

## Waldo Heliendoor Zagwijn

16 oktober 1928 - 26 juni 2018



Noord-Hollands Archief, collectie fotopersbureau De Boer

Op 26 juni 2018 is op negentachtigjarige leeftijd Waldo Heliodoor Zagwijn overleden, emeritus hoogleraar aan de Faculteit der Aardwetenschappen van de Vrije Universiteit Amsterdam. Waldo Zagwijn was sinds 1980 lid van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen (KNAW).

Als geoloog, palynoloog, en paleobotanicus heeft Waldo Zagwijn zich gericht op het ontwikkelen van een stratigrafie van Nederland, gebaseerd op vegetatie- en klimaatveranderingen. De Nederlandse situatie van een Kwartair dalingsbekken en het duidelijk voorkomen van glaciaal-interglaciaal cycli (ijstijden), bleek zich daarvoor uitstekend te lenen. Al in de late jaren vijftig werd duidelijk dat tijdens het Kwartair in Nederland meer dan vier ijstijden waren voorgekomen, meer dan in die tijd werd aangenomen. Zagwijn definieerde in zijn proefschrift het begin van het Pleistoceen, maar de internationale gemeenschap erkende dat pas toen hij al lang met pensioen was. Hij schetste in vier dimensies hoe de Nederlandse ondergrond door Rijn, Maas en Schelde werd opgebouwd. Hij was de architect van de klimaat- en chronostratigrafie van het Kwartair van West-Europa.

### **Zijn vroege jaren en opleiding**

Waldo Zagwijn werd op 16 oktober 1928 in Den Haag geboren. Zijn vader, die al vijftig was toen hij trouwde, was componist, en voorzorg in het levensonderhoud met het geven van lessen in handenarbeid en muziek. De broer van Waldo's vader was dirigent, maar er is geen muzikaliteit bij Waldo terecht gekomen. Zijn veel jongere moeder was nogal avontuurlijk van aard en had in haar jonge jaren veel gereisd, onder andere naar Afrika. Later werkte ze als telefoniste. De mineralenverzameling in zijn ouderlijk huis kwam van zijn moeder. Waldo's tweede naam 'Heliodoor' staat voor het lichtgroene beryllium mineraal; toeval dat Waldo geoloog is geworden? Waldo ging in Den Haag naar het Haganum Gymnasium. De populaire voordrachten van zijn biologieleraar dr. Abraham Schierbeek, over natuurlijke historie, hadden Waldo's grote belangstelling. Gestimuleerd door deze leraar vermaakte Waldo zich tijdens de oorlogszomer in het Geuldal met het zoeken naar

fossielen in onder andere de Heimansgroeve. Hij vond er fossiele zaden en vruchten, en zijn belangstelling voor de aardwetenschappen was daarmee gewekt. Ook gaven districtsgeologen van het Geologisch Bureau Waldo en zijn ouders een rondleiding. Toen Waldo in 1947 van het gymnasium kwam, was de keuze voor een studie geologie gemakkelijk gemaakt.

### **Zijn Leidse studie**

Van 1947 tot 1952 studeerde Waldo Zagwijn geologie aan de Leidse Universiteit. Hij kreeg onderwijs van de hoogleraren geologie Berend Escher, Ernst Niggli, Ulbo de Sitter en Isaak van der Vlerk en van hoogleraar paleobotanie Frans Florschütz en hoogleraar botanie Herman Lam. Waldo koos voor een studie van het Kwartair – de periode waarin ijstijden voorkwamen – een terrein van onderzoek waarop, onder leiding van Florschütz en Van der Vlerk baanbrekend werk werd verricht. Florschütz was net benoemd tot bijzonder hoogleraar aan de Leidse Universiteit. Hij had de palynologie in de jaren dertig ontwikkeld en kan zonder twijfel beschouwd worden als de geestelijk vader van de palynologie in Nederland. Het gebruik van de palynologie in de toegepaste geologie ontwikkelde zich pas na de Tweede Wereldoorlog en daarin heeft Waldo Zagwijn een belangrijke rol gespeeld. Waldo deed zijn kandidaatsexamen op 28 februari 1950, en zijn doctoraalexamen op 7 juli 1952; hij was een snelle student, temeer omdat hij in die jaren ook een assistentschap voor het geven van onderwijs in de palynologie had.

Zowel Florschütz als Van der Vlerk moeten bijzonder inspirerende docenten zijn geweest. Zo schrijft Thomas van der Hammen: ‘Nauwelijks drie maanden voor zijn dood mocht ik van hem een brief ontvangen die nog even vol van de van-der-Vlerkiaanse ‘esprit’ was als vijftientig jaar geleden. Zo verflauwde zijn geest nooit en had je het idee dat hij niet ouder werd’<sup>1</sup> Van der Vlerk en Florschütz publiceerden in 1950 het zeer inspirerende boek *Nederland in het ijstijdvak. De geschiedenis van flora, fauna en klimaat, toen aap en mammoet ons land bewoonden*. Deze ‘klassieker’ is thans natuurlijk gedateerd, maar nog steeds een lust om te lezen: een vroege vorm van perfecte *outreach*. De denkbeelden neergelegd in dit boek zijn van grote betekenis geweest voor de ontwikkeling van de Kwartairgeologie in Nederland en voor de opleiding van een generatie geo-ecologen, waartoe Waldo Zagwijn en

---

1 Van der Hammen, 1974

Thomas van der Hammen behoorden. Waldo had aanvankelijk geen bijzondere belangstelling voor planten, maar die belangstelling groeide in de loop van zijn studie geologie, doordat hij inzag hoe informatie daarover de klassieke geologie kon aanvullen. In die tijd berustte de stratigrafie van Nederland vooral op informatie uit zware mineralen en Waldo voegde daar nieuwe palynologische gegevens aan toe; hij bleek al vroeg in zijn carrière een bijna *allround man*. In 1952 legde Waldo cum laude zijn doctoraalexamen af in de vakken geologie, paleontologie en botanie. Vervolgens moest hij in militaire dienst, waar hij afzwaaide als korporaal bij het Regiment Grenadiers.

### **Ontwikkeling van de pollenanalyse**

Palynologisch onderzoek heeft zich tussen de Eerste en Tweede Wereldoorlog sterk ontwikkeld<sup>2</sup> doordat het in de wetenschappelijke en toegepaste geologie een toepassing vond in stratigrafische correlaties en in relatieve ouderdomsbepaling. Waldo Zagwijn gebruikte de paleogeografische arealen en de ecologische kenmerken van planten als een essentiële aanvulling op geologische kennis. Uit de geologisch-paleobotanische-paleoecologische context kon Waldo de regionale klimaatgeschiedenis reconstrueren. Vervolgens werd de klimaatstratigrafie en lithostratigrafie van Nederland vergeleken met die van West- en Zuid-Europa. Om praktische redenen was Waldo vooral geïnteresseerd in de vegetatieontwikkeling van relatief warme perioden, de ‘interglacialen’ en ‘interstadialen’. Nederland had tijdens zulke relatief warme perioden een vegetatiedek waardoor er paleobotanische informatie in het sedimentaire archief terecht kwam, vooral in de vorm van gefossiliseerde zaden, vruchten, en stuifmeel. Tijdens ijstijden was Nederland meestal weinig begroeid waardoor een bruikbaar signaal ontbreekt. Waldo plaatste veranderende vegetatiepatronen in een vierdimensionaal tijds-ruimtelijk beeld en kon zo de paleogeografische evolutie van West-Europa tijdens de laatste miljoenen jaren reconstrueren. In Nederland vond palynologisch onderzoek snel een toepassing in de archeologie, het klimaatonderzoek en de industrie, maar ook in vele projecten van de overheid, variërend van de algemene geologische kartering tot de projecten waarbij ingegrepen werd in het landschap, zoals bij de aanleg van kanalen, tunnels, polders en dijken. Palynologisch onderzoek ten behoeve van olieboringen ontwikkelde zich binnen de Rijks Geologische Dienst (RGD) als een aparte tak van onderzoek

---

<sup>2</sup> Birks & Berglund, 2017

waarbij Waldemar Herngreen, die zich vooral richtte op de oude stratigrafie, betrokken was.

### **Een carrière bij de Rijks Geologische Dienst**

Op 1 april 1954 trad Waldo Zagwijn in dienst bij de Geologische Stichting, afdeling Geologische Dienst te Haarlem. Een goede studievriend van hem, Jan Doppert, was daar al werkzaam. Waldo werd hoofd van de Afdeling Paleobotanie en Stratigrafie en hij kreeg de ruimte om zijn proefschrift voor te bereiden. Waldo's promotor, professor Van der Vlerk, werkte aan het Pleistoceen van Nederland. In tegenstelling tot oudere geologische periodes, die gedefinieerd waren op basis van biostratigrafische kenmerken, was de stratigrafie van het Pleistoceen vooral gebaseerd op geomorfologische kenmerken. Zo waren de vier Pleistocene ijstijden van West-Europa (Günz, Mindel, Riss en Würm) beschreven op basis van morenes en rivierterrassen, gebruikmakend van de terminologie van Albrecht Penck en Eduard Brückner.<sup>3</sup>

Al tijdens de voorbereiding van zijn proefschrift publiceerde Waldo Zagwijn enkele artikelen waarin hij de vooruitgang van inzichten schetste, bijvoorbeeld dat de oude onderverdeling van het Pleistoceen door Penck en Brückner gecompliceerder was geworden.<sup>4</sup> In 1949 had Willard Libby de methode van koolstof14-datering ontdekt en Waldo maakte meteen gebruik van deze mogelijkheid om zijn chronostratigrafie te verbeteren. Daartoe was het relevant om secretaris te worden van de nieuwe 'C14-commissie'; Waldo had die functie van 1956 tot 1960. Hij dateerde het door hem beschreven 'Amersfoort interstadiaal' als ongeveer 64,000 BP.<sup>5</sup> In 1960 promoveerde Waldo Zagwijn cum laude op het proefschrift *Aspects of the Pliocene and early Pleistocene vegetation of the Netherlands*. Als eerste toonde hij aan dat het Pleistoceen meer dan vier ijstijden heeft gekend. In zijn proefschrift ontbrak de warme tijd van het 'Tiglian', omdat Florschütz die periode voor zichzelf had geclaimd. Maar na zijn promotie voelde Waldo zich vrijer en publiceerde hij alsnog over het Tiglian.<sup>6</sup>

In 1958 trouwde Waldo Zagwijn met de Friezin Reinskje Sjoerds, die als

---

3 Penck & Brückner, 1901-1909

4 Zagwijn, 1956, 1957

5 Zagwijn, 1961

6 Zagwijn, 1963

petrologisch laborante op de Dienst werkte. Het echtpaar kreeg twee zonen, Peter (1965) en Erik (1968). Waldo had een amicale omgang met veel collega's, maar hij bleef altijd op enige afstand en waardeerde zijn privacy. Hij was een goed georganiseerd man, werkte volle dagen op de Dienst, maar nam zelden werk mee naar huis. Wel las hij thuis publicaties, maar daar heeft zijn vrouw nooit veel van gemerkt.

Om de bevindingen van zijn proefschrift voor een breder publiek te schetsen, maakte Waldo daar een mooi geïllustreerde samenvatting van.<sup>7</sup> Hij gebruikte de ecologische omstandigheden waaronder planten en bomen voorkomen en zette op deze wijze het werk voort van zijn leermeester Florschütz. Waldo onderscheidde zich daarmee van veel geologen. Pollenanalyse en paleobotanie waren voor hem niet een doel op zich, maar hij beschouwde zijn onderzoek naar de Nederlandse vegetatie- en klimaatgeschiedenis als een middel om een stratigrafie van het Nederlandse Kwartair beter te begrijpen en verder te ontwikkelen. De RGD was er natuurlijk vooral voor de toegepaste geologie, maar de relevantie van het gebruik van paleobotanie en pollenanalyse als wetenschappelijk instrument daarvoor, werd ingezien. Regelmatig ging Waldo op veldwerk, vooral in het Nederlands-Duitse grensgebied bij Reuver en Tegelen. Hij onderhield nauwe contacten met de geologen in Krefeld. In open groeves in Duitsland was het bruinkool tot 400 meter diepte uitgegraven en daar konden afzettingen bestudeerd worden uit het Mioceen, Pliocene en Kwartair. Later betrok Waldo ook de periode van het Mioceen in zijn studies, net als het meest recente deel van de geologische tijdschaal, het Holoceen.

### **Conceptuele bijdragen voor het begin van het Kwartair**

Waldo Zagwijn mengde zich met verve in het vraagstuk over de ondergrens van het Kwartair. Al in 1957 beargumenteerde hij dat het Pleistoceen zou moeten beginnen op het moment dat warmteminnende boomsoorten in West-Europa verdwijnen: dat was tijdens de koude periode van het Pretiglian.<sup>8</sup> Hij liet zien dat in de voorafgaande periode van het Pliocene ook klimaatveranderingen waren opgetreden, maar met minder invloed op de Europese vegetatie. In het Noordzebekken vertienvoudigde de sedimentatiesnelheid

---

<sup>7</sup> Zagwijn, 1963

<sup>8</sup> Zagwijn, 1957

waar Waldo het Pleistoceen liet beginnen. Daarvoor konden meerdere redenen genoemd worden, zoals tektonische *uplift* van het achterland, maar de belangrijkste reden was het voorkomen van ijstijden. Klimaatfluctuaties werden vanaf het Pretiglian (2,3-2,1 miljoen jaar geleden) zo groot dat tijdens ijstijden West-Europa geheel ten noorden van de bosgrens kwam te liggen en steppe, toendra, poolwoestijn en permafrost daar overheersten.

De Italiaans-Amerikaanse geoloog Cesare Emiliani ontdekte in mariene sedimenten de periodieke variaties in de verhouding tussen de isotopen  $^{16}\text{O}$  en  $^{18}\text{O}$ , uitgedrukt als  $\delta^{18}\text{O}$  <sup>(9)</sup>. Hij merkte dat deze periodiciteiten verband hielden met de serie ijstijden in het Kwartair. Nick Shackleton (Cambridge, Engeland) ontwikkelde in mariene sedimentkernen de zuurstofisotoop-stratigrafie als chronostratigrafisch instrument, en later ook als thermometer voor de Aarde als geheel<sup>9</sup>. Inmiddels had Waldo Zagwijn zijn terrestrische chronostratigrafie en klimaatstratigrafie uitgebreid tot België,<sup>10</sup> Duitsland<sup>11</sup> en Frankrijk<sup>12</sup> en er bleken veel overeenkomsten te zijn met de mariene zuurstofisotoop-stratigrafie. Het uiterst succesvolle Ocean Drilling Program was zowel relevant voor de mariene geologie als voor de vloot van duikboten van de grote mogendheden.<sup>13</sup> Honderden lange sedimentkernen, waarin hiaten veel zeldzamer zijn dan in terrestrische kernen, kwamen beschikbaar voor wetenschappelijk onderzoek. Daardoor werd de chronostratigrafie steeds nauwkeuriger. Daarentegen moest Waldo met sedimentkernen werken van veel verschillende locaties in Nederlandse en aangrenzende gebieden, die allemaal een kort interval van de Kwartairgeschiedenis lieten zien. Dit laatste is veroorzaakt doordat Nederland steeds dichtbij de rand van de ijsuitbreidingen lag, waardoor de ondergrond tijdens elke ijstijd verplaatst of afgevoerd is en er slechts 'fragmenten geschiedenis' in het sedimentaire archief te vinden zijn. Voor een lang ongestoord terrestrisch sedimentarchief moet men zuidwaarts gaan tot in Noord-Frankrijk, daar zijn pollendiagrammen beschikbaar die tijdens de gehele laatste ijstijd wisselingen in de vegetatie laten zien.<sup>14</sup>

Waldo's vierdimensionale voorstellingsvermogen stelde hem in staat de

---

9 Shackleton, 1967

10 Zagwijn & Paepe, 1968; Paepe & Zagwijn, 1972

11 Zagwijn & Menke, 1971

12 Suc & Zagwijn, 1983; Zagwijn & Suc, 1984

13 Jim Hays, in een congrespresentatie in Belgrado in 2004

14 Woillard & Mook, 1982

tijdsruimtelijke 'legpuzzel' van vele korte intervallen tot een solide bouw-  
werk van het Kwartair te maken. Daarbij speelde zijn encyclopedische kennis  
van de details van gepubliceerde pollendiagrammen een belangrijke rol; zijn  
klimaatstratigrafie bleek veel overeenkomsten te hebben met de mariene  
zuurstofisotoop-stratigrafie. Hij kon sprankelende voordrachten geven en  
zijn gebruik van de palynologie was voor velen een voorbeeld. Met zijn grote  
parate kennis van details kon hij kritiek vaak op overtuigende wijze weerleg-  
gen. Hier zien we een opvallende parallel met Nick Shackleton, die eveneens  
de details van tientallen zuurstofisotoop-curves paraat had. Discussies met  
Waldo waren sympathiek, scherp en inhoudelijk.

In de jaren zeventig was het voorkomen van klimaatfluctuaties geen onder-  
werp van discussie meer, maar de discussie verplaatste zich naar het aantal  
oscillaties en de intensiteit ervan<sup>15</sup>. In een artikel met onder andere Phil  
Gibbard en Richard West wordt een goede karakterisering gegeven van de  
problematiek waar Waldo mee bezig was.<sup>16</sup>

Mariengeologen lieten het Kwartair 1,77 miljoen jaar geleden beginnen met  
de omslag van het aardmagnetisch veld aan het begin van de 'Olduvai' paleo-  
magnetische periode. Die omslag is overal op Aarde gemakkelijk te meten,  
vaak al nabij het boorplatform, onmiddellijk na het opboren van de sedi-  
mentkern uit de zeebodem. Maar gelet op de evolutie van het klimaat was  
1,77 miljoen jaar geleden een willekeurig moment, op de continenten zonder  
significante betekenis. Waldo Zagwijn herkende in het Pretiglian de eerste  
periode waarin een aantal thermofiele bomen definitief uit de West-Euro-  
pese flora verdwenen, en dus niet meer terugkwamen in de daaropvolgende  
warme periode. De oost-west verlopende bergen (Alpen, Pyreneeën) en de  
zuidwaartse uitbreiding van de Scandinavische ijskap zetten de vegetatie-  
gordels in West-Europa 'klem'. Maar op andere continenten met een andere  
oriëntatie van bergketens was dat minder duidelijk in het sedimentarchief.  
Signalen van 'een eerste ijstijd' zijn dus afhankelijk van de regionale setting  
en daardoor is het idee van een 'eerste ijstijd' als algemene verklaring voor  
veranderingen in biogeografische patronen op zijn minst misleidend. In het  
boekhoofdstuk 'The floral record of the late Cenozoic of Europe' is dit proces

---

15 De Jong, 1988

16 Gibbard, West, Zagwijn et al., 1991



op aanschouwelijke wijze uitgelegd<sup>17</sup> en het wordt nog steeds veel geciteerd.

Op basis van de paleobotanie en de implicaties daarvan, probeerde Waldo een chronostratigrafisch bouwwerk van aannames en redeneringen te maken. Steeds kwam hij op het Pretiglian uit als logisch begin van het Kwartair<sup>18</sup>. Al in zijn proefschrift had hij aangetoond dat er tijdens het Pliocene ook klimaatschommelingen waren die echter vanaf het Pretiglian een verarmende invloed hadden op de Westeuropese flora. In een lange zuurstof-isotoop curve ( $\delta^{18}\text{O}$ ) uit mariene kernen is een 'eerste' ijstijd nauwelijks met argumenten aan te wijzen.<sup>19</sup>

Waldo definieerde meerdere warme 'interglacialen' en 'interstadialen' en gaf ze een naam. Hij liet op basis van vegetatieanalyses zien dat de warme interglaciale perioden verschillend zijn: tot een miljoen jaar geleden lagen de bosrefugia van warmteminnende bomen op kortere afstand tot Nederland dan tijdens de laatste miljoen jaar. In termen van klimaat was er een mooie parallel met de mariene klimaatstratigrafie. Vooral de klimatostratigrafische namen uit het Vroeg Pleistoceen worden nog steeds gebruikt. Om de geologische kartering van Nederland te ondersteunen was Waldo ook betrokken bij de lithostratigrafische onderverdeling en naamgeving van het Pleistoceen van Nederland en omgeving. Uit de periode van voor het Kwartair had hij enkele minder significante koele periodes herkend, zoals het 'Reuverian'. Gebaseerd op het voorkomen van thermofiele bomen zoals *Carya*, *Pterocarya* en *Tsuga*, definieerde hij het 'Eburonian' glaciaal, het 'Waalien' interglaciaal, en het 'Menapian' glaciaal.<sup>20</sup> Op dezelfde boomsoorten gebaseerd beargumenteerde hij dat de grens tussen het 'Vroeg Pleistoceen' en 'Midden Pleistoceen' geplaatst zou moeten worden tussen het 'Menapian' en het 'Cromerian Complex'. Het interglaciale 'Bavelian complex', dat chronostratigrafisch tussen het 'Menapian' en het 'Cromerian Complex' geplaatst moest worden en het einde van het Vroeg Pleistoceen markeerde, werd met Jan de Jong beschreven<sup>21</sup>. In de periode van het Laat Pleistoceen werkte Waldo aan de

---

17 Van der Hammen, Wijmstra en Zagwijn, 1971

18 Zagwijn, 1963, 1974, 1975, 1985, 1992

19 Lisiecky & Raymo, 2004

20 Zagwijn, 1957, 1960

21 Zagwijn & de Jong, 1984

‘Amersfoort’, ‘Hengelo’, en ‘Moershoofd’ interstadialen<sup>22</sup>. Aan het eind van zijn carrière werkte hij aan de interglacialen van het ‘Eemian’ en het ‘Holoceen’, steeds gebruik makend van indicatorsoorten voor zijn klimaatreconstructies. Voor het Eemian publiceerde hij ook een reconstructie van zeespiegelbewegingen.<sup>23</sup> Waldo Zagwijn heeft zo gedurende zijn carrière bijna alle interglacialen van het Kwartair bewerkt.

Het Noordzeebekken werd door de RGD gekarteerd in verband met de aanwezigheid van delfstoffen, maar voor Waldo had het ook een diepere betekenis. Na de definiëring van het begin van het Pleistoceen<sup>24</sup> kon dit interval met een studie van het paleomagnetisme in het Noordzeebekken gedateerd worden op 2,3 miljoen jaar oud.<sup>25</sup> Vervolgens vonden hij en Jean-Pierre Suc (Montpellier) een sluitende correlatie tussen de stratigrafieën van West-Europa en het Mediterrane gebied.<sup>26</sup>

Er is lang gediscussieerd over het begin van het Kwartair: argumenten uit de mariene geologie (ondergrens op 1,77 Ma) hebben het lang gewonnen van de argumenten van het continent, met name West-Europa (ondergrens rond 2,6 Ma). In zijn informatierijke publicatie uit 1992 (<sup>27</sup>), waarin hij een laatste synthese geeft, blijft Waldo pleiten voor een begin van het Kwartair rond 2,3 miljoen jaar geleden. Het verschil in inzicht tussen de marine en terrestrisch geologen lijkt onwrikbaar. Omdat hij het jaar daarop toch met pensioen zou gaan, kon hij wat fermere bewoordingen gebruiken: ‘Despite recent attempts, in particular by marine paleontologists, to minimize the status of the Quaternary and even to deny it a place of its own in the stratigraphic scale, the present author is of opinion that the exceptional climatic evolution that the planet Earth has witnessed in its latest history and that resulted in repeated large-scale glaciation in the northern hemisphere, is a sufficiently valid criterion to assign this interval a status of its own on the Period level.’ Op zijn 82e jaar werd het gelijk van Waldo Zagwijn bevestigd met het besluit van de International Union of Geological Societies (IUGS) om begin van het

---

22 Zagwijn, 1989

23 Zagwijn, 1996

24 Zagwijn, 1960

25 van Montfrans, 1971

26 Zagwijn & Suc, 1983; Suc & Zagwijn, 1983

27 Zagwijn, 1992

Pleistoceen op 2,58 miljoen jaar geleden vast te stellen.<sup>28</sup> Dit was niet alleen een erkenning van het concept uit zijn proefschrift, maar ook een bevestiging dat klimaat, en dus palynologie, een prominente rol moet spelen in de stratigrafie van het Kwartair.<sup>29</sup> Maar Waldo voelde deze verandering niet als een persoonlijke overwinning. Hij had zijn eigen argumenten om de grens daar te leggen en wist dat er in andere regio's andere criteria werden gehanteerd.<sup>30</sup> Hij was teveel wetenschapper om zich op te winden over wat anderen van zijn argumenten dachten.

### **Paleogeografische kaarten**

Van de vele ijstijden die het Kwartair heeft gekend is waarschijnlijk tijdens slechts twee ijstijden het landijs tot in het noordoosten van Nederland gekomen. Dat leidde tot herhaaldelijke verleggingen van de stroomgeulen van de Schelde, Maas en Rijn. Het voorstellingsvermogen van Waldo stelde hem in staat voor opeenvolgende momenten in de tijd paleogeografische kaarten te tekenen waarin hij liet zien hoe Nederland, geologisch gezien, vorm kreeg.<sup>31</sup> Waldo is vooral bekend geworden voor zijn paleogeografische kaarten van Nederland voor het Holoceen.<sup>32</sup> Kennis van de Nederlandse ondergrond heeft bij TNO, de opvolger van de RGD, een snelle ontwikkeling doorgemaakt. De huidige paleogeografische kaarten laten een indrukwekkend detail zien; de set van twaalf kaarten van Peter Vos in de *Atlas van Nederland in het Holoceen*<sup>33</sup> vormen voor jong en oud een fascinerend en educatief hoogstandje waar je lang naar kunt kijken om te zien hoe je eigen geboortegrond in de loop van het Holoceen tot stand is gekomen.

### **Onderzoek aan de duinen**

Met collega's Saskia Jelgersma (RGD), Jan de Jong (RGD), en fysisch geograaf Jean François van Regteren Altena (Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek, ROB) bestudeerde Waldo Zagwijn langs het Noordzeekanaal bij IJmuiden en in de Amsterdamse Waterleidingduinen kilometerslange ontsluitingen. In de duinen tussen Bergen en Monster werden twee

---

28 Gibbard et al., 2010

29 Suc et al., 2018a

30 Cohen & Gibbard, 2019

31 Zagwijn, 1974, 1975; van Staalduinen et al., 1979

32 Zagwijn, 1986

33 Vos et al., 2011

duinsystemen herkend; de Oude Duinen en de Jonge Duinen. Bodemhorizonten die met C14 gedateerd konden worden duiden op alternerende natte en droge perioden. De auteurs laten zien dat in de late middeleeuwen de invloed van de mens op het landschap groter werd: boskap leidde tot het overstuiven van de Jonge Duinen. Dit onderzoek heeft veel bijgedragen aan de kennis over de geologie, vegetatiegeschiedenis, en archeologie van het West-Nederlandse duingebied.<sup>34</sup> Resultaten vonden meteen hun weg naar deel 2 van het monumentale werk *Wilde Planten. Flora en vegetatie in onze natuurgebieden*,<sup>35</sup> uitgegeven door de Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten. De relaties tussen geologie, bodemgesteldheid, voedselrijkdom, hydrologie, vegetatie en klimaat bleken steeds weer een maatschappelijk relevant onderwerp te vormen waaraan Waldo zijn bijdragen leverde.<sup>36</sup> Door inzichten uit de paleobotanie, geologie, paleoklimatologie, paleogeografie en stratigrafie te integreren, liet hij zien hoe het oppervlak van Nederland zich verhiel tot de complexe structuur van de ondergrond.

### **Waldo als veelgevraagd expert**

Al snel verwierf Waldo Zagwijn een sleutelpositie in een onderzoekveld waarin paleobotanie, geologie, klimatologie, natuurkunde en bodemkunde samenkwamen. Ondanks dat Frans Florschütz (1887-1965) daarvoor de basis had gelegd en er al een intensieve samenwerking was ontstaan tussen academia, industrie, overheidsinstellingen en musea, breidde Waldo dit interdisciplinaire veld verder uit, gebruikmakend van nieuwe methoden en proxies (informatiebronnen) die ter beschikking kwamen. Er ontstond een intensieve correspondentie met veel collega's uit academia in binnen- en buitenland die verbonden waren aan onder andere geologische, oceanografische, antropologische, archeologische, botanische, palynologische en zoölogische instituten. Maar evenzeer groeide een intensieve correspondentie met veel overheidsinstanties, zoals nationale geologische diensten, biostratigrafische afdelingen van oliemaatschappijen en in Nederland bijvoorbeeld het Rijksinstituut voor de Drinkwatervoorziening, de Dienst IJsselmeerpolders, de Dienst Twente-kanalen en Rijkswaterstaat. Waldo werd ook vaak geconsulteerd door bedrijven en instanties die aangewezen waren op eigen

---

34 Zagwijn, 1969; Jelgersma et al., 1970

35 Westhoff et al., 1971

36 Van der Maarel & Zagwijn, 1971

waterputten, zoals gemeenten en brouwerijen. Vanuit het veld werd Zagwijn vaak geattendeerd op werkzaamheden waarbij de stratigrafie bestudeerd kon worden in profielen en boringen; hij werd altijd uitgenodigd om monsters te nemen. Net als in de tijd van Florschütz werd de 'pollenanalyse' door velen als een soort 'Zwitsers zakmes' gezien dat essentieel kon bijdragen aan academische, industriële, maatschappelijke en museale vragen.

De RGD viel onder het Ministerie van Economische Zaken en daardoor was er voortdurend een spanningsveld tussen de tijdsbesteding aan wetenschappelijk onderzoek en de implementatie van bestaande kennis in de toegepaste geologie. Waldo was een geboren wetenschapper en kreeg van de toenmalige directeur Anton Pannekoek en het hoofd kartering J.D. de Jong, later hoogleraar in Wageningen, de ruimte om het wetenschappelijk fundament voor de stratigrafie te verstevigen. De vraag vanuit de Dienst om activiteiten ook economisch, financieel en commercieel te bezien was hem een doorn in het oog. Er was veel waardering voor zijn expertise, zijn solide werk en hoe hij opdrachten consciëntieus voorbereidde. In 1979 werd hij hoofd van de Hoofdafdeling Laboratoria en Wetenschappelijk Onderzoek. Die positie maakte hem later bij uitstek geschikt om de leiding op zich te nemen voor de nieuwbouw in Haarlem. Hij deed dat werk met toewijding en ontving meermalen complimenten van de architect omdat hij 'zijn huiswerk goed had voorbereid'. Waldo kwam goed voorbereid op vergaderingen en dat verklaart wellicht ook waarom hij zo vaak gevraagd werd voor nationale en internationale commissies, maar hij wist echter ook goed functies na een aantal jaren te beëindigen om ruimte te maken voor nieuwe initiatieven. Ondersteund door zijn secretaresse Tineke van der Holst was Waldo op een breed veld actief, maar de taken die hij op zich nam hadden altijd een relevantie voor zijn werk bij de Dienst.

Het persoonlijke archief van Waldo Zagwijn geeft een indrukwekkende impressie hoezeer hij door collega's werd betrokken bij de interpretatie en duiding van nieuwe informatie, leidend tot een voortschrijdend inzicht van de klimaatstratigrafie van het Kwartair van West-Europa. In die positie werd er vaak een beroep op hem gedaan om bij te dragen aan commissies. Zo werd hij in 1958 lid van de IUGS Subcommission for Stratigraphic Classification en dat bleef hij tot aan zijn pensioen. Van 1967 tot 1969 was hij secretaris van

de INQUA (International Union for Quaternary Research) Subcommission on the Pleistocene of Europe en daarna gewoon lid tot aan zijn pensionering. Van 1976 tot 1981 was hij lid van het Scientific Committee UNESCO-IUGS International Geological Correlation Programme. Op nationaal niveau was hij van 1956 tot 1960 secretaris van de C14-Commissie, waardoor hij al vroeg optimaal toegang had tot C14-dateringen. Van 1958 tot 1961 was hij lid van de Commissie voor Biosociologie en Paleobotanie van de Koninklijke Nederlandse Botanische Vereniging (KNBV) wat het gebruik van informatie uit plantenarealen bevorderde. Van 1965 tot 1968 was hij lid van de KNBV Commissie voor Vegetatiekunde. Van 1967 tot 1977 lid van de 'Werkgroep Onderzoek Boringen' van het KIWA. Van de Stichting Isotopen Geologisch Onderzoek was hij van 1970 tot 1978 plaatsvervangend bestuurslid en van 1978 tot 1985 bestuurslid. Van 1981 tot 1993 was hij voor het Ministerie van Welzijn, Volksgezondheid en Cultuur lid van de Commissie van Advies voor de Natuurhistorische Musea. Van 1986 tot 1993 was hij secretaris van de Sectie Aardwetenschappen van de KNAW.

Vanzelfsprekend heeft de INQUA altijd een grote rol in Waldo's carrière gespeeld. Van de INQUA Nederland Commissie van de KNAW was hij van 1963 tot 1977 lid en van 1977 tot aan zijn pensionering voorzitter. Verwant daaraan was zijn lidmaatschap van de INQUA Commission for the Paleogeographic Atlas of the Quaternary. Waldo was goed bekend met het ambtelijk functioneren; tijdens het INQUA-congres in 1987 in Ottawa, Canada, had hij voor de Nederlandse delegatie een receptie georganiseerd op de Nederlandse ambassade.

Ook op lokaal niveau kon men op Waldo's expertise rekenen. Zo was hij lid van de Adviescommissie van museum Natura Docet in Denekamp en voor de Palynologische Kring van het Koninklijk Nederlands Geologisch & Mijnbouwkundig Genootschap (KNGMG) was hij secretaris van 1968 tot 1971 en voorzitter van 1971 tot 1972. Hij was betrokken bij het redactiewerk van meerdere wetenschappelijke tijdschriften, zoals de *Review of Palaeobotany and Palynology* (1966-1971), *Géologie Méditerranéenne* (1975-1993), *Bulletin de l'Association Française pour l'Etude du Quaternaire* (1980-1993), *Acta Palynologica* (1989-1993) en *Quaternary International* (1989-1993). Hoewel werkzaam buiten de Academia werd Waldo Zagwijn om zijn grote

expertise vaak aangezocht als lid van promotiecommissies: C. Verbruggen (Gent, 1971), H.M. van Montfrans (Amsterdam, 1971), P.M. Grootes (Groningen, 1977), J.-P. Suc (Montpellier, 1980), M. Clet-Pellerin (Caen, 1983), F. Diniz (Montpellier, 1984), D. Ablin (Dijon, 1985), C. Parjanei (Dijon, 1985), N. Combourieu-Nebout (Montpellier, 1987), C. Kasse (Amsterdam, 1988) en J.W.M. Roebroeks (Leiden, 1989).

Op congressen in binnen- en buitenland was hij een veel gevraagd spreker, onder andere in Parijs (1972), Lund (1974), Birmingham (1974), Lissabon (1980), Florence (1986), Den Haag (1987) en in Krakau (1988). In zijn archief is te zien dat hij voordrachten geheel met de hand uitschreef, vaak begeleid door een getypte samenvatting om te verspreiden.

Waldo Zagwijn en Thomas van der Hammen waren beiden betrokken bij het fameuze project Climate/Long Range Investigation Mapping and Predictions (CLIMAP) van de USA National Science Foundation. Ze haalden in 1974 de workshop *The climate record of the last million years* naar Amsterdam. Aan dit onderzoeksconsortium 'van het eerste uur' nam de internationale top van het paleoklimaatonderzoek deel. Ze waren hun tijd ver vooruit: de CLIMAP-brochure geeft al veel zorgwekkende informatie over onderwerpen die pas nu, veertig jaar later, door publiek en media opgemerkt worden.

Waldo correspondeerde met vele prominenten in het Engels, Duits en Frans. Het taalgebruik was altijd heel vormelijk en hoffelijk. Interessant is te zien hoeveel brieven beginnen met een verontschuldiging, en vaak ook met een uitleg, over het vertraagde antwoord. Allen waren getraind om op lange tijdschalen te denken. Zo vraagt Robert C. Bright (University of Minnesota) in een brief aan Saskia Jelgersma – brief doorgespeeld aan Waldo – om informatie naar uitblijvende resultaten van ingezonden monsters voor C14-datering, die begint met: 'It seems like a million years ago that we had a short visit in Boulder (...)'.  
'

Waldo realiseerde zich dat academische en overheidsinstituten een slechte locatie zijn voor het bewaren van archieven: hij doneerde zijn archief (5,5 m) aan het Noord-Holland Archief in Haarlem. Mede door toedoen van zijn secretaresse is zijn archief orderlijk en in uitstekende staat. Het bevat

een schat aan informatie over congressen en excursies, omvangrijke documentatie over INQUA-Nederland, waaraan hij lange tijd substantieel heeft bijgedragen, interne rapporten, teldata, vele handgetekende profielen die van commentaar zijn voorzien, paleogeografische kaarten en gecorrigeerde drukproeven.

### **Internationale erkenning**

In Oost-Europa werd veel aan pollenanalyse gedaan en men volgde daar het werk van Waldo Zagwijn op de voet. Waldo was lang actief in de Duitse Kwartair Vereniging (DEUQUA) en ontving in 1972 de Albrecht Penck Medaille. In 1974 ontvingen hij en Thomas van der Hammen de Van Waterschoot van der Gracht Penning, de hoogste onderscheiding in de Nederlandse aardwetenschappen, uitgereikt door het KNGMG. In 1980 werd Waldo verkozen tot Akademielid. Op 27 september 1982 gaf hij in het Trippenhuys zijn inaugurele voordracht *Het begin van het ijstijdvak*.<sup>37</sup> Deze nieuwe connectie gebruikte hij om de contacten tussen 'industrie' en 'academia' te versterken. In 1983 werd Waldo benoemd tot *Officier in de Orde van Oranje Nassau*. In 1987 werd hij verkozen tot Honorary Life Fellow van INQUA. Op 8 april 1994, een jaar na zijn pensionering, werd hij gekozen tot Honorary Member of the Quaternary Research Association. Thuis werden zijn onderscheidingen eveneens met trots ontvangen, maar van het werk dat hij ervoor had verricht, hadden ze niet zoveel gemerkt.

### **Hoogleraar aan de Vrije Universiteit**

Het was Waldo Zagwijn vergund om aan het eind van zijn carrière tot de academia te worden geroepen; in 1989 werd hij aan de Vrije Universiteit tot hoogleraar benoemd met de leeropdracht Palynologie van het Kwartair. Hij was trots op deze wending in zijn loopbaan. Maar veel veranderde er niet, omdat het voor een dag per week was. Hij organiseerde een indrukwekkende serie colleges over de *Vegetatiegeschiedenis van het Europese Kwartair*.<sup>38</sup> Tientallen sleutelpublicaties passeerden de revue en waren afgebeeld in een zesdelige collegeklapper. Hier werd zijn grote feitenkennis zichtbaar en werd duidelijk waarom het juist Waldo Zagwijn was geweest die de ingewikkelde stratigrafische legpuzzel van fragmenten aan informatie in ruimte en tijd had

---

<sup>37</sup> Zagwijn, 1982

<sup>38</sup> Zagwijn, 1991



kunnen leggen. Waldo was in zijn element en gebruikte de beperkte tijd die hij nog tot zijn pensioen had om kennis over te dragen. Door de korte tijd tot zijn pensioen begeleidde hij slechts een promovendus, Wim Hoek, die promoveerde op het proefschrift *Palaeoecography of Lateglacial vegetations*.<sup>39</sup> Het idee voor deze paleogeografische benadering was al in de vroege jaren zeventig ontstaan, maar gezien de grote hoeveelheid palynologische data in Nederland, was dit idee voor hem niet uitvoerbaar en moest hij wachten tot deze gelegenheid zich voordeed. In de tijd naast zijn hoogleraarschap was Waldo Zagwijn nauw betrokken bij de bouw van het nieuwe gebouw van de RGD in Haarlem. Getergd door de vertragingen in de voltooiing van de nieuwbouw gaf hij pas drie jaar na zijn benoeming zijn inaugurele rede, op 20 maart 1991, getiteld *Interglacialen*.<sup>40</sup> Toen het gebouw in 1992 werd opgeleverd, ging Waldo officieel met pensioen. Om lopende projecten aan de VU af te maken, bleef hij tot 1993 in functie. Doordat zijn actieve periode als hoogleraar slechts vier jaar had geduurd, was een afscheidsrede natuurlijk overbodig. Tijdens zijn hoogleraarschap werkte Waldo aan klimaatreconstructies van de laatste twee interglacialen, het Eemian en het Holoceen.<sup>41</sup> Daarvoor gebruikte hij data van geselecteerde pollendiagrammen uit de literatuur. Hij werd geïnspireerd door Johannes Iversen (1944) en Vladimir Grichuk (1969) die het voorkomen van welbekende indicatoren voor een warm klimaat, zoals *Hedera*, *Ilex*, *Viscum* en andere warmteminnende bomen, gebruikten voor hun reconstructies.

### **Waldo met emeritaat**

Ter gelegenheid van Waldo's pensionering werd in 1993 bij de KNAW een internationaal symposium georganiseerd. In totaal 67 collega's droegen bij aan de bundel onder de titel *Neogene and Quaternary geology of North-West Europe. Contribution on the occasion of Waldo H. Zagwijn's retirement*, gepubliceerd in de *Mededelingen van de Rijks Geologische Dienst*.<sup>42</sup> Daar is ook een lijst te vinden van de honderd publicaties van Waldo Zagwijn.<sup>43</sup>

---

39 Hoek, 1997

40 Zagwijn, 1991

41 Zagwijn 1994, 1996

42 Herngreen et al., 1995

43 De Jong, 1995

Waldo had zich voorgenomen om na zijn emeritaat geheel te stoppen met het wetenschappelijk werk. Na het voltooien van enkele projecten, waaronder het begeleiden van Wim Hoek naar de promotie, stopte hij geheel en gaf hij een deel van zijn collectie boeken aan Wim Hoek. Waldo besteedde zijn tijd aan zijn familie, reizen en aan zijn hobby het verzamelen van postzegels, onder andere met afbeeldingen van mineralen. In 2004 liep hij een ernstige bloedvergiftiging op en werd hij opgenomen in het ziekenhuis. Daarna moest hij revalideren in een verzorgingstehuis; de zoon van Waldo had een vergroting van een van zijn paleogeografische kaarten aan de muur opgehangen, opdat zijn vader zich daar meer thuis zou voelen. Het was Waldo's wens om in familiekring te worden gecremeerd; op de rouwkaart werd alle titulatuur vermeden en dat reflecteert de bescheidenheid waarmee Waldo door het leven is gegaan.

### **Tot besluit**

Wij herinneren ons Waldo Zagwijn als een eminent, erudiet, bescheiden en innemend wetenschapper met een fabelachtig geheugen en een grote parate kennis van details. Hij had een bijzonder vermogen om zich in ruimte en tijd een beeld te vormen van de ondergrond van Nederland. Hij heeft de aanzet gegeven tot onze huidige kennis over de paleogeografische, geologische, en klimatologische ontwikkeling tijdens het Plioceen en Kwartair van West-Europa en Nederland in het bijzonder. Hij was de architect van de chrono- en klimaatstratigrafie van West-Europa. Met het overlijden van Waldo Zagwijn is het leven van een bijzonder Akademielid afgesloten.

### **Dankzegging**

Henry Hooghiemstra dankt het Noord-Hollands Archief (Haarlem) voor het raadplegen van Zagwijns persoonlijke archief. De tekst is verrijkt door gesprekken met mevrouw Reinskje Zagwijn-Sjoerds (Santpoort-Noord) en Jan de Jong (Haarlem), correspondentie met Phil Gibbard (Cambridge) en Thijs van Kolschoten (Leiden), en het *in memoriam* van Jean-Pierre Suc (Montpellier). Verder is de overdrukkencollectie geraadpleegd van Timme Donders (Utrecht) en wijlen Thomas van der Hammen (Amsterdam). De KNAW en de UvA worden bedankt voor de ondersteuning om dit manuscript tot stand te brengen, en A.M. Vink voor correctie van de tekst.

## Bibliografie

- Birks, H.J.B., Berglund, B.E., 2017. One hundred years of Quaternary pollen analysis 1916-2016. *Vegetation History Archaeobotany*.
- Cohen, K.M., Gibbard, P.L., 2019. Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years, version 2018 QI-500. *Quaternary international* 500, 20-31.
- De Jong J., 1995. At the retirement of prof. dr. W.H. Zagwijn: review of his work and bibliography. *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* 92, 13-19.
- Emiliani, C., 1955. Pleistocene temperatures. *Journal of Geology* 63, 538-578.
- Gibbard, P.L., West, R.G., Zagwijn, W.H. et al., 1991. Early and Early Middle Pleistocene correlations in the southern North Sea basin. *Quaternary Science Reviews* 10, 23-52.
- Gibbard P.L., Head M.J., Walker, M.J.C., 2010. Formal ratification of the Quaternary System/Period and the Pleistocene Series/Epoch with a base at 2.58 Ma. *Journal of Quaternary Science* 25, 96-102.
- Grichuk, V.P., 1969. An attempt to reconstruct certain elements of the climate of the northern hemisphere in the Atlantic period of the Holocene. In: Neustadt, M.J. (ed.), *The Holocene*, Nauka, Moscow, pp. 41-57
- Herngreen, G.F.W., Van der Valk, L. (red.), 1995. Neogene and Quaternary geology of North-West Europe. *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* 52, 1-510.
- Hoek, W.Z., 1997. *Palaeogeography of Lateglacial vegetations* (2 delen). Proefschrift, Vrije Universiteit Amsterdam.
- Iversen, J., 1944. *Viscum, Hedera and Ilex* as climate indicators. Geologiska Föreningen, *Stockholm Förhandlingar* 66, 463-483.
- Jelgersma, S., de Jong, J., Zagwijn, W.H., van Regteren Altena, J.F., 1970. The coastal dunes of the western Netherlands; geology, vegetational history and archaeology. *Mededelingen Rijks Geologische Dienst*, N.S. 21, 93-167.
- Lisiecky L.E., Raymo, M.E., 2004. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic  $\delta^{18}\text{O}$  records. *Paleoceanography* 20, PA1003.
- Paepe, R., Zagwijn, W.H., 1972. Possibilités de corrélation des dépôts Weichseliens de la Belgique et des Pays-Bas. *Bulletin Association Francaise pour l'étude du Quaternaire* 1, 59-69.
- Penck, A., Brückner, E., 1901-1909. *Die Alpen im Eiszeitalter*. Tauchnitz, Leipzig, 3 delen.
- Shackleton, N.J., 1967. Oxygen isotope analyses and Pleistocene temperatures re-assessed. *Nature* 215, 15-17.

- Shackleton, N.J., Opdyke, N.D., 1976. Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of Pacific core V28-239, Late Pliocene to Latest Pleistocene *Geological Society of America Memoir* 145, 449-464.
- Suc, J.-P., Zagwijn, W.H., 1983. Plio-Pleistocene correlations between the northwestern Mediterranean region and northwestern Europe according to recent biostratigraphic and paleoclimatic data. *Boreas* 12, 153-166.
- van der Hammen, T., 1974. In memoriam prof. dr. I.M. van der Vlerk. *Geologie een Mijnbouw* 53(6), 241-243.
- van der Hammen, T., Wijmstra, T.A., Zagwijn, W.H., 1971. The floral record of the Late Cenozoic of Europe. In: Turekian, K.K. (ed.), *Late Cenozoic glacial ages*. Yale University Press, New Haven, pp. 391-424.
- van der Maarel, E., Zagwijn, W.H., 1971. Historic and dynamic aspects of coastal dune vegetations in the Netherlands. *Acta Botanica Neerlandica* 20(1), 173-182.
- van der Vlerk, I.M., Flotschütz, F., 1950. *Nederland in het ijstijdvak. De geschiedenis van flora, fauna en klimaat toen aap en mammoet ons land bewoonden*. De Haan, Utrecht, 287 pp.
- van der Vlerk, I.M., Flotschütz, F., 1953. The palaeontological base of the subdivision of the Pleistocene in the Netherlands. *Verhandelingen van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Afd. Natuurkunde, Eerste Reeks*, 20(2), 62 pp.
- van Montfrans, H.M., 1971. *Paleomagnetic dating in the North Sea basin*. Proefschrift, Universiteit van Amsterdam.
- van Staalduinen, C.J., van Adrichem-Bogaert, H.A., Bless, M.J.M., Doppert, J.W.C., et al., 1979. The geology of the Netherlands. *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* 31(2), 9-49.
- Westhoff, V., Bakker, P.A., van Leeuwen, C.G., van der Voo, E.E., 1971. *Wilde planten; flora en vegetatie in onze natuurgebieden* (3 delen). Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten, Amsterdam.
- Vos, P.C., Bazelmans, L., Weerts, H.J.T., Van der Meulen, M.J. (red.), 2011. *Atlas van Nederland in het Holoceen*. Bert Bakker, Amsterdam.
- Woillard, G.M., Mook, W.G., 1982. Carbon-14 dates at Grande Pile: correlation of land and sea chronologies. *Science* 215, 159-161.
- Zagwijn, W.H., 1956. Zum heutigen Stand der Pollenanalytischen Untersuchungen des Pleistozäns in den Niederlanden. *Geologie en Mijnbouw*, N.S. 18, 426-427.

- Zagwijn, W.H., 1957. Vegetation, climate and time-correlations in the Early Pleistocene of Europe. *Geologie en Mijnbouw*, N.S. 19, 233-244.
- Zagwijn, W.H., 1960. *Aspects of the Pliocene and early Pleistocene vegetation of The Netherlands*. Proefschrift, Universiteit van Leiden & Mededelingen Geologische Stichting, Serie C-III-1(5), 1-78.
- Zagwijn, W.H., 1963. Pleistocene stratigraphy in The Netherlands based on changes in vegetation and climate. *Verhandelingen Koninklijk Nederlands Geologisch Mijnbouwkundig Genootschap*, Geologische Serie 21(2), 173-196.
- Zagwijn, W.H., 1967. Ecologic interpretation of a pollen diagram from Neogene beds in the Netherlands. *Review of Palaeobotany and Palynology* 2, 173-181.
- Zagwijn, W.H., 1969. Geologie en vegetatiegeschiedenis van de Nederlandse kustduinen. *Jaarboek 1968-69 van de Koninklijke Maatschappij voor Natuurkunde 'Diligentia'*, Den Haag, 167-176.
- Zagwijn W.H., 1974. The Pliocene -Pleistocene boundary in western and southern Europe. *Boreas* 3, 75-97.
- Zagwijn. W.H., 1975. De paleogeografische ontwikkeling van Nederland in de laatste drie miljoen jaar. *Geografisch Tijdschrift* 9(3), 181-201 (met 12 paleogeografische kaarten).
- Zagwijn W.H., 1975. A model-theory for the Pliocene-Pleistocene boundary determination, based on past climate changes. In: L Saito T, Burkle LH (eds.), Late Neogene epoch boundaries. *Micropalaeontology*, Special Publication 1, 71-74.
- Zagwijn, W.H., 1982. 'Het begin van het IJstijdvak'. Verslag Afdeling Natuurkunde 91(7),54-58 (voordracht gehouden in de gewone vergadering van de Afd. Natuurkunde der KNAW op 27 september 1982).
- Zagwijn W.H., 1985. An outline of the Quaternary stratigraphy of The Netherlands. *Geologie en Mijnbouw* 64, 17-24.
- Zagwijn, W.H., 1989. Vegetation and climate during warmer intervals in the Late Pleistocene of Western and Central Europe. *Quaternary International* 3-4, 57-67.
- Zagwijn, W.H., 1991. Colleges 'Vegetatiegeschiedenis van het Europese Kwartair' (6 delen), Vrije Universiteit Amsterdam.
- Zagwijn, W.H., 1991. 'Interglacialen'. Oratie, Faculteit der Aardwetenschappen, 20 maart 1991, Vrije Universiteit.

- Zagwijn W.H., 1992. The beginning of the ice age in Europe and its major subdivisions. *Quaternary Science Reviews* 11, 583-591.
- Zagwijn W.H., 1994. Reconstruction of climate change during the Holocene in western and central Europe based on pollen records of indicator species. *Vegetation History and Archaeobotany* 3, 65-88.
- Zagwijn W.H., 1996. An analysis of Eemian climate in Western and Central Europe. *Quaternary Science Reviews* 15, 451-469.
- Zagwijn, W.H., de Jong, J., 1984. Die Interglaziale von Bavel und Leerdam und ihre stratigraphische Stellung im niederländischen Früh-Pleistozän. *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* 37, 155-169.
- Zagwijn, W.H., Menke, B., 1971. Arbeitsgruppe für Biostratigraphie des Pleistozäns im nordeuropäischen Vereisungsgebiet. Zusammenkunft vom 25-27.5.1971 in Haarlem (Bericht). *Eiszeitalter und Gegenwart* 22, 192-195.
- Zagwijn, W.H., Paepe, R., 1968. Die Stratigraphie der weichselzeitlichen Ablagerungen der Niederlande und Belgiens. *Eiszeitalter und Gegenwart* 19, 129-146.
- Zagwijn, W.H., Suc, J.-P., 1984. Palynostratigraphie du Plio-Pléistocène d'Europe et de Méditerranée nord-occidentales: corrélations chronostratigraphiques. Histoire de la végétation et du climat. *Paléobiologie Continentale* 14, 475-483 (Montpellier).

### **Over Waldo Zagwijn:**

- Suc, J.-P., Popescu, S.-M., Bertini, A., Head, M.J., Gibbard, P.L., Diniz, F., 2018a. The pioneering contributions and legacy of Waldo H. Zagwijn (1928-2018). *Alpine and Mediterranean Quaternary* 31, iii-viii.
- Venhuizen, G., Westerhoff, W., 2012. Kwartairgeoloog en paleobotanist Waldo Zagwijn. *Geo.brief* april 2012, 7-10