadaver in maart 2021. Foto: Nicole Janinhoff-Verdaat.

In april en mei 2021 begonnen de zones van dood plantenmateriaal een ring te vormen rondom het karkas. Naast de kop van het kadaver, aan de benedenhelling zeezijde werd de zone breder maar het reikte nog niet in zijn geheel tot in PQ2. Aan de buitenzijde van de zone van dode planten vormde zich een andere ovaalvormige zone, zie Figuur 83. In deze zone waren planten zoals de grassen *Carex arenaria* (zandzegge) en *Ammophila arenaria* (helmgras) groener dan de omgeving. Sommige voorjaarsbloeiende, eenjarige planten zoals *Claytonia perfoliata* (winterpostelein, een stikstofminnende plant) waren zeer vitaal en bereikten ongewone afmetingen. De vegetatie leek te profiteren van een hogere beschikbaarheid van voedingsstoffen.

Op 9 juli 2021 bestaan alle zones van dode of stervende planten die in maart rond het walviskadaver zichtbaar waren, nog steeds. Elke plant binnen deze zone is volledig afgestorven en het gebied is bedekt

met geelachtig dood plantmateriaal en in sommige delen vogeluitwerpselen. Er is geen ontkieming of uitlopen van vegetatie, ondanks de beschikbaarheid van zaden van de vroeg voorjaarsbloeiende soorten zoals *Cardamine hirsuta* (kleine veldkers). Ook grassen zoals *Carex arenaria*, die typisch nieuwe gebieden koloniseren met hun kruipende ondergrondse wortelstokken, zijn niet te vinden binnen deze zones, wat wijst op zeer ongunstige bodemgesteldheid en ongunstige groeiomstandigheden. De dode zone breidde zich niet uit aan de heuvelopwaartse, duingeoriënteerde kant van het kadaver. Aan de benedenzijde, richting de zee, was het gebied rond de kop van het walviskadaver in grootte toegenomen (Figuur 114). Een zone van dode vegetatie is een normaal verschijnsel bij grote kadavers, zoals bijvoorbeeld ook waargenomen bij karkassen van bizon in de Noord-Amerikaanse prairie (Knapp et al. 1999).



Figuur 113. Zone van dood plantenmateriaal rond het kadaver nabij vegetatieplot PQ1 op 9 juli 2021. Tussen de bamboe merktekens aan de linkerzijde is een opgedroogde vin zichtbaar (in blauwe ovaal). Foto: 9 juli 2021 Hans Verdaat.



Figuur 114. De vegetatie aan de benedenzijde van de kop van het kadaver (gemarkeerd in blauw) was in maart 2021 nog niet aangetast en is nu dood. Foto: 9 juli 2021 Hans Verdaat.



Figuur 115. De vegetatie direct naast de staart van het kadaver is in juli 2021 dood, net als in maart 2021, maar het is niet goed zichtbaar door overhangende stengels van helmgras. Foto: 9 juli 2021 Hans Verdaat.

In mei 2022 is de vegetatie in de dode zone grotendeels hersteld. In de voorheen dode zone is *Carex arenaria* de overheersende soort, vergelijkbaar met de omgeving. Hiernaast hebben zich rond het karkas twee soorten gevestigd die goed zijn aangepast aan een voedselrijke omgeving: *Urtica dioica* en *Cirsium arvense*. Vooral aan de westelijke, zeekant van het karkas bedekt *Urtica dioica* de grond rond het karkas volledig en vormt het gezond uitziende, zeer groene opstanden. De zonering kan daarom nog steeds worden waargenomen als een groene gordel, Figuur 116.

Urtica dioica werd al waargenomen in de omgeving van het karkas aan de westkant bij het begin van het onderzoek in november 2020, maar niet in een van de PQs. Naast generatieve verspreiding door zaden kunnen *Urtica dioica* en *Carex arenaria* zich ook verspreiden door wortelstokken. Aangenomen kan worden dat ten minste een deel van de groei aan de westkant van het karkas vegetatieve vermeerdering via wortelstokken is.

Naast *U. dioca* en *C. arvense* zijn er geen andere plantensoorten die wijzen op eutrofiëring. De veronderstelling dat soorten van voedselrijke duinomgeving of aanspoelsels zoals *Atriplex* spec. zullen worden toegevoegd aan de vegetatiesamenstelling is nog niet uitgekomen.

Aan de oostkant van het karkas (landzijde), in het gebied waar de buik overgaat in de staart, is een smalle, ongeveer 20 cm brede strook vegetatie nog volledig dood. Dit kan verschillende oorzaken hebben, bijv. de ontbinding van het karkas in dit gebied kan een andere samenstelling van voedingsstoffen hebben vrijgegeven die de plantengroei belemmert of de ontbinding kan langer hebben geduurd, zodat de vegetatieontwikkeling pas later op gang kwam dan in het gebied rond de kop. Aangenomen wordt dat de vegetatieontwikkeling sterk gelijk is op die in het gebied rond de kop van het karkas.

Het aangedane gebied rond de staart, goed zichtbaar op 27/03/2021, is verdwenen en alles is bedekt met vegetatie die voornamelijk bestaat uit *Carex arenaria*.



Figuur 116. Frontaal aanzicht van het walviskadaver. De voorheen dode zones zijn nu begroeid. Foto: 6 mei 2022.



Figuur 117. Zijaanzicht van het walviskadaver. Een kleine dode zone is nog zichtbaar. Foto: 6 mei 2022.

Op 9 december 2022 is de vegetatie rond het karkas bijna volledig hersteld. De gebieden rond het karkas die voorheen kaal waren van vegetatie zijn er niet meer. Deze gebieden zijn voornamelijk heroverd door planten die zich snel kunnen verspreiden met worteluitlopers, zoals *Cirsium arvense*, *Carex arenaria* en vooral *Urtica dioica*.

Terwijl de grasvegetatie in het gebied een sterk gelige winterkleur heeft, valt het karkas zelfs in december visueel op dankzij de groene, stikstofminnende brandnetels. Op sommige delen van het karkas is de huid al volledig verdwenen, hier overwoekeren brandnetels het blootgelegde skelet.



Figuur 118. Overzicht van het walviskadaver. De voormalig dode zones zijn begroeid. Foto: 9 december 2022.



Figuur 119. Deel van het walviskadaver. Brandnetel groeit tussen het skelet door. Foto: 9 december 2022.

2.7 Bodemmonsters

2.7.1 Methoden

Bodemmonsters werden genomen om de veranderingen in nutriënten en mineralen in de bodem te volgen als gevolg van het indringen van lichaamssappen in de bodem. Bodemmonsters zijn genomen met een steekbuis met een diameter van 5 cm. De bemonsteringsdiepte was 10 cm. Per monster zijn twee steekbuizen genomen met een totaal van ongeveer 0,5 kg sediment. Omdat er als gevolg van het nemen van deze monsters twee relatief grote gaten in de grond worden gemaakt zijn de monsters niet in de vegetatie-PQs genomen maar ernaast en is er voor gekozen om geen duplo-bepaling te doen.

Meetfrequentie

Vier bodemmonsters werden genomen per keer, op 28 november 2020 (T0), 28 mei 2021 (T1), 6 mei 2022 (T2) en 9 december 2022 (T3). Bodemmonsters werden geanalyseerd door het Chemisch Biologisch Laboratorium Bodem (CBLB) in Wageningen. Steeds werd een monster genomen vlak naast de kop (S1), een monster vlak naast het middendeel van het kadaver (S2), een monster op 1.3-2 m afstand van het midden van het kadaver (S3) en een referentiemonster op meer dan 4 m afstand vanaf de staart (S4). De bodemmonsters van 28 november 2020 worden verondersteld nog niet verstoord te zijn door de aanwezigheid van het kadaver, die er immers nog maar net lag, dus deze vormen alle vier een referentie.

Meetlocaties 28 november 2020 (T0)

1. Bodemmonster 1 (S1) is genomen naast PQ1, in zuidelijke richting (richting voorkant kadaver) op 0.5 m afstand tot de kop op RD coördinaat 229172.08, 617047.18 op een hoogte van 4.57 m +NAP.
2. Bodemmonster 2 (S2) is genomen naast PQ2, op 0.3 m afstand tot het midden op RD coördinaat 229170.05, 617048.42, op een hoogte van 4.55 m +NAP.
3. Bodemmonster 3 (S3) is genomen op 2 m afstand ten westzuidwesten van het midden van het kadaver op RD coördinaat 229168.39, 617047.88, 4.26 m +NAP.
4. Bodemmonster 4 (S4) is genomen net naast PQ3 op RD coördinaat 229163.30, 617065.62, op een hoogte van 4.81 m +NAP.

Meetlocaties 28 mei 2021 (T1)

1. Bodemmonster 1 (S1) is genomen naast PQ1, op 0.15 m naast het kadaver in de dode vegetatie op RD coördinaat 229171.39, 617047.80 op een hoogte van 4.64 m +NAP.
2. Bodemmonster 2 (S2) is genomen naast PQ2, op 0.15 m naast het kadaver in de dode vegetatie op RD coördinaat 229170.14, 617048.80, op een hoogte van 4.71 m +NAP.
3. Bodemmonster 3 (S3) is genomen op 1.3 m afstand ter hoogte van het midden van het kadaver in de levende vegetatie op RD coördinaat 229168.93, 617048.52, 4.52 m +NAP.
4. Bodemmonster 4 (S4) is genomen op 4.5 m afstand tot de staart op RD coördinaat 229166.23, 617054.56, op een hoogte van 4.55 m +NAP.

Meetlocaties 6 mei 2022 (T2)

Bodemmonster 1 (S1) is genomen op 0.15 m afstand van de kop van het kadaver, monster 2 (S2) op 0.15 m afstand van het midden van het kadaver, monster 3 (S3) op ~1.3 m afstand van het midden van het kadaver en monster 4 (S4) op ~4.5 m afstand van het kadaver op ongeveer dezelfde locaties als in mei 2021.

Meetlocaties 9 december 2022 (T3)

1. Bodemmonster 1 (S1) is genomen ten zuiden van PQ1, op 0.15 m naast de kop op RD coördinaat 229171.12, 617047.45 op een hoogte van 4.52 m +NAP.
2. Bodemmonster 2 (S2) is genomen ten noorden van PQ1, op 0.20 m naast het kadaver op RD coördinaat 229171.00, 617048.90, op een hoogte van 4.62 m +NAP.
3. Bodemmonster 3 (S3) is genomen op 1.4 m afstand ter hoogte van de staart van het kadaver op RD coördinaat 229171.27, 617050.54, op 4.80 m +NAP.

-
4. Bodemonmonster 4 (S4) is genomen op 4.8 m afstand tot de staart op RD coördinaat 229169.19, 617054.78, op een hoogte van 4.79 m +NAP.

Behandeling en analyse

Voor de bodemonsters is een voorbehandeling nodig:

- Drogen
- Zeven (<2mm)
- Colloïdaal malen (nodig voor o.a. Aqua Regia en elementair C bepaling)

De monsters zijn geanalyseerd voor het totale gehalte in de bodem en het biologisch beschikbare gehalte in de bodem:

Een **totaalbepaling** is verricht d.m.v. destructie met Aqua Regia. Aqua Regia wordt ook wel koningswater genoemd en is een mengsel van salpeterzuur en zoutzuur in de verhouding 1 op 3. Destructie met Aqua Regia geeft een maat voor de totale aanwezigheid in de bodem, ook als elementen niet direct biologisch beschikbaar zijn voor opname in planten.

- Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, S, Zn door middel van totaaldestructie met Aqua Regia en massaspectrometrie (ICP-AES).
- As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V door middel van totaaldestructie met Aqua Regia en massaspectrometrie (ICP-MS).
- N-totaal m.b.v. Zwavelzuur/seleen destructie
- C-elementair m.b.v. LECO
- C-organisch m.b.v. Kurmies
- Kalkgehalte m.b.v. Scheibler

Een **beschikbaarheidsbepaling** is verricht d.m.v. extractie met 0,001 M CaCl₂. Extractie met 0,001 M CaCl₂ geeft een maat voor de voor planten direct beschikbare nutriënten en mineralen.

- NH₄, NO₃+NO₂, Ntot, PO₄, pH, DOC door middel van extractie met 0.001 M CaCl₂ en doorstroomanalyse (CFA).
- Al, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, S, Zn door middel van extractie met 0.001 M CaCl₂ en massaspectrometrie (ICP-AES).
- As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V door middel van extractie met 0.001 M CaCl₂ en massaspectrometrie (ICP-MS).

Voor bijna alle elementen worden **beide** bepalingen gedaan en voor bijna iedere bepaling is ook de **aantoonbaarheidsgrens** gegeven. De aantoonbaarheidsgrens is de laagste concentratie van de component in het monster waarvan de aanwezigheid betrouwbaar kan worden vastgesteld door de analytische apparatuur. De aanvoer van (zware) metalen vanuit het kadaver zal naar verwachting in de meeste gevallen slechts weinig invloed op de **totale gehalten** hebben. Wanneer dit wel zo is, zou dit betekenen dat het kadaver een forse hoeveelheid (zware) metalen in zijn lijf had en dat is bij een jong dier niet waarschijnlijk. De aanvoer van onder meer organische stof en nutriënten (zoals P) kan wel de **beschikbaarheid** van elementen veranderen. Door bijvoorbeeld lokaal de pH te verhogen of meer P in de bodem te brengen stijgt de beschikbaarheid van bijvoorbeeld arseen (As). De effecten op beschikbaarheid verschillen per element (De Vries et al., 2008). Zo daalt de beschikbaarheid van cadmium (Cd) en zink (Zn) bij hogere pH en laten andere elementen juist weer een effect zien van een verhoging van opgelost koolstof (bijvoorbeeld koper (Cu) en lood (Pb), en ook weer zink (Zn)).

Beantwoording van onderzoeksvragen

De bodemonsters geven antwoorden voor de vragen:

- Is er een injectie van nutriënten en mineralen? Hoe verschilt dit van de omgeving?

2.7.2 Resultaten

2.7.2.1 Bodemchemie T0, T1, T2, T3

Resultaten voor **beschikbaarheidsbepaling** met 0.001 M CaCl₂:

Monster	As	Cd	Co	Cr	Cu	Mo	Ni
nr.	[µg/kg]	[µg/kg]	[µg/kg]	[µg/kg]	[µg/kg]	[µg/kg]	[µg/kg]
aantoonbaarheidsgrens	3	3	2	5	400	20	6
Nov2020-S1	4	0	0.8	11	13	1	6
Nov2020-S2	7	0	0.7	10	12	23	8
Nov2020-S3	3	0	0.5	3	4	2	6
Nov2020-S4 (ref)	4	0	0.5	5	21	1	5
Mei2021-S1	54	0	3.2	6	98	10	8
Mei2021-S2	33	0	5.1	8	147	23	20
Mei2021-S3	14	0	9	9	65	13	24
Mei2021-S4 (ref)	7	0	0.6	3	47	7	4
Mei2022-S1	10	0	1.5	5	18	3	3
Mei2022-S2	17	1	2.8	7	42	5	7
Mei2022-S3	10	0	2.5	5	19	5	7
Mei2022-S4 (ref)	5	0	0.9	2	8	2	2
Dec2022-S1	12	1	1.9	5	75	8	7
Dec2022-S2	6	0	1	7	20	3	6
Dec2022-S3	3	0	0.6	8	5	3	4
Dec2022-S4 (ref)	3	0	0.7	5	3	2	2

Pb	V	Zn	Al	Fe	K	Mg	Mn	Na
[µg/kg]	[µg/kg]	[µg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
20	3	300	0.5	3	3	0.5	0.1	3
5	9	47	1.2	1	37	51.3	0.05	14
5	12	60	2	2	99	76	0.09	29
3	9	15	1.1	1	19	23.7	0.04	6
3	6	40	0.8	1	46	44.6	0.03	11
13	34	199	0.8	4	248	46	0.27	828
14	40	338	1	3	308	15.4	0.63	353
7	37	304	1.4	3	70	86.6	1.09	55
2	13	37	0.4	0	38	52	0.05	22
5	11	219	0.9	1	42	253	1.38	68
4	19	348	1.7	2	59	391	2.52	104
8	22	78	1	1	83	61.2	0.18	114
2	9	46	0.3	0	69	48.7	0.07	70
9	13	1607	0.3	2	55	133	0.7	51
2	8	335	0.6	1	111	85.7	0.65	33
2	5	40	0.6	1	77	65	0.05	36
3	5	35	0.6	0	32	38.1	0.06	19

P	S	pH	N-NH4	N- (NO3+NO2)	Nts	P-PO4	C	vocht (vers-105°C)
[mg/kg]	[mg/kg]		[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[% o.b.v. veldvochtig]
1	0.6		1	0.5	4	0.4	3	0.3
3.1	2.1	7.01	7.4	10	22	3	56	9.8
13.6	7.9	7.33	37.3	39.2	89	13.4	132	30.7
1.5	0.7	7.12	0.9	8.6	11	1.5	27	5.4
3	2.3	6.89	9.3	4.9	18	3	46	9.7
270	148	7.79	250	0.1	288	263	751	25.7
301	82.4	7.42	581	139	900	291	1344	51.9
11.8	22.5	7.07	29.4	3	101	9.7	946	13.7
7.2	4	7.27	12.3	2.1	30	6.1	120	14.5
227	20.1	6.8	41.2	188	246	234	223	3.3
459	45.2	6.34	55.5	297	417	473	465	10
6	7.8	7.25	32	2.1	58	5.6	252	1.6
5.9	2.6	6.64	6.5	1	18	5.4	93	2.1
217	60.5	6.7	242	124	586	510	1489	49.5
43.4	11.5	6.03	10.5	71.9	100	43.4	201	31.4
8.2	3	6.87	9.7	19.1	40	7.7	85	17.8
3.3	1.4	6.75	4.3	4.1	13	3.2	45	9

Resultaten voor **totaalbepaling** met Aqua Regia:

Monster	CaCO3	Nt	As	Cd	Co	Cr	Mo
nr.	[%]	[g/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
aantoonbaarheidsgrens		0.3	0.1	0.05	0.05	0.8	0.3
Nov2020-S1		1.1	1.37	0.01	0.89	16.2	0.9
Nov2020-S2	0.33	4.3	1.59	0.03	1.01	8.0	1
Nov2020-S3		0.3	1.48	0.01	0.9	4.3	0.7
Nov2020-S4 (ref)		0.9	1.29	0.01	0.84	6.3	0.6
Mei2021-S1	0.31	3.3	1.19	0.01	0.82	6.2	1.1
Mei2021-S2		10.5	1.29	0.04	1.29	10.9	1.6
Mei2021-S3		1.7	1.42	0.02	1.07	5.0	1.0
Mei2021-S4 (ref)		1.5	1.37	0.02	1.10	8.4	1.2
Mei2022-S1	0.2	1.6	0.94	0.02	0.9	4.3	0
Mei2022-S2	0.1	2.5	0.88	0.03	0.8	6.2	0
Mei2022-S3	0.4	1.1	1.32	0.01	0.9	3.9	0
Mei2022-S4 (ref)	0.1	1.2	1.25	0	0.9	3.9	0
Dec2022-S1	0.3	12.8	1.18	0.06	1.6	7	0.1
Dec2022-S2	0.2	6.2	1.43	0.08	1.1	6.8	0.1
Dec2022-S3	0.2	2.6	1.23	0.02	1.2	7.5	0.1
Dec2022-S4 (ref)	0.1	0.9	1.16	0	0.9	6.9	0

Ni	Pb	V	Al	Ca	Cu	Fe	K	Mg
[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
1.6	0.3	0.1	40	40	3	30	70	10
8.6	2.4	4.25	955	2043	3	3107	310	439
10.3	3.4	4.64	1057	4869	5	3402	520	863
8.4	2.2	4.27	953	1881	2	3124	296	517
7.8	2.2	3.99	893	1074	2	2958	320	406
10.1	3.1	4.0	934	1659	5	3316	699	693
17.5	4.1	6.6	1193	5279	11	4815	1076	885
11.5	2.9	4.8	1025	2265	4	3946	406	673
12.1	2.7	4.4	936	1744	6	3855	328	510
1.5	2.6	3.32	971	1849	0.8	1889	334	747
2	2.3	2.95	937	1650	1.8	1679	354	937
1.4	2.8	3.46	902	1936	1.1	1652	390	591
1.4	2.7	3.34	897	1559	1	1673	374	446
3	3.1	4.34	1193	6136	5.5	2612	635	1320
2.7	2.4	3.44	950	2801	3.6	1994	527	664
3.1	4.3	3.53	1020	2060	1.4	1805	435	560
2.9	2.5	3.03	931	1179	0.9	1639	335	408

Mn	Na	P	S	Zn	C- elementair	C	vocht [% stoof- droog]
[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[g/kg]	[g/kg]	
1	100	3	30	5		3	0.3
54.2	49	159	155	10	13.9	16	0.3
86.4	91	356	628	25	68.2	64	1.5
49.1	45	108	84	6	3.45	5	0.1
45.8	45	133	136	9	12.2	14	0.2
42.5	1320	765	679	10	30.0	31	1.0
98.6	735	1112	1127	38	125.0	124	3.0
56.4	114	189	256	13	23.9	23	0.7
62.7	64	154	210	9	19.7	19	0.7
47.7	106	631	244	17	13.1	13	0.3
40.1	149	1061	467	18	19.2	19	0.5
43.9	170	174	160	10	12.5	12	0.3
47	122	175	184	11	17	16.9	0.4
74.9	189	1790	2980	121	117	116	2.4
67.1	94	425	970	51	70.6	70.4	1.5
63	92	225	305	16	37.4	37.1	0.8
48.1	64	155	147	11	11.7	11.6	0.3

2.7.2.2 Bodemchemie, analyse verschil T0 met T1 (en T2 of T3)

De nulhypothese is dat er een effect is van toenemende gehalten aan nutriënten en metalen op T1 (maand 6, mei 2021) in vergelijking met T0 (maand 0, november 2020) als gevolg van de aanwezigheid van het kadaver. Een statistisch model werd daarom toegepast om te bepalen of er een significant verschil (p -waarde <0.05) was in de bodemgehalten op tijdstip T1 vergeleken met tijdstip T0. Daarbij is ook het interactie-effect van afstand van het monsterpunt tot het kadaver meegenomen om te bepalen of een eventuele toename in de tijd extra sterk is dichterbij het kadaver dan verder weg. Monsters 1 en 2 zijn beide vlak naast het kadaver genomen op een afstand van 0.15 m, monster 3 op 1.3 m afstand en monster 4 op 4.5 m afstand. Het statistische model gaat uit van lineaire regressie (Generalised Linear Model) onder de aanname van normaal verdeelde variabelen.

Voor een aantal elementen werd een significant hoger gehalte waargenomen in T1 in vergelijking met T0 waarbij ook een significant interactie-effect met de afstand van de monsterpunten tot het kadaver werd gevonden. We interpreteren dit als een waarschijnlijk effect van het kadaver. Voor de metalen is een significant verschil gevonden tussen T1 en T0 in samenhang met een significant interactie-effect met de afstand tot het kadaver voor zowel het totaalgehalte als het biologisch beschikbaar gehalte van kalium en voor het biologisch beschikbaar gehalte van natrium, vanadium en arseen. Voor mangaan en magnesium was er een significante toename inclusief interactie-effect met afstand tussen T0, T1 en T2, hetgeen erop duidt dat de afgifte voor mangaan en magnesium langer aanhield (anderhalf jaar lang) dan die voor de meeste andere stoffen (half jaar).

Bij de niet-metalen is een significant verschil gevonden tussen T1 en T0 in samenhang met een significant interactie-effect met de afstand tot het kadaver voor het biologisch beschikbaar gehalte koolstof, totaalgehalte fosfor, biologisch beschikbaar orthofosfaat, biologisch beschikbaar zwavel en biologisch beschikbaar ammonium. Voor biologisch beschikbaar nitraat+nitriet was er een significante toename inclusief interactie-effect met afstand tussen T0, T1 en T2, hetgeen erop duidt dat de afgifte voor nitraat+nitriet langer aanhield (anderhalf jaar lang) dan die voor de meeste andere stoffen (half jaar). Voor totaal fosfor en orthofosfaat werden zelfs trendmatige toenames gevonden, inclusief interactie-effect met afstand, tussen T0, T1, T2 en T3 hetgeen duidt op toenemende gehalten over een periode van 2 jaar.

Voor een aantal elementen werd een significant hoger gehalte waargenomen in T1 in vergelijking tot T0 maar geen statistisch significant interactie-effect met de afstand tot het kadaver. We interpreteren dit als een waarschijnlijke relatie met het kadaver. Voor de metalen geldt dit voor de biologisch beschikbaar gehalten kobalt en het totaalgehalte molybdeen. Voor de niet-metalen voor het totaalgehalte stikstof en het totaalgehalte zwavel.

2.7.2.3 Bodemchemie, analyse verschil T1, T2 en T3

De nulhypothese is dat er afnemende gehalten aan nutriënten en metalen zijn over de tijd tussen T1 (maand 6, mei 2021), T2 (maand 18, mei 2022) en T3 (maand 25, december 2022) als gevolg van het uitspoelen van nutriënten en metalen die van het kadaver afkomstig waren. Een statistisch model werd daarom toegepast om te bepalen of er een significante afname (p -waarde <0.05) was in de bodemgehalten. Daarbij is ook het interactie-effect van afstand van het monsterpunt tot het kadaver meegenomen om te bepalen of de gehalten dichterbij het kadaver hoger zijn dan verder weg.

Een statistisch significante afname over de tijd, maar zonder significant interactie-effect met afstand, werd gevonden voor het biologisch beschikbare gehalte vanadium en arseen.

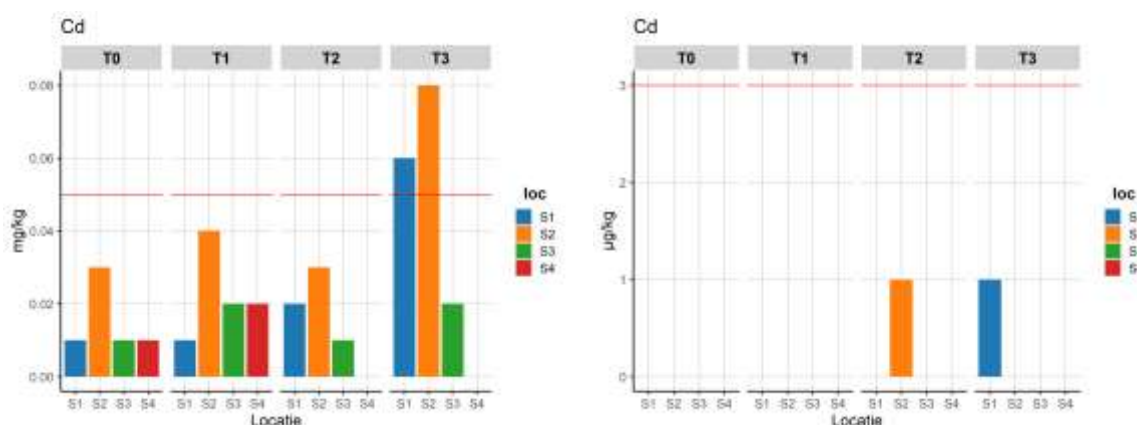
2.7.2.4 Resultaten per metaal en niet-metaal

Cadmium

Gebruikmakend van een destructie-analyse met Aqua Regia werd weliswaar cadmium aangetroffen, maar (meestal) beneden de aantoonbaarheidsgrens van 0.05 mg/kg (Figuur 120). De cadmium-gehalten in de T0-bepaling waren van gelijkwaardige grootte als in de T1- en T2-bepaling. Het referentiemonster dat is genomen op grote afstand van het kadaver (monster 4) laat bij T0 en T1 vergelijkbare concentraties zien.

Tot aan T3 in december 2022 werd geen verhoging gevonden voor het totaalgehalte cadmium in de bodem. De gemeten concentraties lagen onder de aantoonbaarheidsgrens. In twee monsters genomen in december 2022 vlak naast het kadaver werden licht verhoogde totaalgehalten gevonden. Afwijkende waarden kunnen worden veroorzaakt door variatie vanwege heterogeniteit van de bodem. Het is daarom niet goed te zeggen of de gevonden cadmium-gehalten het gevolg zijn van de aanwezigheid van het kadaver. De gevonden concentraties zijn sowieso laag. Tussen T1, T2 en T3 werd een statistisch significante toename gevonden in het totaalgehalte cadmium, met een statistisch significante afname van het interactie-effect van afstand op tijd (hogere waarden nabij het kadaver en afnemende waarden op grotere afstand).

In de bodemonsters werd geen biologisch beschikbaar cadmium gevonden; in twee gevallen werden concentraties onder de aantoonbaarheidsgrens geanalyseerd. Er werden geen statistisch significante relaties gevonden met tijd en afstand tot het kadaver voor de biologisch beschikbare concentratie.

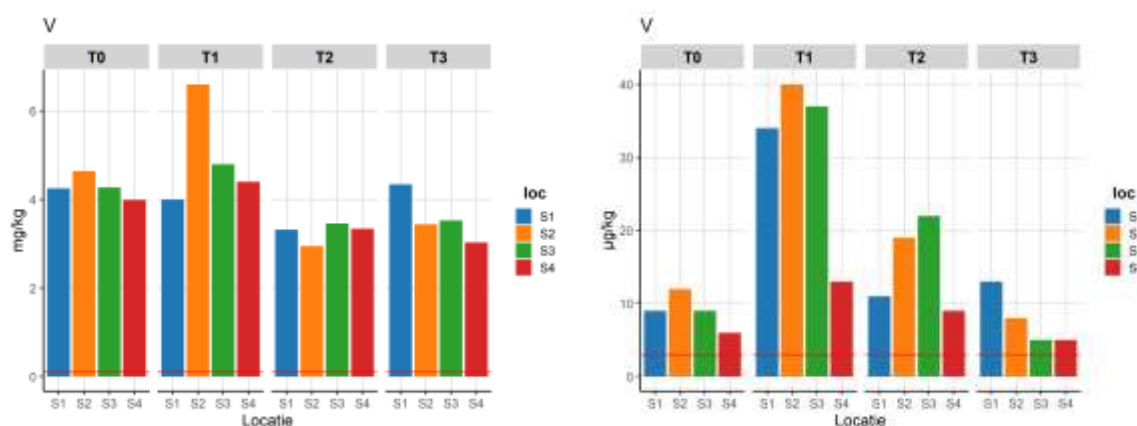


Figuur 120. Gehalten aan cadmium in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts). Rode lijn = aantoonbaarheidsgrens.

Overige metalen

Voor het totaalgehalte vanadium (V) werd geen significant hogere concentratie aangetroffen tijdens T1 t.o.v. T0. Tussen T1, T2 en T3 werd een significante afname gevonden over de tijd.

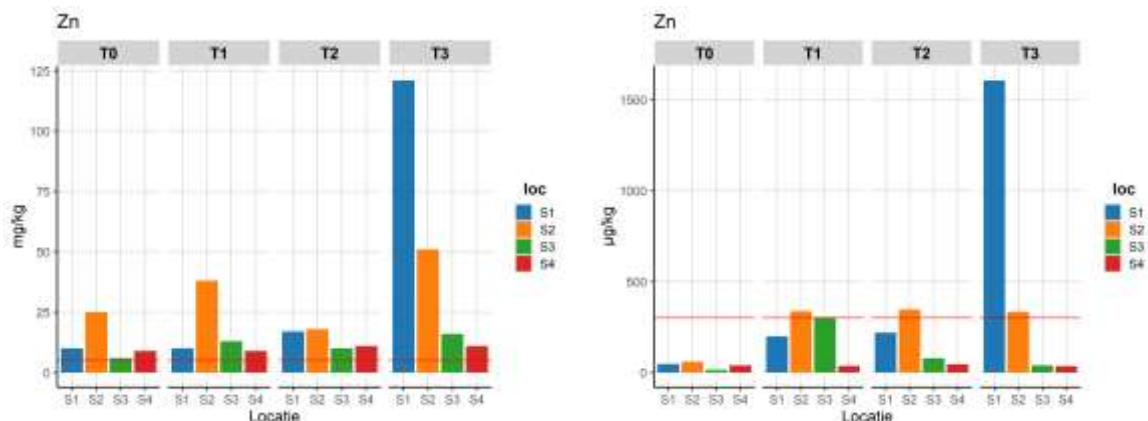
Voor het biologisch beschikbare gehalte vanadium (V) werd een significant hoger beschikbaar gehalte aangetroffen tijdens T1 t.o.v. T0, met een significante relatie voor afstand tot het kadaver. Tussen T1, T2 en T3 werd een significante afname gevonden over de tijd, Figuur 121. Dit betekent dat de aanwezigheid van het kadaver heeft gezorgd voor tijdelijk hogere biologisch beschikbare gehalten vanadium in de bodem.



Figuur 121. Gehalten aan vanadium in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts). Rode lijn = aantoonbaarheidsgrens.

Voor zink (Zn) werd geen significant hoger totaalgehalte aangetroffen tijdens T1 t.o.v. T0. Wel was er een significante toename tussen T1, T2 en T3 vanwege hoge gemeten waarden in december 2022.

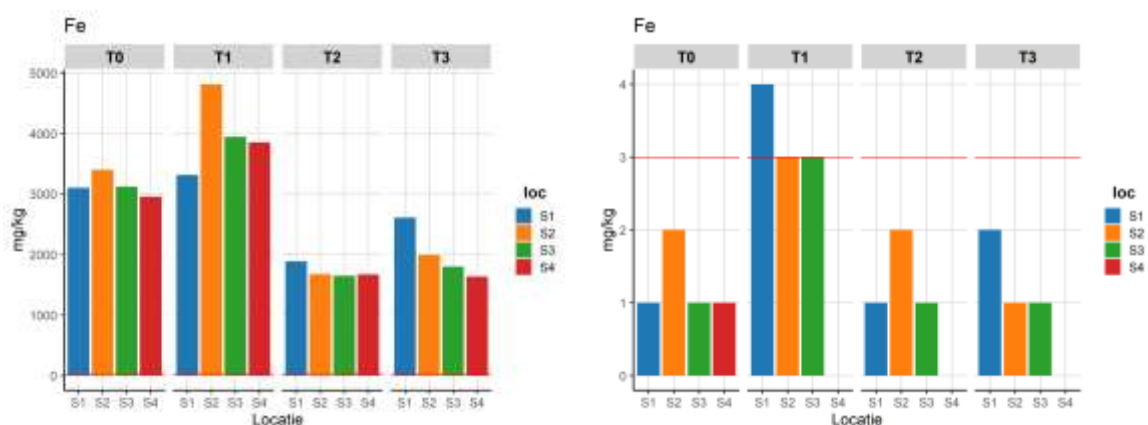
Omdat voor zink (Zn) de meetwaarden voor het biologisch beschikbaar gehalte (meestal) onder de aantoonbaarheidsgrens van 300 µg/kg lagen, kan er geen hogere waarde worden vastgesteld tijdens T1 in de bodem nabij het kadaver, Figuur 122. Statistisch gezien echter is er een significante relatie met tijd en afstand tussen T0 en T1. Tussen T1, T2 en T3 werd geen statistisch significant verband gevonden. Het is onbekend wat de hoge waarde voor zink op station S1 in december 2022 heeft veroorzaakt.



Figuur 122. Gehalten aan zink in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts). Rode lijn = aantoonbaarheidsgrens.

Voor ijzer (Fe) werd een significant hoger totaalgehalte aangetroffen tijdens T1 t.o.v. T0, maar zonder significante interactie-effect met afstand tot het kadaver. Er was een statistisch significante afname tussen T1, T2 en T3, opnieuw zonder interactie-effect met afstand. De gemeten totaalgehalten tijdens T2 en T3 liggen onder die van de referentiewaarden bij T0, een verband met het kadaver lijkt daarmee niet aanwezig.

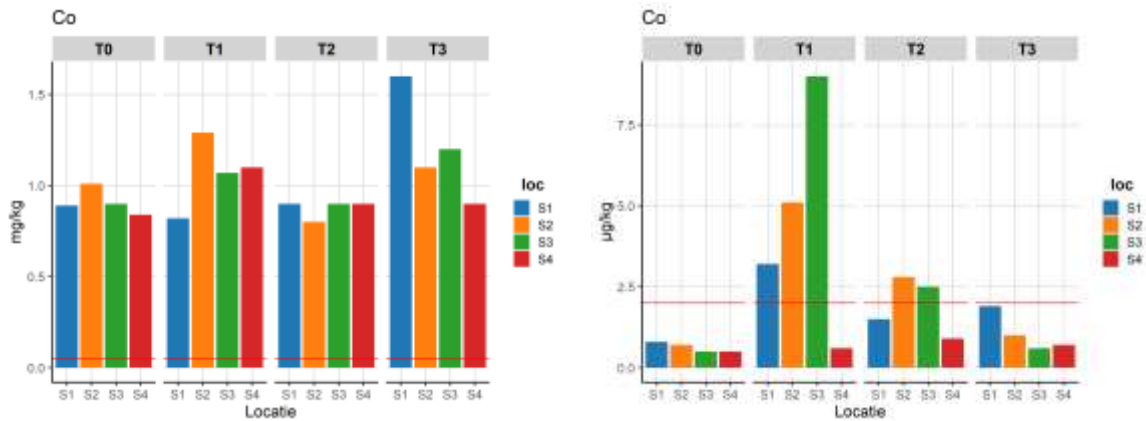
Omdat voor het biologisch beschikbaar gehalte aan ijzer (Fe) de meetwaarden grotendeels onder de aantoonbaarheidsgrens van 3 mg/kg lagen, kan er geen hogere waarde tijdens T1 worden vastgesteld in de bodem nabij het kadaver, Figuur 123. Statistisch gezien is er een significante relatie met tijd en afstand, maar dit kan op basis van metingen beneden de aantoonbaarheidsgrens niet worden aangetoond en kan enkel als een indicatie beschouwd worden. Tussen T1, T2 en T3 werd geen statistisch significante afname in de tijd gevonden, wel een interactie-effect met afstand, maar vanwege de aantoonbaarheidsgrens kan dit niet hard worden aangetoond.



Figuur 123. Gehalten aan ijzer in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts). Rode lijn = aantoonbaarheidsgrens.

Voor kobalt (Co) werd geen significant hoger totaalgehalte aangetroffen tijdens T1 t.o.v. T0 en er was geen trend in de tijd tussen T1, T2 en T3.

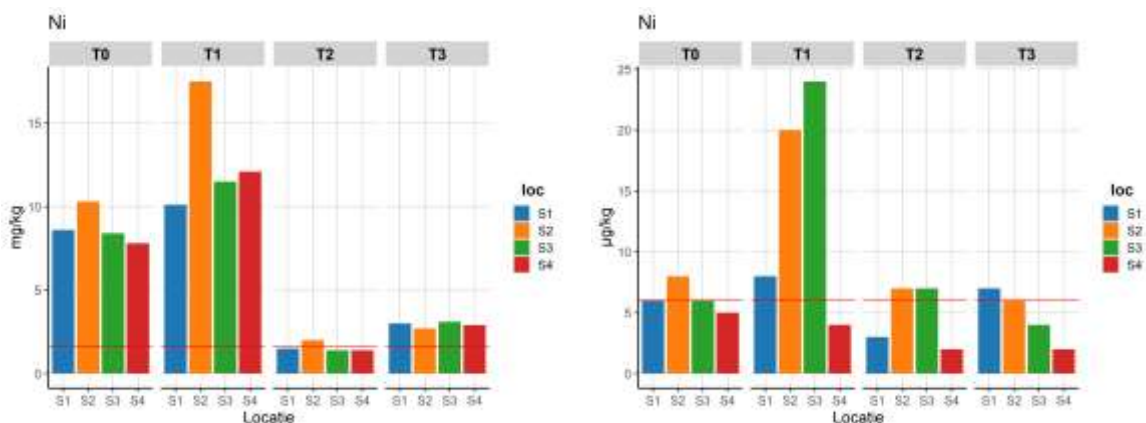
Voor het biologisch beschikbare gehalte aan kobalt (Co) is een significant hoger beschikbaar gehalte aangetroffen tijdens T1 vergeleken met T0, maar de gevonden waarden bij T0 lagen allen onder de aantoonbaarheidsgrens, Figuur 124. Er is geen significant interactie-effect met afstand tot het kadaver gevonden. Tussen T1, T2 en T3 nam het beschikbare gehalte significant af, opnieuw zonder interactie-effect met afstand en tot waarden onder het de aantoonbaarheidsgrens. De aanwezigheid van het kadaver heeft mogelijk gezorgd voor tijdelijk hogere biologisch beschikbare gehalten kobalt in de bodem, maar de gehalten zijn te laag om dit met zekerheid te stellen.



Figuur 124. Gehalten aan kobalt in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts). Rode lijn = aantoonbaarheidsgrens.

Voor nikkel (Ni) werd een significant hoger totaalgehalte aangetroffen tijdens T1 t.o.v. T0, maar zonder significante relatie voor afstand tot het kadaver. Er was een significante afname tussen T1, T2 en T3. Net als bij ijzer zijn de gevonden totaalgehalten tijdens T2 en T3 lager dan de referentiewaarde voor T0, waarmee er waarschijnlijk geen verband is met de aanwezigheid van het kadaver.

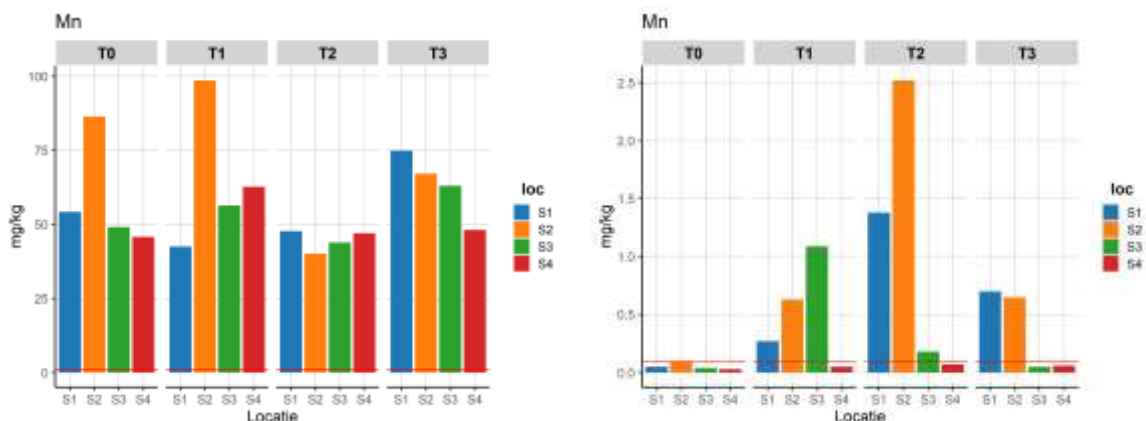
Een significant hoger gehalte aan biologisch beschikbaar nikkel werd tijdens T1 gevonden in de bodem t.o.v. T0. Tussen T1, T2 en T3 werd geen significante afname gevonden. De meetwaarden voor T0, T2 en T3 liggen grotendeels onder de aantoonbaarheidsgrens, dus er is niet met zekerheid een verband met het kadaver aan te geven, Figuur 125.



Figuur 125. Gehalten aan nikkel in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts). Rode lijn = aantoonbaarheidsgrens.

Voor mangaan (Mn) werd geen significant hoger totaalgehalte aangetroffen tijdens T1 t.o.v. T0, en geen significante afname tussen T1, T2 en T3.

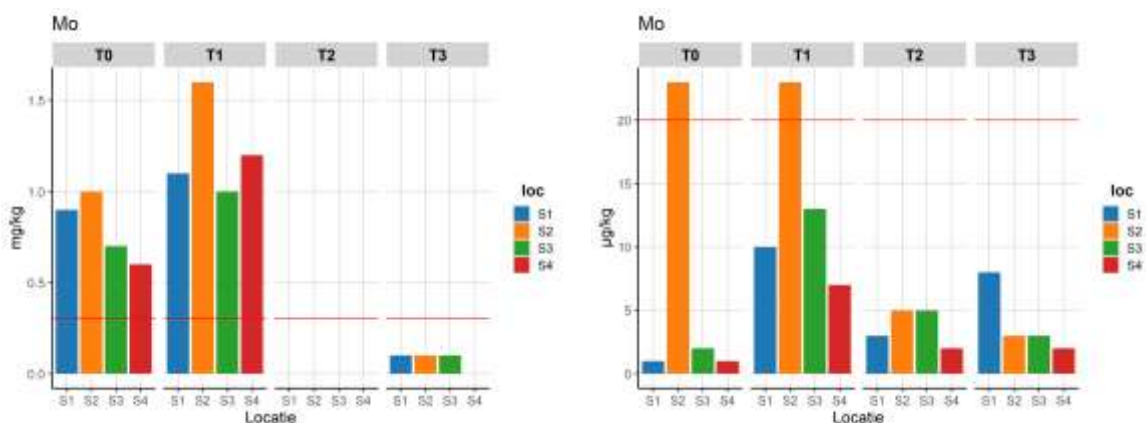
Een significant hoger gehalte aan biologisch beschikbaar mangaan werd tijdens T1 gevonden in de bodem t.o.v. T0. Speciaal voor mangaan werd ook getest op een significante toename van het gehalte tussen T0, T1 en T2 en die werd inderdaad vastgesteld, net als een interactie-effect met afstand. De data wijzen dus op een effect van het kadaver die zich uitstrekt over een langere periode (anderhalf jaar) dan voor andere stoffen, Figuur 126.



Figuur 126. Gehalten aan mangaan in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts). Rode lijn = aantoonbaarheidsgrens.

Er werd een significant verschil gevonden tussen T0 en T1 voor het totaalgehalte molybdeen (Mo) in de bodem, maar geen significant interactie-effect met afstand tot het kadaver. Tussen T1, T2 en T3 werd een significante afname gevonden, maar de gevonden gehalten in T2 en T3 waren bijzonder laag en onder de aantoonbaarheidsgrens, dus dit is niet met zekerheid vast te stellen.

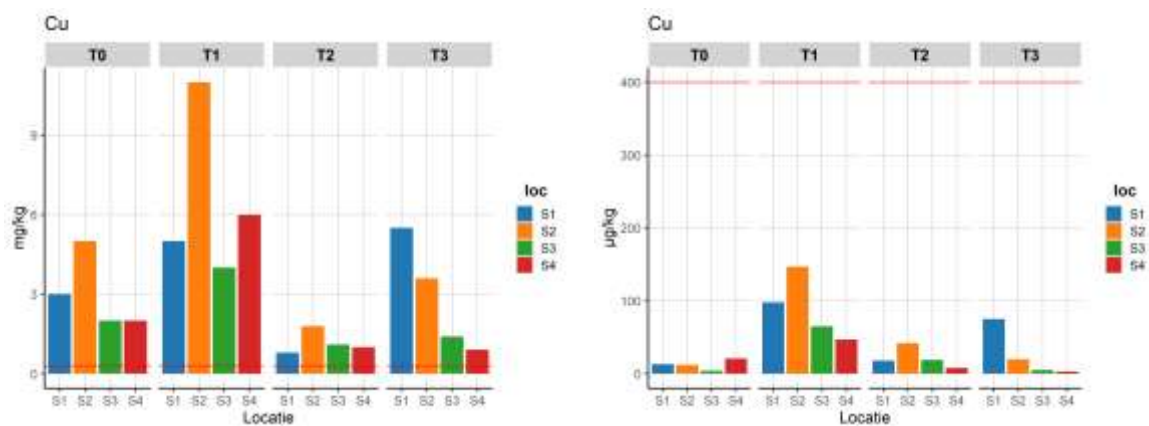
Voor het biologisch beschikbare gehalte aan molybdeen lagen bijna alle meetwaarden onder de aantoonbaarheidsgrens van 20 µg/kg, Figuur 127. Er kan op basis van deze gegevens geen relatie worden aangetoond.



Figuur 127. Gehalten aan molybdeen in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts). Rode lijn = aantoonbaarheidsgrens.

Er werd geen significant verschil gevonden tussen T0 en T1 voor het totaalgehalte koper (Cu) in de bodem en ook geen significante afname tussen T1, T2 en T3.

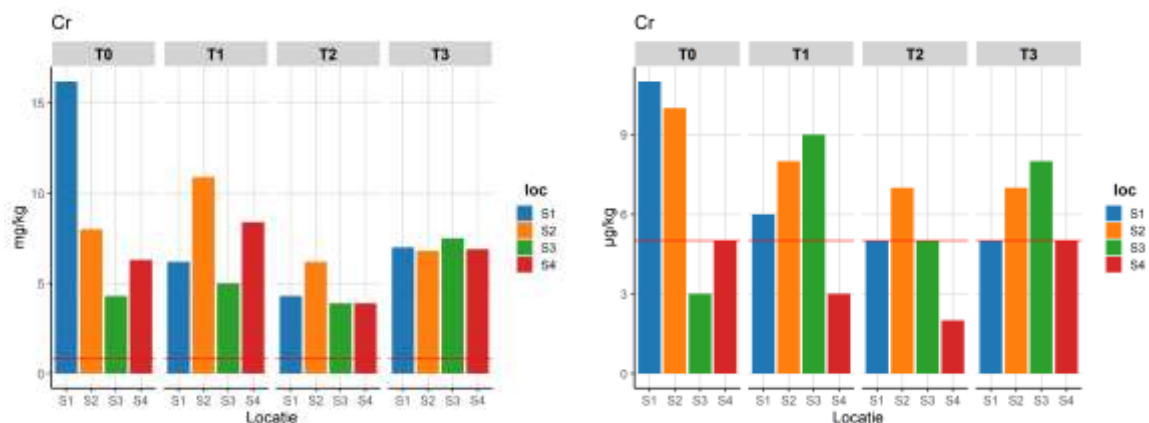
Voor het beschikbaar gehalte aan koper in de bodem lagen alle waarden onder de aantoonbaarheidsgrens. Er kan op basis van deze gegevens geen relatie worden aangetoond.



Figuur 128. Gehalten aan koper in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts). Rode lijn = aantoonbaarheidsgrens.

Er werd geen significant verschil gevonden tussen T0 en T1 voor het totaalgehalte chroom (Cr) in de bodem en ook geen afname over de tijd tussen T1, T2 en T3.

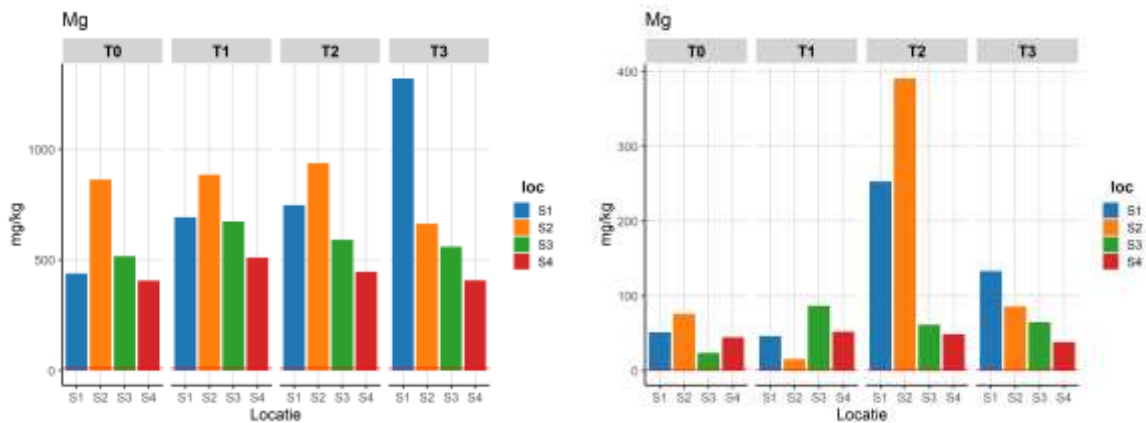
Er werd geen significant hoger beschikbaar gehalte aan chroom (Cr) tijdens T1 gevonden in de bodem t.o.v. T0 en ook geen afname over de tijd tussen T1, T2 en T3, waarbij veel waarden onder de aantoonbaarheidsgrens lagen, Figuur 129.



Figuur 129. Gehalten aan chroom in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts). Rode lijn = aantoonbaarheidsgrens.

Er werd geen significant verschil gevonden tussen T0 en T1 voor het totaalgehalte magnesium (Mg) in de bodem en ook geen significante afname over de tijd tussen T1, T2 en T3. Wel was er tussen T1, T2 en T3 een significant interactie-effect met afstand. De data lijken te suggereren dat er langzaam magnesium opbouwt vlakbij het kadaver.

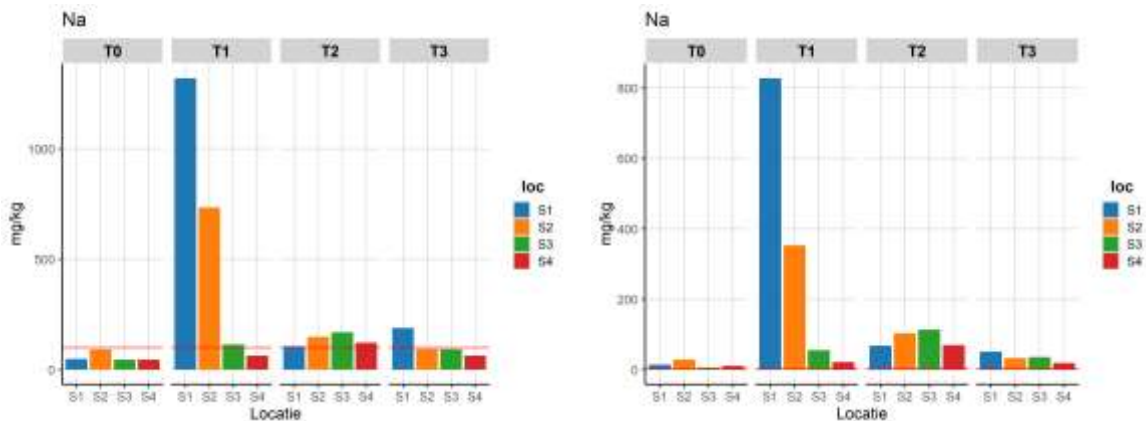
Er werd geen hoger biologisch beschikbaar gehalte magnesium gevonden tijdens T1 t.o.v. T0, maar wel een significante verhoging tussen T0, T1 en T2, inclusief een significant interactie-effect met afstand tot het kadaver. Net als bij mangaan wijst dit op een effect van het kadaver die zich uitstrekt over een langere periode (anderhalf jaar) dan voor andere stoffen, Figuur 130.



Figuur 130. Gehalten aan magnesium in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts). Rode lijn = aantoonbaarheidsgrens.

Een significant hoger totaalgehalte voor natrium werd tijdens T1 gevonden in de bodemonsters t.o.v. T0, en dit hangt significant samen met de afstand tot het kadaver. Er was geen significante afname tussen T1, T2 en T3. De gevonden waarden tijdens T0 (en deels tijdens T2 en T3) liggen echter onder de aantoonbaarheidsgrens.

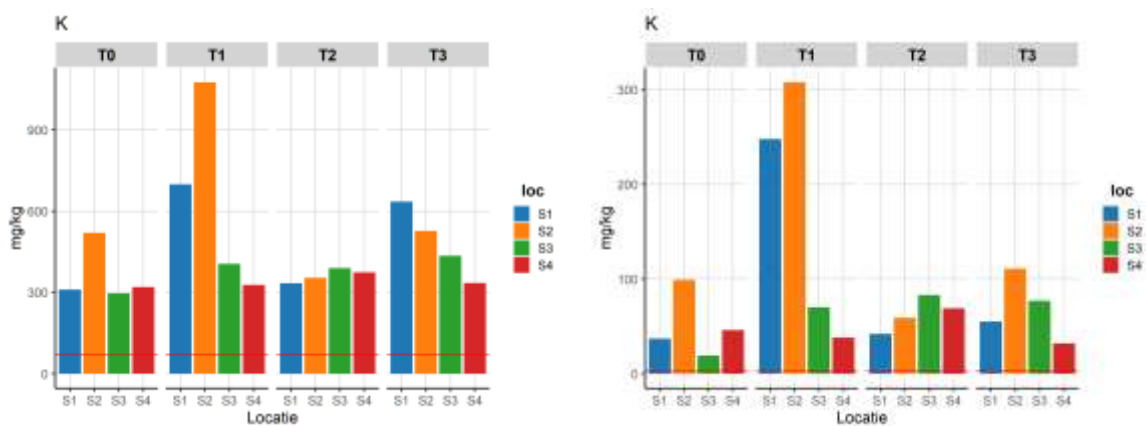
Een significant hoger biologisch beschikbaar gehalte voor natrium werd tijdens T1 gevonden in de bodemonsters t.o.v. T0 en er was een significant interactie-effect met afstand. Er was geen significante afname tussen T1, T2 en T3, Figuur 131.



Figuur 131. Gehalten aan natrium in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts). Rode lijn = aantoonbaarheidsgrens.

Een significant hoger totaalgehalte aan kalium werd tijdens T1 gevonden in bodemonsters t.o.v. de T0 en dit hangt significant samen met de afstand tot het kadaver. Er was geen significante afname tussen T1, T2 en T3.

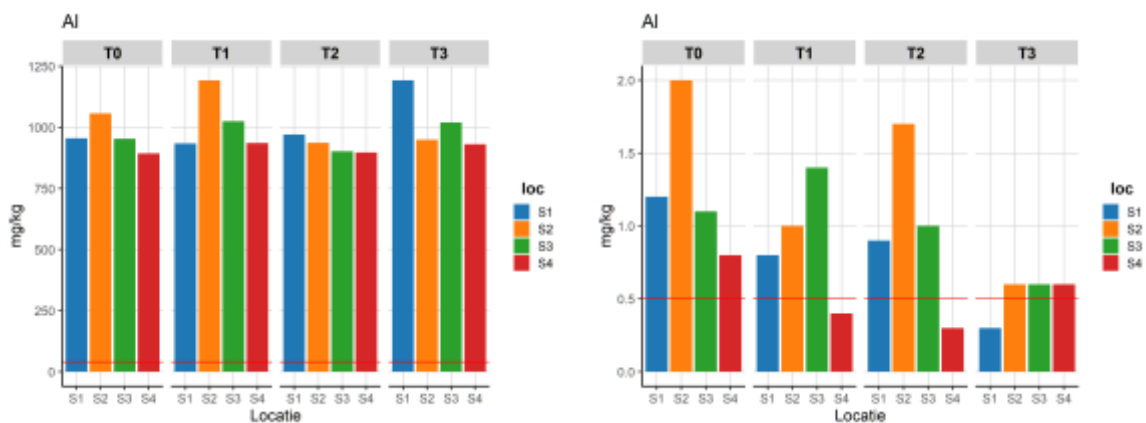
Een significant hoger biologisch beschikbaar gehalte aan kalium werd tijdens T1 gevonden in bodemonsters t.o.v. de T0. Dit hangt significant samen met de afstand tot het kadaver. Er was geen significante afname tussen T1, T2 en T3, Figuur 132.



Figuur 132. Gehalten aan kalium in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts). Rode lijn = aantoonbaarheidsgrens.

Er werden geen significante veranderingen gevonden voor het totaalgehalte aluminium in de bodem.

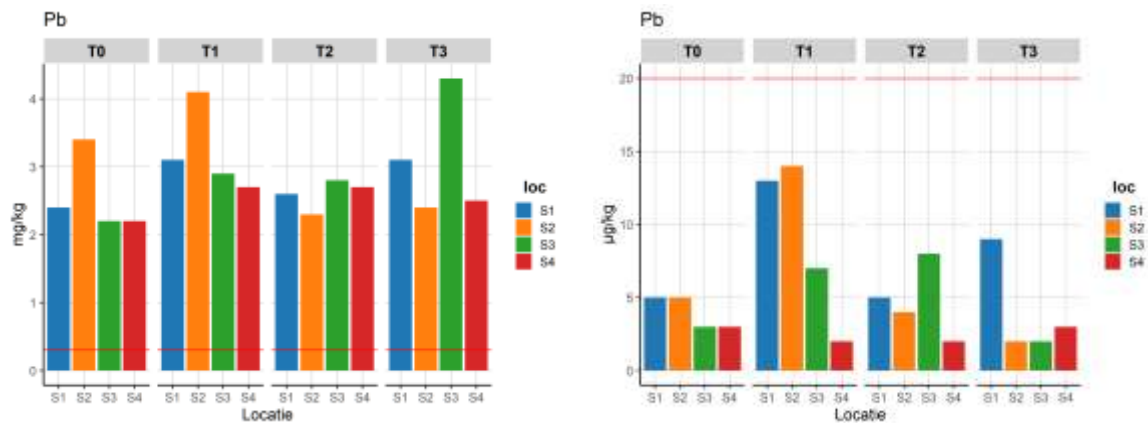
Er werden geen significante veranderingen gevonden voor het biologisch beschikbare gehalte aluminium in de bodem, Figuur 133.



Figuur 133. Gehalten aan aluminium in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts). Rode lijn = aantoonbaarheidsgrens.

Er werd een significant hoger totaalgehalte lood (Pb) in de bodem gevonden tussen T0 en T1, maar er is geen significante relatie met afstand tot het kadaver. Er was geen significante afname tussen T1, T2 en T3.

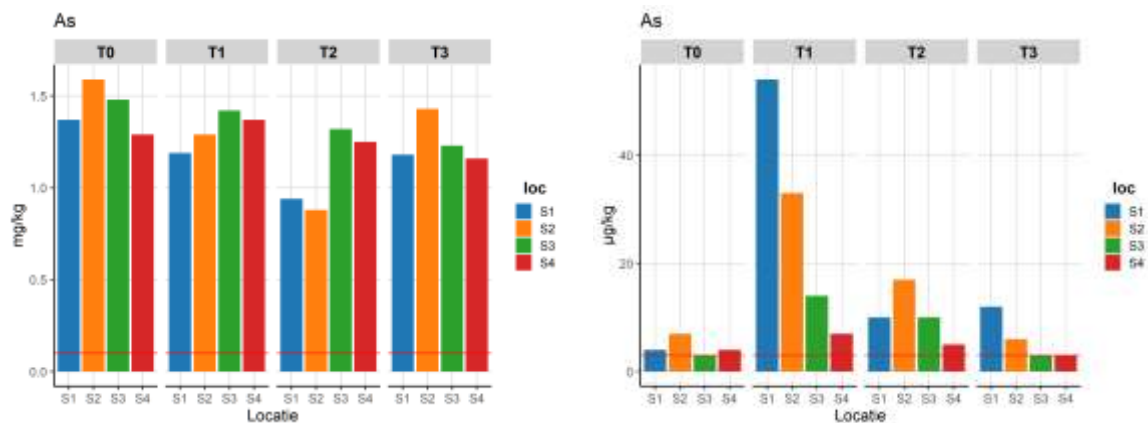
Voor het beschikbaar gehalte lood (Pb) kan geen verband worden vastgesteld omdat de meetwaarden onder de aantoonbaarheidsgrens van 20 µg/kg lagen, Figuur 134.



Figuur 134. Gehalten aan lood in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts). Rode lijn = aantoonbaarheidsgrens.

Er werden geen significante veranderingen gevonden voor het totaalgehalte arseen (As) in de bodem.

Een significant hoger gehalte werd gevonden voor het beschikbaar gehalte arseen (As) in de bodem voor T1 t.o.v. T0 in combinatie met een significant interactie-effect met afstand tot het kadaver. Er werd bovendien een significante afname gevonden tussen T1, T2 en T3, maar zonder interactie-effect, Figuur 135. De data wijzen op een kortdurend effect (minder dan een jaar) van toename van de biologisch beschikbare gehalten arseen als gevolg van de aanwezigheid van het kadaver.

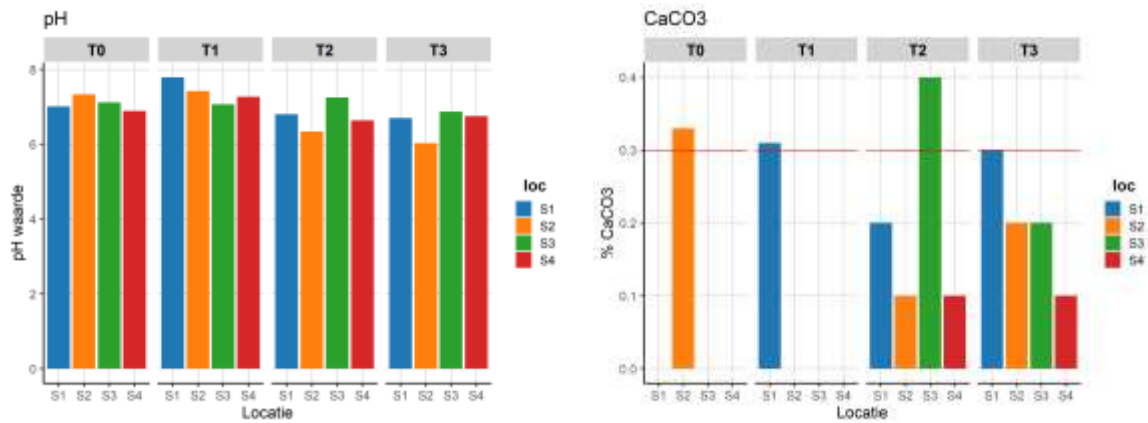


Figuur 135. Gehalten aan arseen in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts). Rode lijn = aantoonbaarheidsgrens.

Niet-metalen

Geen significant verband tussen T1 en T0 werd gevonden voor de pH, maar er was wel een significante afname over de tijd tussen T1, T2 en T3, Figuur 136. Er was geen interactie-effect met afstand tot het kadaver dus de bodem werd in z'n geheel licht zuurder over de loop van de tijd.

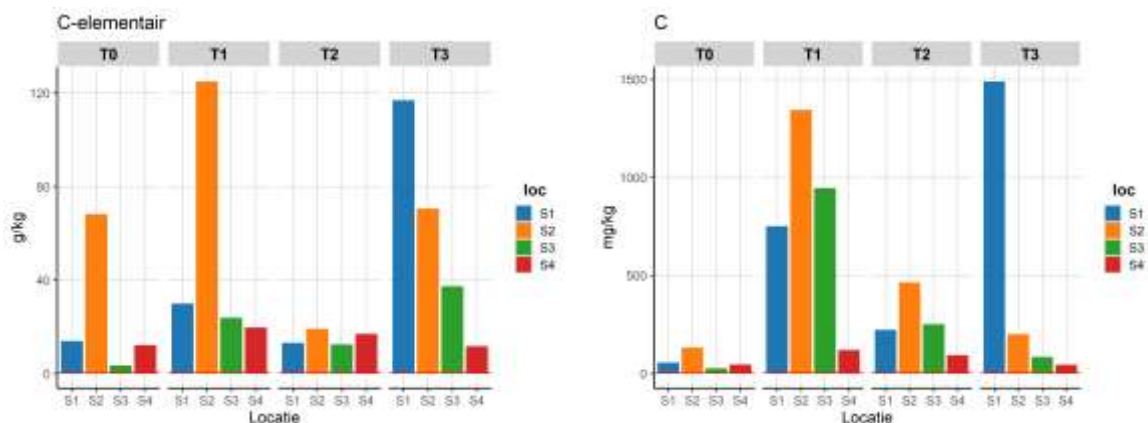
De bodem bevatte geen, of zeer weinig, kalk, Figuur 136.



Figuur 136. De pH (links) en het gehalte kalk in de bodem (rechts). Rode lijn = aantoonbaarheidsgrens.

Er werden geen significante veranderingen gevonden voor het totaalgehalte koolstof (C) in de bodem.

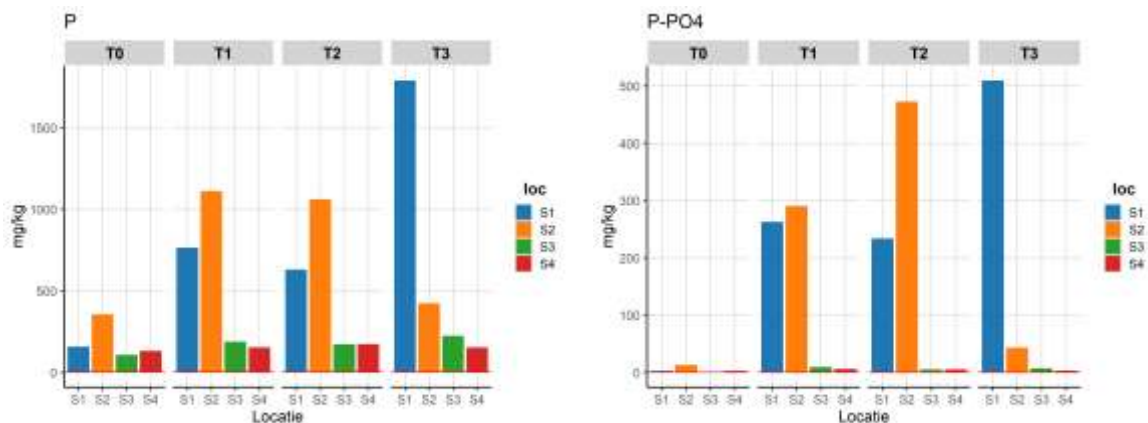
Een significant hoger gehalte biologisch beschikbaar koolstof werd gevonden tijdens de T1 t.o.v. T0 en dit hangt significant samen met de afstand tot het kadaver. Er was geen significante afname tussen T1, T2 en T3. Dit laatste komt vooral door de hoge meetwaarde in station 1 op T3, Figuur 137. De data wijzen op een effect van het kadaver op een kortdurende (6 maanden) toename van het beschikbaar gehalte koolstof.



Figuur 137. Gehalten aan koolstof in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts). Rode lijn = aantoonbaarheidsgrens.

Een significant hoger gehalte fosfor (P) werd gevonden tijdens de T1 t.o.v. de T0 en dit hangt significant samen met de afstand tot het kadaver. Er was ook een significante toename tussen T0, T1 en T2 in combinatie met een significant interactie-effect en er was een significante toename tussen T0, T1, T2 en T3 in combinatie met een significant interactie-effect. De data wijzen op een langdurig (2 jaar) effect van een toenemend gehalte aan totaal fosfor in de bodem als gevolg van de aanwezigheid van het kadaver.

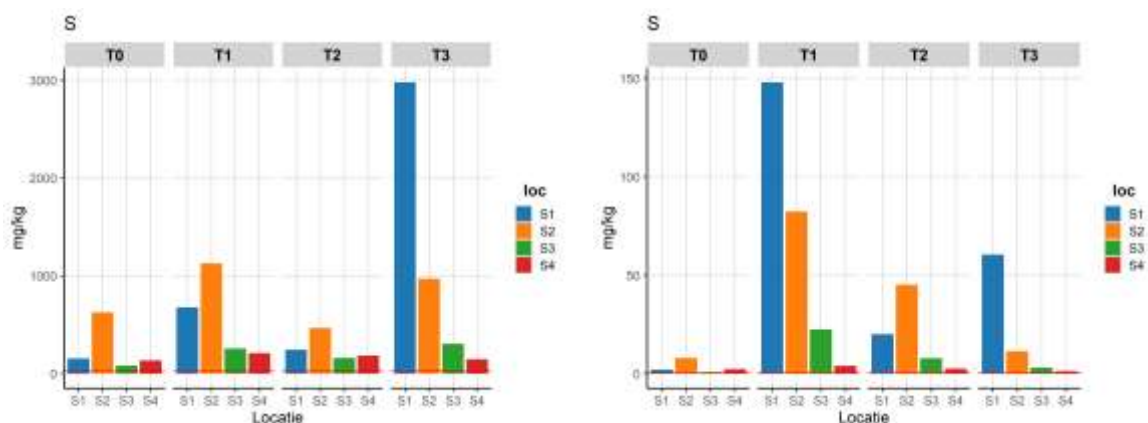
Een significant hoger gehalte orthofosfaat werd gevonden tijdens de T1 t.o.v. de T0 en dit hangt significant samen met de afstand tot het kadaver. Er was ook een significante toename tussen T0, T1 en T2 in combinatie met een significant interactie-effect en er was een significante toename tussen T0, T1, T2 en T3 in combinatie met een significant interactie-effect. De data wijzen op een langdurig (2 jaar) effect van een toenemend gehalte aan orthofosfaat in de bodem als gevolg van de aanwezigheid van het kadaver. Opvallend is dat er alleen vlak naast het kadaver verhoogde gehalten werden gevonden, Figuur 138.



Figuur 138. Gehalten aan fosfor in de bodem, totaalgehalte (links) en gehalte aan orthofosfaat (rechts). Rode lijn = aantoonbaarheidsgrens.

Een significant hoger totaalgehalte zwavel (S) werd gevonden tijdens de T1 t.o.v. de T0, maar er was geen significant verband met de afstand tot het kadaver. Er was geen significante afname tussen T1, T2 en T3.

Een significant hoger gehalte biologisch beschikbaar zwavel werd gevonden tijdens de T1 t.o.v. de T0 en dit hangt significant samen met de afstand tot het kadaver. Er was geen significante afname tussen T1, T2 en T3, Figuur 139. De data wijzen op langdurig verhoogde gehalten vlakbij het kadaver.

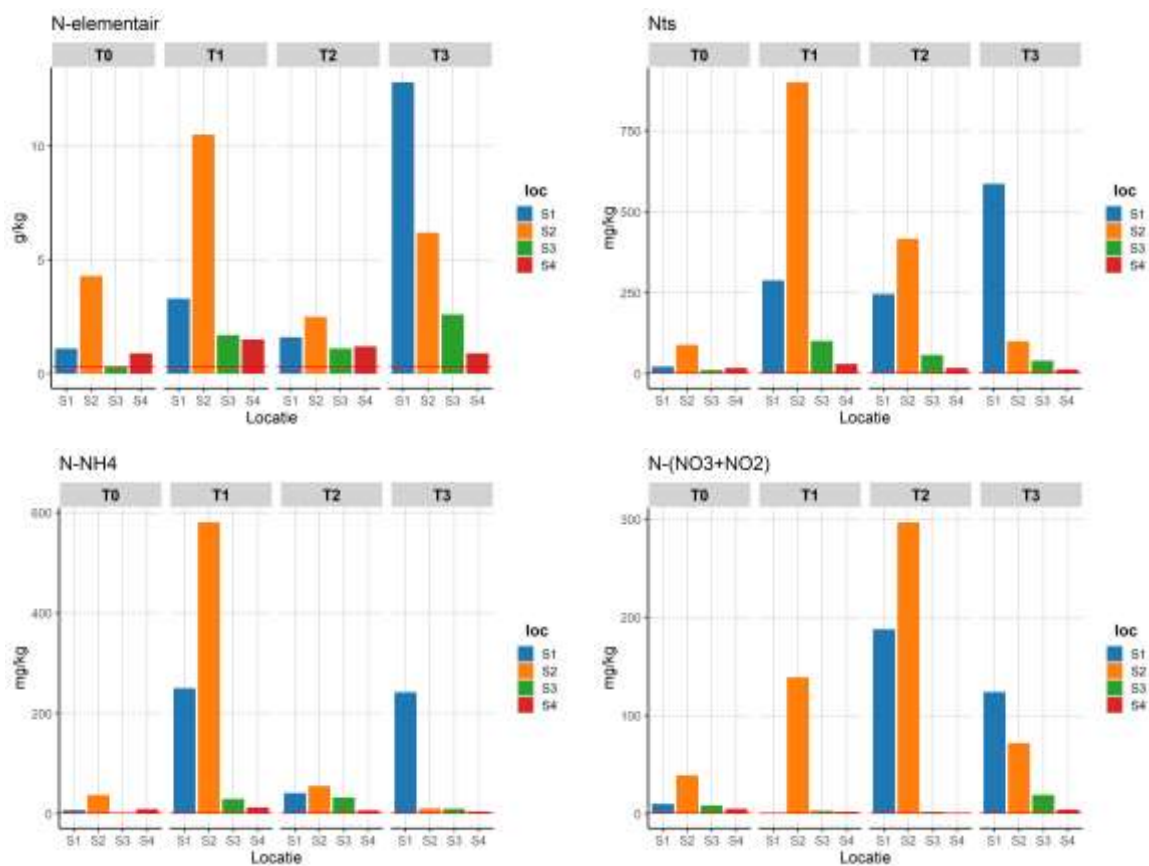


Figuur 139. Gehalten aan zwavel in de bodem, totaalgehalte (links) en biologisch beschikbaar gehalte (rechts). Rode lijn = aantoonbaarheidsgrens.

Er werd geen significante verhoging gevonden voor het totaalgehalte stikstof (N) in de bodem tussen T0 en T1 en er was geen significante trend tussen T1, T2 en T3.

Een significant hoger gehalte aan biologisch beschikbaar stikstof werd gevonden tijdens de T1 t.o.v. de T0, maar zonder significant interactie-effect met de afstand tot het kadaver. Er was geen significante afname tussen T1, T2 en T3; de data suggereren dat gehalten langdurig hoog blijven, Figuur 140.

De grootste bijdrage aan beschikbaar stikstof werd gevormd in de vorm van ammonium (N-NH_4) in vergelijking met nitraat of nitriet ($\text{N-(NO}_3\text{+NO}_2\text{)}$), Figuur 140. Voor ammonium werd een significante verhoging gevonden tussen T0 en T1 die significant samenhangt met de afstand tot het kadaver. Voor nitraat+nitriet werd een significante toename gevonden tussen T0, T1 en T2, inclusief een significant interactie-effect met afstand. Dit duidt op een langdurig (anderhalf jaar) effect van toenemende nitraat+nitriet gehalten nabij het kadaver, Figuur 140.



Figuur 140. Gehalten aan stikstof-verbindingen in de bodem, totaalgehalte (linksboven), biologisch beschikbaar totaal-stikstof (rechtsboven), ammonium-stikstof (linksonder) en nitraat+nitriet-stikstof (rechtsonder). Rode lijn = aantoonbaarheidsgrens.

3 Evaluatie en aanbevelingen

Een aangespoelde juveniele dwergvinvis werd op Rottumerplaat neergelegd met de bedoeling het te laten ontbinden en het ontbindingsproces te monitoren. Onderzoeksvragen van Rijkswaterstaat richtten zich op het afbraakproces (wat is de evolutie van het afbraakproces, hoe snel gaat het, hoe werkt het, hoe lang duurt het?), overlast door geur en ontplofingsgevaar (ontploft het kadaver, hoe verloopt de geur over de tijd?), biodiversiteit (welke soorten profiteren van het kadaver, welke functies heeft het kadaver en hoe is de successie van soorten, hoeveel soorten maken gebruik van het kadaver?), verrijking van de bodem met nutriënten en mineralen (is er een injectie van nutriënten en mineralen, hoe verschilt dit van de omgeving, welke soorten profiteren daarvan?), en de duinen (wat zijn de gevolgen voor erosie, sedimentatie, duinvorming?). Een evaluatie van de bevindingen wordt hier gerapporteerd op basis van twee jaar monitoring die heeft plaatsgevonden tussen 28 november 2020 en 9 december 2022.

Geen literatuur kon gevonden worden over walviskadavers die ontbinden in duinen behalve een fotoserie van het kadaver van een dwergvinvis in de duinen van Juist, bijlage 1. Er zijn wel experimenten beschreven waarin opzettelijk kadavers van vissen in Australische duinen werden achtergelaten die met wildcamera's werden gemonitord (Huijbers et al., 2013). Hier kwamen roofvogels, vossen, katten, honden en spookkrabben (Schlacher et al., 2013) op af. Het maken van een vergelijking met bestaande literatuur is voor dit walviskadaver dus beperkt mogelijk.

3.1 Evaluatie van het afbraakproces

Bij het aanspoelen was het kadaver al in een redelijke staat van ontbinding. Het had al geruime tijd in zee gedreven. Het kadaver was gezwollen, de tong stak uit en de opperhuid was aan het loslaten. Het kadaver werd daarom in *Decomposition Condition Category* (DCC) CODE 3 ingedeeld; '*moderate decomposition*'. Twee maanden na aanspoelen bereikte het kadaver het stadium DCC CODE 4; '*advanced decomposition*'. Het stadium DCC CODE 5; '*mummified or skeletal remains*' werd zes maanden na aanspoelen bereikt (zie Figuur 76 voor de DCC CODES).

De metingen aan het volume lieten zien dat kadaver in de eerste maand na aanspoelen nog aan het opzwellen was, maar vanaf de tweede maand nam het volume af en het volume nam versneld af in de zesde maand na aanspoelen.

Een verkleuring van de huid naar lichtbruin trad op twee maanden na aanspoelen en de kleur werd in enkele maanden tijd donkerbruin. Dit wordt veroorzaakt door chemische reacties die optreden in de afbraak van vetten, vetzuren en aminozuren (Zamora & Hidalgo, 2005; Domínguez et al., 2019). De huid bleef tot zes maanden na aanspoelen intact voordat er (kleine) gaten in vielen. Organen werden van binnenuit verteerd door een combinatie van onder meer maden, bacteriën en enzymen. Vocht uit het kadaver sijpelde de bodem in. Achttien maanden na aanspoelen zijn er nog grote delen, sterk uitgedroogde, huid aanwezig en zijn veel losse skeletdelen te zien. De organen zijn geheel verdwenen. Twee jaar na aanspoelen resteert nog slechts een klein stuk huid zodat het skelet bijna in zijn geheel blootligt.

De afbraak van een dwergvinvis in de duinen van Juist geeft een indicatie van toekomstige ontwikkelingen. Op basis hiervan was de verwachting dat, als het kadaver ter plaatse blijft liggen, eind 2022 de schedel bloot komt te liggen, maar dat dan nog niet al het weefsel van het lijf is ontbonden. Eind 2023 is er naar verwachting nog steeds veel niet-ontbonden huid overgebleven. Eind 2024 zijn er naar verwachting losse skeletdelen te zien, maar die zijn dan nog niet helemaal schoon van weefselresten. Pas eind 2026 zijn naar verwachting de botten schoon. Het kadaver van Rottumerplaat is sneller ontbonden dan op basis van het skelet van Juist verwacht werd.

3.2 Evaluatie van overlast door geur en ontploffingsgevaar

De geur was niet objectief en kwantitatief vast te stellen zonder zeer dure apparatuur. Vlak na het aanspoelen was de geur van het kadaver niet sterk, passend bij de decompositiecode DCC CODE 3. De geur werd sterker toen het kadaver in DCC CODE 4 kwam. De geur was echter nooit een overweldigende stank. Benedenwinds van het kadaver was het goed waarneembaar vanaf een afstand van ongeveer 10-30 m tot het kadaver. De vogelwachters die hun onderzoek hadden op 45 m afstand van het kadaver fungeerden als 'geursensoren'. Op sommige dagen met een milde wind uit het zuidwesten kon de geur in de duinkom van het vogelwachtersonderkomen blijven hangen. De geur was dan niet intensief maar wel onprettig om lange tijd in te verblijven. Het is waarschijnlijk dat er een hevigere geur ontstaat bij een kadaver van een grotere walvis of wanneer een walvis in de zomer strandt, bij hogere temperaturen. In de tweede zomer resteerde er alleen nog een stuk uitgedroogde huid en was de geur afwezig.

Er bestaat ook een vermeend gevaar op ontploffen van een kadaver. Dit kan zich voordoen bij vers aangespoelde dieren door de opeenhoping van ontbindingsgassen (Reisdorf et al., 2012). De gasopbouw is sterk afhankelijk van temperatuur, de structurele integriteit van het kadaver evenals biotische (bacteriële type en activiteit) factoren (Moore et al. 2020). Vaak leidt de drukopbouw binnen het kadaver tot het sissend ontsnappen van de gassen uit openingen zoals mond, blaasgat of anus. Ontploffingen doen zich voor zover bekend uitsluitend voor wanneer iemand met een scherp voorwerp in de walvis steekt, of wanneer een kadaver wordt verplaatst of vervoerd (Reisdorf et al. 2012).

3.3 Evaluatie van de biodiversiteit

Normaal gesproken worden kadavers van bijvoorbeeld zeehonden en bruinvissen door vogels opengemaakt en leeggegeten. Echter, de huid van de walvis leek te stevig om opengepikt te worden door vogels. Zoogdieren als muizen, ratten, wilde zwijnen of vossen, die het kadaver voor andere aaseters (zoals vogels) kunnen openen, komen op Rottumerplaat niet voor. De vaakst waargenomen vogels waren scholekster (40%), ekster (32%) en zwarte kraai (21%). Zwarte kraai werd in de zomer weinig waargenomen, eksters des te meer. Twee paartjes scholekster hebben gebroed in de nabijheid van het kadaver en zij foerageerden vaak naast het kadaver. De scholeksterkuikens verbleven ook dagenlang in de buurt van en zelfs bovenop het kadaver om te foerageren, ondanks de aanwezigheid van eksters. Kennelijk verschaftte het kadaver en de directe omgeving van het kadaver een goede voedselbron. Vogelsoorten die zijn geregistreerd als foeragerend op het kadaver zijn zwarte kraai, scholekster, zilverbmeeuw, grote mantelmeeuw, ekster, zwarte roodstaart en kramsvogel. Hiervan werd het vaakst zwarte kraai gezien (54%), daarna ekster (28%) en daarna grote mantelmeeuw (11%). Deze vogelsoorten komen af op het vlees van het kadaver. Foeragerende scholekster, zwarte roodstaart en kramsvogel komen af op de insecten of de maden die op of in het kadaver te vinden zijn. Insectenetende vogels werden ook foeragerend in de vegetatie naast het kadaver waargenomen. De potvallen lieten zien dat vliegenmaden ook buiten het kadaver voorkwamen, dus wellicht waren deze prooien van insectenetters. In totaal werden 26 vogelsoorten gezien, waaronder vier aaseters, 13 insectenetters, twee aas- en insectenetters en de overige zeven soorten waren passanten die min of meer toevallig op beeld werden vastgelegd. Op enkele momenten leken er ook konijnen van het kadaver te 'foerageren'. Het kan zijn dat ze op zoek waren naar sporenelementen, dit is bekend van konijnen die in de winter aan kadavers vreten.

Het kadaver trok vliegen aan. Bij de aangetroffen vliegen zaten eerst strontvliegen en mestvliegen die geen duidelijke binding met het kadaver hebben. Waarschijnlijk werden deze aangetrokken door de grote hoeveelheid konijnenkeutels die in de buurt van het kadaver liggen. Pas vanaf april werden vliegen gevonden die hun eieren leggen op aas. Grote aantallen larven (maden) van vleesvliegen en bromvliegen werden in de potvallen gevangen.

Bij het kadaver werden pissebedden, oorwormen, duizendpoten en miljoenpoten aangetroffen. Dit zijn allen gewone soorten die je in duingebied kan verwachten. In hoeverre de duizendpoten, pissebedden

en oorwormen samenhangen met het kadaver is niet duidelijk vast te stellen, hoewel de hoogste aantallen pissebedden dichtbij het kadaver werden gevonden.

In de potvallen is een groot aantal kevers aangetroffen, in 2021 in totaal 1373 exemplaren van 57 soorten en in de monsters van 2022 werden in totaal 4667 exemplaren gevonden van 104 soorten. Over beide jaren werden 129 soorten kevers bij het kadaver gevonden. Hiervan waren er maar liefst 74 soorten nieuw voor Rottumerplaat, Tabel 8. Dat wil zeggen, nog niet beschreven in het standaardwerk van Zekhuis & De Vries (2012) over de fauna van Rottum. Het grote aantal nog niet eerder op de plaat aangetroffen keversoorten geeft aan dat het gebied slecht op kevers onderzocht is. Maar er zitten ook kevers tussen die specifiek op het kadaver kunnen zijn afgekomen. Er zijn in 2021 drie soorten aaskevers (Silphidae) gevonden. Deze (grotere) kevers zijn nog niet eerder op Rottumerplaat waargenomen. De Krompootdoodgraver (*Nicrophorus vespillo*, 1 ex.), Oeveraaskever (*Necrodes littoralis*, 2 ex.) en *Thanatophilus sinuatus* (geen Nederlandse naam, 1 ex.) zijn echte kadavervreters die afkomen op vlees en maden van vleesvliegen. Mogelijk zijn ook de vlees- en madenetende Grauwe aaskortschildkever (*Creophilus maxillosus*, 1 ex.), de Gestreepte spiegelkever (*Saprinus semistriatus*, 9 ex.) en de nauw verwante *S. planiusculus* (451 ex.) op het kadaver afgekomen. De drie aaskeversoorten en de Grauwe aaskortschildkever zijn alleen in 2021 waargenomen toen het kadaver nog 'vers' was. Ook de vleesetende spiegelkever *Saprinus planiusculus* werd in 2021 in veel grotere aantallen (390 ex.) gevonden dan in 2022 (6 ex.). Er werden in 2021 ook grote aantallen aangetroffen van de 'huid-eter' *Dermestes frischii* (159 ex.) vergeleken met 2022 (16 ex.). Soorten die zich juist specialiseren in botten zoals de 'botten-knager' *Omosita colon* werden in 2022 in veel grotere aantallen (3664 ex.) gevonden dan in 2021 (305 ex.). Ook werd in 2022 de bottenetende Aasglanskever (*Nitidula carnaria*, 2 ex.) gevonden.

Het laten liggen van een walviskadaver blijkt van hoge waarde te zijn voor de biodiversiteit aan kevers. In vergelijking met kleinere kadavers van vogels of landzoogdieren trok dit grote kadaver hoge aantallen kevers aan, zoals bleek uit potvallen. Omdat het lang blijft liggen kunnen meerdere generaties kevers worden grootgebracht. En er zullen nog lange tijd huid- en botresten blijven liggen die gespecialiseerde keversoorten kunnen aantrekken.

3.4 Evaluatie van verrijking van de bodem

Voor een aantal elementen werd een significant hoger gehalte in de bodem waargenomen een half jaar na stranding (T1) in vergelijking met T0 waarbij ook een significant interactie-effect met de afstand van de monsterpunten tot het kadaver werd gevonden. We interpreteren dit als een waarschijnlijk effect van het kadaver op de verrijking van de bodem. Voor de metalen is een significant verschil gevonden tussen T1 en T0 in samenhang met een significant interactie-effect met de afstand tot het kadaver voor zowel het totaalgehalte als het biologisch beschikbaar gehalte van kalium en voor het biologisch beschikbaar gehalte van natrium, vanadium en arseen. Voor mangaan en magnesium was er een significante toename inclusief interactie-effect met afstand tussen T0, T1 en T2, hetgeen erop duidt dat de afgifte voor mangaan en magnesium langer aanhield (anderhalf jaar lang) dan die voor de meeste andere stoffen (half jaar).

Bij de niet-metalen is een significant verschil gevonden tussen T1 en T0 in samenhang met een significant interactie-effect met de afstand tot het kadaver voor het biologisch beschikbaar gehalte koolstof, totaalgehalte fosfor, biologisch beschikbaar orthofosfaat, biologisch beschikbaar zwavel en biologisch beschikbaar ammonium. Verhoogde waarden van nutriënten worden veroorzaakt door het in de bodem sijpelen van organisch materiaal afkomstig van de weefsels van de walvis. Voor biologisch beschikbaar nitraat+nitriet was er een significante toename inclusief interactie-effect met afstand tussen T0, T1 en T2, hetgeen erop duidt dat de afgifte voor nitraat+nitriet langer aanhield (anderhalf jaar lang) dan die voor de meeste andere stoffen (half jaar). Voor totaal fosfor en orthofosfaat werden zelfs trendmatige toenames gevonden, inclusief interactie-effect met afstand, tussen T0, T1, T2 en T3 hetgeen duidt op toenemende gehalten over een periode van 2 jaar.

Voor een aantal elementen werd een significant hoger gehalte waargenomen in T1 in vergelijking tot T0 maar geen statistisch significant interactie-effect met de afstand tot het kadaver. We interpreteren dit

als een waarschijnlijke relatie met het kadaver. Voor de metalen geldt dit voor de biologisch beschikbaar gehalten kobalt en het totaalgehalte molybdeen. Voor de niet-metalen voor het totaalgehalte stikstof en het totaalgehalte zwavel.

Een modelstudie van Heiss (2020) liet zien dat een begraven walviskadaver hoge concentraties koolstof en ammonium kan lekken naar het grondwater. Via het grondwater kan dit de zee bereiken en daarmee leiden tot verrijking van nutriënten en het aantrekken van haaien. In de modelstudie is aangenomen dat een kadaver is begraven tot onder de grondwaterspiegel (in de verzadigde zone). Een experimentele studie van Tucker et al. (2019) liet zien dat transport van stoffen uit walviskadavers die zijn begraven in de onverzadigde zone gering is. Zij achten het onwaarschijnlijk dat een walviskadaver die is begraven boven de grondwaterspiegel op een afstand van meer dan 25 m tot de vloedlijn stoffen lekt naar het grondwater. Het walviskadaver van Rottumerplaat ligt ruim boven de grondwaterspiegel.

3.5 Evaluatie van cadmium in de bodem

Een van de redenen waarom een aangespoelde walvis wordt beschouwd als afval en moet worden opgeruimd is dat deze dieren een hoog gehalte aan cadmium in organen en skelet opgeslagen kunnen hebben en derhalve als chemisch afval beschouwd moeten worden (MinVenW, 2007).

In de bodemonsters op Rottumerplaat werd geen biologisch beschikbaar cadmium gevonden nadat het kadaver voor een periode van zes maanden op de plek had gelegen. Gebruikmakend van een destructie-analyse met Aqua Regia werd weliswaar cadmium aangetroffen, maar deze was beneden de aantoonbaarheidsgrens van 0,05 mg/kg. Tot aan T3 in december 2022 werd geen verhoging gevonden voor het totaalgehalte cadmium in de bodem. Afwijkende waarden kunnen worden veroorzaakt door variatie vanwege heterogeniteit van de bodem. Het is daarom niet waarschijnlijk dat de gevonden cadmium-gehalten het gevolg zijn van de aanwezigheid van het kadaver. De aantoonbaarheidsgrens is de laagste concentratie van de component in het monster waarvan de aanwezigheid nog betrouwbaar kan worden vastgesteld. Er is dus een dusdanig laag (achtergrond)-gehalte aan cadmium in de bodem aanwezig dat deze niet betrouwbaar kan worden gekwantificeerd. In de bodemonsters werd geen biologisch beschikbaar cadmium gevonden; in twee gevallen werden concentraties onder de aantoonbaarheidsgrens geanalyseerd. Dit betekent dat de gehalten erg laag waren, maar dat niet betrouwbaar kan worden vastgesteld hoe laag precies.

Geconcludeerd kan worden dat de dwergvinvis op Rottumerplaat niet heeft geleid tot vervuiling van de bodem met cadmium. Dit is op zich niet verwonderlijk omdat het een jong dier betrof zodat bioaccumulatie met cadmium nog niet heeft kunnen plaatsvinden. Bovendien kun je van baleinwalvissen (zoals een dwergvinvis) in vergelijking met tandwalvissen lagere gehalten verwachten. Tandwalvissen zitten hoger in de voedselketen en eten prooien die een hoger cadmiumgehalte hebben opgebouwd dan de prooien van baleinwalvissen.

3.6 Evaluatie van vegetatieontwikkeling

Het duin waarin het kadaver werd neergelegd bestond uit verstoorde grond en betrof reeds een voedselrijk duin met veel konijnenkeutels. Veranderingen van de vegetatie bij het kadaver waren voornamelijk het gevolg van seizoenseffecten en begrazing door konijnen. Daarnaast trad er sterfte van vegetatie op in een zone tot 23 cm rondom het kadaver. Bij het walviskadaver hangt het vermoedelijk samen met de hoge gehalten aan ammonium die zijn gemeten. Een zone van dode vegetatie is een normaal verschijnsel bij grote kadavers, zoals bijvoorbeeld ook waargenomen bij karkassen van bizon in de Noord-Amerikaanse prairie (Knapp et al. 1999). Deze bizonkarkassen doden meestal onderliggende en aangrenzende planten, waardoor er een ontsmette zone van 4-6 m² ontstaat. Hoewel de vloeistoffen die in eerste instantie zijn vrijgegeven in voor vegetatie giftige concentraties voorkomen, worden deze plekken uiteindelijk zones met hoge vruchtbaarheid. Ook bij het walviskadaver was er vlak buiten de zone van dode vegetatie in het voorjaar van 2021 al een versnelde groei en hoge vitaliteit van voorjaarsbloeiers te zien als gevolg van verhoogde toevoer van stikstofverbindingen. De dode zone was

in mei 2022 bijna geheel verdwenen. Rondom het kadaver breidde her en der brandnetel zich uit en ook een toename van gewoon struisgras en akkerdistel duiden op een toename van beschikbare voedingsstoffen rond het kadaver. In december 2022 was de dode zone geheel verdwenen en groeide er vegetatie door het skelet heen, vooral brandnetel was weelderig groen. Er waren geen ontwikkelingen in de morfologie van het duin omdat er geen stuivend zand was.

3.7 Aanbevelingen

De meest uitgebreide beschrijvingen van ervaringen met strandingen van walvisachtigen hebben betrekking op Amerikaanse en Australische kusten (Geraci & Lounsbury, 1993; Tucker et al., 2018). Gebaseerd op ervaringen langs Amerikaanse kusten onderscheiden Geraci & Lounsbury (1993) zeven opties na stranding: i) laten liggen, ii) begraven, iii) verplaatsen, iv) terug in zee brengen, v) afvoeren naar een destructiebedrijf, vi) opblazen met explosieven of vii) verbranden. De auteurs concludeerden dat de beste manier om met een walviskadaver om te gaan is door het te begraven, af te voeren naar een destructiebedrijf of terug in zee te slepen. Ze wijzen erop dat weinig grootschalige bergingsoperaties zullen verlopen zoals gepland en dat eventuele vooruitgang om deze problemen te overwinnen zich waarschijnlijk in een langzamer tempo blijven ontwikkelen dan de memorabele verhalen over wat er misging.

Gebaseerd op ervaringen langs Australische kusten onderscheiden Tucker et al. (2018) vier opties na stranding: (1) het laten liggen van een walviskadaver om ter plaatse te ontbinden, (2) strandbegraving, (3) naar zee slepen en (4) afvoeren naar een destructiebedrijf. Het ter plaatse laten liggen van een walviskadaver wordt door hen de meest kosteneffectieve en natuurlijke methode gevonden, maar roept problemen op van onplezierig aanzicht en onplezierige geur, en veranderingen in bodem- en grondwaterchemie. Daarnaast wordt door hen melding gemaakt van de aantrekking van haaien en indien toegepast, verontreiniging van de omgeving met euthanasiemiddelen. Euthanasiemiddelen zouden ook in Nederland toegepast kunnen worden. Tucker et al. (2018) wijzen ook op het risico van ziekteverwekkers en zoönosen (van dieren op mensen overdraagbare ziekten), en stellen dat "more research is needed". In Nederland bevat de Leidraad stranding levende grote walvisachtigen (MinLNV, 2020) een toelichting van de Universiteit Utrecht op het voorkomen van zoönosen overgedragen door walvisachtigen. Enkele van de belangrijkste bevindingen zijn dat de hoogste risico's voor infectie optreden wanneer walvisachtigen nog leven of na consumptie van (rauw) walvisvlees. Bij dode walvisachtigen moet voorzichtig worden omgegaan met tanden/bek, darminhoud en beschadigde huidplekken of verwondingen. Er zijn door de Universiteit Utrecht geen rapportages gevonden waarbij publiek geïnfecteerd is geraakt na het bezoek van een gestrande walvis.

Tucker et al. (2018) geven aan dat het laten liggen van een kadaver geen haalbare optie is voor locaties die in of nabij woonkernen liggen, of op stranden met veel openbaar verkeer, met als reden de geur en de onaangename aanblik van ontbinding. Dit is een begrijpelijke aanbeveling, maar tegelijkertijd vormen gestrande walvissen een fascinerend onderwerp voor het grote publiek (Sousa & Brito, 2012). Bij het laten liggen van een kadaver wijzen Tucker et al. (2018) op het risico dat een walviskadaver terug in zee spoelt. Hierdoor kan het kadaver namelijk naar een meer bevolkt gebied drijven en daar aanspoelen, of het kadaver vormt een gevaar voor de scheepvaart. Er is een geval bekend waarin strandbeheerders in Florence, Oregon (USA) dit probeerden te voorkomen door middel van explosieven. Het idee was om het kadaver in kleinere stukken te krijgen die door aaseters zoals vogels opgeruimd zouden worden. Maar de explosie had niet het beoogde effect en het opruimen van de brokstukken werd een langdurig proces. Deze casus is inzichtelijk te zien op YouTube, zoek op 'Exploding Whale 1970'.

Tot slot zijn er gevallen bekend waarin een gestrande walvis is benut voor menselijke consumptie, of bijvoorbeeld als hondenvoer (Geraci & Lounsbury et al., 1993). Historisch gezien zijn walviskadavers wereldwijd benut voor voedsel, olie of andere materialen (Quaggiotto et al., 2022). In Nederland is het illegaal om onderdelen van een walviskadaver mee te nemen, maar internationaal bestaan er uitzonderingen voor inheemse volkeren die walvisdelen mogen verwijderen voor consumptie, bijvoorbeeld in de VS (Alaska), Canada, Rusland (Chukotka), IJsland en Groenland (Gambell, 1993).

Als aanbeveling geven Tucker et al. (2018) het maken van kaarten die laten zien waar welke opties voor walviskadavers het meest kansrijk zijn. Verder achten ze het noodzakelijk om duidelijke regelgeving en organisatiestructuren te ontwikkelen. Hierin worden verantwoordelijkheden voor alle verwijderingsprocessen beschreven, alsmede potentiële problemen en uitdagingen. De aanbevolen kaarten, regelgeving en verantwoordelijkheden moeten volgens hen ook de toegang tot walviskadavers vergemakkelijken voor onderzoeksinstituten voordat de kadavers worden gewijzigd of verwijderd. Bovendien moeten volgens Tucker et al. (2018) communicatie- en beheerprotocollen worden opgesteld tussen overheidsinstanties en de lokale bevolking.

In een studie naar de ecosysteemdiensten van gestrande walvissen beschrijven Quaggiotto et al. (2022) dat walviskadavers een natuurlijk voorkomend element van de kust zijn. Ze worden al duizenden jaren door mensen benut voor voedsel, olie en botten, en ook door kennis op te doen van de zee door observaties aan gestrande walvissen. Daarnaast zijn gestrande walvisachtigen een sleutelbron van voedsel voor aaseters en ze leveren voedingsstoffen voor kustsedimenten, dus ze zijn een integraal onderdeel van kustecosystemen. Gezien deze belangen moedigen Quaggiotto et al. (2022) het laten liggen ten behoeve van natuurlijke ontbinding aan, op voorwaarde dat aan wettelijke vereisten en veiligheid kan worden voldaan.

Quaggiotto et al. (2022) bevelen aan dat het beheer van gestrande walvisachtigen seizoens- en locatieafhankelijk gemaakt wordt. Wanneer strandingen optreden in het hoogseizoen stellen ze voor een tijdelijke toegangsbeperking in te stellen voor de nabijheid van het kadaver gedurende de belangrijkste ontbindingsperiode, die afhankelijk is van de grootte van het kadaver. Het maken van zoneringskaarten die afgelegen of drukke stranden identificeren kan daarbij de besluitvorming vergemakkelijken volgens deze auteurs. Als alternatief stellen ze voor om kadavers in kleinere delen te hakken om hun consumptie door aaseters of door ontbinding te versnellen. Quaggiotto et al. (2022) doen ook de aanbeveling om de historische en huidige waarden van strandingen, en van walviskadavers in het algemeen, op te nemen in educatieve initiatieven. Ze moedigen burgerwetenschap en onderwijs aan om verbeterde lokale ecologische kennis te bevorderen en de ecosysteemdiensten geleverd door walviskadavers hoger te waarderen. Tot slot wijzen de auteurs erop dat een betere evaluatie van de ecologische impact van de verschillende beheerstechnieken van strandingen, en het vergelijken van hun kosten en baten, essentieel is. Alleen door een diepere wetenschappelijke kennis van de socio-ecologische context die kenmerkend is voor de karkassen van gestrande walvisachtigen zullen we in staat zijn om het meest efficiënte beheer af te bakenen in steeds drukker bevolkte (door zowel mensen als walvisachtigen) kustgebieden (Quaggiotto et al. 2022).

4 Kwaliteitsborging

Wageningen Marine Research beschikt over een ISO 9001:2015 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV.

Literatuur

- Camphuysen, K. & Peet, G. (2006). Walvissen en dolfijnen in de Noordzee. Fontaine Uitgevers BV, 's Graveland / Stichting De Noordzee, Utrecht, 159 pp.
- Castrillon, J., & Bengtson Nash, S. (2020). Evaluating cetacean body condition; a review of traditional approaches and new developments. *Ecology and Evolution*, 10(12), 6144-6162.
- Dent, B.B., Forbes, S.L., & Stuart, B.H. (2004). Review of human decomposition processes in soil. *Environmental geology*, 45(4), 576-585.
- De Vries, W., Römkens, P.F.A.M., Bonten, L.T.C., Rietra, R.P.J.J., Ma, W.C. & Faber, J.H. (2008). De invloed van bodemeigenschappen op kritische concentraties voor zware metalen en organische microverontreinigingen in de bodem. Wageningen, Alterra, Alterra-Report 817, 184 blz.: 12 fig.; 54 tab.; 116 refs.
- Domínguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F.J., Zhang, W. & Lorenzo, J.M. (2019). A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. *Antioxidants*, 8(10), 429.
- Firet, M. (2020). Pilot Walviskadaver voor natuur en bewustwording; uitwerking voorstel pilot laten liggen walviskadaver. Programma naar een Rijke Waddenzee.
- Firet, M., van Beek, I., Hoogerduijn, G. & Michels, M. (2021). Pilot Walviskadaver voor natuur en bewustwording; uitwerking ten behoeve van besluitvorming pilot. Programma naar een Rijke Waddenzee, LNV, NP Schiermonnikoog/IVN.
- Forsman, D. (1999). The raptors of Europe and the Middle East: a handbook of field identification. London, T & AD Poyser.
- IJsseldijk, L.L., Brownlow, A.C. & Mazzariol, S. (2019). European best practice on cetacean postmortem investigation and tissue sampling. Joint ACCOBAMS and ASCOBANS document: 10.31219/osf.io/zh4ra.
- Gambell, R. (1993). International management of whales and whaling: an historical review of the regulation of commercial and aboriginal subsistence whaling. *Arctic*, 97-107.
- Geraci, J.R. & Lounsbury, V.J. (1993). Marine mammals ashore: a field guide for strandings. Texas A&M University Sea Grant College Program, Publication TAMU-SG-93-601.
- Heiss, J.W. (2020). Whale burial and organic matter impacts on biogeochemical cycling in beach aquifers and leachate fluxes to the nearshore zone. *Journal of Contaminant Hydrology*, 233, 103656.
- Huijbers, C.M., Schlacher, T.A., Schoeman, D.S., Weston, M.A. & Connolly, R.M. (2013). Urbanisation alters processing of marine carrion on sandy beaches. *Landscape and Urban Planning*, 119, 1-8.
- Knapp, A., Blair, J.M., Briggs, J.M., Collins, S.L., Hartnett, D.C., Johnson, L.C. & Towne, E.G. (1999). The keystone role of bison in North American tallgrass prairie: Bison increase habitat heterogeneity and alter a broad array of plant, community, and ecosystem processes. *BioScience*, 49(1), 39-50.
- Laidre, K.L., Stirling, I., Estes, J.A., Kochnev, A., Roberts, J. (2018). Historical and potential future importance of large whales as food for polar bears. *Front. Ecol. Environ.* 16, 515-524. <https://doi.org/10.1002/fee.1963>
- Leopold, M.F., Rotshuizen, E. & Evans, P.G.H. (2018). From nought to 100 in no time: how humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) came into the southern North Sea. *Lutra* 61: 165-188.
- Lockyer, C. (1976). Body weights of some species of large whales. *J. Cons. int. Explor. Mer.* 36(3): 259-273.
- MinLNV (2020). Leidraad stranding levende grote walvisachtigen. 's Gravenhage, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV), DG Natuur, Visserij en Landelijk Gebied, maart 2020, versie 6, 33 pp.
- MinVenW (2007). Samenwerkingsregeling Bestrijding Kustverontreiniging RWS-diensten. Rijswijk, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat Noordzee, mei 2007, 43 pp.
- Moore, M.J., Mitchell, G.H., Rowles, T.K. & Early, G. (2020). Dead cetacean? Beach, bloat, float, sink. *Frontiers in Marine Science*, 7, 333.
- Nielsen, N.H., Víkingsson, G.A., Hansen, S.H., Ditlevsen, S. & Heide-Jørgensen, M.P. (2018). Two techniques of age estimation in cetaceans: GLGs in teeth and earplugs, and measuring the AAR rate in eye lens nucleus. NAMMCO Scientific Publications, 10.

-
- Quaggiotto, M.M., Sánchez-Zapata, J.A., Bailey, D.M., Payo-Payo, A., Navarro, J., Brownlow, A... & Moleón, M. (2022). Past, present and future of the ecosystem services provided by cetacean carcasses. *Ecosystem Services*, 54, 101406.
- Reisdorf, A.G., Bux, R., Wyler, D., Benecke, M., Klug, C., Maisch, M.W. ... & Wetzel, A. (2012). Float, explode or sink: postmortem fate of lung-breathing marine vertebrates. *Palaeobiodiversity and palaeoenvironments*, 92(1), 67-81.
- Schlacher, T. A., Strydom, S., & Connolly, R. M. (2013). Multiple scavengers respond rapidly to pulsed carrion resources at the land–ocean interface. *Acta Oecologica*, 48, 7-12.
- Sousa, A., & Brito, C. (2012). Historical strandings of cetaceans on the Portuguese coast: anecdotes, people and naturalists. *Marine Biodiversity Records*, 5.
- Tucker, J.P., Santos, I.R., Crocetti, S., & Butcher, P. (2018). Whale carcass strandings on beaches: Management challenges, research needs, and examples from Australia. *Ocean & Coastal Management*, 163, 323-338.
- Tucker, J.P., Santos, I.R., Davis, K.L., & Butcher, P.A. (2019). Whale carcass leachate plumes in beach groundwater: A potential shark attractant to the surf? *Marine pollution bulletin*, 140, 219-226.
- Zamora, R. & Hidalgo, F.J. (2005). Coordinate contribution of lipid oxidation and Maillard reaction to the nonenzymatic food browning. *Critical reviews in food science and nutrition*, 45(1), 49-59.
- Zekhuis, M. & De Vries, N. (2012). *Fauna van Rottum*. Profiel Uitgeverij Bedum.

Verantwoording

Rapport C051/23

Projectnummer: 4312100126

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het verantwoordelijk lid van het managementteam van Wageningen Marine Research.

Akkoord: Drs. M.J. van den Heuvel-Greve
Onderzoeker

Handtekening:



Datum: 15 Februari 2024

Akkoord: Dr. A.M. Mouissie

Handtekening:



Datum: 15 Februari 2024

Bijlage 1 Dwergvinvis op Juist

Gebleken is dat het kadaver op Rottumerplaat niet het eerste dwergvinviskadaver is dat in de duinen van een Waddeneiland tot ontbinding kan gaan en gevolgd is. Op de oostpunt van het Duitse Waddeneiland Juist spoelde een dode dwergvinvis aan op 24 september 2012. Met zwaar materieel was de plaats waar de walvis ligt moeilijk te bereiken. Er was geen gevaar van ontploffing van het dode dier omdat er vele wonden waren waardoor eventueel gas kon ontsnappen. Medewerkers van het Nationalpark-Haus Juist besloten om het kadaver te laten liggen en het natuurlijke ontbindingsproces maandelijks te documenteren door het nemen van een foto. Een overzicht van foto's van september 2012 tot en met maart 2020 is door hen gepubliceerd op:

<https://www.nationalparkhaus-wattenmeer.de/nationalpark-haus-juist/bildergalerien/neues-vom-gestrandeten-wal-stand-maerz-2020>.

De foto's zijn ook weergegeven in deze bijlage. In de fotoreeks is te zien dat het kadaver een maand na de vondst verkleurde tot lichtbruin en drie maanden na de vondst tot donkerbruin. In deze drie maanden zakte het kadaver in. De huid van het kadaver bleef grotendeels intact tot tien maanden na de vondst. Vanaf twaalf maanden na de vondst vallen er grote gaten in de huid. Na vijftien maanden is het kadaver uit elkaar gevallen. Aan de omgeving van het kadaver te zien hangt dit samen met strand- en duinafslag als gevolg van een storm. Hierbij komen ook botdelen bloot te liggen. Twee jaar na de vondst ligt de schedel bloot maar is nog niet al het weefsel van het lijf ontbonden. Drie jaar na de vondst is er op basis van de foto's nog veel niet-ontbonden huid overgebleven. Vier jaar na de vondst zijn er botten te zien op de foto's, maar die zijn nog niet schoon van weefselresten. Dit is zelfs vijf jaar na de vondst het geval. Zes jaar na de vondst zijn de botten schoon.

Foto's genomen door medewerkers van het Nationalpark-Haus Juist van het kadaver van een volwassen dwergvinvis die aanspoelde op de oostpunt van Juist.

Bron: <https://www.nationalparkhaus-wattenmeer.de/nationalpark-haus-juist/bildergalerien/neues-vom-gestrandeten-wal-stand-maerz-2020>



24-09-2012



15-10-2012



29-11-2012



12-12-2012



20-12-2012



02-01-2013



18-01-2013



16-02-2013



28-02-2013



28-03-2013



24-04-2013



04-05-2013



09-05-2013



24-05-2013



07-06-2013



17-06-2013



15-07-2013



02-08-2013



13-09-2013



25-10-2013



09-12-2013



14-01-2014



10-02-2014



15-03-2014



08-04-2014



27-06-2014



06-09-2014



25-11-2014



19-12-2014



21-01-2015



20-02-2015



11-03-2015



30-04-2015



27-05-2015



15-07-2015



11-08-2015



01-12-2015



15-12-2015



15-01-2016



13-02-2016



11-03-2016



14-04-2016



18-05-2016



14-06-2016



23-08-2016



03-09-2016



03-10-2016



22-11-2016



15-12-2016



10-01-2017



18-09-2017



17-11-2017



10-01-2018



13-02-2018



15-03-2018



30-09-2018



04-12-2018



26-02-2019



06-03-2019



21-09-2019



25-03-2020

Bijlage 2 Time-lapse foto's per dag





















X 23-02-2021 t/m 24-02-2021























X 28-05-2021

































X 16-10-2021





X 25-10-2021 t/m 20-11-2021





X 24-11-2021 t/m 28-02-2022



X 09-03-2022







X 02-04-2022









X 26-04-2022 t/m 05-05-2022









X 05-06-2022





X 17-06-2022 t/m 21-06-2022







X 14-07-2022 t/m 21-07-2022



















X 27-09-2022 t/m 12-10-2022





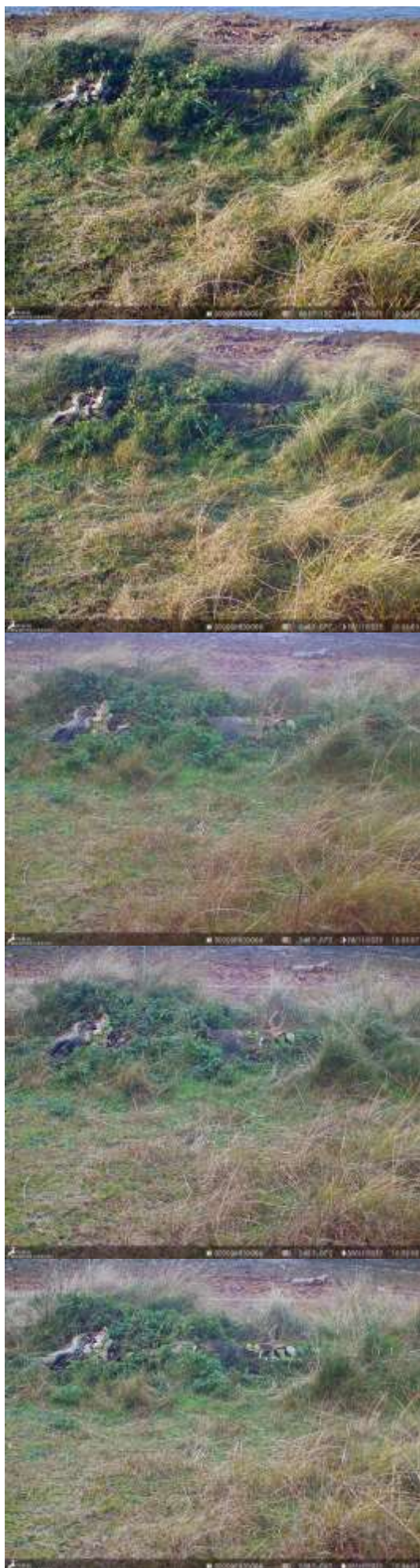


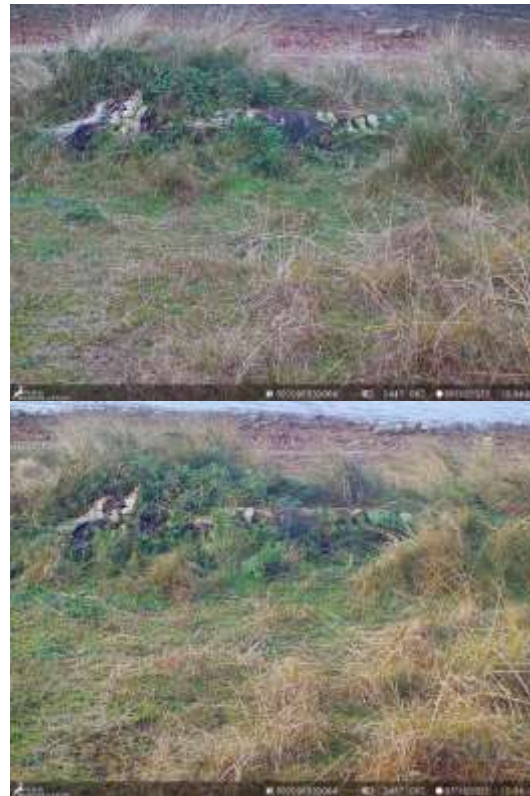
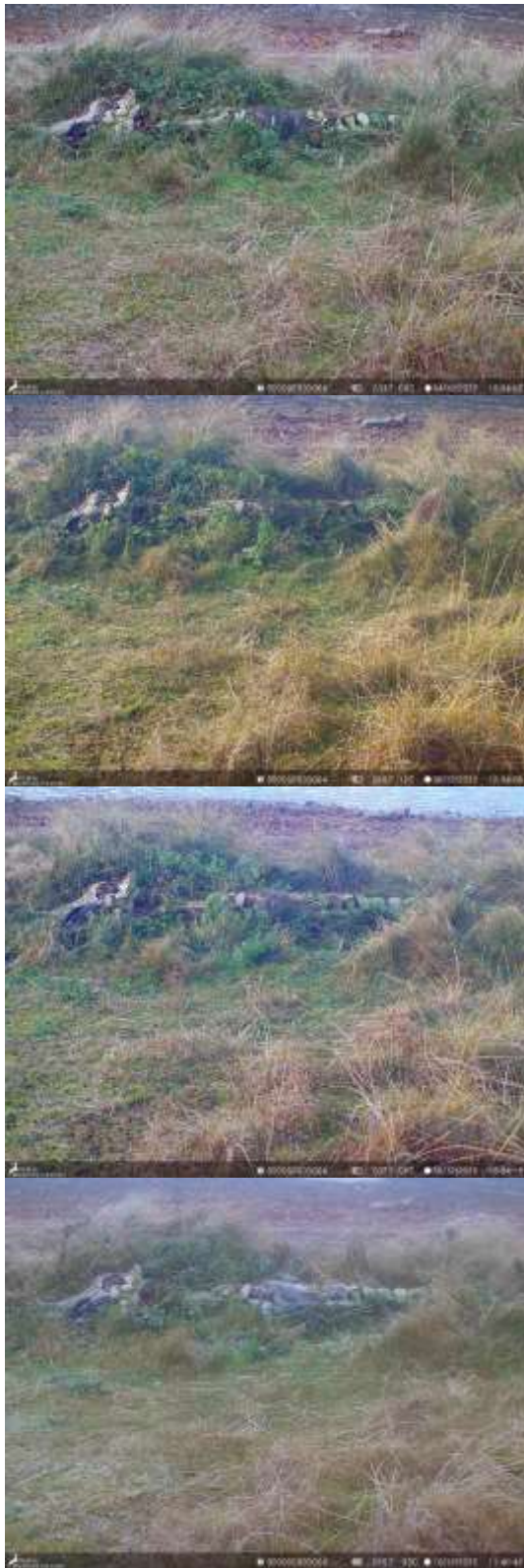


X 12-11-2022 t/m 13-11-2022

X 15-11-2022







X 09-12-2022





X 14-12-2022





X 02-01-2023



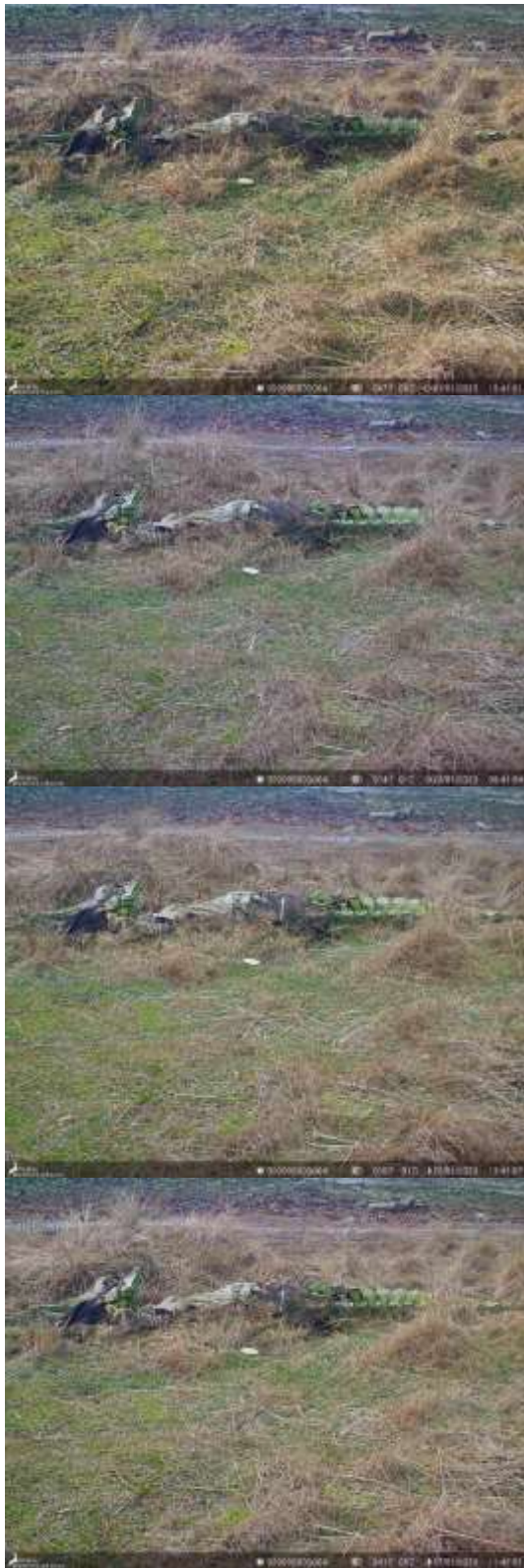
X 07-01-2023 t/m 08-01-2023





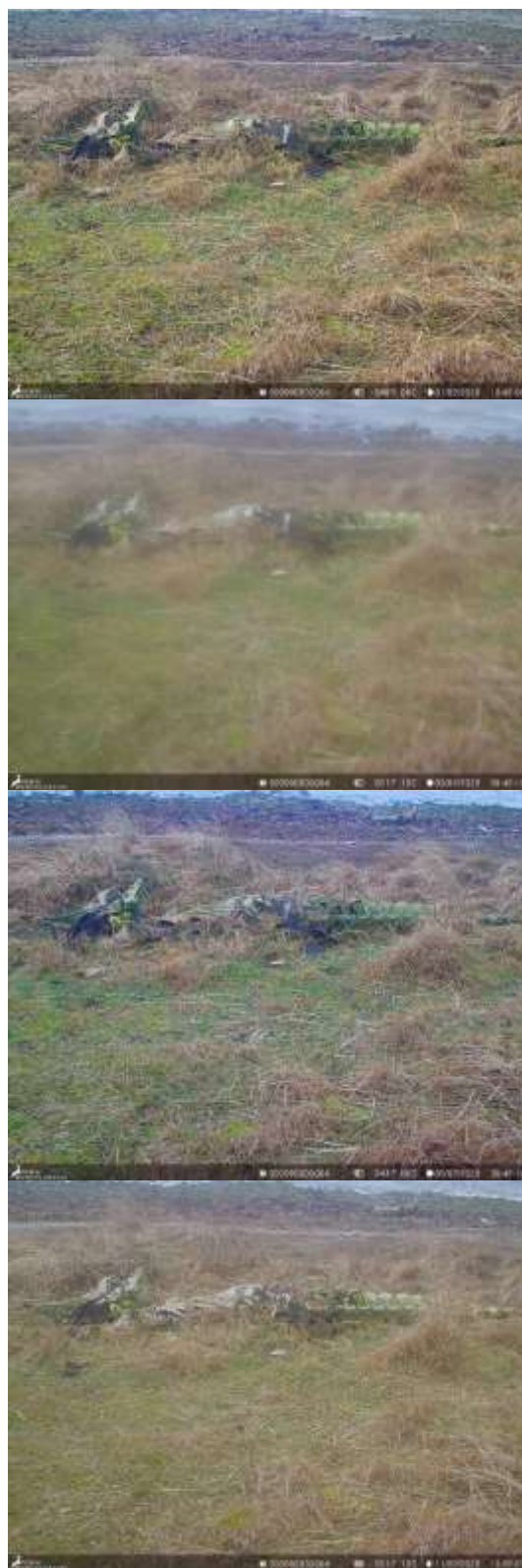
X 13-01-2023 t/m 16-01-2023



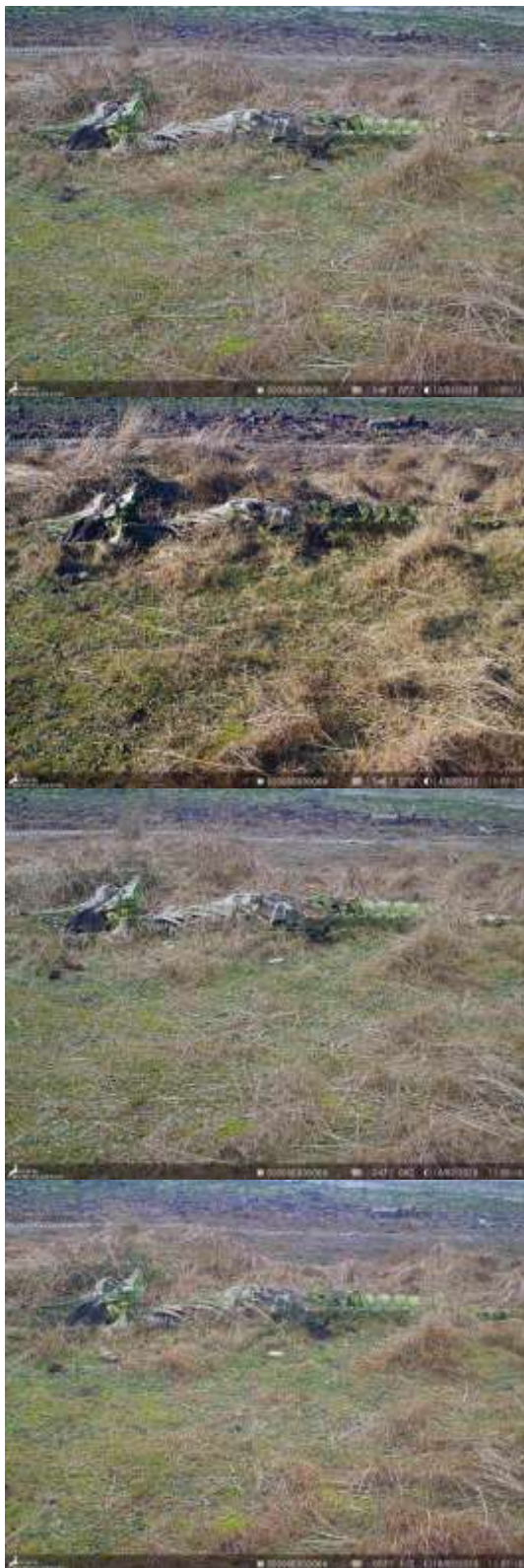


X 29-01-2023





X 06-02-2023 t/m 10-02-2023



X 20-02-2023



X 17-02-2023















X 13-04-2023



X 17-04-2023 t/m 01-05-2023



X 04-05-2023





X 11-05-2023



X 15-05-2023

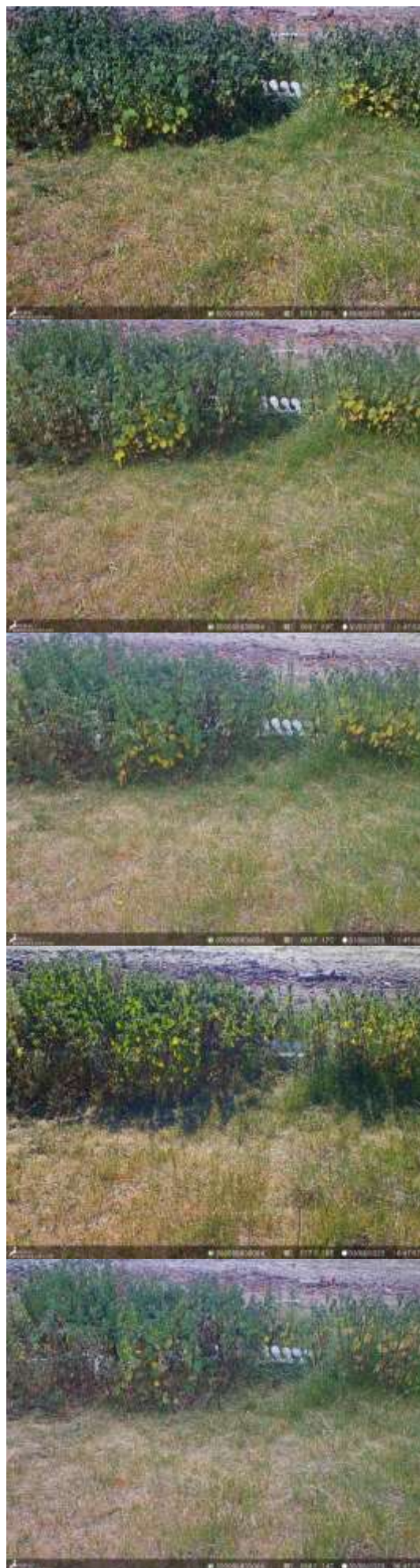
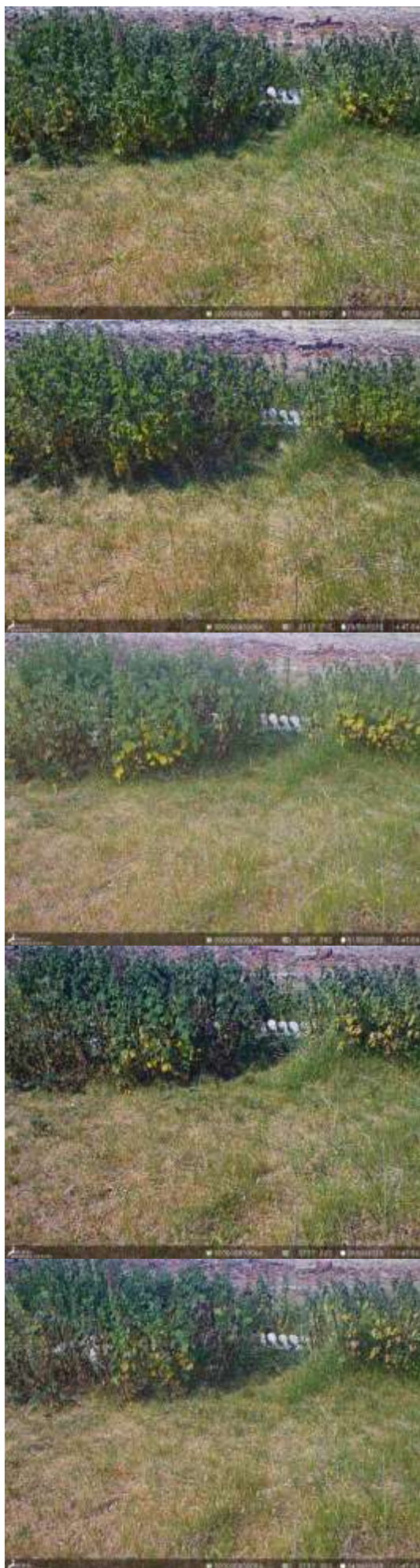


X 19-05-2023



X 22-05-2023











Wageningen Marine Research
T: +31 (0)317 48 70 00
E: marine-research@wur.nl
www.wur.nl/marine-research

Bezoekers adres:

- Ankerpark 27, 1781 AG Den Helder
- Korringaweg 7, 4401 NT Yerseke
- Haringkade 1, 1976 CP IJmuiden

Wageningen Marine Research levert met kennis, onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek en advies een wezenlijke bijdrage aan een duurzamer, zorgvuldiger beheer, gebruik en bescherming van de natuurlijke rijkdommen in zee-, kust- en zoetwatergebieden.



Wageningen Marine Research is onderdeel van Wageningen University & Research. Wageningen University & Research is het samenwerkingsverband tussen Wageningen University en Stichting Wageningen Research en heeft als **missie**: 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'
