



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Voorkomen is Beter dan Genezen: Een onderzoek naar de degradatie van 16, 17 en 18de-eeuwse gietijzeren kanonskogels in het Maritiem Archeologisch Depot van Batavialand.

Brouwer, Marijn

Citation

Brouwer, M. (2023). *Voorkomen is Beter dan Genezen: Een onderzoek naar de degradatie van 16, 17 en 18de-eeuwse gietijzeren kanonskogels in het Maritiem Archeologisch Depot van Batavialand.*

Version: Not Applicable (or Unknown)

License: [License to inclusion and publication of a Bachelor or Master Thesis, 2023](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/3640488>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Voorkomen is Beter dan Genezen

Een onderzoek naar de degradatie van 16, 17 en 18de-eeuwse gietijzeren kanonskogels in het Maritiem Archeologisch Depot van Batavialand.



Marijn Brouwer

Omslag:

Figuur 1: *Een van de kanonskogels onderzocht voor deze scriptie. De kogel ligt in delen ligt en is aan het corroderen. Origineel afkomstig uit scheepswrak Buytensorgh. (Maritiem Archeologische Rijkscollectie, ZWa-1959-IX13, T. Penders/RCE, 2014)*

Fotoverantwoording:

Alle foto's in deze scriptie zijn gemaakt door de auteur, tenzij anders vermeld.

Voorkomen is Beter dan Genezen

Een onderzoek naar de degradatie van 16, 17 en 18^{de}-eeuwse gietijzeren kanonskogels
in het Maritiem Archeologisch Depot van museum Batavialand

Auteur: Marijn Brouwer
Student nummer: 1963953

Vak: Bachelor Scriptie
Vakcode: 1083VBTHEY
Opleiding: BA World Archaeology
Onderwijsinstelling: Universiteit Leiden, Faculteit Archeologie
Begeleider: Prof. Dr. M.R. Manders

Versie: Eindversie
Datum: 15-06-2023
Locatie: Amsterdam

Inhoud

Lijst van Bijlages, Figuren en Tabellen	5
Dankwoord	8
1. Introductie	9
1.1 Onderzoeksvragen	9
1.2 Hypothese.....	10
1.3 Methodologie	10
1.4 Structuur van de scriptie	13
2. De Onderzochte Objecten: Drie Casestudies	14
2.1 Beschrijving.....	14
2.2 Conditie	18
2.3 Variatie in Conditie.....	26
2.4 Conclusie.....	29
3. Historische Context	30
3.1 Introductie	30
3.2 Materiaal en Productie	30
3.3 Het Gebruik.....	31
3.4 De Wrakken en hun Opgravingen	32
3.5 Conservering	37
3.6 Conclusie.....	45
4. Opslag	46
4.1 Introductie	46
4.2 Opslag in het Verleden	47
4.3 Huidige Opslag	47
4.4 Het Ideaal en Verbeterpunten	52
4.5 Conclusie.....	55
5. Conclusie met Aanbevelingen	56
5.1 Conclusie.....	56
5.2 Aanbevelingen.....	57
5.3 Discussie	58
5.4 Suggesties voor Verder Onderzoek	58
Abstract	59
Referenties	61

Bijlages

Bijlage 1: Degradatie.....	65
Bijlage 2: De Stabiliteit van Metalen en Legeringen in Zeewater.....	66
Bijlage 3: Aanwezige Corrosie.....	67
Bijlage 4: Kogels Afbeeldingen.....	68
Bijlage 5: IJzer-Koolstof Fasediagram.....	73
Bijlage 6: Opstelling.....	74

Figuren

1: Een van de kanonskogels onderzocht voor deze scriptie. De kogel ligt in delen ligt en is aan het corroderen. Origineel afkomstig uit scheepswrak Buytensorgh. (Maritiem Archeologische Rijkscollectie, ZWa-1959-IX13, T. Penders/RCE, 2014)).....	01
2.1: De kogels van Aanloop Molengat. De kanonskogels liggen op hun schap in de huidige opstelling in het Maritiem Archeologisch Depot. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, M. Brouwer, 2022).....	14
2.2: Ophoping van transparante laag waar de kogel op het oppervlak rustte. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, AM-1993-42, M. Brouwer, 2022).....	15
2.3: Een witte concretie met opvallend patroon. Afbeelding genomen met handmicroscop (50x). (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, AM-1991-16. M. Brouwer, 2022).....	15
2.4 (links onder): Onbekende witte spikkels op het oppervlak. Ook uitvergroot zijn geen kristallen zichtbaar. 200x uitvergroot met Dino-Lite Pro2 AM4000 series. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, AM-1992-20, M. Brouwer, 2023)).....	15
2.5: De kogels van Scheurrak SO1. De kanonskogels liggen op hun schap in de huidige opstelling in het Maritiem Archeologisch Depot. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, M. Brouwer, 2022)	16
2.6: De Kruisbal, herkenbaar aan de 'staaf' die links uit de kogel steekt. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, SO1-32763, M. Brouwer, 2022)	17
2.7: Details aan het oppervlak van de rode kogel. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, SO1-14902, M. Brouwer, 2022)	17
2.8: De kogels van Aanloop Molengat. De kanonskogels liggen in delen op schaaltes bij de andere Aanloop Molengat vondsten in de huidige opstelling in het Maritiem Archeologisch Depot. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, J. Smale, 2023)	17
2.9: Het afbladderen van zwarte vlokken aan de gebroken binnenzijde van de kanonskogel. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, ZWa1959-X12, M. Brouwer, 2022).....	18

2.10: Dwarsdoorsnede van een gietijzeren kanonskogel. Algemene condities van ijzerwerk gevonden tijdens opgraving. (naar Cronyn & Robinson 1990, p. 182).....	19
2.11: Ijzer corrosie puntjes zichtbaar onder het oppervlak. Zij lijken de kunststof laag naar buiten te duwen. 120x uitvergroot met Dino-Lite Pro2 AM4000 series. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, SO1-37051, M. Brouwer, 2023).....	21
2.12: Weeping iron, zichtbaar als donkerrood-bruine bubbels. Een specifieke soort corrosie zichtbaar aan de binnenzijde van deze gebroken kogel. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, ZWa1959-X13, M. Brouwer, 2022).....	21
2.13: Deze kogel lijkt op een wijze te zijn geconserveerd, maar is desondanks in stukken uiteen gevallen. Aan de binnenzijde is corrosie zichtbaar. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, ZWa-1959-IX15, M. Brouwer, 2022).....	23
2.14: Deze kanonskogel lijkt de enige geconserveerde kogel van Aanloop Molengat te zijn met mechanisch verval. Hij is uiteengevallen, veel ijzerverlies is waargenomen (zie tabel 2.1), en corrosie is zichtbaar aan de binnenzijde. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, AM-D-31, M. Brouwer, 2022).....	23
2.15: Een kanonskogel van ScheurrakSO1 met een scheur. Wanneer vergroot onder een handmicroscopie kan een conserveringslaag worden waargenomen binnenin de scheur. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, SO1-32536, M. Brouwer, 2022).....	23
2.16 (links boven): Op het oppervlak van de halve kogel zijn vergeelde conserveringsresten zichtbaar. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, SO1-23268, M. Brouwer, 2022).....	24
2.17 (rechts boven): Het oppervlak van deze kogel waar deze niet beschadigd is, is te regelmatig om onbewerkt te zijn. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, AM-PS22-07-1, M. Brouwer, 2022).....	24
2.18 (links onder): Zandkristallen zichtbaar op het oppervlak van kogel AM-1991-16. 200x uitvergroot met Dino-Lite Pro2 AM4000 series. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, ZWa-1959-IX15, M. Brouwer, 2023).....	24
2.19 (rechts boven): Een ander soort oppervlak met een glanzende, meer bruine kleur. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, ZWa-1959-IX15, M. Brouwer, 2022).....	25
2.20 (links boven): De afbladderende vlokken. 200x uitvergroot met Dino-Lite Pro2 AM4000 series. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, ZWa1959-IX12, M. Brouwer, 2023).....	25
2.21 (links onder): Luchtbellen zichtbaar in de zwarte substantie aanwezig in een scheur van ZWa1959-IX12. 200x uitvergroot met Dino-Lite Pro2 AM4000 series. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, ZWa1959-IX12, M. Brouwer, 2023).....	25
2.22: De "rode" kogel. Links (10 jaar geleden), meer intact dan op heden (rechts). (RCE, https://www.collectienederland.nl/page/aggregation/maritieme-archeologische-rijkscollectie-maritieme-vondsten/SO1-14902 , n.a.; Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, SO1-14902, M. Brouwer, 2022).....	28
3.1: Een schematische afbeelding van een tweedelige zandmal voor het gieten van kanonskogels (links). Rechts een kanonskogel met de gietrand die ontstaat in het	

gietproces aangeduid met pijlen. (Cvikel et al. (2013) Casting Techniques of Cannonballs from the Akko 1 Shipwreck : Archaeometallurgical Investigation. <i>Journal of Mining and Metallurgy</i> . 109.).....	31
3.2: “Allerlei projectielen gevonden in scheepswrakken.” Een schematische tekening van verschillende soorten projectielen, waaronder de besproken kruisballen. (Brinck, 2020, p.72).....	32
3.3: Een ingekorte plattegrond van de Aanloop Molengat opgraving. In het midden van het schip zijn de concreties van de kanonskogelkisten aangegeven in een grijs-rose kleur. (Maarleveld & Overmeer, 2012, p.97).....	33
3.4: Plattegrond van het Scheurrak SO1 wrak. Tekening op raster papier. (DANS, https://easy.dans.knaw.nl/ui/datasets/id/easy-dataset:61891/tab/2).....	34
3.5: “Model van scheepswrak “de Buitenzorg” Oostindiëvaarder, het voorschip”. (DANS, https://archaeology.datastations.nl/file.xhtml?fileId=982561&version=1.0)	35
4.1: De tentoonstelling van de collectie in het Oudheidkundig Museum op Schokland. (Archief Batavialand, J. Smale, pers. comm. 19-08-2022).....	47
4.2: Een tekening van het Museum voor Scheepsarcheologie te Ketelhaven. (Archief Batavialand, J. Smale, pers. comm 19-08-2022.).....	47
4.3: Museum Batavialand. De locatie van het depot is in oranje omlijnd. (Batavialand, Batavialand.nl/dagje-uit).....	48
4.4: Rijen aan stellingkasten met glazen schuifdeuren. (Maritiem Archeologisch Depot, M. Brouwer, 2023).....	49
4.5: Lichtinval aan de linkerzijde van de depotruimte. (Maritiem Archeologisch Depot, M. Brouwer, 2023).....	50

Tabellen

2.1: Het magnetisme en ijzerverlies van de onderzochte ijzeren kanonskogels. Notitie. De kogels zijn gerangschikt op wrak, beginnende met de kogels zonder bewijs van conservering. Opvallend is dat bijna alle kogels met bewijs van conservering een lagere hoeveelheid ijzerverlies tonen. (M, Brouwer, 2023).....	20
4.1: Een kort overzicht van de preventieve conserveringsonderdelen die van belang zijn in collectiebeheer. Wanneer een onderdeel degradatie kan veroorzaken omdat deze niet voldoet aan de standaarden, zijn verbeteringen benodigd en staat deze aangegeven als “ontoereikbaar”. (M, Brouwer, 2023).....	55

Dankwoord

Ik wil graag Martijn Manders bedanken voor al het geduld tijdens het begeleiden van deze scriptie. Daarnaast wil ik graag Joran Smale bedanken voor het voorstel om mijn scriptie over dit onderwerp te schrijven, en voor alle moeite en tijd die hij heeft gestoken in het helpen en vinden van informatie in de archieven van Batavialand. Ik wil graag de metaal restauratoren Laura Koehler, Tamar Davidowitz en Stefania Lorenzotti bedanken voor hun tijd wanneer ik vragen had over conserveringstechnieken en ongeschreven regels binnen het vakgebied, en tot slot wil ik Amelia Hammond en al mijn andere medestudenten van Archeologie en C&R bedanken voor het aanbevelen van goede bronnen en het aanhoren en helpen oplossen van mijn problemen tijdens het schrijfproces.

1. Introductie

Batavialand is een museum met een rijke collectie maritiem archeologische objecten. Veel van deze objecten zijn van metaal, wat betekent dat deze kunnen corroderen. Nu blijken in de collectie vele ijzeren objecten onderhevig te zijn aan corrosie, en is waargenomen door de collectiebeheerder dat hun conditie achteruit gaat. Deze degradatie zal op den duur leiden tot het verlies van archeologische informatie en ten slotte het verlies van gehele objecten. In deze scriptie zal worden onderzocht wat de oorzaak is van deze corrosie en achteruitgang in conditie, en hoe het collectiebeheer van museum Batavialand verdere degradatie kan voorkomen.

Voor het onderzoek is de keuze gemaakt te focussen op de gietijzeren kanonskogels van drie verschillende scheepswrakken, ieder uit de omgeving van de Waddenzee.

1.1 Onderzoeksvragen

Voor dit onderzoek is de volgende hoofdvraag gekozen:

Welke interventie is benodigd om de ijzeren kanonskogels in de collectie van Batavialand te behouden?

Deze vraag zal worden beantwoord met behulp van de volgende deelvragen:

1. Wat is de huidige conditie van de kanonskogels?
2. Wat is de variatie in de conditie tussen de kogels, en valt deze variatie te verklaren?
3. Hoe zijn de kanonskogels onderhouden?
4. Wat is de oorzaak van het verval in conditie?
5. Welke kogels hebben interventie nodig, en wat voor interventie?

1.2 Hypothese

Bij de corrosie van maritiem archeologisch metaal zijn verschillende oorzaken het meest aannemelijk. Allereerst de luchtvochtigheid waarin de objecten zich bevinden. Dit kan grote invloeden hebben op ijzer, en volgens het collectiebeheer van museum Batavialand is de luchtvochtigheid niet goed gereguleerd in het depot. De andere mogelijke oorzaak is de aanwezigheid van zouten in het metaal. Al het archeologisch metaal dat afkomstig is uit maritieme context bevat zouten. Deze worden gewoonlijk door een restaurator verwijderd, maar deze kunnen, afhankelijk van de verwijderingsmethode, nog steeds aanwezig zijn. Andere oorzaken die mogelijk ook de degradatie beïnvloeden zijn een verschil in productie van de kogels, de tijdspanne dat deze in zee hebben gelegen en zouten hebben kunnen verzamelen, of de tijd dat deze zijn blootgesteld aan de lucht sinds de opgraving. Mijn hypothese is dat de luchtvochtigheid, in samenwerking met de nog aanwezige zouten in de kogels, de oorzaak is van het degraderen van de kanonskogels. Dit zal betekenen dat de benodigde interventie gericht zal zijn op het verlagen van de luchtvochtigheid in het depot, en waar mogelijk het verder verwijderen van de zouten.

1.3 Methodologie

Voorafgaand aan het onderzoek moest de keuze gemaakt worden welke van de corroderende ijzeren objecten in het depot onderzocht zouden worden. In samenwerking met Joran Smale, collectiebeheerder van Museum Batavialand, ben ik de collectie gaan bekijken. Het doel was een selectie te maken die ver genoeg uiteen liep in uiterlijk en conditie om hier veel informatie uit te kunnen halen, maar nog wel zo gelijk waren in herkomst dat ze goed vergeleken konden worden. De ijzeren kanonskogels waren hiervoor de perfecte kandidaat.

1.3.1 Selectie

Allereerst moest een keuze gemaakt worden tussen wrakken uit de polder of uit een onderwater context. Deze keuze is belangrijk omdat het verschil in conditie van objecten enorm groot kan zijn tussen land en onderwater opgravingen. Dit verschil komt voort uit de zouten, andere verontreinigende stoffen, en de toegang tot zuurstof in de bodem waarin zij zich hebben verkeerd. De grootste hoeveelheid kogels in het depot waren afkomstig uit een onderwater context, dus werd gekozen om alleen scheepswrakken te behandelen uit onderwater opgravingen.

Hierna moest gekozen worden welke wrakken hierbinnen behandeld zouden worden in het onderzoek. In overleg is besloten drie wrakken te onderzoeken omdat dit een goede

variatie in de vondsten zou geven. Na overleg met depot beheerder Joran Smale is gekozen om de kanonskogels uit Buytensorgh mee te nemen in het onderzoek omdat deze veel verder gecorrodeerd leken te zijn dan de andere kogels uit de collectie. Het overgrote deel van de kanonskogels uit de collectie zijn afkomstig uit het wrak Scheurrak SO1, het was daardoor een logische keuze om dit wrak ook mee te nemen in het onderzoek. De kogels uit dit schip zijn bijna allemaal geconserveerd, en daardoor minimaal aan het corroderen. Omdat veel informatie over de conditie en conservering van de kogels gehaald kan worden uit de soorten corrosie, was voor het laatste wrak de wens om meer ongeconserveerde, of ver gecorrodeerde kogels toe te voegen aan het onderzoek. Deze werden gevonden in de collectie kogels van Aanloop Molengat. Deze kogels zijn zeer divers in conserveringsstaat.

Het totaal aantal ijzeren kanonskogels van deze drie schepen is 86 kogels. Al deze kogels zorgvuldig onderzoeken zou te veel tijd kosten, dus hier werd een selectie in gemaakt. Veel van de kogels waren redelijk identiek in de huidige staat en soorten corrosie, vooral van de Scheurrak SO1 collectie. Hierdoor kon een goede selectie gemaakt worden zonder dat te veel informatie verloren zou gaan. De selectie bestaat uit een totaal van 18 kogels, waarvan 7 van de 63 Scheurrak SO1 kogels, 7 van de 17 Aanloop Molengat kogels en 4 van de 5 Buytensorgh kogels.

1.3.2 Visueel Onderzoek

De ijzeren kanonskogels zijn zeer zorgvuldig onderzocht. Allereerst zijn alle kogels gefotografeerd met behulp van een 12MP camera en de belichting en achtergrond van de fotografer studio van het maritiem Archeologisch depot. Hierbij zijn de kogels gefotografeerd met hun vondstkaartje (indien deze aanwezig was) en een meetbalkje voor de schaal. Hierna zijn deze volledig beschreven aan de hand van mijn eigen bevindingen. De eigenschappen die zijn beschreven zijn:

- De afmetingen,
- Een indicatie van de sterkte van de reactie van het ijzer op een magneet,
- Bewijs van een eerdere conservering,
- Een indicatie van de soort conservering,
- Zichtbare corrosie, indien deze aanwezig is,
- Mechanisch verval is beschreven,
- Aanwezige corrosie is beschreven,
- Verschillen tussen het oppervlak en de binnenkant van de kogel, indien deze bloot ligt door scheuren, of uiteengevallen is,
- Residuen op het oppervlak, indien deze aanwezig zijn

- Overige opmerkingen

Deze eigenschappen zijn gedetermineerd met behulp van een analoge plastic schuifmaat, twee magneten van verschillende sterktes en een zakmicroscop met vergroting van 60X, de Dino-Lite digitale handmicroscop met een maximale vergroting van 200x en een ledlamp.

1.3.3 Literatuur Onderzoek

Voor het onderzoek naar de kogels, de wrakken en hun herkomst is gebruik gemaakt van het archief van Batavialand en de bibliotheek van het Cornelis Lely Centrum. Hier zijn naast boeken over de maritieme geschiedenis ook opgravingsrapporten en andere ongepubliceerde documentatie onderzocht. Voor verdere documentatie over de opgravingen is het digitale archief DANS gebruikt (zie referenties).

Voor de kennis over de conservering en restauratie van metaal zijn een aantal standaardwerken gebruikt, op aanraden van restauratiespecialisten. Verouderde bronnen zijn met opzet gebruikt voor het onderzoek om inzicht te krijgen in de visie van restaurateurs in het verleden.

1.3.4 Contact met Specialisten

Voor het beantwoorden van de deelvragen was informatie nodig over de kogels, hun conserveringsgeschiedenis, de huidige opslag en die in het verleden. Hiervoor ben ik in gesprek gegaan met Joran Smale (collectiebeheerder), Laura Koehler (huidige hout restaurator) en maritiem archeologen die hebben meegewerkt aan de opgravingen van Aanloop Molengat en scheurrak SO1. Via Joran Smale kreeg ik toegang tot de gesloten collectie- en conserveringsdatabases (informatie omgezet in excel-bestanden), de temperatuur en RV metingen van het depot en toegang tot de archieven. Dit contact was benodigd omdat veel bronnen en kennis niet online zijn gepubliceerd of opgeschreven zijn. Voor informatie over conserveringstechnieken en gebruiken van restauratoren in het verleden heb ik contact opgezocht met Stefania Lorenzotti en Tamar Davidowitz, beiden restauratoren gespecialiseerd in archeologisch metaal.

1.3.5 Vergelijken van de Conditie

Tot slot ben ik eerdere documentatie van de kanonskogels gaan zoeken om vergelijkingen te trekken tussen de foto's en beschreven conditie van toen, en de conditie nu. Van de kogels bleek een groot deel op collectienederland.nl (RCE) te staan. Exact dezelfde beschrijvingen zijn ook gevonden in de gesloten databases en fotodocumentatie van Batavialand zelf.

1.4 Structuur van de Scriptie

In hoofdstuk 2 wordt het ijzer in de collectie onderzocht aan de hand van drie *case studies*, de drie gekozen wrakken. De kogels zullen worden beschreven per wrak, de huidige conditie zal worden uitgewerkt en mogelijk aanwezige variatie in deze conditie zal worden beschreven.

Hierna zullen in hoofdstuk 3 en 4 de ijzeren kanonskogels worden beschreven in een *chaîne-opératoire*-stijl uitwerking. Hierbij beginnen wij in hoofdstuk 3 met de productie van de kogels en wordt kort het gebruik van de kogels beschreven. Daarna zal worden uitgewerkt hoe en wanneer de wrakken zijn gezonken, wanneer de wrakken en de kogels zijn opgegraven en tot slot hoe de kanonskogels in het verleden zijn geconserveerd. In hoofdstuk 4 wordt beschreven hoe de kogels sinds de opgravingen zijn opgeslagen, en wat voor invloed dit heeft gehad op de huidige conditie. Ieder hoofdstuk wordt beëindigd met een conclusie, waar één of meerdere deelvragen beantwoord worden.

Tot slot zullen in hoofdstuk 5 de resultaten en conclusies uit eerdere hoofdstukken worden samengevoegd tot een conclusie die alle deelvragen samen beantwoord. Hierna zal de hoofdvraag beantwoord worden door een aanbeveling te geven voor aanpassingen in de opslag van het Maritiem Archeologisch Depot. Deze aanbevelingen zijn de benodigde interventie om de ijzeren kanonskogels van Batavialand te behouden.

2. De Onderzochte Objecten: Drie Casestudies

Voor het onderzoek zijn 18 gietijzeren kogels onderzocht uit de drie scheepswrakken Aanloop Molengat, Scheurrak SO1 en Buytensorgh. In dit hoofdstuk wordt het uiterlijk van de kogels per wrak beschreven. Daarna wordt de huidige conditie van de kogels beschreven aan de hand van de fysieke staat, corrosie en aanwijzingen van conservering op de kogels. En tot slot zal de variatie in verval en corrosie soorten beschreven worden met behulp van de eerdere beschrijvingen en eerdere documentatie van de kogels, zoals oude foto's en beschrijvingen. Het doel van deze casestudies, is te achterhalen welke variabelen mogelijk invloed hebben gehad op het degradatieproces van de kanonskogels.

2.1 Beschrijving

2.1.1 Aanloop Molengat



Figuur 2.1: De kogels van Aanloop Molengat. De kanonskogels liggen op hun schap in de huidige opstelling in het Maritiem Archeologisch Depot. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, M. Brouwer, 2022)

De zeven onderzochte ijzeren kanonskogels van Aanloop Molengat zijn: AM-d-31, AM-1991-16, Am-PS22-07-1, AM 1993-30-3, AM 1993-42, AM-93-90-40 en AM 1992-20, zie afbeelding 2. Van deze collectie zijn vier kogels geconserveerd (AM-d-31, AM 1993-30-3, AM 1993-42, AM-93-90-40), en lijken drie kogels ongeconserveerd (AM-1991-16, Am-PS22-07-1, AM 1992-20).

Vorm

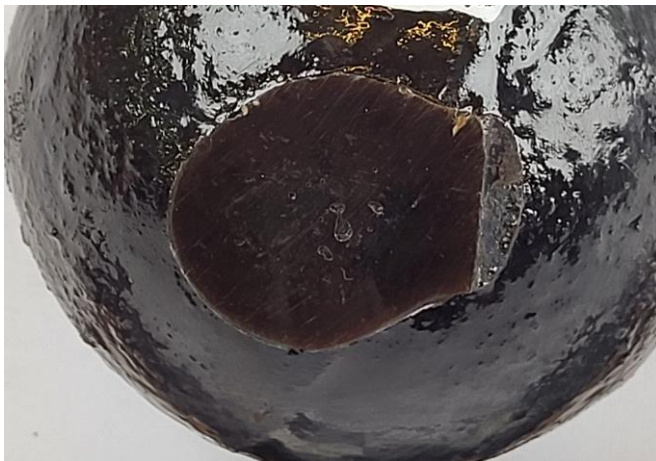
De kogels zijn bolvormig, en sommige hebben een gietrand rondom de bol lopen. Dit laat zien dat de kogels gegoten zijn. Het oppervlak van de kogels is onregelmatig door de vorming van corrosie. Voor een deel van de kogels is dit zeer onregelmatig, ook omdat door de corrosie delen zijn afgebroken. Dit is het geval bij de kogels AM-d-31, Am-PS22-07-1 en AM-1991-16, die in meerdere delen uiteen gevallen zijn. AM-93-90-40 bestaat uit

maar 1/3 van een kogel. AM 1993-30-3 heeft grote kraters door corrosie, hiervan zijn de missende delen niet in het depot.

Opvallend aan de collectie van Aanloop Molengat is de variatie in grootte. Vijf kogels zijn redelijk klein, variërend tussen de 45-62mm. De andere twee zijn 75 en 90 mm in diameter. Dit is een verschil met de kogels van Scheurrak SO1 en Buytensorgh, die meer homogeen zijn in grootte.

Kleur

De kogels die zijn geconserveerd hebben een zwart oppervlak, met over het zwart een glimmende, transparante, vergeelde laag dat variërend is van dikte. Dit lijkt te komen doordat het zich hier heeft opgehoopt tijdens het droogproces, zeer waarschijnlijk waar de kogel op een oppervlak rustte. Dit is vooral zichtbaar bij AM-1993-42 (fig. 2.2) en AM-93-90-40. Sommige kogels hebben op het oppervlak of in scheurtjes ook andere kleuren. AM-D-31 heeft licht oranje/gele bolletjes op het oppervlak en aan de binnenkant van de kogel donker oranje delen en grijs-glimmende spikkels.



Figuur 2.2 (links boven): *Ophoping van transparante laag waar de kogel op het oppervlak rustte. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, AM-1993-42, M. Brouwer, 2022)*

Figuur 2.3 (rechts boven): *Een witte concretie met opvallend patroon. Afbelding genomen met handmicroscop (50x). (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, AM-1991-16, M. Brouwer, 2022)*

Figuur 2.4 (links onder): *Onbekende witte spikkels op het oppervlak. Ook uitvergroot zijn geen kristallen zichtbaar. 200x uitvergroot met Dino-Lite Pro2 AM4000 series. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, AM-1992-20, M. Brouwer, 2023)*

De ongeconserveerde kogels verschillen van kleur van donker bruin tot rood, geel en soms wit. AM-1991-16 heeft aan het oppervlak een witte concretie met een opvallend patroon, te zien op figuur 2.3. Na overleg is verondersteld dat dit waarschijnlijk een calcium concretie is, maar nader onderzoek moet uitwijzen of dit correct is. Onder deze witte laag is de kogel variërend oranje, rood of bruin met kleine glimmende delen aan de binnenkant van de kogel. AM-PS22-07-1 is oranje van kleur, met een wit/gele laag op het oppervlak. AM-1992-20 is oranje maar heeft witte spikkels op een deel van het oppervlak. Hier is de oorzaak niet gemakkelijk van te achterhalen. Wel is vastgesteld dat het witte product geen corrosieproduct is, omdat ook uitvergroet tot 200x geen kristalstructuur zichtbaar is (zie fig. 2.4). Het heeft ook een kleine stukken met een zwart bruin glimmend oppervlak. Door de ligging van deze stukken kan er van uitgegaan worden dat dit een afdruk is van iets wat in contact is gekomen met het oppervlak van de kogel.

2.1.2 Scheurrak SO1



Figuur 2.5: De kogels van Scheurrak SO1. De kanonskogels liggen op hun schap in de huidige opstelling in het Maritiem Archeologisch Depot. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, M. Brouwer, 2022)

De selectie gemaakt uit de rijke kogel-collectie van scheurrak SO1 is: SO1-37051[-001], SO1-14902, SO1-32659, SO1-32536, SO1-32781, SO1-23268 en SO1-32763. Van deze selectie zijn 6 kogels geconserveerd, en is één kogel ongeconserveerd: kogel SO1-14902.

Vorm

De kogels zijn redelijk gelijk in grootte, variërend tussen de 61 en 79 mm. Het oppervlak van de kogels is gelijkmatiger dan die van Aanloop Molengat. Dit geldt voor zowel de geconserveerde, als de ongeconserveerde kogels. Een deel van de kogels heeft een vierkant gat aan 2 kanten. Hier heeft oorspronkelijk een staaf doorheen gezeten, die nog aanwezig is bij SO1-32763 (fig. 2.6). Deze soort kanonskogel wordt een kruisbal genoemd

(Brinck, 2020, p.72) Ook een aantal van de kogels van Scheurrak SO1 hebben een zichtbare gietrand.



Figuur 2.6: De Kruisbal, herkenbaar aan de 'staaf' die hier links uit de kogel steekt. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, SO1-32763, M. Brouwer, 2022)



Figuur 2.7: Details aan het oppervlak van de rode kogel. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, SO1-14902, M. Brouwer, 2022)

Kleur

De geconserveerde kogels hebben een glimmend zwarte kleur. SO1-14902 heeft meerdere kleuren: Deze is rood van kleur, met een grijze laag waar het rood is afgebroken, en kleine ophopingen van een geel product (fig. 2.7).

Ook hier hebben de geconserveerde kogels een bruin-oranje transparante laag aan het oppervlak. Deze laag lijkt op een van de kogels (SO1-37051[-001]) plaatselijk te missen, waarschijnlijk doordat deze niet dik genoeg is aangebracht. Op andere kogels zijn druipresten zichtbaar (SO1-32781, SO1-23268).

2.1.3 Buytensorgh



Figuur 2.8: De kogels van Aanloop Molengat. De kanonskogels liggen in delen op schaaltes bij de andere Aanloop Molengat vondsten in de huidige opstelling in het Maritiem Archeologisch Depot. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, J. Smale, 2023)

Van Buytensorgh zijn vier van de vijf ijzeren kanonskogels in het depot onderzocht. Dit zijn ZWa1959-IX12, ZWa-1959-IX13, ZWa-1959-IX15 en ZWa-1959-IX16. Alle vier de kogels lijken geconserveerd te zijn. De redenering hierachter wordt besproken in 2.2.4.

Vorm

Drie van de kogels zijn groot, met een diameter van 75-95 mm. De vierde, ZWa-1959-IX16, is 50mm in diameter. De grote zijn allen uiteen gevallen, maar bij de kleinere kogel is dit nog niet gebeurd. Wel heeft ZWa-1959-IX16 grote, diepe scheuren over het oppervlak lopen, net als de andere drie kogels. Deze en andere opmerkingen over het oppervlak van de kogels worden behandeld in 2.2.4.

Kleur

De kogels hebben een donkerbruin-oranje kleur, met afwisselend donkere en lichte vlekken over het oppervlak. De 'binnenkant' van de gebroken kogels is meer variërend in kleur: een donkerrood-bruin oppervlak met grijsbruine en gele delen. ZWa1959-IX12 heeft daarnaast nog grijs-zwarte delen die afbladderen met plaatselijk wit op het oppervlak (zie fig. 2.9). Een zelfde kleur bevindt zich in sommige scheuren van de kogel. Twee van de kogels, ZWa1959-IX12 en ZWa-1959-IX13, hebben een harde, mat-okergele substantie aan het oppervlak zitten. Bij IX13 is een groot 'brok' hiervan zichtbaar met daaromheen sporen van pogingen om deze substantie te verwijderen (fig. 1). Na correspondentie met Joran Smale, is vastgesteld dat deze substantie een lijm is.



Figuur 2.9: Het afbladderen van zwarte vlokken aan de gebroken binnenzijde van de kanonskogel. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, ZWa1959-X12, M. Brouwer, 2022)

2.2 Conditie

Bij de conditie zal de focus worden gelegd op of een kogel stabiel of actief aan het degraderen is. Deze degradatie kan op verscheidene manieren aan het licht worden gebracht, waaronder door de aanwezigheid van corrosie of mechanische schade. Ook zal worden beschreven in welk stadium van degradatie de kogels zich bevinden. Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen degradatie dat is opgetreden *voor* behandeling en *na* behandeling, en onderscheid tussen bewijs dat het verval kort geleden is opgetreden, of al langere tijd gaande is. Dit onderscheid kan een indicatie geven van de oorzaak van het verval.

In bijlage 1 bevindt zich een tabel met een overzicht en samenvatting van de onderzochte kogels. Hierin is een onderscheid gemaakt tussen zeer actieve corrosie en beginnende corrosie omdat deze waarschijnlijk andere oorzaken hebben. Binnen de zeer actieve corrosie vallen ook verschillende soorten corrosie met waarschijnlijk verschillende oorzaken, maar deze oorzaken kunnen minder gemakkelijk van elkaar gescheiden worden. Daarom is ervoor gekozen deze wel samen te voegen in de tabel. Ieder van deze soorten corrosie wordt verder uitgelicht in de komende paragrafen.

2.2.1 Verlies van Metaal

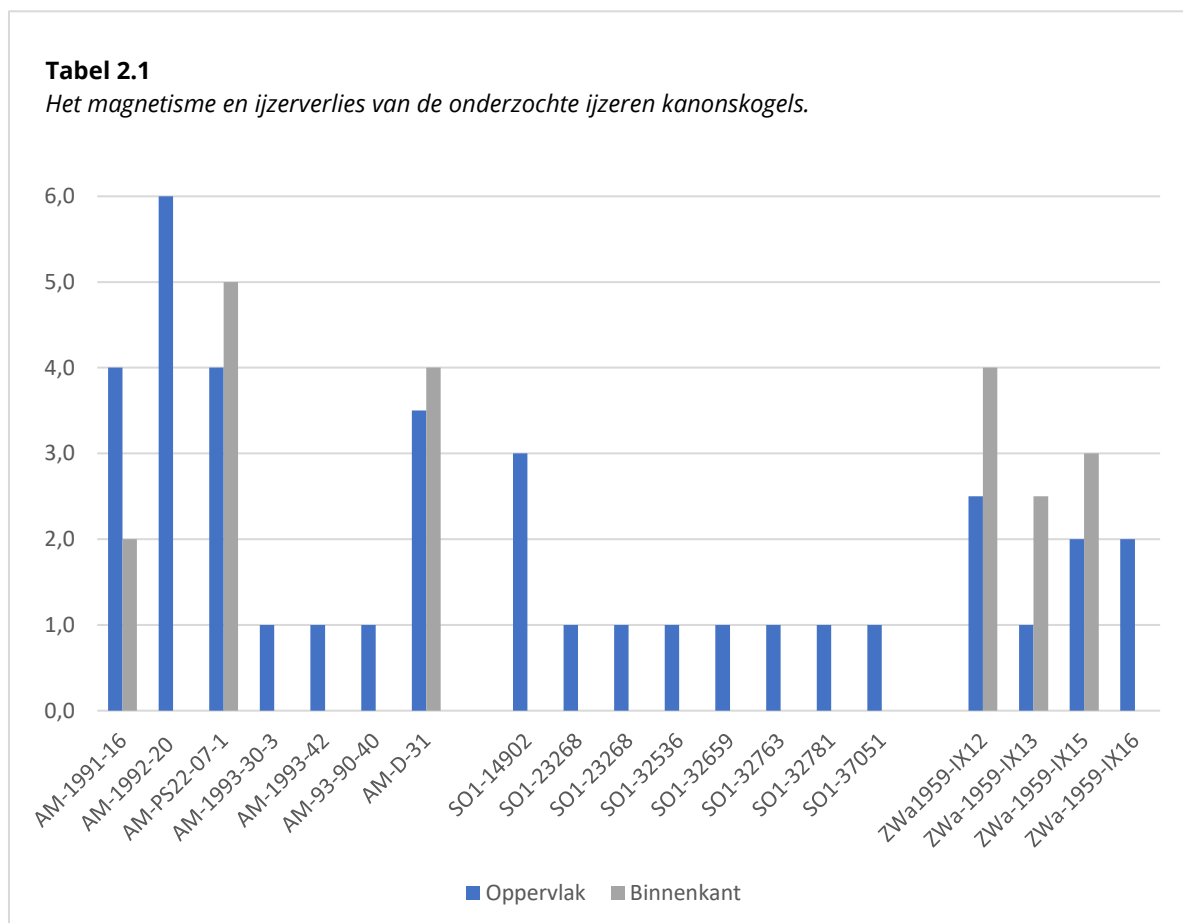
Wanneer ijzer corrodeert vindt een reactie plaats tussen het ijzer en zijn omgeving. Het product van deze reactie wordt corrosie genoemd. Het ijzer dat reageert, gaat verloren (Cronyn & Robinson, 1990, p. 182). Deze reactie verplaatst zich steeds verder in het metaal tot een punt wanneer al het ijzer is omgezet in corrosie, of de corrosie een concretie vormen die zo dik is, dat de omgevingsstoffen niet meer met het ijzer kunnen reageren. Figuur 2.10 laat een schematische doorsnede zien van een gietijzeren kanonskogel. Bij punt 1 is te zien hoe het ijzer weg reageert en een dikke concretie van corrosie en omgevingsstoffen zich vormt om de kogel heen.



Figuur 2.10: Dwarsdoorsnede van een gietijzeren kanonskogel. Algemene condities van ijzerwerk gevonden tijdens opgraving. (naar Cronyn & Robinson 1990, p. 182)

Dit proces van het verlies van ijzer kan gemakkelijk gemeten worden met behulp van magnetisme. Het originele ijzer reageert namelijk sterk op magneten, en de corrosieproducten maar zeer lichtelijk (Cronyn & Robinson, 1990, p. 182).

Tijdens mijn onderzoek heb ik ook geprobeerd het magnetisme van de kanonskogels te meten. Ik had geen toegang tot apparatuur dat dit betrouwbaar zou kunnen meten. Hierdoor heb ik dit op gevoel moeten doen door met de hand een magneet richting te kogel te bewegen en de aantrekkingskracht te voelen aan het oppervlak. De aantrekkingskracht is onderverdeeld in 6 delen, aan de hand van welke verschillen in magnetisme significant verschillend voelden tijdens het onderzoek. Hierbij staat 1 voor het sterkst magnetisch, dus het minste verlies aan ijzer, 6 voor niet magnetisch, en staat 0/een missende lijn, voor 'niet geregistreerd' omdat dit niet mogelijk was. Ook is van de kogels die in delen liggen de binnenkant getest (grijs). De uitslagen hiervan zijn te zien in tabel 2.1.

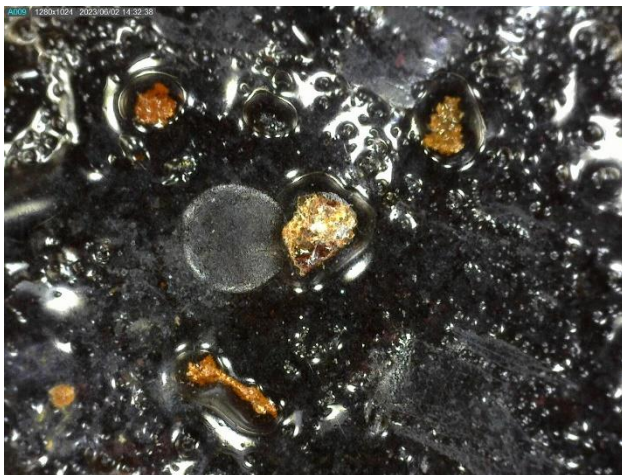


Notitie. De kogels zijn gerangschikt op wrak, beginnende met de kogels zonder bewijs van conservering. Opvallend is dat bijna alle kogels met duidelijk bewijs van conservering een lagere hoeveelheid ijzerverlies tonen. Dit is vooral duidelijk bij de kogels van Scheurrak SO1.

2.2.2 Soorten Corrosie

Corrosie is het product van elektrochemische reacties die plaatsvinden op en in metaal, in samenwerking met andere metalen of chemische stoffen aanwezig in de omgeving van het object (Callister, & Rethwisch, 2020, p. 609). Deze reacties vinden plaats met chemische stoffen zoals water (H_2O , H^+ & OH^-), oxides (O_2), carbonaten (CO_2), sulfaten (SO_3 , SO_4), sulfiden (H_2S) en chlorides (Cl). Deze zijn aanwezig in de lucht, in de grond en in het water. Iedere metaalsoort heeft verschillende eigenschappen die hen meer of minder stabiel maakt. Deze stabiliteit zorgt er voor dat zij wel of niet met deze chemische stoffen reageren. Gietijzer is een van de minder stabiele metalen, vooral in zeewater (zie bijlage 2). Hierdoor zal deze al vroeg en versneld reageren als deze met chemische stoffen in aanraking komt (Cramer & Covino, 2005, p.672).

Bijna alle gietijzeren kanonskogels hebben een vorm van corrosie op het oppervlak (zie bijlage 3 voor een tabel met de corrosieproducten op ieder van de kanonskogels). Bij bijna alle zwarte kogels met een kunststof laag lijken kleine puntjes van corrosie door de laag heen te groeien (fig. 2.11). Deze corrosie is oranje-geel van kleur. Zonder verder onderzoek met behulp van XRF, XRD en SEM-EDX kan alleen worden vastgesteld dat de corrosie zeer waarschijnlijk bestaat uit ijzer oxides, ijzer hydroxides en ijzer hydroxide oxides, wat aanduidt dat de corrosie is ontstaan door middel van oxidatie reacties met water (Selwyn, 2004, p.101). Deze reacties worden versneld en verergerd door de aanwezigheid van chlorides in het metaal. Omdat de kogels uit zeewater afkomstig zijn kan er vanuit worden gegaan dat deze inderdaad chlorides bevatten.



Figuur 2.11: Ijzer corrosie puntjes zichtbaar onder het oppervlak. Zij lijken de kunststof laag naar buiten te duwen. 120x uitvergroot met Dino-Lite Pro2 AM4000 series. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, SO1-37051, M. Brouwer, 2023)



Figuur 2.12: Weeping iron, zichtbaar als donkerrood-bruine blaasjes. Een specifieke soort corrosie zichtbaar aan de binnenzijde van deze gebroken kogel. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, ZWa1959-X13, M. Brouwer, 2022)

Een corrosiefenomeen dat met het blote oog of vergrootglas zichtbaar is, is *weeping*. Dit zijn natte, zure blaasjes die ontstaan wanneer ijzer verontreinigd is met chloridehoudende zouten, en in een omgeving komt met een RV^1 boven de 56% (Fig. 2.12). Wanneer de blaasjes nog intact zijn is de oorzaak recent, wanneer de RV daalt zullen na loop van tijd de blaasjes indrogen (Selwyn, 2004, p.108 & Loghan, 2007). Bij AM-93-90-40, SO1-32763, SO1-32781, ZWa-1959-IX13 en ZWa-1959-IX15 is deze *weeping* nog intact gevonden.

Een laatste belangrijke soort corrosie is *akaganéite*. Dit is een specifiek corrosieproduct dat vormt op archeologisch ijzer als deze zwaar verontreinigd is met Chloride ionen (Cl⁻), en na de opgraving in een vochtige omgeving wordt gebracht (Selwyn 2004, Overview, p.296). Deze corrosie vormt zich op het oppervlak in kleine oranje strengen die het oppervlak pluizig laten lijken. Tijdens het onderzoek is gebleken dat alle kogels die niet een zwart-glimmend oppervlak hebben, voorzien zijn van dit corrosieproduct.²

2.2.3 Scheuren en ander Mechanisch Verval

Mechanisch verval is de schade ontstaan door fysieke krachten die zich uitoefenen op een object. 12 van de 18 kogels liggen in delen, of er brokkelen delen vanaf tijdens het hanteren (fig. 2.13 & 2.14). De meest voor de hand liggende oorzaak hiervan is de groei van corrosieproducten. De ijzer oxides hebben meer volume dan het oorspronkelijke metaal, hierdoor duwen zij het metaal langzaam uit elkaar van binnen uit. Doordat de scheur verder opent kan hier weer zuurstof bij het blootgelegde metaal, en zo blijft het object verder reageren en scheuren. Dit resulteert in diepe scheuren in de kogel en kan resulteren in het afbladderen van oppervlak (Loghan, 2007). Bij vijf van de geconserveerde kogels met schade kan in de scheuren een conserveringslaag gevonden worden (fig. 2.15). Dit duidt aan dat deze schade niet recentelijk is veroorzaakt, maar voor de laatste behandeling 25 jaar geleden. Bij vier andere geconserveerde kogels is deze laag niet te vinden, dus zal deze schade relatief recentelijk opgetreden zijn.

De kanonskogels vertonen ook andere schade die niet door corrosie is veroorzaakt. Zo heeft kogel SO1-32781 lichte krassen aan het oppervlak. De krassen zijn zeer oppervlakkig en zijn alle richtingen op georiënteerd. Hieruit valt te redeneren dat de krassen zijn veroorzaakt door willekeurig contact met een ander oppervlak, zoals de schappen zelf, of contact met andere kogels.

¹ Zie H4: opslag voor uitleg van RV.

² Dit zijn kogels: AM 1992-20, AM-PS22-07-1, AM-1991-16, SO1-14902, ZWa1959-IX12, ZWa-1959-IX13, ZWa-1959-IX15 en ZWa-1959-IX16.

Figuur 2.13: Deze kogel lijkt op een wijze te zijn geconserveerd, maar is desondanks in stukken uiteen gevallen. Aan de binnenzijde zijn corrosieproducten zichtbaar. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, ZWa-1959-IX15, M. Brouwer, 2022)



Figuur 2.14: Deze kanonskogel lijkt de enige geconserveerde kogel van Aanloop Molengat te zijn met mechanisch verval. Hij is uiteengevallen, veel ijzerverlies is waargenomen (zie tabel 2.1), en corrosieproducten zijn zichtbaar aan de binnenzijde. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, AM-D-31, M. Brouwer, 2022)

Figuur 2.15: Een kanonskogel van ScheurrakSO1 met een scheur. Wanneer vergroot onder een handmicroscopie kan een conserveringslaag worden waargenomen binnenin de scheur. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, SO1-32536, M. Brouwer, 2022)



2.2.4 Zichtbare Conservering

De kogels van Scheurrak SO1 hebben een dikke, harde en geel verkleurde transparante kunststof laag die duidelijk niet bij het oorspronkelijke object behoort (Fig. 2.16). Alle SO1 kogels met deze laag hebben ook een zwarte kleur, terwijl de enkele kogel die deze laag mist, rood is. Een soortgelijke harde laag en zwarte kleur zijn te vinden op vier van de zeven kogels van Aanloop Molengat. De andere drie kogels van dit wrak hebben deze kleur en laag niet, en verkeren in een minder goede staat. AM-PS22-07-1 mist een concretie, en het originele oppervlak van de kogel is zichtbaar (fig. 2.17). Dit is alleen mogelijk met behulp van conservering, dus deze kogel is in het verleden op zijn minst deels geconserveerd. AM-1991-16 heeft daarentegen nog zand zichtbaar op het oppervlak (fig. 2.18), daardoor moet de kogel ongeconserveerd zijn.

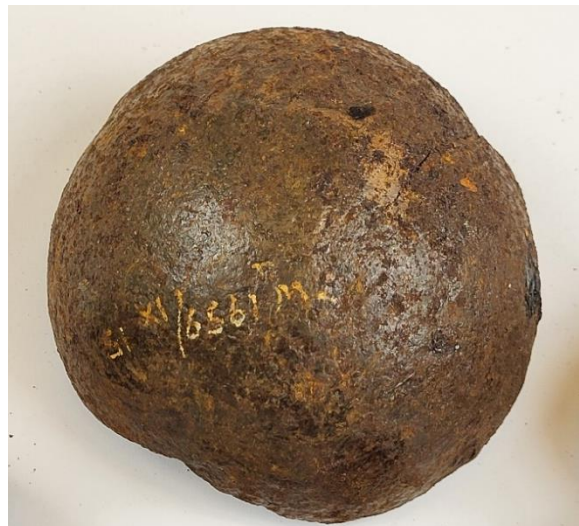


Figuur 2.16 (links boven): *Op het oppervlak van de halve kogel zijn vergeelde conserveringsresten zichtbaar.* (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, SO1-23268, M. Brouwer, 2022)

Figuur 2.17 (rechts boven): *Het oppervlak van deze kogel waar deze niet beschadigd is, is te regelmatig om onbewerkt te zijn.* (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, AM-PS22-07-1, M. Brouwer, 2022)

Figuur 2.18 (links onder): *Zandkorrels zichtbaar op het oppervlak van kogel AM-1991-16 in wit-geel. 200x uitvergroot met Dino-Lite Pro2 AM4000 series.* (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, ZWa-1959-IX15, M. Brouwer, 2023)

De Buytensorgh kogels lijken ook geconserveerd te zijn, kijkend naar de relatief stabiele staat waarin het oppervlak zich verkeerd (Fig. 2.19), ook in vergelijking met de blootgelegde binnenkant van deze kogels (fig. 2.12 & 2.13). Maar voor deze kogels zal een andere conserveringstechniek gebruikt zijn omdat deze kogels niet zwart, maar bruin zijn, en hoewel het oppervlak glimt, hier niet dezelfde transparante kunststof laag aanwezig is als de kogels van Scheurrak SO1 en Aanloop Molengat. Na verder onderzoek naar kogel ZWa1959-IX12 met behulp van een Dino-Lite handmicroscoop is vastgesteld dat de zwarte substantie glanst en luchtballen aanwezig zijn (fig. 20 & 21). Dit komt alleen voor op organische (koolstof) materialen, niet metaal. Daardoor kan dit niet vanuit de kogel zelf komen. Deze is waarschijnlijk aangebracht om de eerder uit elkaar gevallen kogel weer in elkaar te zetten. Dit verklaart ook het hoogteverschil in het oppervlak aan beide kanten van de scheur.



Figuur 2.19 (rechts boven): Een ander soort oppervlak met een glanzende, meer bruine kleur. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, ZWa-1959-IX15, M. Brouwer, 2022)

Figuur 2.20 (links boven): De afbladderende vlokken. 200x uitvergroot met Dino-Lite Pro2 AM4000 series. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, ZWa1959-IX12, M. Brouwer, 2023)

Figuur 2.21 (links onder): Luchtbellen zichtbaar in de zwarte substantie aanwezig in een scheur van ZWa1959-IX12. 200x uitvergroot met Dino-Lite Pro2 AM4000 series. (Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, ZWa1959-IX12, M. Brouwer, 2023)

2.3 Variatie in Conditie

Om te achterhalen wat de oorzaak is van het verval van de kanonskogels moet het verschil in verval worden onderzocht. Deze variatie en verschillende hypothesen hiervoor zullen in dit hoofdstuk worden beschreven. Het aannemen of ontkrachten van hypothesen, en conclusies die hieruit getrokken kunnen worden zullen in hoofdstuk 5 behandeld worden.

2.3.1 Variatie tussen Wrakken

Uit de eerdere beschrijving van de gietijzeren kanonskogels blijkt dat een duidelijk verschil zichtbaar is tussen de wrakken in uiterlijk en stadia van verval. De kogels van Buytensorgh zijn met een andere techniek geïmpregneerd in vergelijking met de Scheurrak SO1 en Aanloop Molengat kogels. Wanneer gekeken wordt naar de stadia van verval blijkt dat de Scheurrak alleen de tekenen vertonen van beginnende corrosie, dat dit bij Buytensorgh erg verschilt per kogel, en dat de kogels van Aanloop Molengat allemaal in het zelfde stadium ver gecorrodeerd zijn. Wel blijkt er een gelijkenis te zijn tussen de kogels van de twee wrakken Aanloop Molengat en Scheurrak SO1. De kogels met een soortgelijke zwarte laag, bevinden zich ook in een gelijke conserveringsstaat.

Het is mogelijk dat het verschil in verval zou veroorzaakt is door een verschil in conserveringstechnieken. Het zou ook veroorzaakt kunnen zijn doordat de objecten in andere jaren opgegraven zijn, waardoor sommige kogels langer zijn blootgesteld aan zuurstof en verontreinigende stoffen in de lucht. Een laatste mogelijkheid is de opslag. De kogels worden niet bij elkaar opgeslagen, waardoor hier een potentieel verschil in klimaat kunnen zijn.

2.3.2 Variatie Geconserveerd, en Ongeconserveerde Kogels

Binnen de wrakken is ook variatie in conditie zichtbaar tussen de kogels die wel, en niet geconserveerd zijn. Dit verschil zal hier beschreven worden. Verder onderzoek naar de gebruikte conserveringstechnieken is te lezen in hoofdstuk 3.5: Conservering.

De kogels van Aanloop Molengat laten duidelijk zien wat een verschil conservering kan maken. De twee kogels zonder epoxylaag zijn heel fragiel en beide zijn in vele delen uiteen gevallen, terwijl drie van de vier zwarte geconserveerde kogels alleen beginnende corrosie vertonen. Er kan niet van uitgegaan worden dat de eerste twee volledig ongeconserveerd zijn, maar een verschil in technieken lijkt een groot verschil in verval te insinueren.

Van het onderzochte Scheurrak wrak heeft maar 1 kogel geen epoxylaag, SO1-14902. De kogel is rood van kleur, dus deze is waarschijnlijk gegloeid. Bij deze kogel beginnen nu schilfers van het oppervlak af te vallen en zijn een paar kleine puntjes van oranje corrosie

zichtbaar, maar verder is deze in goede staat. Op het oppervlak van de andere kogels met kunststof conserveringslaag is dit niet aanwezig, maar dit kan ook komen doordat de staat van de kogel wordt verdoezeld door de dikke epoxy laag. Zowel wel- en niet geconserveerde kogels vertonen een zelfde hoeveelheid beginnende corrosie, dus kan verondersteld worden dat hier geen grote variatie tussen zit.

De vier kogels van Buytensorgh lijken allen met dezelfde technieken geconserveerd te zijn, en zijn zoals verwacht ook in het zelfde stadium van verval waarbij het oppervlak in goede conditie is, maar van binnen uit de corrosie de kogels doet splijten en uiteenvallen.

Wanneer teruggekeken wordt naar tabel 2.1 lijkt hier ook een link te zitten tussen het verlies in metaal en conservering van de kogels. Bij de kogels die wel zijn geconserveerd is op een enkeling na allemaal minimaal ijzerverlies waargenomen, terwijl tussen de ongeconserveerde kogels grote verschillen in ijzerverlies zijn waargenomen.

2.3.3 Variatie in Conditie Door de Tijd Heen

Tussen 2011 en 2014 zijn de gietijzeren kanonskogels in de collectie van Museum Batavialand gefotografeerd. Deze documentatie is op de RCE website *Collectienederland.nl* gepubliceerd samen met een korte beschrijving van ieder object. Deze beschrijving is ook terug te vinden in de database van Museum Batavialand. Deze foto's en de database zijn gebruikt in dit onderzoek om een vergelijking te maken tussen de conditie van de kogels toen, en nu. De foto's die hiervoor gebruikt zijn, zijn terug te vinden in bijlage 3. De foto's genomen voor de huidige staat, zijn genomen in april en mei 2022.

In het onderzoek moet worden meegenomen dat de documentatie foto's zijn genomen van de 'beste kant' van de kogels, terwijl ik tijdens het onderzoek juist de schade heb gefotografeerd. Omdat in het verleden maar één foto is genomen per kogel, heb ik daardoor niet altijd dezelfde zijde gefotografeerd. De kogels die ik hierdoor niet goed kan vergelijken zijn niet meegenomen in het onderzoek.

Niet alle Aanloop Molengat kogels lijken aanwezig te zijn in de fotodocumentatie. Van de kogels die wel aanwezig zijn lijkt verschil aanwezig te zijn in conserveringsstaat. Een voorbeeld hiervan is kogel AM 1993-42. Tijdens het onderzoek bleek dat deze zeer actief aan het corroderen is, maar op de oude documentatie is geen corrosie zichtbaar. Ook AM-PS22-70-1 is verder vervallen. Deze ligt nu in drie delen, maar is eerder beschreven in de database als "in 2 delen". De kogels die wel op beide foto's zich in een gelijke staat lijken te verkeren, zoals kogel AM-1993-30-3, zijn de kogels die tot op heden geen corrosie vertonen.

De kogels van het wrak Scheurrak SO1 lijken zich momenteel in een slechtere staat te bevinden vergeleken met de oude foto's. De corrosie die tijdens dit onderzoek is gevonden op de Scheurrak kogels, zoals op SO1-37051[-001], is op de oude fotodocumentatie maar heel incidenteel zichtbaar. Ook in de eerdere beschrijvingen wordt corrosie niet genoemd. De rode kogel, SO1-14902, lijkt ook meer fysiek te zijn gedegradeerd. De concretie die nu afbladdert is op de oude documentatie foto nog aanwezig, en zonder scheuren (fig. 2.22).



Figuur 2.22: De "rode" kogel. Links (ongeveer 10 jaar geleden), meer intact dan op heden (rechts). (RCE, <https://www.collectienederland.nl/page/aggregation/maritieme-archeologische-rijkscollectie-maritieme-vondsten/SO1-14902>, n.a.; Batavialand, Maritiem Archeologisch Depot, SO1-14902, M. Brouwer, 2022)

Op de documentatiefoto's van Buytensorgh kogels zijn deze al uiteengevallen. Hier zijn ook al de oranje corrosieproducten en *weeping* te zien, hoewel in mindere mate. De kogels waren in het verleden dus al actief aan het corroderen. Wel kan verondersteld worden dat deze corrosie zich sindsdien verder heeft uitgebreid. In oudere foto documentatie uit 2000 van de objecten uit Buytensorgh (Braven et al, 2003, p.170) is te zien dat kogels ZWa1959-IX12, -13 en -14 al uiteengevallen zijn, maar -IX15 nog niet. Hieruit valt op te merken dat deze kogels al erg lang aan het degraderen zijn.

2.4 Conclusie

In de maritieme collectie van Batavialand zijn vele gietijzeren kanonskogels aan het degraderen. Hoewel de mate van degradatie tussen de wrakken zeker verschilt, is in de collectie van ieder wrak een groot deel actief aan het corroderen. De kogels van zowel Scheurrak SO1 en Aanloop Molengat die zijn geconserveerd, zijn ook gelijk in hun conserveringsstaat. Dit indiceert dat de mogelijke verschillen in productie van deze kogels, de hoeveelheid tijd dat deze in zee hebben gelegen, of de tijd dat de kogels aan de lucht zijn blootgesteld sinds hun opgravingen, waarschijnlijk maar een lichte invloed hebben gehad op de huidige staat van de kanonskogels.

Binnen ieder wrak is een grote variatie in degradatie stadia te veronderstellen, veelal tussen wel en niet geconserveerde kanonskogels. Hierdoor kan verondersteld worden dat de wijze waarop, of een gebrek aan hoe de kogels zijn geconserveerd, een grote invloed heeft op de huidige degradatiestaat.

Ook blijkt dat alle kogels die in het verleden bewijs voor actieve corrosie hadden nu verder vervallen zijn, en dat zelfs een deel van de toen nog stabiele kogels nu zijn begonnen te corroderen. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de opslag van de kogels tussen nu en tien jaar (of 20 jaar, voor de Buytensorgh kogels) geleden een belangrijke rol gespeeld heeft in de degradatie.

3. Historische Context

3.1 Introductie

Hoewel de historische context waarschijnlijk maar een kleine invloed heeft gehad op de huidige staat van de objecten, is deze nog wel van waarde voor het onderzoek omdat zo een volledig beeld van de kogels en hun historie geschetst kan worden. Daarom zal in dit hoofdstuk via een *chaîne opératoire* oogpunt gekeken worden naar de achtergrond van de kogels, om zo het 'leven' van de kogels, van productie tot heden, in kaart te brengen.

Zo worden eerst de productie technieken van de kogels beschreven, worden de wrakken en hun geschiedenis en het gebruik van de kogels kort beschreven, zal de archeologische context van de kogels uitgewerkt worden en wordt een tijdlijn van de opgravingswerkzaamheden beschreven. Tot slot wordt in dit hoofdstuk de conserveringsgeschiedenis sinds de opgravingen, en de gevolgen van bepaalde keuzes in de conservering behandeld. Daaropvolgend zal in het volgende hoofdstuk "Opslag" worden gekeken naar de omstandigheden waarin de kogels zijn bewaard en hoe deze zijn onderhouden tot op heden, om de *chaîne* af te sluiten.

3.2 Materiaal en Productie

Aan de hand van de corrosieproducten kan verondersteld worden dat de kogels bestaan uit een legering met ijzer, specifiek uit gietijzer. Dit is aan te nemen met behulp van de gietranden die op meerdere kogels aanwezig zijn. Gietijzer is een legering van ijzer met een hoog percentage koolstof (2-5%) en onzuiverheden bestaande uit silicium, zwavel en fosfor (Scott & Eggbert, 2009, p.10).

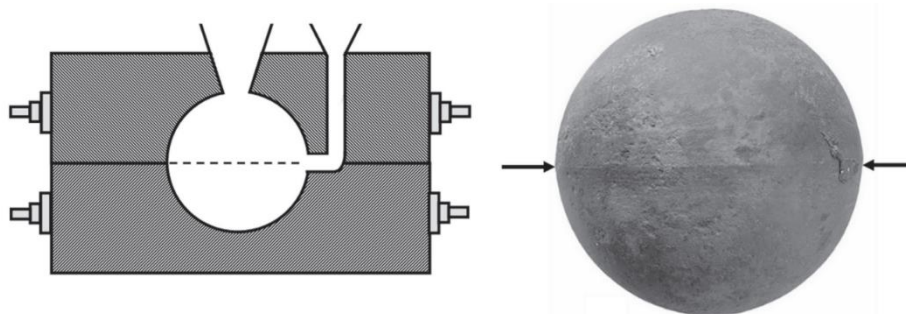
3.2.1 Het Produceren van Gietijzer

Voor het produceren van gietijzer moest ijzer verhit worden totdat deze vloeibaar werd. Hiervoor zijn extreem hoge temperaturen nodig, die een lange tijd niet behaald konden worden met de beschikbare kennis en technieken voor het produceren van ijzer. Pas met de inventie van de hoogoven konden deze temperaturen voor het eerst behaald worden. In een hoogoven wordt ijzererts verhit tot hoge temperaturen (1150°C) met behulp van extra toevoer van lucht en het verbranden van houtskool. Hierdoor worden de ijzer oxides omgezet in puur ijzer. Tijdens dit proces komt het ijzer in contact met het houtskool waardoor koolstof uit het houtskool onttrokken wordt en wordt opgenomen door het ijzer, dat het smeltpunt van ijzer verlaagt. Wanneer genoeg koolstof is opgenomen wordt het ijzer vloeibaar en verzamelt het zich onderin de oven (Selwyn, 2004, p. 114).

De eerste hoogovens in Europa komt waarschijnlijk uit Zweden, en is gedateerd naar het eind van de 12^{de} eeuw (Buchwald & Wivel, 1998, 87). Vanaf dan tot in de 14^{de} eeuw duiken op vele locaties door Europa kleine hoogovens op (Williams, 2012, 189-191). Met deze ovens kon men kwalitatief goed gietijzer produceren, maar alleen in kleine hoeveelheden. In de 15^{de} eeuw komt hier verandering in. De hoogovens worden geleidelijk groter en kunnen gietijzer in bulk produceren. Deze techniek was goedkoper, maar de kwaliteit van het gietijzer leed hier zeker aan (Williams, 2012, 195). Rond 1540 kon men al 1000 kilo ijzer smelten (Brinck, 2020, p.25). Ondanks de slechtere kwaliteit werd deze techniek zeer populair en verspreidde deze zich in de 15^{de} en 16^{de} eeuw over heel Europa (Williams, 2012, 192-197; Brinck, 2020, p.25).

3.2.2 Gieten en Afwerken

Na het verwerven van het ijzer kan een object gevormd worden door deze in een mal te gieten. Voor het maken van een mal zijn verschillende technieken mogelijk, maar voor de ijzeren kanonskogels gebruikt in dit onderzoek is zeer waarschijnlijk de techniek met een tweedelige zandgiet-mal gebruikt. Bij zandgieten met een tweedelige mal wordt een metalen kader gevuld met speciaal gietzand. In dit zand wordt een voorbeeld vorm gedrukt. Daarna wordt het tweede frame hierboven geïnstalleerd en ook gevuld met zand. Wanneer dit zand compact is aangedrukt worden de twee delen losgemaakt en wordt het voorbeeld verwijderd. Zo ontstaat er een holte tussen de twee zandmallen in de vorm van dit voorbeeld (Untracht, 1975, p.326-327). Bij de kruisballen wordt in deze holte de (van tevoren gesmede) ijzeren naald gelegd (Puype, 2001, p.121). Met een opening in het zand kan hier het vloeibare gietijzer in worden gegoten. De mal wordt geopend om het gegoten object af te koelen, en wanneer deze is afgekoeld wordt het object schoongemaakt. Doordat tussen de twee zandmallen een naad zit heeft het gegoten object een gietrand die rondom het object loopt, zie figuur 3.1. Deze wordt gewoonlijk verwijderd tijdens de afwerking bij bijvoorbeeld kunst objecten, maar bij simpele gebruiksobjecten zoals kanonskogels werd dit vaak gezien als overbodig. Dit verklaart waarom niet op alle kanonskogels een gietrand zichtbaar is.



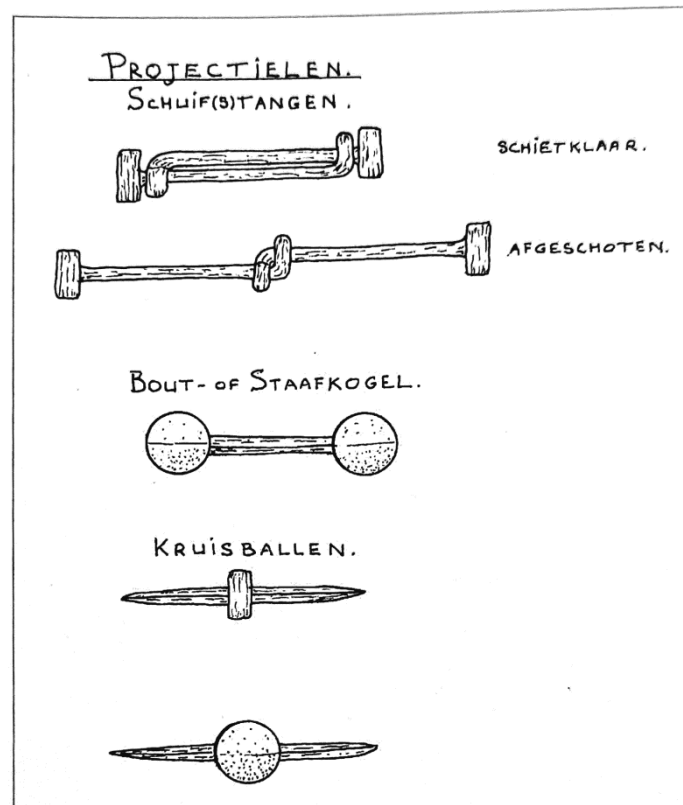
Figuur 3.1: Een schematische afbeelding van een tweedelige zandmal voor het gieten van kanonskogels (links). Rechts een kanonskogel met gietrand, ontstaan in het gietproces. Hier aangeduid met pijlen.

(Cvikel et al., 2013, p. 109)

3.3 Het Gebruik

De ijzeren kanonskogels werden, zoals de naam al doet vermoeden, gebruikt als munitie voor kanonnen. Deze kanonnen werden gebruikt voor de beveiliging van schepen en hun goederen. Tussen de 16^{de} en de 18^{de} eeuw waren smeedijzeren, gietijzeren, koperen en composiet kanonnen in gebruik als artillerie op schepen, maar in Nederland kwamen gietijzeren kanonnen het meeste voor (Brinck, 2020, p.25). Zo is in het wrak van Aanloop Molengat een ijzeren “halve culverijn” aangetroffen (Brinck, 2020, p.198). De kruisballen hadden een specifiek doeleind. De punten werden omwikkeld met doek dat van tevoren doordrenkt was met een brandbare vloeistof. Deze vatte vlam bij het afschieten, de punt boorde zich in het hout van het schip en zette zo het schip in brand (Brinck, 2020, p.74).

De wrakken Scheurrak SO1 en Buytensorgh, gebruikt in dit onderzoek, hadden kanonnen aan boord, en zullen deze ook voor dit doeleind aan boord hebben gehad. Voor het wrak Aanloop Molengat is niet zeker waarvoor de kanonnen en hun kogels zijn gebruikt. Hier zijn namelijk wel kanonnen gevonden, maar zonder de bijbehorende rolpaarden die nodig zijn voor het gebruik. De kogels zelf lagen verpakt in kisten. Het is mogelijk dat zowel de kanonnen en de kanonskogels aan boord lagen als lading, en niet voor gebruik, maar hier is geen onomstotelijk bewijs voor (Voormolen, 1992, p.13; Maarleveld & Overmeer, 2012, p.137).

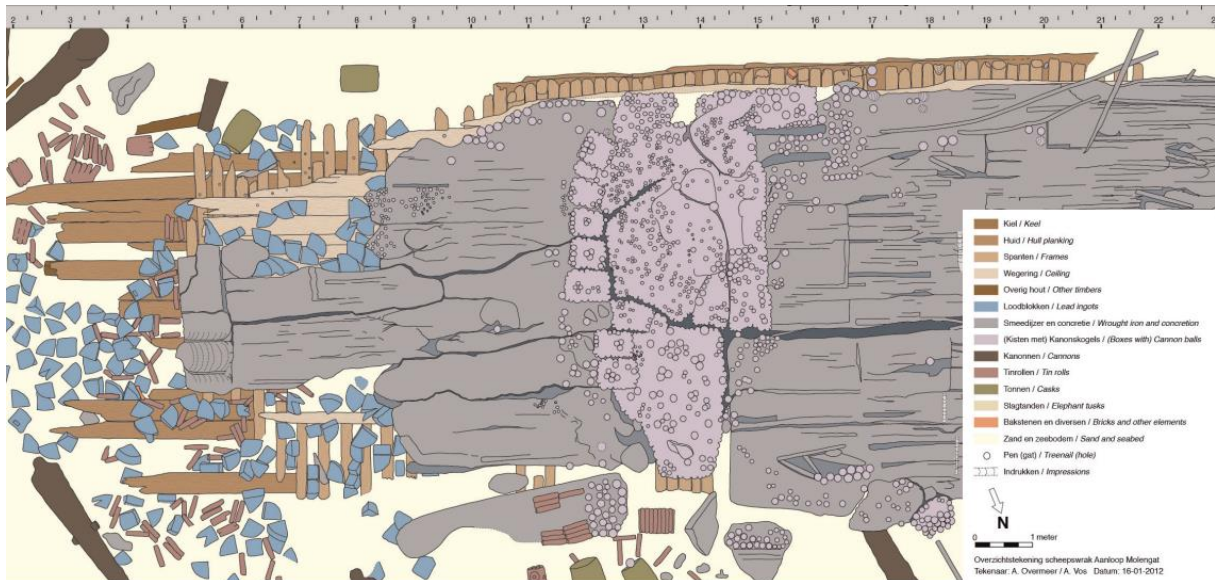


Figuur 3.2: “Allerlei projectielen gevonden in scheepswrakken.” Een schematische tekening van verschillende soorten projectielen, waaronder de besproken kruisballen. (Brinck, 2020, p.72)

3.4 De Wrakken en hun Opgravingen

De kogels die in deze scriptie aan bod komen zijn afkomstig uit drie verschillende scheepswrakken, Aanloop Molengat, Scheurrak SO1 en Buytensorgh. Ieder van deze schepen is afkomstig uit een andere periode, maar allen zijn gezonken nabij Texel.

3.4.1 Aanloop Molengat



Figuur 3.3: Een ingekorte plattegrond van de Aanloop Molengat opgraving. In het midden van het schip zijn de concreties van de kanonskogelkisten aangegeven in een grijs-rose kleur. (Maarleveld & Overmeer, 2012, p.97)

Allereerst zal Aanloop Molengat (AM) worden besproken. Dankzij een groot aantal gedateerde zegels en stempels op de lading, samen met dendrochronologisch onderzoek van het scheepshout, kan met zekerheid bepaald worden dat het schip is gebouwd tussen de jaren '20 en begin '30 van de 17^{de} eeuw, en op zijn vroegst is beladen in 1635. (Maarleveld & Overmeer, 2012, 138). De ligging van het schip en de origine van de lading maken het waarschijnlijk dat het schip net begonnen was aan zijn reis vanuit een van de havens in het gebied en tussen 1635 en 1640 gezonken zal zijn (Maarleveld & Overmeer, 2012, 139). De oorzaak voor het zinken van het schip is onduidelijk, maar hier is al veel over gespeculeerd. Een mogelijke oorzaak is de locatie. Het schip is gezonken op de "Aanloop Molengat" geul aan de kust van Texel. Het schip zou gezonken kunnen zijn door de getijdenstroom in de geul, hier staat namelijk regelmatig een harde stroming die menig schip zijn ondergang was.

Het wrak is ontdekt op 8 juli 1984. Hierna is deze door de liggingsomstandigheden sporadisch archeologisch onderzocht van 1985 tot 1999. Het schip was aanzienlijk groot (300 last) en zeer beladen met onder andere lood, smeedijzer, tin, huiden, textiel, ivoor, kwik, specerijen en vele gietijzeren kanonskogels. (Maarleveld & Overmeer, 2012, 112).

Deze kogels lagen over het hele wrak verspreid. Los, maar ook in grote concreties in de vorm van de al vergane kisten die hier oorspronkelijk omheen gezeten hebben (Voormolen, 1992, p.13). Vaak kunnen de naam en origine van een scheepswrak achterhaald worden met onderzoek in de Nederlandse archieven, omdat destijds zorgvuldig werd gedocumenteerd welke schepen waar en wanneer zonken, en wat voor lading zij bij zich hadden om te verhandelen. Helaas kan dit niet worden achterhaald voor Aanloop Molengat doordat in de regio vele schepen gezonken zijn van een vergelijkbare grootte en lading (Maarleveld & Overmeer, 2012, 140-142).

In de jaren '80 van de 20^{ste} eeuw, de beginperiode van het onderzoek naar dit wrak, stond de onderwaterarcheologie nog in de kinderschoenen (LWAOW, 2016, p.26). Er bestonden nog geen duidelijke regels over onderwater erfgoed en het beleid bij onderwater vondsten. Dankzij de verkregen vondsten uit dit wrak kwam een proces op gang wat er toe leidde dat onderwater vondsten werden toegevoegd aan de monumentenwet, en daardoor ook behandeld moesten worden volgens deze wet (Maarleveld & Overmeer, 2012, 96). Hierdoor kan verondersteld worden dat de vroege vondsten die zijn opgedoken voor het ingaan van deze wet waarschijnlijk niet tijdig of met de juiste technieken zijn behandeld. Omdat niet bekend is wanneer de onderzochte kanonskogels van Aanloop Molengat vervaardigd zijn, is het mogelijk dat (een deel van) de kogels bij deze groep vondsten behoort.

3.4.2 Scheurrak SO1



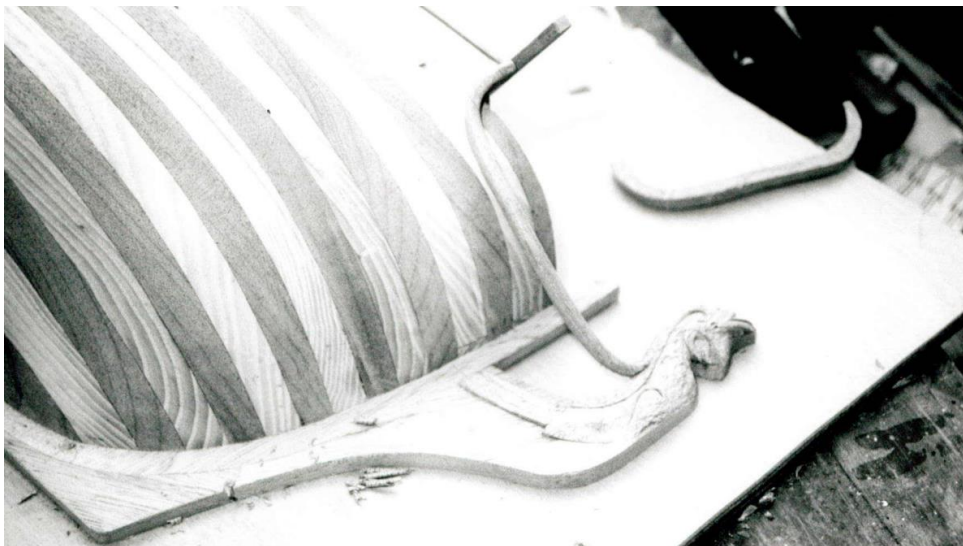
Figuur 3.4: *Plattegrond van het Scheurrak SO1 wrak. Tekening op raster papier.*
(DANS, <https://easy.dans.knaw.nl/ui/datasets/id/easy-dataset:61891/tab/2>)

Scheurrak SO1 was een 16^{de} eeuwse koopvaarder. Dankzij dendrochronologisch onderzoek en het dateren van objecten uit het wrak is vastgesteld dat het schip is gebouwd rond het jaar 1580. Het scheepsmodel van Scheurrak SO1 lijkt op dat van een

fluit, hoewel dit model destijds nog niet in omloop was (Manders, 2000, 320). Het schip was begonnen aan zijn reis in het Baltisch gebied. Vanuit daar vervoerde het graan richting Nederland (LWAOW, 2016, p.63). Het is niet zeker of Nederland de bestemming was van het schip omdat deze nog vol beladen was toen hij zonk. Het is ook mogelijk dat deze straatvaart, richting de Middellandse Zee, zou varen, wat ook de hoeveelheid artillerie aan boord van het schip zou verklaren (Manders, 1998, p87). De Scheurrak ging ten onder na 1590 bij de rede van Texel. Mogelijk heeft zich dit plaatsgevonden tijdens de beruchte storm van kerstnacht 1593. Uit recent gevonden bergingsspooren blijkt dat een deel van de lading van het schip geborgen is, of hier zijn op zijn minst pogingen tot gedaan (LWAOW, 2016, p.63).

Scheurrak SO1 is ontdekt door vissers toen het plots werd vrijgespoeld in 1984. In de jaren daarop is het wrak meerdere keren onderzocht, en van 1989 tot 1997 zijn hier opgravingswerkzaamheden verricht (Manders, 1998, 79). Een complete inventaris is opgedoken met vele persoonlijke bezittingen (LWAOW, 2016, p63). Het schip vervoerde naast een grote lading graan, ook vis, bief, bonen, bezems en velen vaten die ooit een vloeistof hebben bevat (Manders 2000, 322-233). Tot slot bevatte het wrak een grote hoeveelheid aan artillerie, opvallend veel voor een handelsschip dat op de Oostzee voer (Puype, 2001, 117).

3.4.3 Buytensorgh



Figuur 3.5: "Model van scheepswrak "de Buitenzorg" Oostindiëvaarder, het voorschip". (DANS, <https://archaeology.datastations.nl/file.xhtml?fileId=982561&version=1.0>)

Het wrak Buytensorgh was een VOC spiegelretourschip uit de 18^{de} eeuw (DANS, Batavialand, 2019). Dankzij de locatie en datering van het wrak kon deze gelinkt worden

aan oude documentatie van waaronder de VOC en oude kranten. Daarin werd niet alleen de bouw van het schip “De Buytensorgh” beschreven, maar ook de levensloop, verschillende reizen en diens ondergang (Braven et al., 2003, p.10-45). Hierdoor kon met zekerheid gezegd worden dat het wrak de Buytensorgh betrof. Dankzij deze link is veel informatie beschikbaar over het leven van het schip, voordat deze zonk.

Het schip is gebouwd in 1752 door de Kamer van Amsterdam, in opdracht van de VOC (DANS, Batavialand, 2019; Braven et al, 2003, p.10). Een retourschip werd gebouwd met als doel handelswaren, zoals zilver, en mankrachten naar Azië te vervoeren, daar de goederen te verhandelen voor Aziatische producten, en deze weer terug te nemen naar Europa. Deze reis heeft het schip twee keer kunnen voltooien voordat deze onder ging, eens van 1753-1754, en eens van 1758-1759 (Braven et al, 2003, p.14, 33, 39). Bij aankomst op de Rede van Texel heeft het schip het grootste deel van zijn lading gelost. Buytensorgh heeft hier van 24 november tot 13 december 1759 gelegen. Op 13 december begon het hevig te vriezen en kwam het schip vast te zitten. Toen een poging werd gewaagd om het schip los te maken en deze te verplaatsen naar Den Helder kwam het onderweg weer vast te zitten en werd besloten het schip te kraken. Buytensorgh werd achtergelaten en is in januari 1760 gezonken ten hoogte van de Javaruggen in het Waddenzeegebied (Braven et al, 2003, p.45).

In 1958 wist men al af van het bestaan van het wrak. Deze is toen ook al onderzocht en deels gelicht (Braven et al, 2003, p.46). Tussen 1958 en 1995 is vele malen gedoken naar objecten en delen van het wrak, maar omdat dit vaak is gedaan zonder goede documentatie zijn “Gegevens over de vondstomstandigheden, de huidige verblijfplaats en de conditie waarin deze vondsten verkeren ... vaak onduidelijk en onvolledig” (Braven et al, 2003, 53). De objecten en scheepsonderdelen hebben daardoor hun context deels verloren.

3.5 Conservering

Zoals eerder benoemd, lijkt van de kanonskogels in het depot van museum Batavialand een deel geconserveerd te zijn. Wanneer de kogels uit de verschillende wrakken naast elkaar gelegd worden is tussen Buytensorgh en de andere twee wrakken een duidelijk verschil zichtbaar in kleur en gradaties van verval, dus hier zijn zeer waarschijnlijk verschillende conserveringstechnieken toegepast. Tussen de wrakken Scheurrak SO1 en Aanloop Molengat is daarentegen weinig verschil op te merken in kleur en verval, ondanks de verschillen in vondst- en bewaaromstandigheden. Welke conserveringstechnieken mogelijk gebruikt zijn op de onderzochte kanonskogels zal hier beredeneerd worden aan de hand van de minimale conserveringsdocumentatie die destijds is geschreven. Deze technieken zullen hierna verder worden beschreven. Het achterhalen van de conservering word gedaan met het doel deze verschillen in degradatie te verklaren, en zo te achterhalen wat de oorzaak is van de degradatie. Wel moet rekening worden gehouden met dat niet alle mogelijke conserveringstechnieken naderhand zichtbaar zijn op een object. Daardoor is deze beschrijving mogelijk onvolledig.

3.5.1 Conserveringsdocumentatie

Na het bestuderen van de conserveringsdocumentatie aanwezig in de archieven van Batavialand blijkt dat van de drie onderzochte scheepswrakken zijn alleen de kogels van Scheurrak SO1 aanwezig zijn. Deze documentatie is ook relatief karig vergeleken met de huidige documentatie normen voor het conserveren van archeologische objecten. Hier wordt het conserveringsproces beschreven in enkele woorden of zinnen, zonder verdere toelichting waarom voor een bepaalde techniek is gekozen, en hoe het proces er uit zag. Ook missen delen van de documentatie, voor veel kogels staat niet beschreven wie de conservering uit heeft gevoerd, wanneer, wat de toestand voor behandeling was, of details over de behandeling zelf.

Aangezien aan de hand van de data in deze documentatie kan verondersteld worden dat de onderzochte kogels zeer waarschijnlijk in de jaren '90 of begin 2000 zijn geconserveerd, is dit niet verassend. In deze periode was het normaal voor restauratoren om niet, of weinig te documenteren (pers. comm. Tamar Davidowitz³). Ook bestonden er destijds nog geen vaste richtlijnen voor conserveringsprotocollen. In de jaren '70 en '80 had het Centraal Lab al algemene richtlijnen voor de zorg voor archeologisch erfgoed, maar de specifieke richtlijnen voor archeologisch metaal zijn zeer recent: deze zijn pas in 2021 door

³ Tamar Davidowitz is een metaal specialist en restaurator, al ruim 10 jaar werkend in het Rijksmuseum. Zij is daarnaast ook docent metaalconservering aan de opleiding *Conservation and Restoration of Cultural Heritage* aan de UvA.

het KNA vastgelegd op papier (Koster *et al*, 2021, p.1). Het conserveringswerk en de documentatie daarvan waren aldus niet gestandaardiseerd in de periode van de conservering van de gietijzeren kanonskogels.

Eind jaren '90 ontstond er een omslag in werkwijze voor restauratoren over de hele wereld. Voor die tijd werden de restauratoren opgeleid door hun voorgangers, maar vanaf de jaren '90 opstonden officiële opleidingen voor het beroep. Zo werd in 1997 in Nederland de "Opleiding voor Restauratoren" door het Instituut Collectie Nederland (ICN) opgericht (pers. comm. Tamar Davidowitz). Helaas is deze omslag later op gang gekomen in Nederland, en zijn de restauratoren van voor deze tijd ook lang doorgedaan op hun eigen werkwijze. Dit is zeker het geval voor de toenmalige restauratoren van museum Batavialand. Hoewel de documentatie daardoor niet kwalitatief hoog was, hadden ook de oudere restauratoren over de hele wereld contact met elkaar waardoor conserveringstechnieken en materialen wel constant vernieuwd werden (pers. comm. Tamar Davidowitz).

De huidige hout restaurator van het museum, mevrouw Koehler, was tijdens de conservering van de kogels van Scheurrak SO1 in training in het restauratieatelier te Ketelhaven. Zij heeft verdere informatie kunnen verstrekken over het conserveringsproces in die tijd. Hierdoor heb ik desondanks de weinige schriftelijke documentatie, wel een relatief volledig beeld kunnen scheppen van het volledige proces.

3.5.2 Behandelingen

Volgens de schriftelijke documentatie zijn de Scheurrak SO1 kogels geconserveerd in 1997 en 1998. Volgens Laura Koehler (pers. comm., mei 2022) zijn de kogels allereerst gespoeld met demiwater, gevolgd door een voorbehandeling door te "stoken" tot 800°C. Vervolgens zijn zij "gestraald" met glasparels en ten slotte als nabehandeling afgedekt met "epoxy primer SR4" dat werd vermengd met vlamroet. Volgens Koehler was er de intentie om de kogels na de epoxy te bedekken in een matte polyeruthaanlak, maar zij heeft verondersteld dat dit is niet gebeurd, vanwege het glimmende oppervlak van de kogels (pers. comm., april 2022). De informatie komt overeen met de schriftelijke documentatie van de Scheurrak SO1 en gedocumenteerde kogels van andere wrakken, waaronder Burgzand Noord 4, C109NOP en E25NOP, die in dezelfde periode zijn behandeld. Hierin wordt ook benoemd dat deze andere kogels verhit zijn voor 48 uur, de glasparels een grootte hadden van 70-110 µm, en dat de epoxy waarschijnlijk in drie lagen is aangebracht. Omdat alle kogels met conserveringsdocumentatie uit deze periode met

dezelfde technieken zijn behandeld, kan er vanuit worden gegaan dat deze details ook toepasbaar zijn op de scheurrak SO1 kanonskogels.

Hoewel de informatie over de Aanloop Molengat en Buytensorgh kogels mist in de conserveringsdocumentatie, is wel de conservering van andere kogels tussen 1989 en 2008 beschreven. Alle kogels in deze periode zijn grotendeels met dezelfde stappen en technieken geconserveerd. Alleen de afwerking lijkt soms te verschillen: sommige kogels zijn na impregneren afgedekt met "Glitsa eglans", en in oudere documentaties is de epoxy vervangen voor "lijnolie". Deze verschillende afwerkingen kunnen gemakkelijk met het blote oog van elkaar worden onderscheiden, dus deze hebben geen invloed op dit onderzoek naar de gebruikte technieken van de onderzochte kanonskogels.

De opgravingen van Scheurrak SO1 en Aanloop Molengat speelden zich in dezelfde periode af en de geconserveerde kogels hebben een gelijk uiterlijk. Het is dus zeer waarschijnlijk dat de Aanloop Molengat kogels in dezelfde periode zijn geconserveerd en daarom ook op dezelfde wijze zijn behandeld als de kogels die wel zijn gedocumenteerd. Uit een stageverslag van project Aanloop Molengat (Voormolen, 1992, p.9) valt ook de informatie te halen dat de metalen vondsten gespoeld werden tijdens de vondstverwerking, maar dit vond niet ieder jaar van het project plaats.

De Buytensorgh kogels hebben een volledig verschillend uiterlijk en bevinden zich in een slechtere staat. Daarom kan beredeneerd worden dat deze op zijn minst een andere afwerking hebben gehad, maar waarschijnlijk met volledig andere technieken geconserveerd. Objecten uit het wrak van Buytensorgh zijn ook in andere periodes opgedoken dan die van Aanloop Molengat en Scheurrak SO1, tussen 1958 en 1995. Als de kogels aan het eind van deze periode opgedoken waren, had dit tegelijk met AM en SO1 plaatsgevonden en hadden de kogels eenzelfde behandeling gekregen. Daarom is het een redelijke aanname dat de kogels eerder zijn opgedoken en behandeld. Welke technieken hier mogelijk voor zijn gebruikt zal in het volgende deel behandeld worden.

3.5.3 Conserveringstechnieken

Wanneer maritiem archeologisch ijzer behandeld wordt door een restaurator zijn bepaalde stappen de norm. Allereerst moet het ijzer en zijn concretie worden ontdaan van zouten. Dit stabiliseert het ijzer en vermindert de kans op agressieve corrosie wanneer deze wordt blootgesteld aan lucht. Blootstelling aan lucht is onvermijdelijk tijdens de volgende stap, het uitprepareren. Hierbij worden de concreties van roest en bodemmateriaal zorgvuldig verwijderd totdat men op het originele oppervlak stuit.

Wanneer het volledige object is ontdaan van concreties wordt het ijzer geïmpregneerd om deze te beschermen tegen vervuilende stoffen en zuurstof, met het doel het corrosieproces te vertragen of te stoppen. Ten slotte kunnen nog acties ondernomen worden om het object er aantrekkelijker uit te laten zien, maar dit is optioneel. Voor ieder van deze stappen zijn verschillende technieken toe te passen. Deze stappen en de technieken die zijn gebruikt bij de beschreven kogels zullen hier worden behandeld.

Voor behandeling

Wanneer een restaurator een maritiem archeologisch metalen object in handen krijgt zou deze nog verpakt moeten zijn in water, en het liefst met een corrosie remmer (Hamilton, 1999, p.295). Maritiem metaal mag namelijk niet uitdrogen voordat deze in ontdaan van zouten. Dit veroorzaakt niet alleen corrosie, maar maakt het ook moeilijker om het metaal te ontdoen van zouten (Ahmed, 2011, p.98).

De kogels van Scheurrak SO1 zijn voor behandeling gespoeld met gedemineraliseerd (demi) water. Deze stap is niet teruggekomen in de onderzochte literatuur, maar wel kan worden beredeneerd wat het doel van deze stap is. Wanneer een restaurator het begrip "spoelen" gebruikt, bedoelt diegene dat het object onder stromend water wordt gehouden, of wanneer deze zeer fragiel of niet hanteerbaar is, met een spuitfles bespoten. Vaak met het doel resten van chemische stoffen te verwijderen na behandeling (pers. comm, Damar Davidowitz). Waarschijnlijk is, dat de kogels nog niet waren gereinigd voordat deze werden verpakt. Het reinigen van metalen objecten met actieve corrosie is namelijk niet toegestaan voor archeologen in het veld (Koster *et al*, 2021, p.20). Dit kan de concretie beschadigen, wat kan leiden tot corrosie van het object. De restaurator van de kogels zal deze hierdoor zeer waarschijnlijk aan hebben getroffen met bodem resten op het oppervlak. Deze resten verhullen het oppervlak van het object waardoor de staat van het object wordt verhuld. Waarschijnlijk zal de restaurator hierdoor de keuze hebben gemaakt de kogels te spoelen voordat deze ontzout werden.

Ontzouten

Het ontzouten is volgens de conserveringsdocumentatie van de onderzochte kogels van Scheurrak SO1 (en mogelijk Aanloop Molengat) gedaan doormiddel van "gloeien tot 800°C". Gloeien is een techniek die al werd gebruikt in de jaren 1880, waarbij ijzer werd verhit in een oven met temperaturen van minstens 700°C. Hierdoor laten de corrosielagen los van het oorspronkelijk oppervlak en worden de chlorides uit het ijzer getrokken (Hamilton, 1999, p.69, Scott & Eggert, 2009, p.136). Het voordeel van deze techniek is dat veel objecten tegelijk behandeld kunnen worden, en dat het proces in een paar dagen afgerond kan worden. Maar de techniek heeft ook veel nadelen, waardoor het tegenwoordig wordt beschouwd als verouderd en sterk wordt afgeraden. Een van de grootste nadelen is dat de kristalstructuur van α -Fe (*Pearlite*) naar γ -Fe (*Cementite*) veranderd bij verhitten van gietijzer boven 727°C, zie bijlage 5. Hierdoor gaat alle

informatie over het constructieproces van het object verloren. Omdat de corrosie van het oppervlak af bladdert gaan ook alle oppervlakte decoraties verloren en lijkt het oppervlak misvormd. Een ander nadeel van deze techniek, is dat het proces het ijzer rood kleurt (Hamilton, 1999, p.69). Nieuwe, verbeterde versies van dit proces (*Hydrogen reduction*, het verhitten in een anoxische omgeving met behulp van waterstof) wordt gebruikt sinds 1972, waarbij het ijzer niet rood kleurt, maar de kristalstructuur nog wel verandert. Volgens persoonlijke correspondentie met Stefania Lorenzotti⁴ kleurde het gloeiproces de kanonskogels rood. Dit lijkt dus overeen te komen met de eerder omschreven techniek. Opvallend is dat de enige 'ongeconserveerde' kogel van Scheurrak SO1 een inderdaad rood oppervlak heeft, en dus waarschijnlijk is gegloeid.

Omdat de kogels van Buytensorgh waarschijnlijk eerder zijn behandeld dan de kogels van Scheurrak SO1 en Aanloop Molengat, en niet rood van kleur zijn, is het een redelijke aanname dat zij niet, of onvoldoende zijn ontzout. De *weeping iron* (een corrosieproduct dat alleen voorkomt op ijzer dat is verontreinigd met zouten), dat gevonden is tijdens dit onderzoek, bevestigt dit. In het verleden kon worden gemeten of een object (voldoende) ontzout was door een object in water te leggen en de zout concentratie in het water te meten, maar deze meettechniek blijkt niet betrouwbaar te zijn omdat het zoutgehalte in het water niets kan vertellen over de resterende zouten in het metaal (pers. comm. Stefania Lorenzotti). Daarom kan alleen een aanname worden gemaakt over de aanwezigheid van zouten in de kogels.

Tegenwoordig zijn andere, minder destructieve technieken zoals *alkalische natriumsulfaatreductie* aanbevolen voor het verwijderen van zouten uit archeologisch ijzer. Deze techniek geeft op zijn minst een gelijkwaardig effect (Watkinson 1996, p.208), maar geeft zeer waarschijnlijk op de lange termijn een beter resultaat en houdt het object langer stabiel (Keene, 1991, p.259). Het alkalisch ontzouten wordt gedaan door een object in een verwarmd, reducerend bad te leggen van Na_2SO_3 en NaOH in demiwater. Alhoewel dit proces succesvol is in het onttrekken van zouten uit archeologisch ijzer, moet een object voor een goed resultaat tussen de drie en negen maanden in het reducerende bad liggen, wat niet altijd een optie is door tijd of geldgebrek. Ondanks dit is het tegenwoordig de meest weids geaccepteerde techniek voor het ontzouten van ijzer (pers. comm Stefania Lorenzotti).

⁴ Stefania Lorenzotti (PD), Metaal restaurator bij ADC Archeoprojecten, en gastdocent aan de Master Conservation and Restoration (Metals). Zij heeft een dag een kijkje genomen in het restauratieatelier te Ketelhaven toen zij zelf in opleiding was, in dezelfde periode als de conservering van de Scheurrak SO1 kogels. Referentie: Persoonlijke Correspondentie maart 2023.

Uitprepareren

“Uitprepareren” is het verwijderen van de concreties om het ijzer heen en het zorgvuldig verwijderen van corrosieproducten totdat men op de *limitos lijn* stuit. Dit is een laag van zwart magnetiet dat wordt gezien als het ‘originele/oorspronkelijke oppervlak’. Uiprepareren kan gedaan worden op mechanische wijze, zoals met een hamer en beitel, tandartsgereedschap, scalpels, een micromotor of dremel, of met zandstralen (Scott & Eggert, 2009, p.134). Zandstralen is een gebruikelijke techniek voor het schoonmaken van archeologisch ijzer. Bij deze techniek wordt onder hoge druk een substantie met schurende werking tegen het oppervlak gespoten. Het zandstralen van ijzer wordt doorgaans gedaan met glaspereels of aluminium oxide (Scott & Eggert, 2009, p.134). De zandstraaltechniek met glaspereels is toegepast op alle kogels aanwezig in de conserveringsdocumentatie.

Het mechanisch verwijderen met bijvoorbeeld de scalpels en de micromotor brengt minder risico’s met zich mee dan zandstralen omdat de restaurator meer controle heeft. Maar deze technieken zijn zeer tijdrovend en worden daardoor vooral toegepast op kostbare en kwetsbare objecten. Dit is een mogelijke verklaring voor waarom deze techniek niet is gebruikt op de gietijzeren kanonskogels.

Impregneren

Na het schoonmaken is het oorspronkelijk oppervlak zichtbaar. Deze magnetiet laag is zwart, waardoor de kogels een zwart/grijs oppervlak hebben. Deze laag is van nature stabiel, maar zal alsnog een beschermingslaag (coating) nodig hebben omdat contact met verontreinigende stoffen op langere termijn de laag instabiel maakt. Dit is met de zwarte kogels van museum Batavialand gedaan door deze te impregneren met een epoxyhars⁵, gemixt met vlamroet. Vlamroet is een zwarte kleurstof bestaande uit koolstof. Deze wordt behaald uit het roet dat zich deponert op oppervlaktes rondom een vlam (pers. comm. Damar Davidowitz). Epoxy is een kunststof lijm die in het veld van conservering & restauratie wordt toegepast als laag die het ijzer beschermt tegen vocht en vuil. In de jaren ‘90 was dit een nieuwe en veelbelovende coating, maar helaas is ook het gebruik van epoxy op metaal tegenwoordig achterhaald. Hoewel deze weldegelijk het ijzer beschermt, verkleurt epoxyhars snel en is het onmogelijk te verwijderen zonder het object te beschadigen, waardoor nieuw-ontstane corrosieproducten niet meer verwijderd kunnen worden van het oppervlak. Ook zorgt deze glimmende laag er voor kan het oppervlak minder zichtbaar is, waardoor deze niet meer onderzocht kan worden voor archeologisch of historisch onderzoek.

⁵ Onder de volksmond ook wel *twecomponentenlijm* genoemd.

De kogels van Buytensorgh hebben een andere coating. Dit kan verklaard worden aan de hand van het moment van conservering, dat waarschijnlijk vele jaren eerder heeft plaatsgevonden. Pas in de jaren '60 werden de synthetische polymeren ontworpen die tegenwoordig gebruikt worden als coatings. Voordat deze polymeren gebruikt werden voor het conserveren van ijzer, werden reuzel, lijnzaad olie, vaseline of was gebruikt op het oppervlak. Deze natuurlijke polymeren impregneren het ijzer met een hydrofobe barrière en verbergen het onregelmatige gecorrodeerde oppervlak, maar helaas is deze barrière niet zo effectief als latere coatings in het afstoten van vocht (Scott & Eggert, 2009, p.132). In de conserveringsdatabase van Batavialand staat in de documentatie van andere kanonskogels, waaronder Burgzand Noord 2, 3 en 4, U34OFL en P37IIZFL beschreven dat verschillende soorten was, lijnolie en eiglans gebruikt zijn als coatings. Elk van deze natuurlijke, organische polymeren kan mogelijk gebruikt zijn als coating voor de Buytensorgh kogels. Maar welke coating zich op het oppervlak bevindt, kan op dit moment geen uitspraak over worden gedaan. Hiervoor is verder onderzoek nodig.

Het is benodigd te benoemen dat coatings geen langdurige oplossing zijn. Het is een tijdelijke maatregel die regelmatig onderhouden moet worden. Geen enkele coating is namelijk ondoordringbaar, het vertraagt alleen de toelating van gassen, vocht en vuil (Scott & Eggert, 2009, p.146). Daarnaast zorgt een defect in een coating plaatselijk voor zeer geconcentreerde corrosie, wat heviger corrodeert dan een oppervlak zonder coating. Voorbeelden van een "defect" zijn een kleine kras, scheur of een luchtbel. Deze komen met de tijd steeds gemakkelijker voor op coatings omdat deze bros worden door verouderingsprocessen zoals 'vernetten' (*cross-linking*), een proces waarbij de koolstofpolymeerketens zich kruislings aan elkaar binden, in kunststoffen vaak veroorzaakt door blootstelling aan UV licht (Scott & Eggert, 2009, p.146). Dit is ook een van de redenen waarom tegenwoordig reversibele coatings worden gebruikt, zodat deze verwijderd en vernieuwd kunnen worden.

Afwerkingen

Tijdens de behandeling van ijzeren objecten kan door de restaurateur de keuze gemaakt worden om bepaalde technieken toe te passen de esthetische waarde van het object te verhogen. Zo wordt het oppervlak meer egaal gemaakt, wordt een kleur toegevoegd om het oppervlak meer homogeen te laten lijken, of wordt het oppervlak met opzet gematteerd of glanzend gemaakt.

De epoxy die is gebruikt voor het conserveren van de onderzochte kanonskogels is vermengd met vlamroet. Dit is een zwart pigment dat gebruikt wordt in conservering (pers. comm. Tamar Davidowitz). Het is aannemelijk dat de zwarte kleur van de kanonskogels de oorzaak is van de toevoeging van vlamroet. Als de kogels inderdaad rood

zijn gekleurd door het gloei proces, zou het zwarte pigment dit kunnen verhullen. Daar waar de epoxy zich heeft verzameld op sommige van de kogels is deze hoogstens vergeeld van kleur, niet zwart. Dit kan verklaard worden omdat in delen van de conserveringsdocumentatie staat vermeld dat de epoxy in meerdere lagen is aangebracht. Het is dus een mogelijkheid dat alleen een eerdere laag gekleurd is.

Er bestaat ook een andere techniek die mogelijk gebruikt kan zijn voor het zwart kleuren van de gietijzeren kogels: looizuur (*tannic acid*). Hoewel looizuur niet benoemd is in de conserveringsdocumentatie van de kanonskogels in Batavialand is het gebruik hiervan voor archeologisch ijzer heel lang populair geweest in Europa en wordt dit tot op heden nog regelmatig gebruikt (Scott & Eggert, 2009, p.88). Daarom wordt deze techniek alsnog benoemd in dit hoofdstuk. Wanneer dit op een gecorrodeerd oppervlak wordt aangebracht zetten de tannines de oranje corrosie om in zwarte magnetiet. In het verleden dacht men dat dit een langdurige werking had op het ijzer en zo corrosie zou remmen, een barrière zou geven en zelfs chlorides zou stabiliseren, maar dit is tegenwoordig ontkracht (Scott & Eggert, 2009, p.88). Het vertraagt alleen mogelijk het corrosieproces voor een onbepaalde tijd. Voorzichtigheid is geboden bij objecten die met looizuur zijn behandeld. Nieuwe actieve corrosie is namelijk moeilijker te ontdekken door de zwarte kleur (Logan & Selwyn, 2007a; Cronyn & Robinson, 1990, p.200; Scott & Eggert, 2009, p.88).

3.6 Conclusie

De kanonskogels uit dit onderzoek zijn geproduceerd met behulp van de zandgiet techniek voor gietijzer. Na de productie zijn zij aan boord gebracht van drie schepen met de intentie deze te gebruiken als artillerie, of om te verhandelen, maar voordat dit plaats kon vinden zijn de drie schepen gezonken rondom Texel.

Het wrak Buytensorgh werd het vroegst ontdekt, in de jaren '50. Over de 40 jaren daarna zijn hier, vaak zonder goede documentatie, objecten uit opgedoken. Hieronder vallen de kanonskogels van de drie onderzochte scheepswrakken. Zij zijn zeer waarschijnlijk niet goed ontzout omdat de benodigde kennis om deze techniek succesvol uit te voeren pas later bekend werd, en bewijs van zouten aanwezig is op het oppervlak. De Buytensorgh kogels zijn waarschijnlijk geïmpregneerd met een nog ongeïdentificeerde organische polymeer.

In de jaren '80 werd het wrak Aanloop Molengat ontdekt. Omdat deze een moeilijke ligging had en de onderwater archeologie nog in de kinderschoenen stond is dit wrak over 15 jaar langzaam onderzocht en opgegraven. Slechts een deel van de kogels is geconserveerd, waarschijnlijk tegelijk en met de zelfde technieken als de kogels van Scheurrak SO1.

Scheurrak SO1 werd ontdekt in het zelfde jaar als Aanloop Molengat, maar dit wrak is pas vanaf 1989, over een periode van 10 jaar zorgvuldig gedocumenteerd en opgegraven. Van de kogels uit dit wrak is het overgrote deel geconserveerd. Zij zijn ontzout doormiddel van gloeien tot 800°C, de concreties en corrosieproducten zijn verwijderd door het stralen met grasparels, en zij hebben een beschermende epoxy coating en een zwarte kleur gekregen.

De kogels van ieder wrak blijken aldus sinds hun opgraving anders te zijn behandeld en deels anders te zijn geconserveerd. De eerdere ontdekte variatie in stadia van degradatie per wrak lijkt daarom beïnvloed te zijn door de conserveringsbehandelingen in het verleden.

4. Opslag

4.1 Introductie

Om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden is het belangrijk te weten hoe de ijzeren kanonskogels zijn onderhouden na hun opgraving. In dit hoofdstuk zal de opslag in het Maritiem Archeologisch Depot van Batavialand behandeld worden met het doel te achterhalen welke onderdelen van de opslag ontoereikend zijn, en daardoor een mogelijke oorzaak kunnen geven voor het degraderen van de kanonskogels.

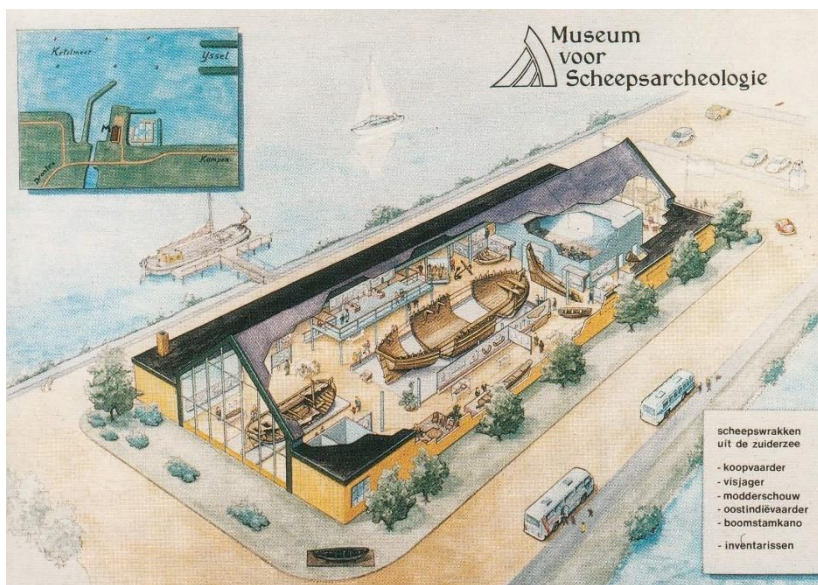
Allereerst zal kort beschreven worden waar en in wat voor omstandigheden de ijzeren kanonskogels zijn opgeslagen in het verleden. Daarna zal beschreven worden hoe huidige opslag er uit ziet en met welke schadefactoren, waaronder luchtvochtigheid, licht en vervuilende stoffen, rekening wordt gehouden in het depot. Tot slot zal gekeken worden naar hoe de ideale opslag er uit zou zien, aan de hand van de “preventieve conserveringsconventies”, beschreven door het Canadian Conservation Institute (CCI) en andere conserveringsbronnen. Hier zal de focus voor keuzes in de opslag liggen op die voor ijzeren objecten met zout contaminatie, maar het zal ook aangegeven worden als dit ideaal voor metaal niet realistisch is voor een gemengde opslag zoals in museum Batavialand.

4.2 Opslag in het Verleden

De objecten in de collectie van museum Batavialand hebben met de tijd op vele verschillende locaties gelegen. Te beginnen in de jaren '40 en '50 in het Oudheidkundig Museum (Fig. 4.1). Dit was een klein museum in een kerkje op Schokland waar objecten werden gerestaureerd en tentoongesteld nadat men deze gevonden had bij de drooglegging van het Wieringermeer en de Noordoostpolder (Beeld en Geluid, 1950). Vervolgens heeft de maritieme collectie in het Museum voor Scheepsarcheologie te Ketelhaven tentoongesteld gestaan in de periode van 1969 tot 1999 (Fig. 4.2). Destijds was een deel van de collectie niet tentoongesteld voor het publiek, maar in een aparte schuur op kavel N2 (pers. comm. Joran Smale). Vanaf 1999 lag de collectie in het NISA depot te Lelystad, totdat in 2017 museum Batavialand de ruimte wist te bieden voor de volledige maritieme collectie. De kasten waarin de objecten in het NISA werden opgeslagen, zijn dezelfde kasten die in het huidige depot in Batavialand staan.



Figuur 4.1: De tentoonstelling van de collectie in het Oudheidkundig Museum op Schokland. (Archief, Batavialand, J. Smale, pers. comm. 19-08-2022)



Figuur 4.2: Een tekening van het Museum voor Scheepsarcheologie te Ketelhaven. (Archief, Batavialand, J. Smale, pers. comm 19-08-2022.)

4.3 Huidige Opslag

4.3.1. Locatie



Figuur 4.3: *Museum Batavialand. De locatie van het depot is in oranje omlijnd.*
(Batavialand, Batavialand.nl/dagje-uit)

De onderzochte ijzeren kanonskogels zijn tegenwoordig opgeslagen in het Maritiem Archeologisch Depot van museum Batavialand. Dit depot bevindt zich in een grote ruimte met ramen op de eerste verdieping van het gebouw, zie figuur 4.3.

Volgens Joran Smale, depotbeheerder van museum Batavialand, is de ruimte niet altijd gebruikt voor de opslag van archeologische vondsten: het was origineel in gebruik als archief voor boeken, opgravingsdocumentatie en andere belangrijke documenten. Doordat de huidige ruimte niet ontworpen is voor het opslaan van archeologische vondsten wordt het klimaat niet gereguleerd en wordt niet aan alle eisen voldaan. Dit kan nadelig zijn, en heeft waarschijnlijk invloed gehad op de aftakeling van de ijzeren kanonskogels.

4.3.2. Huidige Opstelling



Figuur 4.4: Rijen aan stellingkasten met glazen schuifdeuren. (Maritiem Archeologisch Depot, M. Brouwer, 2023)

De huidige opslag ruimte is ingedeeld in rijen van stellingkasten (fig. 4.4), waarvan een deel tegen de muur aan staat (afstand tussen kast en muur variërend van 0.5-1cm), zie bijlage 6. Hierin staat het merendeel van de objecten. De veelal kleinere objecten zijn opgeslagen in ladekasten. De objecten zijn ingedeeld op basis van de opgraving en het wrak van herkomst. Hier is voor gekozen zodat een goed overzicht gehouden kan worden van waar objecten vandaan komen en welke bij elkaar horen. Naast opslag is een deel van de ruimte ook in gebruik voor onderzoek naar de objecten, hier staan grote tafels, verschillende meetinstrumenten, een kleine fotografeerstudio en andere benodigheden voor het onderzoek. Sinds kort staat hier ook een klimaatkast, ingesteld op 18°C en 30% relatieve luchtvochtigheid (RV), maar hier liggen nog geen objecten in.

De stellingkasten hebben een verflaag en bestaan uit metalen schappen met een glazen voorzijde. Deze glazen voorzijde is open te maken met een schuif mechanisme die op slot gedaan kan worden. De kasten hebben gaten en kieren waardoor de objecten niet luchtdicht zijn afgesloten van de buitenlucht. Het merendeel van de objecten liggen op de schappen in contact met de gele metalen ondergrond. Een klein deel ligt op glazen schaaltes, zit in kunststof bakjes, dozen of is opgehangen in de schappen. Na de verhuizing van de collectie naar Batavialand lagen de objecten op de schappen met een schuim barrière, maar deze is verwijderd nadat bleek dat sommige objecten coatings hadden die bleven plakken aan dit schuim.

4.3.3. Temperatuur, RV en Licht

In het Maritiem Archeologisch Depot wordt het klimaat niet volledig geregeld, maar wel gedocumenteerd. In de opslag ruimte worden de temperatuur en relatieve luchtvochtigheid (RV) gemeten met “dataloggers”. Één hangt in het midden van de ruimte in een van de kasten, de ander in één van de textiel kasten. Het verschil tussen beiden blijkt minimaal te zijn (Smale, pers. comm. 19-08-2022). Aan de hand van de data uit 2021 van deze dataloggers kan worden geconstateerd dat de temperatuur door het jaar heen relatief constant blijft, maar dat de RV schommelt. In de winter schommelt het tussen de 20-50%, en in de zomer tussen de 55-85%. Dit is al een grote schommeling binnen een seizoen, maar over een heel jaar is het verschil in RV enorm. Deze mate van schommeling in RV kan schadelijk zijn voor alle objecten in een opslag, maar vooral voor metaal is dit desastreus (Cronyn & Robinson, 1990, p. 201). Deze schommeling wordt veroorzaakt door het ventilatiesysteem van het gebouw, dat in direct contact staat met de buitenlucht.

Het zonlicht dat vanuit de ramen naar binnen komt bevat ultraviolet (UV) en infrarood licht (IR). Het UV licht kan gefilterd worden, maar dit is niet het geval in het Maritiem Archeologisch Depot. Hoewel de ramen relatief klein zijn en niet veel licht binnen laten, staat een deel van de stellingkasten richting de ramen (fig 4.5) en komen de objecten wel in contact met zonlicht.



Figuur 4.5: Lichtinval aan de linkerkant van de depotruimte.
Foto genomen in de ochtend, in de namiddag schijnt de zon hier naar binnen.
(Maritiem Archeologisch Depot, M. Brouwer, 2023)

4.3.4. Verontreinigende Stoffen

De lucht in het depot wordt om het jaar gemeten doormiddel van een “luchtkiemgetal” meting. Deze meet de kans op schimmelgroei in de ruimte. De uitkomst van deze meting is tot op heden altijd 0 geweest. Andere verontreinigende stoffen in de lucht die van invloed zijn op metaal, zoals roet en chlorides, worden niet gemeten.

Omdat deze niet gemeten worden zal hier beredeneerd worden of andere verontreinigende stoffen aanwezig zouden kunnen zijn in het depot. Omdat het luchtventilatiesysteem de buitenlucht naar binnen brengt, en de kasten niet luchtdicht afgesloten kunnen worden, kunnen verontreinigende stoffen van buiten in contact komen met de objecten. Batavialand ligt ver genoeg van zee dat chlorides minimaal aanwezig zijn, maar andere verontreinigende stoffen kunnen mogelijk invloed hebben op de collectie. Ook objecten kunnen verontreinigende stoffen uitscheiden, en deze kans wordt verhoogd met blootstelling aan zonlicht (Pearson, 1987, p.268). Omdat de objecten in Batavialand per wrak worden opgesteld, en niet per materiaal, is het een mogelijkheid dat deze uitscheidende stoffen invloed hebben op de collectie. De kasten, en vooral de verf op de kasten, kunnen mogelijk ook stoffen uitscheiden, maar in het verleden zijn de kasten en de verf gekozen door iemand met kennis van deze problematiek, dus de kans is groot dat deze emissievrij zijn (Smale, pers. comm. 19-08-2022). Wel kan dit proces alsnog optreden na veroudering van het materiaal. Hier is verder geen onderzoek naar gedaan. Tot slot kan ongedierte, en vooral hun uitwerpselen en stoffelijke resten, ook schadelijke stoffen uitscheiden. In het depot zijn muizen, spinnen en andere insecten gevonden in het verleden, dus deze schadelijke stoffen zijn mogelijk aanwezig in het depot.

Één verontreinigende stof is met zekerheid aanwezig in het depot: stof. Stof is namelijk aanwezig in iedere ruimte waar mensen zich begeven. Om te achterhalen of het stof ook aanwezig is binnen de stellingkasten is dit getest. 2 maanden lang heeft in de stellingkasten tape gelegen wat stof aantrekt. Na 2 maanden had stof zich verzameld op het tape, dus er kan vanuit worden gegaan dat stof neer valt op de objecten. Wel was dit een lagere hoeveelheid stof dan werd verwacht. Stof, waaronder huidschilfers, bevorderen de groei van corrosie (zie 4.4.3 voor verdere uitleg).

4.4 Het Ideaal en Verbeterpunten

Nu is besproken hoe de huidige opslag er uit ziet in het Maritiem Archeologisch Depot van Batavialand, zal een overzicht worden gemaakt van hoe in een ideale opslag met deze schadefactoren om wordt gegaan, en waar de opslag verbeterd zou kunnen worden om dichterbij dit ideaal te komen.

4.4.1 Opstelling en Licht

Ondanks het feit dat metaal zelf niet degradeert in contact met UV, organische resten, waaronder coatings, dit wel doen (Fuwei 2014, p.283). Deze degradatie resulteert in de verkleuring en het bros worden van de coating, dat op den duur defecten en plaatselijke corrosie tot gevolg kan hebben. Daarnaast geven de organische materialen ook verontreinigende stoffen af in contact met licht (Pearson, 1987, p.268). Daarom stel ik voor de ramen een uv-filter te geven, ondanks dan momenteel maar een minimale hoeveelheid van de collectie is blootgesteld aan het licht van de ramen.

Een ander verbeterpunt voor de opstelling is de afstand van de kasten tot de muren. Bij een verschil in temperatuur van de muur en de binnen lucht kan condens optreden op de binnenmuur (Tremain, 2018). Wanneer weinig afstand wordt gehouden tussen deze muur en de kasten ontstaat hier een *microklimaat*. Door meer afstand tussen de kasten en de muur te creëren kan deze plek doorluchten en is de kans kleiner dat het temperatuurverschil ook op treed in de kast, en zo het vocht invloed kan hebben op de objecten in de kasten.

Ten slotte wordt in de preventieve conserveringsconventies aangeraden objecten in een collectie te beschermen tegen het schokken en schuren tegen elkaar en de schappen. Metalen objecten mogen niet in direct contact staan met het oppervlak waar deze op liggen (Loghan & Selwyn, 2007b). Dit kan gedaan worden door de oppervlakken binnen de kasten te bedekken met een polyethyleen of polypropyleen schuim, of door de objecten individueel te beschermen met steunen die uit dik polyethyleenschuim zijn gesneden (Logan & Selwyn, 2007b). Een nadeel van een laag beschermend schuim tussen het oppervlak en museum objecten is dat deze hierdoor minder stevig op het oppervlak kunnen rusten, maar dit is niet van toepassing voor de ronde kanonskogels. Deze zullen juist steviger staan omdat zij met schuim meer contact met het oppervlak van de schappen hebben. Tot slot zijn een deel van de objecten gecoat met een substantie die negatief geageerd op contact met schuim. Om deze objecten te beschermen kan hier een laag polyester folie (Melinex) tussen het schuim en de kogels worden aangebracht als barrière.

4.4.2 RV en Temperatuur

De ideale temperatuur voor archeologische objecten is tussen de 15-20°C (Pearson, 1987, p269). Temperatuur heeft geen directe invloed op ijzer, maar indirect wel, omdat wanneer de temperatuur omlaag gaat, de RV zal stijgen. Een hogere temperatuur is dus voordeliger voor ijzer (Michalski, 2021). De temperatuur mag schommelen, zolang dit langzaam en geleidelijk gebeurt (zoals bij seizoenswisselingen) (Jütte, 1992, p.6).

De ideale luchtvochtigheid voor ijzer hangt af van de contaminaties (Michalski, 2021). Niet gecontamineerd ijzer zal pas bij een RV van 80% gaan corroderen, maar met iedere toegevoegde soort contaminatie zal de corrosie bij een steeds lagere RV beginnen te groeien, en zal ook de corrosiesnelheid exponentieel toenemen.

Voor archeologisch ijzer is de meest ideale luchtvochtigheid onder de 30% (Cronyn & Robinson, 1990, p. 195), maar dit is niet haalbaar in gemengde collecties, zoals in Batavialand. Dit komt doordat organische objecten degraderen onder deze lage percentages. Bij gemengde collecties wordt daarom een ideaal tussen de 45-60% RV aangehouden. Voor maritiem archeologisch ijzer wordt specifiek aangegeven dat, wanneer het ijzer is gestabiliseerd, een RV van <65% het corrosieproces minimaal houdt (Cronyn & Robinson, 1990, p. 201). Tot slot is het uiterst belangrijk dat de RV nooit boven de 75% stijgt. Wanneer dit plaats vindt, vermengt het water zich met de verontreinigende stoffen op het oppervlak (stof, vingerafdrukken, etc) tot een "zeer corrosieve oplossing" (Cronyn & Robinson, 1990, p. 195).

Naast dit gewenste "gemiddelde" voor RV, is het extreem belangrijk dat de RV niet schommelt. Juist tijdens een schommeling vormt ijzer de meeste corrosieproducten, meer dan wanneer deze zich stabiel, in bijvoorbeeld een hoge RV, bevindt. Het liefst blijft deze schommeling binnen de 5% verschil, maar bij schommelingen tot 15% is de schade nog minimaal (Pearson, 1987, p269). Opvallend genoeg zijn langzame schommelingen hier meer schadelijk dan een abrupte. Hoe langer het metaal zich in een instabiele RV bevindt, hoe schadelijker.

Het stabiel houden van de luchtvochtigheid wordt gedaan met behulp van klimaatbeheer. Voor klimaatbeheer in een volledige ruimte kan een gespecialiseerd ventilatiesysteem geïnstalleerd worden, of op kleinere schaal kunnen de objecten in luchtdichte kasten, bakjes of plastic zakken worden bewaard waar silica gel of VCI papier de RV constant houdt (Logan & Selwyn, 2007a).

4.4.3 Verontreinigende Stoffen

In het ideaalbeeld van collectiebeheer komen objecten zo min mogelijk in contact met verontreinigende stoffen (Tétreault, 2021). Voor de verontreinigende stoffen in de lucht en het neerslaan van stof wordt dit doorgaans bereikt door de objecten op te bergen in luchtdichte en emissievrije containers. Dit kunnen grote kasten of lades zijn, maar ook kunststof bakjes en zakjes die luchtdicht worden afgesloten, wanneer een open opstelling wordt gebruikt (Logan & Selwyn, 2007a). Hierbij worden de objecten alleen blootgesteld aan deze stoffen wanneer zij tijdelijk uit hun “verpakking” worden gehaald. De objecten kunnen ook in zuurvrij papier worden gewikkeld, maar dit houdt alleen het stof tegen. Wanneer papier, polyethyleen schuim of andere kunststoffen worden gebruikt is het van belang dat deze tijdig worden vervangen, omdat deze ook verontreinigende stoffen kunnen uitstoten tijdens het degradatie proces (Tétreault, 2021).

Een andere verontreinigende stof die veel schade aan metaal kan veroorzaken zijn de stoffen aanwezig op de huid (Pearson, 1987, p.268). Het is van uiterste belang dat men de objecten dus niet met de handen aanraakt, maar in plaats daarvan handschoenen gebruikt (Cronyn & Robinson, 1990, p.201). Hier gaat de voorkeur uit naar wegwerp handschoenen, omdat blijkt dat katoenen handschoenen in de praktijk vaak niet genoeg worden gewassen om het overdragen van deze stoffen te voorkomen.

4.5 Conclusie

Het blijkt dat in de huidige opslag van het Maritiem Archeologisch Depot een aantal schadefactoren ver van het ideaal liggen, en dat verbeteringen van belang zijn om de degradatie van de objecten tegen te gaan. Een kort overzicht kan gevonden worden in tabel 4.1:

Tabel 4.1: Een kort overzicht van de preventieve conserveringsonderdelen die van belang zijn in collectiebeheer. (M, Brouwer, 2023)

Het klimaat van de Opslag in de Huidige Collectie	Ontoereikend voor Maritiem IJzer Opslag	Voldoende voor Gemengde Opslag	Voldoende voor Maritiem IJzer Opslag
<i>Opstelling</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Licht</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Luchtvochtigheid</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Temperatuur</i>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<i>Verontreinigende Stoffen</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Notitie: Wanneer een onderdeel degradatie kan veroorzaken omdat deze niet voldoet aan de standaarden, zijn verbeteringen benodigd en staat deze aangegeven als "ontoereikbaar".

Hieruit kan worden geconcludeerd dat de eerder bevonden variatie in degradatie door de tijd heen, mogelijk is veroorzaakt door deze ontoereikende onderdelen in de opslag van de kanonskogels. In de onderzochte variatie tussen nu en 10 jaar geleden is geconcludeerd dat een deel van de kogels ook toen al actief corrodeerden, dat voor de verhuizing naar Batavialand in 2017 plaatsvond. Een ontoereikend klimaat zal in het verleden dus ook al een rol hebben gespeeld.

5. Conclusie met Aanbevelingen

5.1 Conclusie

Uit het onderzoek naar de huidige conditie van de kanonskogels in Batavialand is gebleken dat het overgrote deel van de onderzochte kogels actief aan het corroderen is. Dit betekent dat een verval in conditie inderdaad plaats vindt. Ondanks het feit dat de kogels op een enkele na aan het degraderen zijn, is er een groot verschil in het verval in conditie. Het blijkt dat de variatie zeer groot is tussen de kogels met verschillende conserveringstechnieken, en dat kogels die met dezelfde technieken zijn geconserveerd, maar van verschillende wrakken afkomstig zijn, zich in een gelijke conditie verkeren. Dit betekent dat de wijze waarop de kogels zijn geconserveerd een grote invloed heeft gehad op hun gradatie van verval en de huidige conditie, en dat de intrinsieke verschillen tussen de kogels door materiaal, productie en leeftijd van verschillende wrakken maar een minimale invloed heeft gehad. Daarnaast blijkt een verschil aanwezig te zijn tussen de conditie van de kogels, zowel in het heden als in het verleden, wat aanduidt dat deze in de laatste 10 jaar verslechterd zijn in conditie.

De kogels in het Maritiem Archeologisch Depot zijn onderhouden door deze eerst te conserveren doormiddel van spoelen, gloeien tot 800°C, zandstralen met glasparels en tot slot door meerdere coatings van epoxyhars aan te brengen, waarvan bij sommige een zwart pigment is aangebracht. Daarna zijn deze bewaard in open stellingkasten waarbinnen de temperatuur stabiel bleef, maar de luchtvochtigheid sterk schommelde. Ook zijn de kogels en hun coatings niet beschermd tegen UV-straling en kunnen de kogels in aanraking komen met vervuilende stoffen. Deze conserveringstechnieken en wijze van opslag zijn niet voldoende volgens de huidige standaarden voor het behoud van maritiem ijzer in een museumcollectie, en dit verklaart het verval in conditie in het recente verleden.

Omdat het overgrote deel van de onderzochte collectie aan het corroderen is en alle onderzochte kogels zich in niet-ideale omstandigheden hebben verkeerd, hebben alle kogels interventie nodig. Welke interventie precies benodigd is voor het stoppen van verdere degradatie met het doel de kanonskogels te behouden, wordt hier opvolgend benoemd in "Aanbevelingen".

5.2 Aanbevelingen

Om te voorkomen dat de kanonskogels in het Maritiem Archeologisch Depot van Batavialand voort blijven degraderen is interventie nodig. Omdat een groot deel van de kogels niet op nieuw geconserveerd kunnen worden. Door hun epoxy coating kunnen deze alleen preventief worden geconserveerd met behulp aanpassingen in de opslag. Daarom is voorkomen, in deze situatie, beter dan 'genezen'.

De belangrijkste aanpassing is het verlagen, of deze op zijn minst stabiel houden, van de luchtvochtigheid. Dit kan worden volbracht door klimaatbeheer van de opslagruimte, of op kleinere schaal door objecten individueel te beschermen in luchtdichte polyethylene zakken of zuurvrije bakken gevuld met silica gel of andere corrosieremmers. Het wordt sterk aangeraden om vooral de ijzeren kanonskogels die met epoxy zijn behandeld en die actief aan het corroderen zijn snel te verplaatsen naar een beter klimaat, bijvoorbeeld door deze in de nieuwe klimaatkast te leggen.

Naast het aanpassen van het klimaat, moet ook worden gelet op het verzamelen van stof en andere vervuilende stoffen op het oppervlak van de gietijzeren kanonskogels. Omdat geen grote hoeveelheden stof zich lijken te verzamelen op de kogels, heeft deze aanbeveling minder prioriteit dan het beheren van de RV. Het verzamelen van stof kan worden verholpen door andere kasten te gaan gebruiken die wel luchtdicht zijn, door de objecten in zuurvrij papier te wikkelen of het papier in grote vellen over de objecten te draperen, of, zoals eerder benoemd, de objecten in zakken of bakken op te slaan. Naast het voorkomen van het verzamelen van stof, is het zeer belangrijk dat de ijzeren objecten in het Maritiem Archeologisch Depot ten alle tijden worden gehanteerd met handschoenen. Bij voorkeur door het gebruik van wegwerp handschoenen zoals nitril of latex handschoenen.

Tot slot wordt aanbevolen om de objecten te beschermen tegen schokken en stoten. Vooral objecten die kunnen rollen, zoals de onderzochte kanonskogels, hebben bescherming nodig om dit te voorkomen. Dit probleem kan verholpen worden door een laag polyethyleen schuim op de schappen te leggen zoals Ethafoam, PolyPlank, Volara, Plastazote, or Nalgene (Logan & Selwyn, 2007b). Voor de objecten die kunnen rollen wordt daarnaast aangeraden om ook schuim tussen de objecten te leggen om te voorkomen dat deze tegen elkaar aan stoten.

5.3 Discussie

Hoewel langdurig en grondig onderzoek is gedaan naar de meest recente richtlijnen voor het conserveren van archeologisch metaal, moet in acht worden gehouden dat deze richtlijnen subjectief zijn. Ieder land heeft zijn eigen voorkeuren voor opslagcondities en conserveringstechnieken. Ook worden deze richtlijnen voortdurend aangepast en verbeterd wanneer hier nieuwe inzichten naar voren komen. Voor dit onderzoek is geprobeerd de meest recente richtlijnen aan te houden, maar deze zullen snel weer achterhaald zijn.

Ook moet in acht worden gehouden wat het doel van de huidige opstelling is: om de objecten zo op te stellen dat zij gemakkelijk bekeken kunnen worden door bezoekers van het depot. Wanneer de objecten worden verpakt in bijvoorbeeld plastic zakken of zuurvrij papier zullen zij niet meer gemakkelijk te bekijken zijn, wat het doel van de gekozen opstelling teniet doet.

5.4 Suggesties voor Verder Onderzoek

Deze scriptie is een vooronderzoek om te achterhalen waar mogelijk de oorzaken liggen van de degradatie van de onderzochte kanonskogels. Om de huidige conclusies te bevestigen moeten de kogels onderzocht worden met analyse technieken zoals microscopisch onderzoek en XRD om de corrosieproducten met precisie te identificeren en mogelijk het gebruik van XRF en SEM-EDX om achter de compositie van het ijzer te komen. Ook is een onderzoek naar de soort coating die op de Buytensorgh kogels aanwezig is en of deze verwijderd kan worden een interessant onderzoek, omdat dit zou kunnen uitwijzen of deze kogels misschien op nieuw geconserveerd kunnen worden.

Abstract

Nederlands

In deze bachelor scriptie is een selectie van gietijzeren kanonskogels uit de collectie van het Maritiem Archeologisch Depot van Batavialand onderzocht met het doel de oorzaak vast te stellen voor de waargenomen degradatie in deze objecten. De kogels zijn onderzocht doormiddel van visueel onderzoek, het lezen van oude archeologische- en conserverings-documentaties en door vergelijkingen in conditie te trekken tussen de kogels in het verleden en heden, om zo de oorzaak van de degradatie te achterhalen. Uit dit onderzoek is gebleken dat het overgrote deel van de kanonskogels actief aan het corroderen is. Na verder onderzoek naar de eerdere conservering is gebleken dat een deel van de conserveringstechnieken die zijn gebruikt voor de kogels achterhaald en minder effectief zijn in vergelijking met huidige technieken. Een van de voornaamste verouderde technieken die een grote invloed hebben op de huidige conditie van de kanonskogels, zijn het ontzouten van het ijzer doormiddel van gloeien tot 800°C, en het aanbrengen van een dikke coating van epoxyhars op het oppervlak van de kanonskogels. Ook is gebleken dat de huidige wijze van opslag in Batavialand ontoereikend is voor de opslag van maritiem archeologisch ijzer. Deze conclusie is getrokken uit onderzoek naar de opstelling, relatieve luchtvochtigheid (RV), temperatuur, licht en verontreinigende stoffen in de opslagruimte. Hiervan was vooral de RV zeer verontrustend omdat deze sterk schommelt: 's winters tussen de 20-50%, en 's zomers tussen de 55-85%. Aan de hand van deze onderzoeksuitkomsten is geconcludeerd dat de gietijzeren kanonskogels interventie nodig hebben om te voorkomen dat deze verder degraderen en zo archeologische informatie verloren gaat. Tot slot zijn aanbevelingen gegeven voor aanpassingen in het collectiebeheer van Batavialand om deze voortdurende degradatie te voorkomen.

English

In this bachelor's thesis a selection of cast iron cannonballs from the collection of the Maritime Archaeological Depot of Batavialand have been examined with the aim of determining the cause of the observed degradation of these objects. The cannonballs have been evaluated through visual examination, review of archaeological and conservation documentation, and comparison of the cannonballs' past and present condition, in order to determine the cause of the degradation. This research has shown that the vast majority of these cannonballs are actively corroding. After further investigation of past conservation treatments, it was determined that some of the techniques used on the cannonballs are outdated and less effective than those of the present. Some of the main outdated techniques that have a large influence on the current condition of the cannonballs are the extraction of chlorides through the heating of the cannonballs up to 800°C, and coating the cannonballs with a thick layer of epoxy resin. The current storage conditions in Batavialand have also been determined to be inadequate for the storage of marine archaeological iron. This conclusion was drawn from research into the layout, relative humidity (RH), temperature, light, and pollutants of the storage space. Of these, the RH was especially notable, as it fluctuates heavily between 20-50% in winter, and 55-85% in summer. Based on these findings, it has been concluded that the cast iron cannonballs need intervention to prevent further degradation, and thus the loss of archaeological information. Finally, recommendations were made for adjustments in Batavialand's collection management to prevent this continuation of degradation.

Referenties

- Ankersmit, B. (2009). *Klimaatwerk richtlijnen voor het museale binnenklimaat*. Amsterdam University Press.
- Batavialand (2019, 25 november). *Opgravingsdocumentatie scheepswrak Buytensorgh*. <https://doi.org/10.17026/dans-zv3-hpm5> (<https://easy.dans.knaw.nl/ui/datasets/id/easy-dataset:201088>)
- Bazelmans, J.G.A. (2012). *Wrak Aanloop Molengat. Analyse en presentatie van de eerste onderwateropgraving in de Noordzee*. DANS. <https://doi.org/10.17026/dans-xuj-v327> (<https://easy.dans.knaw.nl/ui/datasets/id/easy-dataset:50711>)
- Bazelmans, J.G.A., Maarleveld, T.J., Overmeer, A.B.M. (2015). *Scheurrak SO1 Project*. DANS. <https://doi.org/10.17026/dans-zm3-nkk4> (<https://easy.dans.knaw.nl/ui/datasets/id/easy-dataset:61891>)
- Beeld en geluid (1950, 29 augustus). *Oud Scheepswrak in de Polder Gevonden*. <https://zoeken.beeldengeluid.nl/program/urn%3Avme%3Adefault%3Aprogram%3A2101608140120133631>
- den Braven, A., Broekman, S., Huisman, M., Kemme, W., Mosterd, M. & van 't Veer, R. (2003). *De Buytensorgh: onderzoek – restauratie – presentatie van een 18^e eeuwse VOC schip*. Amsterdam, Universiteit van Amsterdam & NISA
- Brinck, N. (2020). *Kanonnen van Nederland: Nederlands geschut en andere oude kanonnen in Nederland*. Amersfoort, Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed.
- Brouwers, W. (2021, 6 October). *Scheurrak SO1 (+1600)*. MASS. <https://mass.cultureelerfgoed.nl/scheurrak-so1>
- Buchwald, V. F. & Wivel, H. (1998). Slag Analysis as a Method for the Characterization and Provenancing of Ancient Iron Objects. *Materials Characterization*, 40(2), 73–96.
- Callister, & Rethwisch, D. G. (2020). *Materials science and engineering: an introduction* (10th edition.). Wiley.
- Canadian Conservation Institute (CCI). (2017, 26 september). *Agents of deterioration*. Government of Canada. <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/agents-deterioration.html>
- Cramer, S. D., Covino, B. S. (2005). *ASM Handbook 13B: Corrosion: Materials*. ASM International.
- Cronyn, J. M., & Robinson, W. S. (1990). *The elements of archaeological conservation*. London: Routledge.
- Fuwei L., Mingxi Y., Bangyun X., Feng Z., Wenfeng M., Zhe C., Chunqing H, Xipo Zhao & Pengfei F. (2014). Evolution of microstructure of epoxy coating during UV degradation progress

- studied by slow positron annihilation spectroscopy and electrochemical impedance spectroscopy, *Electrochimica Acta*, Volume 133. 283-293.
- Hamilton, D. L. (1999). Conservation of cultural materials from underwater sites. *Archives & Museum Informatics*, 13(3-4), 291–323.
- de Hoogd, C. (2022, 29 October). *Buitenzorg (+1770)*. MASS.
<https://mass.cultureelerfgoed.nl/buitenzorg>
- Jütte, B.A.H.G. (1992). *Passieve Conservering: Klimaat en Licht*. Amsterdam, Centraal Laboratorium Onderzoek van Voorwerpen van Kunst en Wetenschap
- Keene, S. (1991). Real-time Survival Rates for Treatments of Archaeological Iron. *Ancient & Historic Metals: Conservation and Scientific Research*. Getty Conservation Institute
- Koster, A., Nooijen, C., Mahu, I., van der Stok, J., Langelaar, J., Abelskamp, K., Huisman, M., Nick den Uijl, N., de Rijk, P., Kaan, P., Hoss, S., Heeren S., & Kauling, T. (2021) *KNA-Leidraad: Metaal*. Leidraad SIKB.
- Landelijk Werkgroep Archeologie Onderwater (LWAOW) (2016). *Basiskennis Maritieme Archeologie*. Boek Landelijk Werkgroep Archeologie Onderwater (LWAOW).
- Logan, J., Selwyn L, Cook, C, Grant, Tl. (2013). *Tannic Acid Coating for Rusted Iron Artifacts, formerly published under the title Tannic Acid Treatment*. Canadian Conservation Institute (CCI), Notes 9/5 <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/canadian-conservation-institute-notes/tannic-acid-rusted-iron-artifacts.html>
- Logan, J. and Selwyn, L. (2007a). *Care and Cleaning of Iron*. Canadian Conservation Institute (CCI), Notes 9/6 <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/canadian-conservation-institute-notes/care-iron.html>
- Logan, J. and Selwyn, L. (2007b). *Storage of Metals* – Canadian Conservation Institute (CCI), Notes 9/2 <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/canadian-conservation-institute-notes/care-iron.html>
- Logan, J. and Selwyn, L. (2007c). *Recognizing Active Corrosion*. Canadian Conservation Institute (CCI), Notes 9/1
<https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/canadian-conservation-institute-notes/recognizing-active-corrosion.html>
- Maarleveld, T. & Overmeer, A. (2012). Aanloop Molengat – Maritime archaeology and intermediate trade during the Thirty Years' War. *Journal of Archaeology in the Low Countries*. 4-1. 95-149
- MacLeod, I. (1987). *Conservation of wet wood and metal: Proceedings of the ICOM conservation working groups on wet organic archaeological materials and metals*. Perth, Western Australia Museum.

- Manders, M. (2022, 02 October). *Aanloop Molengat (+1640)*. MASS.
<https://mass.cultureelerfgoed.nl/aanloop-molengat>
- Michalski, S. (2018a, 17 mei). *Agents of deterioration: Light, Ultraviolet and Infrared*. Canadian Conservation Institute (CCI). <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/agents-deterioration/light.html>
- Michalski, S. (2018b, 17 mei). *Agents of deterioration: Incorrect Temperature*. Canadian Conservation Institute (CCI). <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/agents-deterioration/temperature.html>
- Michalski, S. (2021, 5 februari). *Agents of deterioration: Incorrect Relative Humidity*. Canadian Conservation Institute (CCI). <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/agents-deterioration/humidity.html>
- Overmeer, A.B.M. (2000). *Schipbreuk op het wad : een onderzoek naar de inrichting van het Scheurrak S01-wrak*. Leiden, Universiteit Leiden - Faculteit Archeologie
- Pearson, C. (1987). *Conservation of Marine Archaeological Objects*. Butterworths
- Plenderleith, & Werner, A. E. A. (1971). *The conservation of antiquities and works of art : treatment, repair, and restoration* (2nd ed.). Oxford University Press.
- Puype, J. P. (2001). Arms, munitions and artillery equipment. *Royal Armouries Yearbook*, 6, 117-128.
- Reardon A.C. (2011). *Metallurgy for the Non-Metallurgist*. Ohio, ASM International
- Scott, D. A. & Eggert, G. (2009). *Iron and Steel in Art : Corrosion, Colorants, Conservation*. Archetype Publications.
- Selwyn, L. (2004). *Metals and corrosion: a handbook for the conservation professional*. Canadian Conservation Institute
- Selwyn, L. (2004). *Overview of archaeological iron: the corrosion problem, key factors affecting treatment, and gaps in current knowledge*. Proceedings of metal, 294-306.
- Stewart, D. (2018, 14 december). *Agents of deterioration: Fire*. CCI.
<https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/agents-deterioration/fire.html>
- Strang, T. and Kigawa, R. (2022, 7 maart). *Agents of deterioration: Pests*. CCI.
<https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/agents-deterioration/pests.html#pest-parasites3>
- Tétreault, J. (2021, 17 februari). *Agents of deterioration: Pollutants*. CCI.
<https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/agents-deterioration/pollutants.html>
- Tremain, D. (2018, 17 mei). *Agents of deterioration: Water*. CCI.
<https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/agents-deterioration/water.html>

- Tremain, D. (2020, 27 januari). *Agents of deterioration: Thieves and Vandals*. CCI.
<https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/agents-deterioration/thieves-vandals.html>
- Untracht, O. (1975). *Metal Techniques for Craftsmen : A basic Manual for Craftsmen on the Methods of Forming and Decoration Metals*. Doubleday
- Voormolen, B. (1992). *Project aanloop molengat '92: Stageverslag vondstverwerking Molengat*. Ongepubliceerd stageverslag, Saxion.
- Waller, R. R. and Cato, P. S. (2019, 19 februari). *Agents of deterioration: Dissociation*. CCI.
<https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/agents-deterioration/dissociation.html>
- Watkinson, D. (1996). *Chloride extraction from archaeological Iron: Comparative Treatment efficiencies*. *Studies in Conservation*, 208-212.
- Williams, A. (2012). *The sword and the crucible a history of the metallurgy of European swords up to the 16th century*. Brill.

Bijlages

Bijlage 1: Degradatie

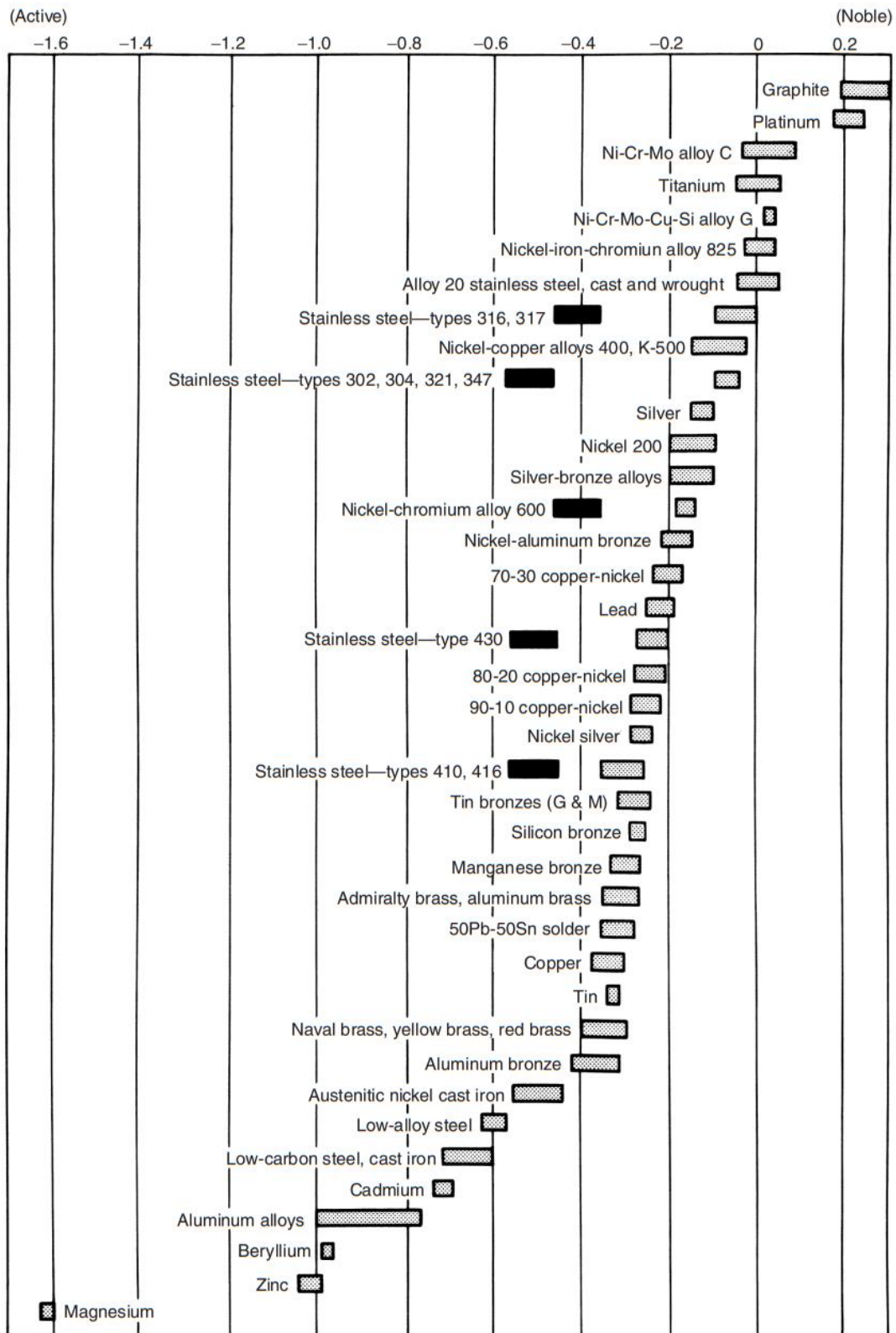
Tabel van de soorten degradatie zichtbaar op de onderzochte kanonskogels.

Kogel werknummer	Zeer Actieve Corrosie	Beginnende corrosie	Geen zichtbare corrosie	Mechanisch verval	Geconserveerd?
AM-D-31	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
AM-1991-16	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AM-PS22-07-1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AM-1993-30-3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
AM-1993-42	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
AM-93-90-40	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
AM-1992-20	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SO1-14902	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SO1-23268	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SO1-32536	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SO1-32659	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SO1-32763	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SO1-32781	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SO1-37051	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ZWa1959-IX12	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ZWa-1959-IX13	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ZWa-1959-IX15	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ZWa-1959-IX16	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Bijlage 2: De Stabiliteit van Metalen en Legeringen in Zeewater.

“Galvanic series for seawater. Dark boxes indicate active behavior of active-passive alloys. Applicable to flowing seawater 2.4–4.0 m/s (8–13 ft/s), 10–27 °C (50–80°F)”

Cramer, S. D., Covino, B. S. (2005). *ASM Handbook 13B: Corrosion: Materials*. ASM. 672.



Notitie. Verder links duidt op een meer instabiel metaal wat sneller zal reageren met zijn omgeving.

Bijlage 3: Aanwezige Corrosie





Tabel van de gedocumenteerde soorten corrosie op het oppervlak van de ijzeren kanonskogels.

Kogel werknummer	Zichtbaar Oorspronkelijk Ijzer (glimmend)	Oxidatie Corrosie	Chloride Corrosie	Weeping
<i>AM-D-31</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>AM-1991-16</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>AM-PS22-07-1</i>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>AM-1993-30-3</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>AM-1993-42</i>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>AM-93-90-40</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<i>AM-1992-20</i>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>SO1-14902</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>SO1-23268</i>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>SO1-32536</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>SO1-32659</i>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>SO1-32763</i>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<i>SO1-32781</i>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<i>SO1-37051</i>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>ZWa1959-IX12</i>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>ZWa-1959-IX13</i>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<i>ZWa-1959-IX15</i>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<i>ZWa-1959-IX16</i>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bijlage 4: Kogels Afbeeldingen

Bron: RCE Collectie Nederland: Batavialand. Opgehaald februari-april 2023.

<https://www.collectienederland.nl/vc/batavialand-collecties/> & Archief Batavialand, via
 Joran Smale, Beheerder van het Maritiem Archeologisch Depot, Batavialand.

Kogel werknummer	Afbeeldingen RCE 2011-2014	April-Mei 2022
AM-D-31	X	
AM-1991-16	X	
AM-PS22-07-1		

<p>AM-1993-30-3</p>		
<p>AM-1993-42</p>		
<p>AM-93-90-40</p>		
<p>AM-1992-20</p>		

<p>SO1-14902</p>		
<p>SO1-23268</p>		
<p>SO1-32536</p>		
<p>SO1-32659</p>		

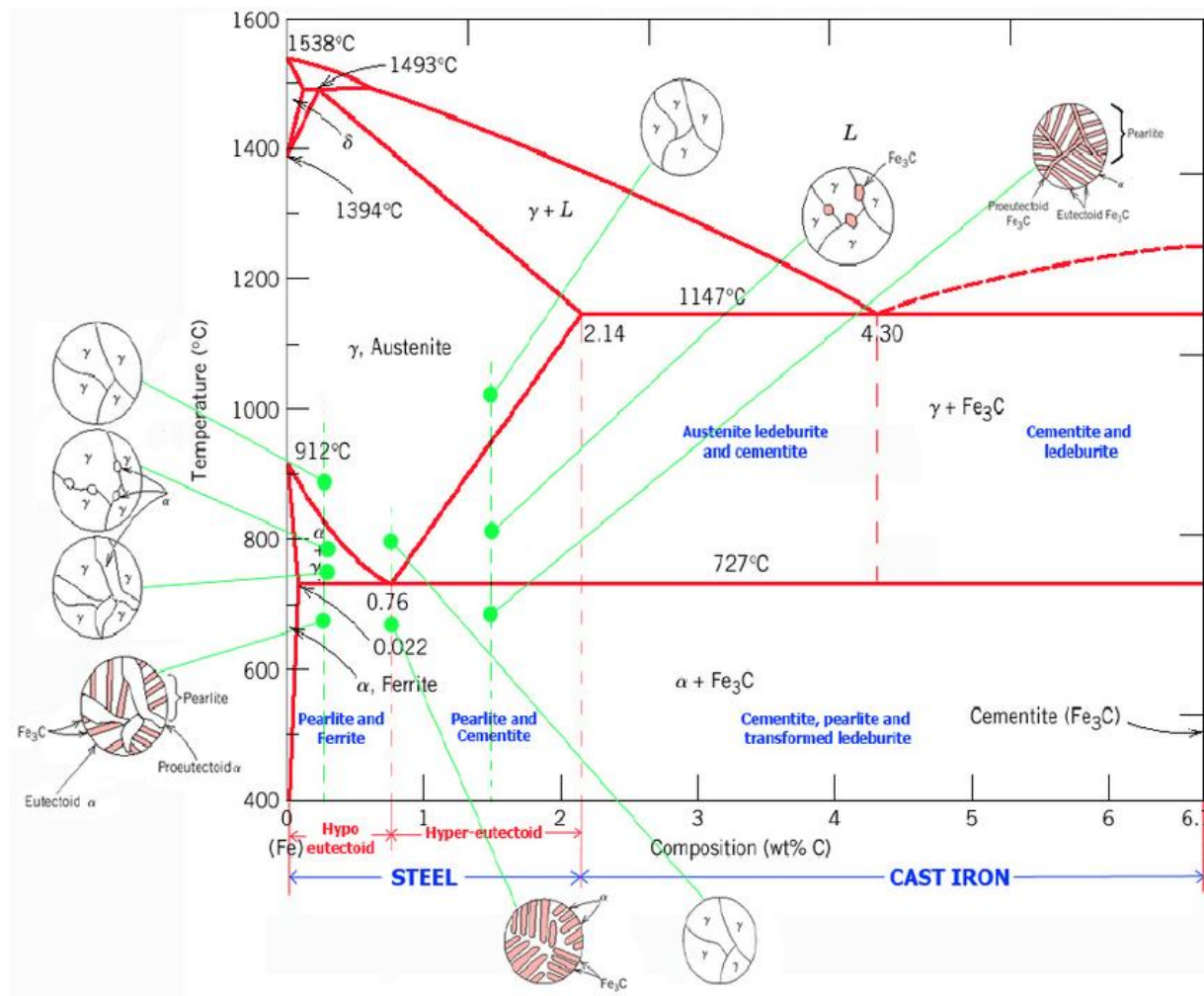
<p>SO1-32763</p>		
<p>SO1-32781</p>		
<p>SO1-37051</p>		
<p>ZWa1959-IX12</p>		

<p>ZWa-1959-IX13</p>		
<p>ZWa-1959-IX15</p>		
<p>ZWa-1959-IX16</p>		

Bijlage 5: IJzer-Koolstof Fasediagram

Een fasediagram geeft weer welke fasen (vast, vloeibaar, gas en tussenfasen) een materiaal heeft bij een vaste druk en verschillende temperaturen. De ijzer-koolstof fasediagram is ingewikkeld omdat ijzer verschillende vaste fasen heeft.

Bron: Behera, A, Behera, A, Mishra, S., Swain, S. (2011). *Cryogenic technique for processing steel treatment*. https://www.researchgate.net/figure/The-steel-phase-diagram_fig1_259980967



Bijlage 6: Opstelling

De opstelling van het Maritiem Archeologisch Depot. Getekend voor de verhuizing van het depot naar Batavialand. Schematische tekening op rasterpapier.

Bron: Archief, Batavialand, J. Smale, pers. comm. 19-08-2022

