

## 5. LUMINESCENTIEDATERING (versie 1.0, geaccepteerd november 2005)

Jakob Wallinga (Nederlands Centrum voor Luminescentiedatering, TU Delft / Faculteit Technische Natuurwetenschappen, Reactor Instituut Delft)

### Inhoud

- 1 Het basisprincipe van luminescentiedatering
  - 1.1: De methode
  - 1.2: Methodologische ontwikkelingen
    - 1.2.1: OSL *versus* TL
    - 1.2.2: Kwarts *versus* veldspaat
  - 1.3: Bereik, betrouwbaarheid en precisie
    - 1.3.1: Onnauwkeurigheden in de bepaling van de paleodosis
    - 1.3.2: Onnauwkeurigheden in de bepaling van het dosistempo
  
- 2 Archeologie en luminescentiedatering
  - 2.1: Toepassing
  - 2.2: Voorbeelden
    - 2.2.1: Duinvorming op Texel
    - 2.2.2: De ontstaansgeschiedenis van plaggendekken
    - 2.2.3: Romeinse platbodem
    - 2.2.4: De kolonisatie van Noordoost-Europa
    - 2.2.5: Romeins aquaduct Groesbeek?
  - 2.3: Mogelijkheden voor Nederland
    - 2.3.1: Luminescentiedatering voor archeologie
    - 2.3.2: Archeologie voor luminescentiedatering
  
- 3 Praktische wenken
  - 3.1: Monsternamen
  - 3.2: Het Nederlands Centrum voor Luminescentiedatering

Literatuur

## 1 HET BASISPRINCIPE VAN LUMINESCENTIEDATERING

Sommige mineralen, waaronder kwarts en veldspaat, zenden een klein lichtsignaaltje uit wanneer ze worden verwarmd of beschienen met licht. Dit licht, luminescentie genoemd, kan gebruikt worden voor datering van sedimenten, potscherven en een aantal andere artefacten. De algemene term voor deze dateringsmethode is 'luminescentiedatering'. Afhankelijk van de gekozen meetprocedure worden ook de termen 'thermoluminescentiedatering' (TL), 'optisch gestimuleerde luminescentiedatering' (*Optical Stimulated Luminescence* of OSL) of 'optische datering' gebruikt.

In de zestiger jaren van de 20ste eeuw werd ontdekt dat er een verband bestaat tussen het luminescentiesignaal en de ouderdom van aardewerk: hoe ouder het aardewerk, hoe sterker het signaal. Naar aanleiding van deze ontdekking werden er methoden ontwikkeld voor het dateren van aardewerk. Luminescentiedatering bleek in sommige gevallen ook geschikt voor het bepalen van de afzettingsoouderdom van sedimenten. De methoden zijn in de loop der jaren sterk verbeterd; inmiddels vormt luminescentiedatering een betrouwbare en waardevolle dateringstechniek met toepassingsmogelijkheden voor de archeologie en geologie.<sup>1</sup> Luminescentiedatering heeft een groter meetbereik dan de veelgebruikte <sup>14</sup>C- of koolstofdateringsmethode (resp. 150.000 en 50.000 jaar).<sup>2</sup> Daarnaast wordt het toegepast op andere materialen. Daarmee vullen de twee dateringsmethoden elkaar aan; de keuze voor één van beide is afhankelijk van het beschikbare materiaal en van de ouderdom. Het doel van dit hoofdstuk is om de archeologische gemeenschap in Nederland bekend te maken met mogelijkheden en onmogelijkheden van luminescentiedatering en gezamenlijk richting te geven aan toekomstig onderzoek.

### 1.1: De methode

Alle luminescentiedateringsmethoden zijn gebaseerd op vier stappen:

- 1) het op-nul-stellen van de luminescentieklok
- 2) het tikken van de luminescentieklok
- 3) het uitlezen van de luminescentieklok
- 4) de berekening van de ouderdom

Voor een goed begrip van de mogelijkheden en beperkingen van de techniek is het noodzakelijk de vier stappen hieronder te bespreken. De stappen worden geïllustreerd in figuur 5.1. De fysische achtergrond van luminescentiedatering wordt hier niet besproken; voor meer informatie hierover wordt verwezen naar recente standaardwerken.<sup>3</sup>

#### *Ad 1: Op-nul-stellen*

Essentieel voor een dateringsmethode is dat de klok die je gebruikt op nul gesteld wordt op het moment dat je wilt dateren. Het luminescentiesignaal, de 'klok' van luminescentiedatering, wordt op nul gezet door verhitting van de mineralen of door blootstelling aan zonlicht. Voor datering kan het thermoluminescentiesignaal (het TL-signaal) of het optisch gestimuleerde luminescentiesignaal (het OSL-signaal) worden gebruikt. Het TL-signaal wordt weggevaagd door verhitting; verhitting tot 500°C voor een korte tijd of tot 300°C voor een paar uur vaagt het gehele TL-signaal weg. Het TL-signaal is minder gevoelig voor licht en daarom niet geschikt voor het dateren van sedimenten. Het OSL-signaal wordt op nul gesteld door verhitting, of door blootstelling aan fel zonlicht gedurende enkele seconden. Het OSL-signaal kan gebruikt worden voor datering van sedimenten en aardewerk.

<sup>1</sup> Aitken 1985; 1998; Roberts 1997; Bøtter-Jensen, McKeever & Wintle 2003; Feathers 2003.

<sup>2</sup> Voor een uitgebreide bespreking van de <sup>14</sup>C-methode, zie het NOaA-hoofdstuk 'De <sup>14</sup>C-methode' (J. van der Plicht).

<sup>3</sup> Aitken 1998; Bøtter-Jensen, McKeever & Wintle 2003.

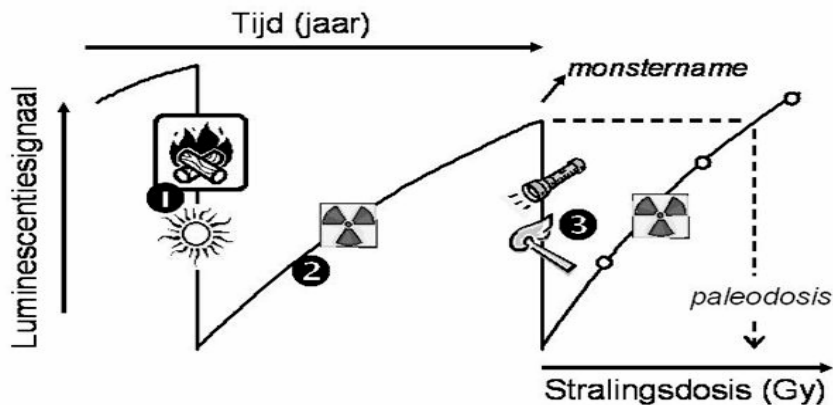


Fig. 5.1: De vier stappen van luminescentiedatering: 1 Het luminescentiesignaal wordt op nul gezet door verhitting (aardewerk) of blootstelling aan zonlicht (sediment); 2 Het luminescentiesignaal bouwt op onder invloed van natuurlijke achtergrondstraling. In een meer radioactieve omgeving neemt het luminescentiesignaal sneller toe dan in een weinig radioactieve omgeving; 3 Na opgraving en preparatie van het monster wordt het natuurlijke luminescentiesignaal in het laboratorium gemeten door verhitting (TL) of bestraling met licht (OSL). Vervolgens wordt bepaald hoeveel ioniserende straling er nodig is om een luminescentiesignaal te verkrijgen dat even helder is als het natuurlijke signaal. Deze hoeveelheid straling wordt aangeduid als 'de paleodosis'.

#### Ad 2: Het tikken van de klok

Na het bakken van aardewerk of na begraving van sediment staat het materiaal bloot aan natuurlijke achtergrondstraling uit de omgeving. Deze ioniserende straling is afkomstig van radioactieve elementen (radionucliden) die van nature voorkomen, zoals uranium, thorium en kalium en een kleine bijdrage van kosmische straling. De ioniserende straling zorgt voor de opbouw van het luminescentiesignaal. Hoe meer straling het monster ontvangen heeft, hoe helderder het luminescentiesignaal. De concentratie van radionucliden wordt in het laboratorium gemeten. Uit de concentraties wordt berekend hoeveel ioniserende straling het monster per jaar ontvangt. Dit wordt het 'dosistempo' genoemd. De eenheid waarin het dosistempo wordt uitgedrukt is Gray (Gy) per jaar.

#### Ad 3: Het uitlezen van de klok

Monsters voor luminescentiedatering mogen niet aan zonlicht blootgesteld worden. Monstervoorbereiding gebeurt in een doka, onder gecontroleerde lichtomstandigheden. In het geval van potscherven wordt de buitenkant van het monster in de doka verwijderd; het binnenste deel van de potscherf is niet aan licht blootgesteld en kan gebruikt worden voor analyse. Eerst wordt nu het natuurlijke luminescentiesignaal uitgelezen. Dit kan door het monster te verhitten (TL) of door het monster te beschijnen met licht van een bepaalde golflengte (OSL). Na meting van het natuurlijke signaal wordt bepaald hoeveel ioniserende straling nodig is om een luminescentiesignaal op te wekken dat gelijk is aan het natuurlijke signaal. De gevonden dosis wordt de 'paleodosis' (of equivalente dosis) genoemd en is een maat voor de hoeveelheid straling die het monster in zijn natuurlijke omgeving heeft ontvangen. De eenheid van de ontvangen dosis is Gy.

#### Ad 4: Berekening van de ouderdom

De tijd die verstreken is sinds de laatste verhitting of blootstelling aan zonlicht van het monster wordt nu berekend volgens de formule:

$$\text{Ouderdom (jr)} = \frac{\text{Paleodosis (Gy)}}{\text{Dosis tempo (Gy/jr)}}$$

## 1.2: Methodologische ontwikkelingen

Luminescentiedatering is een relatief jonge dateringsmethode die in de afgelopen jaren door verfijning van de methodologie betrouwbaarder en breder toepasbaar is geworden. De ontwikkeling van methoden en apparatuur om het OSL-signaal te gebruiken in plaats van het TL-signaal heeft de mogelijkheid geopend om naast aardewerk ook sedimenten betrouwbaar te dateren.

Daarnaast zijn er methoden ontwikkeld om alle metingen voor bepaling van de paleodosis op één submonstertje te doen. Deze 'single-aliquot'-methoden (SAR) maken het mogelijk om met kleinere monsters te werken. Om betrouwbare resultaten te krijgen moet er echter wel een groot aantal submonstertjes gemeten worden. De nieuwste single-aliquot-methoden *monitoren* en corrigeren veranderingen van de luminescentiegevoeligheid van het materiaal tijdens de meetprocedure, waardoor de betrouwbaarheid van de paleodosisbepaling verder vergroot is.<sup>4</sup> De komende jaren zijn er methodologische ontwikkelingen te verwachten op de volgende twee gebieden:

- 1) De datering van sedimentologische monsters waarvan niet alle korrels aan genoeg zonlicht blootgesteld zijn om het OSL-signaal geheel op nul te zetten. Er is apparatuur beschikbaar om het luminescentiesignaal van individuele korrels te meten, zodat alleen die korrels voor analyse gebruikt kunnen worden waarvan het OSL-signaal wel op nul gesteld is (zie § 1.3.1).<sup>5</sup> De uitdaging ligt erin de meetresultaten zo te kunnen interpreteren dat het een betrouwbare ouderdom van de sedimenten oplevert;<sup>6</sup>
- 2) Verlenging van de tijdschaal waarvoor datering betrouwbaar is. Verzadiging van het kwarts OSL-signaal (zie fig. 5.2) beperkt de periode waarvoor kwarts OSL-datering toepasbaar is tot ca. 50.000 jaar (afhankelijk van het dosis tempo). Veldspaat biedt de mogelijkheid verder in de tijd terug te gaan, aangezien het signaal minder snel verzadigt. Veldspaatdateringen leveren echter vaak een te lage ouderdom op.<sup>7</sup>

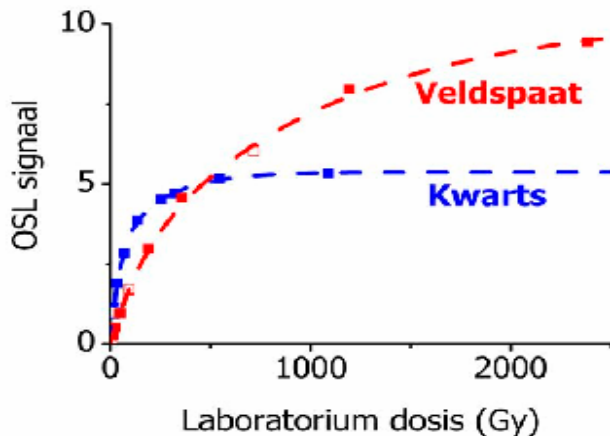


Fig. 5.2 Verzadiging van het kwarts OSL-signaal en het veldspaat IRSL-signaal (infrarood gestimuleerde luminescentie). Verzadiging van het signaal beperkt het ouderdomsbereik waarvoor luminescentiedatering betrouwbaar toegepast kan worden. Het kwarts OSL-signaal verzadigt na ongeveer 150.000 jaar.

<sup>4</sup> Murray & Wintle 2000.

<sup>5</sup> Bøtter-Jensen *et al.* 2000.

<sup>6</sup> Olley, Pietsch & Roberts 2004.

<sup>7</sup> Wallinga *et al.* 2001; Huntley & Lamothe 2001.

### 1.2.1: OSL versus TL

Het OSL-signaal wordt zowel door verhitting als door blootstelling aan licht op nul gesteld en is daarmee geschikt voor datering van verhitte artefacten en van sedimenten. Voor sedimenten kan TL niet gebruikt worden omdat het TL-signaal weinig gevoelig is voor licht. Voor artefacten biedt het gebruik van OSL ook voordelen: de methode is preciezer en er is minder materiaal voor nodig. Om deze redenen concentreer ik me in dit hoofdstuk voornamelijk op OSL-datering en refereer ik nog slechts zijdelings aan de TL-methode.

### 1.2.2: Kwarts versus veldspaat

Voor datering kan het luminescentiesignaal van verschillende mineralen gebruikt worden. De meest bekende zijn kwarts en veldspaat, maar ook zirkoon, calciëet en sommige zouten vertonen luminescentie. Veldspaat is in het verleden veel gebruikt voor TL- en optische datering. Optische datering van veldspaat wordt meestal aangeduid als 'infrarood gestimuleerde luminescentie-datering' (IRSL), terwijl bij kwarts over OSL-datering wordt gesproken. Omdat het luminescentiesignaal (zowel TL als IRSL) bij veldspaat minder stabiel is leveren luminescentiedateringen van veldspaat vaak een onderschatting van de ouderdom op. Om deze reden heeft het gebruik van kwarts de voorkeur. In de rest van dit hoofdstuk concentreer ik mij dan ook op de mogelijkheden van kwarts OSL-datering.

### 1.3: Bereik, betrouwbaarheid en precisie

Luminescentiedatering is in principe toepasbaar voor sedimenten met een ouderdom tussen nul jaar en ongeveer 150.000 jaar. De betrouwbaarheid van kwarts OSL-dateringen met behulp van de meest moderne meetmethodes (zie 'single-aliquot'-methoden; SAR) is vastgesteld door de dateringen te vergelijken met dateringen die werden verkregen op basis van onafhankelijke dateringsmethoden (zie fig. 5.3).

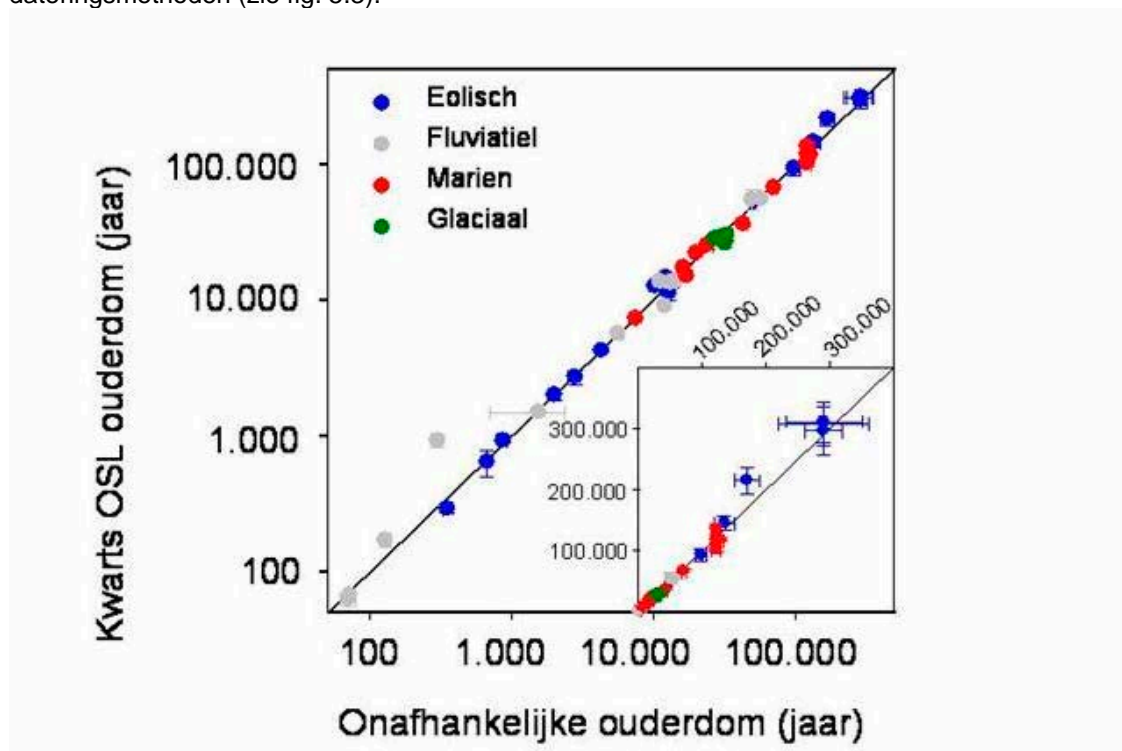


Fig. 5.3 Vergelijking van kwarts OSL-dateringen verricht met de Single-Aliquot Regenerative dose-methode (SAR; zie Murray & Wintle 2000) en met onafhankelijke ouderdomscontrole (figuur op basis van Murray & Olley 2002). Als gevolg van de verzadiging van het OSL-signaal van kwarts zijn bepalingen boven de 150.000 jaar zeer onnauwkeurig.

Voor jonge monsters is het van groot belang dat het luminescentiesignaal geheel op nul gesteld is; als dit niet het geval is zal de ouderdom worden overschat. Op-nul-stelling biedt zekerheid voor verhitte monsters en voor sedimenten die aan veel zonlicht zijn blootgesteld voor afzetting (bijv. duinzand); voor sommige andere sedimenten (bijv. rivierzand) biedt het dat echter niet. Het meetbereik van luminescentiedatering is een gevolg van verzadiging van het OSL-signaal van kwarts. Als de toename van het OSL-signaal als functie van de geabsorbeerde straling afneemt (afvlakking van de groeicurve; zie fig. 5.2) wordt de bepaling van de paleodosis minder betrouwbaar. Het tijdstip waarop dit plaatsvindt is afhankelijk van het monster en van het dosistempo, maar ligt in de meeste gevallen rond de 150.000 jaar.

De onzekerheidsmarge van de ouderdomsbepaling is onder ideale omstandigheden ongeveer 5%. Deze onnauwkeurigheid is een gevolg van onzekerheden in de calibratie van de bètabron die gebruikt wordt voor de paleodosis-bepaling, en van onzekerheden in de berekening van het dosistempo.

#### *1.3.1: Onnauwkeurigheden in de bepaling van de paleodosis*

Voor bepaling van de paleodosis wordt gebruik gemaakt van een bèta-bestralingsbron. Calibratie van deze bron is mogelijk met een nauwkeurigheid van 3%; dit is de maximaal haalbare nauwkeurigheid waarmee de paleodosis bepaald kan worden.

Andere factoren die van invloed zijn op de nauwkeurigheid van de paleodosisbepaling zijn:

- 1) De volledigheid van de op-nul-stelling van het luminescentiesignaal. Voor de bepaling van de paleodosis is het essentieel dat het luminescentiesignaal geheel op nul is gesteld voor begraving. Als dit niet zo is, zal de ontvangen dosis en dus ook de ouderdom overschat worden. Voor aardewerk en andere verhitte artefacten is op-nul-stelling volledig. Voor sedimenten is de totaliteit van *resetting* afhankelijk van de duur en intensiteit van de blootstelling aan zonlicht. Deze is sterk afhankelijk van het afzettingsmilieu; windafzettingen hebben meestal veel zonlicht gezien voor begraving, terwijl bij rivierafzettingen zonlicht gefilterd is door de troebele waterkolom. Deze bron van onzekerheid is vooral van belang voor jonge afzettingen; de ouderdomsoverschating wordt relatief steeds kleiner voor oudere afzettingen. Er zijn verschillende methoden ontwikkeld om aan de hand van de OSL-metingen te zien of het OSL-signaal voor afzetting volledig op nul gesteld was.<sup>8</sup> De meeste van deze methoden maken gebruik van de spreiding in paleodosis die is verkregen op kleine submonstertjes. Idealiter bestaan deze submonsters uit individuele korrels (zie het voorbeeld van de Romeinse platbodem in § 2.2.3);
- 2) De verzadiging van het luminescentiesignaal. Dit vormt een bron van onzekerheid bij het dateren van monsters met een aanzienlijke ouderdom. In het bereik waar de groeicurve afvlakt kunnen kleine meetfouten leiden tot grote fouten in de paleodosis-bepaling. Het is moeilijk om deze fout te kwantificeren; dateringen waarvoor van dit bereik gebruik gemaakt wordt moeten dan ook met de grootste voorzichtigheid geïnterpreteerd worden.

#### *1.3.2: Onnauwkeurigheden in de bepaling van het dosistempo*

Het dosistempo wordt meestal gemeten met behulp van een gamma-spectrometer, hoewel ook wel andere methoden gebruikt worden. De gamma-spectrometer meet de activiteit (Bq/kg) van radionucliden in de uranium- en thorium-reeksen en van kalium. Van de uranium- en thorium-reeksen wordt de activiteit van meerdere radionucliden gemeten. Als de activiteit van alle radionucliden uit een reeks identiek is heeft er geen in- of uitspoeling van radioactief materiaal plaatsgevonden. De omrekeningsfactoren voor het vaststellen van de bèta- en gamma-dosis uit de gemeten concentraties van natuurlijke radionucliden hebben een onzekerheid van 3%. In het beste geval heeft het berekende dosistempo dus een onzekerheid van 3%. Vaak zijn de omstandigheden echter niet ideaal en is de nauwkeurigheid minder.

Voor een nauwkeurige bepaling van het dosistempo moet met de volgende factoren rekening worden gehouden:

---

<sup>8</sup> Wallinga 2002.

- 1) *Watergehalte*: omdat water ioniserende straling absorbeert, is het watergehalte van invloed op het dosistempo in de korrels. Hoe natter, hoe minder ioniserende straling de korrels bereikt, dus hoe lager het dosistempo. Het watergehalte (%) wordt uitgedrukt als gewicht van water, gedeeld door het gewicht van het droge sediment. Als vuistregel kan gesteld worden dat als het monster één procent meer water bevat, het dosistempo in de korrels één procent lager is. De onzekerheid over het watergehalte in het verleden moet meegenomen worden in de berekening van het dosistempo (en dus de ouderdom). Doordat klei als een spons veel water op kan nemen, kan het watergehalte van klei sterk fluctueren. Luminescentiedatering van kleiige afzettingen zal dan ook minder nauwkeurig zijn dan van zandige afzettingen. Daarnaast kan met name rond de grondwaterspiegel in- of uitspoeling van radioactieve elementen plaatsvinden. Hierdoor kan de natuurlijke achtergrondstraling veranderd zijn, waardoor de waarde zoals die nu gemeten wordt niet voor de hele begravingsperiode geldt.
- 2) *Homogeniteit*: de ioniserende straling die het monster ontvangt is afkomstig uit een straal van ongeveer 30 cm rondom het monster. Als de omgeving homogeen is, is het dosistempo in de omgeving overal gelijk en goed te bepalen. Dicht bij een lithologische overgang is dit niet zo goed mogelijk. Voor potscherven wordt normaliter aangenomen dat de bèta-straling (reikwijdte enkele mm's) afkomstig is uit de potscherf zelf, terwijl de gamma-straling afkomstig is uit de omgeving.
- 3) *Begravingsdiepte*: Een relatief klein deel van de ioniserende straling is afkomstig van kosmische straling. Hoe groter de diepte waarop het monster is genomen, hoe lager het dosistempo van de kosmische straling. Voor monsters die lange tijd dicht onder het oppervlak begraven hebben gelegen moet dan ook een schatting gemaakt worden van de begravingsgeschiedenis om de kosmische component van het dosistempo goed te berekenen.

## 2 ARCHEOLOGIE EN LUMINESCENTIEDATERING

Afgezien van het onderzoek van vuursteen van de vindplaats Maastricht-Belvédère is luminescentiedatering nog relatief weinig gebruikt in de Nederlandse archeologie.<sup>9</sup> Dat komt deels door onbekendheid met de methode, deels door de beschikbaarheid van goede alternatieven (w.o. <sup>14</sup>C-analyse). Daarbij komt dat de faciliteiten voor luminescentiedatering in Nederland pas zeer recentelijk beschikbaar zijn gekomen. Luminescentiedatering biedt echter vele voordelen en mogelijkheden. Het voordeel van luminescentiedatering is dat het moment dat van belang is op een directe manier gedateerd wordt. Dit geldt zowel voor verhitte materialen als voor sedimenten. Door luminescentiedatering van sediment kunnen sites worden gedateerd waarvan geen organisch materiaal voor <sup>14</sup>C-datering beschikbaar is. Daarnaast levert luminescentiedatering voor sommige perioden betrouwbaarder resultaten op dan <sup>14</sup>C-datering, aangezien de nauwkeurigheid van die methode wordt beperkt door 'plateaus' in de koolstofcalibratiecurve.<sup>10</sup> Ook voor de laatste 250 jaar levert luminescentiedatering nauwkeuriger resultaten op dan <sup>14</sup>C-analyse.

### 2.1: Toepassing

Luminescentiedatering wordt in de archeologie met name gebruikt voor het dateren van aardewerk en van sedimenten in een archeologische context.

---

<sup>9</sup> Met behulp van TL-methoden werd de ouderdom van vuursteen uit Maastricht-Belvédère vastgesteld op ca. 250.000 jaar (Huxtable 1993). Nieuwe inzichten doen echter vermoeden dat de artefacten in werkelijkheid ouder zijn (mond. meded. W. Roebroeks, 2005). TL-dateringen op sediment van dezelfde vindplaats leverden een ouderdom op van ongeveer 15.000 jaar voor afzettingen uit het Weichsel, terwijl voor oudere sedimenten alleen een minimum-ouderdom bepaald kon worden (Debenham 1993). De ouderdomsunderschatting op deze site is waarschijnlijk een gevolg van het gebruik van veldspaat voor de metingen.

<sup>10</sup> Een voorbeeld hiervan is het zgn. 'Hallstatt-plateau' in het eerste millennium BC (zie het NOaA-hoofdstuk 'De <sup>14</sup>C-methode' van J. van der Plicht).

### Aardewerk

Bij aardewerk kan luminescentiedatering voor twee doeleinden worden ingezet, te weten authenticiteitstoetsing en datering. Voor authenticiteitstoetsing volstaat een meting van de paleodosi. De vraag is dan niet *hoe* oud het aardewerk is maar *of* het oud is (of een moderne namaak). Bij een authenticiteitstest wordt een aantal cilindertjes (diameter van enkele millimeters) uit het aardewerk geboord. Meestal gebeurt dit op een onzichtbare plaats (bijv. de onderkant). Het materiaal wordt verpulverd en gebruikt voor de luminescentiemetingen. Voor datering van aardewerk, baksteen of dakpannen is meer materiaal nodig, omdat zowel de paleodosi als het dosistempo bepaald moeten worden. Omdat het grootste deel van de ioniserende straling afkomstig is van buiten het artefact, is er voor de bepaling van het dosistempo ook een omgevingsmonster nodig (enkele honderden grammen volstaat). Het artefact zelf moet zoveel mogelijk afgeschermd worden voor licht. Ouderdomsbepaling van andere verhitte artefacten (zoals vuursteen) is ook mogelijk, maar behoort nog niet tot de routine.

### Sedimenten

Sedimenten die voor archeologen interessant zijn kunnen zowel van natuurlijke als antropogene oorsprong zijn. Bij natuurlijke sedimenten gaat het vaak om de bewoningslaag ('hoe oud is het oppervlak waar mensen gebruik van gemaakt hebben?') of juist om bedekking van de bewoningslaag ('wanneer werd een bepaalde plek verlaten?'). Antropogene sedimenten zijn sedimenten die juist samenhangen met de menselijke activiteit. Voorbeelden hiervan zijn de vulling van greppels, opvulling van paalgaten en opgeworpen wallen of terpen. Zelfs mortel kan hiertoe gerekend worden.

## 2.2: Voorbeelden

Ter illustratie worden hieronder enkele recente voorbeelden van optische (OSL-) datering besproken die van belang zijn voor Nederlands archeologisch onderzoek.

### 2.2.1: Duinvorming op Texel

Duinzand is zeer geschikt voor luminescentiedatering omdat de korrels vóór afzetting aan voldoende licht zijn blootgesteld. Onderzoek op het waddeneiland Texel illustreert de geschiktheid van kwarts OSL-datering voor duinzand. De genese van de zuidwestpunt van Texel in de afgelopen 300 jaar is nauwkeurig bekend uit oude kaarten.

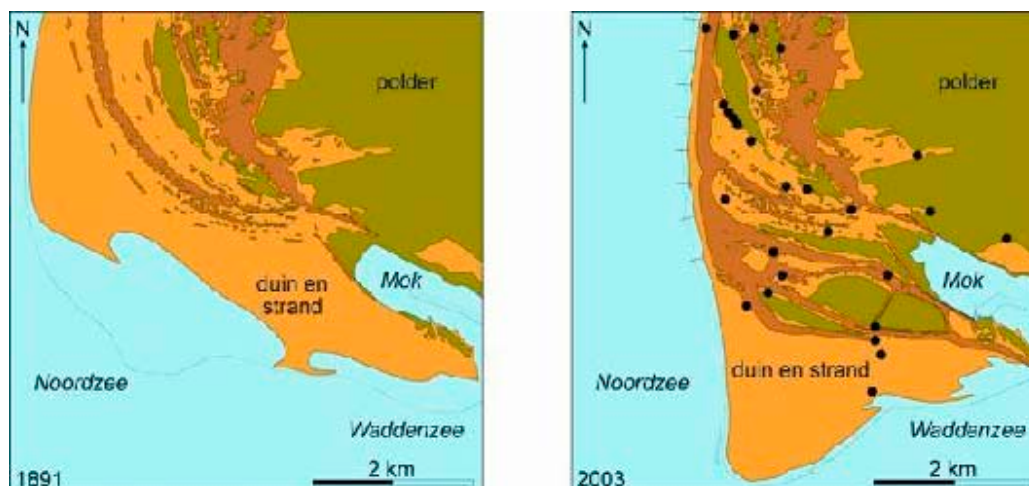


Fig. 5.4a De zuidwesthoek van het waddeneiland Texel in 1891 (links) en in 2003 (rechts). Uit de kaarten blijkt dat het eiland zich in deze periode heeft uitgebreid in zuidelijke richting; op het nieuwe land zijn duinen ontstaan (donker weergegeven). De monsterlocaties voor OSL-datering zijn weergegeven op de kaart van 2003.



Uit de kaarten blijkt dat de zuidkant van het eiland in zeewaartse richting groeit; op het nieuwe land vormen zich duinrijen (fig. 5.4a). In het onderzoek worden twintig optische dateringen op duinruggen vergeleken met de ouderdom zoals bekend van oude kaarten. De dateringen komen zeer goed overeen (fig. 5.4b), en laten zien dat optische datering van sedimenten met een nauwkeurigheid van enkele decennia mogelijk is (onder ideale omstandigheden).<sup>11</sup>

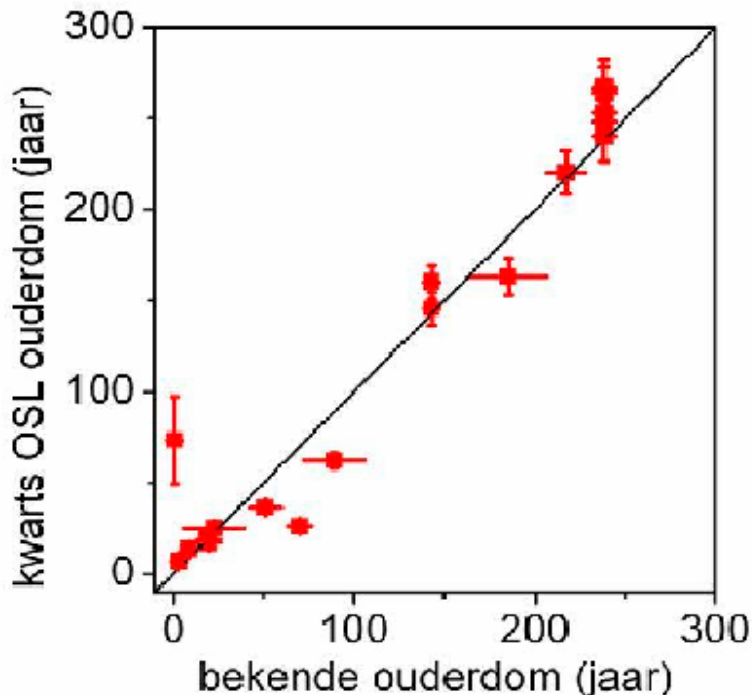


Fig. 5.4b Vergelijking tussen kwarts OSL-dateringen en de ouderdom zoals bekend van historische kaarten (Ballarini et al. 2003).

### 2.2.2: Ontstaansgeschiedenis van plaggendekken

Plaggendekken zijn moeilijk te dateren met <sup>14</sup>C-analyse, omdat het organisch materiaal in de dekken voor een deel is opgebracht (mest), voor een deel *in situ* en voor een deel later is gevormd (bijv. wortels). Optische datering biedt de mogelijkheid om het niet-organische materiaal direct te dateren. Op-nul-stelling in deze omgeving vindt plaats tijdens transport van ingewaaide korrels en/of door ploegen en bioturbatie. De eerste uitkomsten van dit onderzoek geven aan dat OSL kan worden toegepast voor de datering van plaggendekken. Door meerdere monsters in een verticale sequentie te dateren kunnen het begin van de ophoging, de snelheid van ophoging en de periode van gebruik worden bepaald.<sup>12</sup> Strikt genomen zal de ouderdom van het begin van de ophoging iets worden onderschat doordat het moment wordt bepaald waarop deze laag onder de ploegdiepte is begraven.

### 2.2.3: Romeinse platbodem

In 2003 werd de goed geconserveerde Romeinse platbodem 'De Meern 1' bij Leidsche Rijn opgegraven.<sup>13</sup> Dendrochronologisch onderzoek wees uit dat het schip rond 150 AD was gebouwd; typologisch onderzoek van schoenen die in het schip werden gevonden wees uit dat het schip tussen 180 en 200 AD moet zijn vergaan. Om de bruikbaarheid van optische datering

<sup>11</sup> Ballarini et al. 2003.

<sup>12</sup> Bokhorst 2001; Bokhorst, Duller & Van Mourik 2005.

<sup>13</sup> Bazelmanns & Jansma 2005.

voor fluviaatiele afzettingen aan te tonen werden zes monsters van rivierafzettingen in en rond het schip genomen (fig. 5.5a).



Fig. 5.5a Het nemen van monsters voor OSL-datering van fluviaatiele afzettingen op en rond de Romeinse platbodem 'De Meern 1'.

De uitkomsten van de monsters kwamen goed overeen met de datering van het schip en het tijdstip van zinken die door de andere methoden was vastgesteld. Eén van de monsters leverde een te hoge OSL-ouderdom op (zie fig. 5.5b). Aanvullende metingen van individuele kwartskorrels wezen echter uit dat het OSL-sigitaal in bijna alle korrels voor afzetting geheel op nul was gesteld (fig. 5.5c) en dat de eerste uitkomst dus correct was.

#### 2.2.4: De kolonisatie van Noordoost-Europa

In het kader van het onderzoeksproject QUEEN (*Quaternary Environment of the Eurasian North*) werd een groot aantal OSL- en  $^{14}\text{C}$ -dateringen verricht aan afzettingen in Noordoost-Europa. Uit dit onderzoek is gebleken dat de oudste sporen van menselijke aanwezigheid in het Europese arctische gebied zo'n 40.000 jaar teruggaan – en dus veel ouder zijn dan werd gedacht.<sup>14</sup>

#### 2.2.5: Romeins aquaduct Groesbeek?

Dat optische datering niet altijd succesvol is blijkt uit de poging om aardwerken rond Groesbeek te dateren.<sup>15</sup> Deze aardwerken maken mogelijk deel uit van een aquaduct voor de Romeinse legioensvesting van Nijmegen. Datering van de aardwerken met  $^{14}\text{C}$ -datering was niet mogelijk omdat er geen organisch materiaal in de gegraven geulen bewaard was gebleven. Bij het Nederlands Centrum voor Luminescentiedatering (NCL) zijn OSL-metingen verricht van monsters uit een geulopvulling en monsters van een opgeworpen wal. De uitkomsten waren echter zeer gespreid en leverden een ouderdom op van meer dan 100.000 jaar. Een dergelijke ouderdom is

<sup>14</sup> Pavlov, Roebroeks & Svensen 2004.

<sup>15</sup> Schut 2005.

onmogelijk gezien het antropogene karakter en de omvang van de structuren. De ouderdomsoverschating en de grote spreiding in resultaten is waarschijnlijk het gevolg van een korte blootstelling aan licht van de korrels en de hoge ouderdom van het uitgangsmateriaal ter plekke.

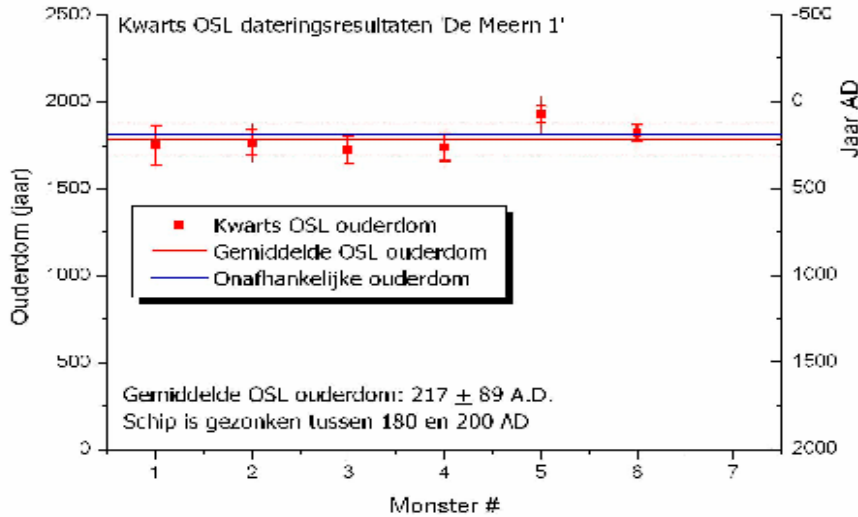


Fig. 5.5b Resultaten van kwarts OSL-datering (rood) van de zes monsters uit De Meern. Vijf van de zes monsters leverden een datering op die overeenkomt met de leeftijd van het schip en het tijdstip van zinken die met de andere methoden was vastgesteld (blauwe lijn).

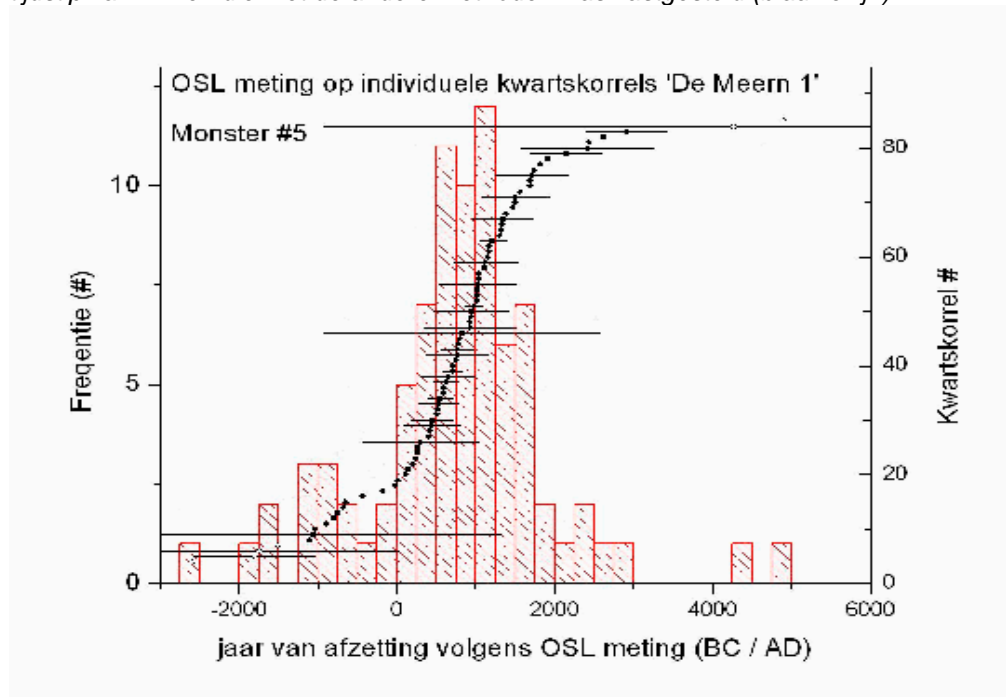


Fig. 5.5c Resultaten van OSL-dateringen op individuele kwartskorrels van monster 5. De resultaten laten zien dat het grootste deel van de OSL-ouderdomsbepalingen gespreid is rond de verwachte ouderdom, hetgeen erop duidt dat het OSL-sigitaal in bijna alle korrels op nul was gesteld voor de afzetting en begraving. De grote spreiding in resultaten komt door meetruis als gevolg van de minieme OSL-sigitaaltes van individuele kwartskorrels.

## 2.3: Mogelijkheden voor Nederland

### 2.3.1: De betekenis van luminescentiedatering voor de archeologie

Als aanzet voor de discussie over de betekenis van luminescentiedatering voor de archeologie worden hieronder een aantal mogelijke toepassingen besproken.

1. Ouderdomsbepaling van natuurlijke sedimenten:
  - verstuivingsfasen in duinen en zandvlakten
  - rivierafzettingen
  - dekzandstratigrafie (o.a. >26.000 jaar)
2. Ouderdomsbepaling van antropogene sedimenten:
  - plaggendekken
  - opvulling van antropogene depressies: ringgreppels, sloten
  - opgeworpen structuren: grafheuvels, terpen, wallen, dijken
  - lijkverkleuringen, paalgaten, etc.
  - vuurplaatsen en haardkuilen
3. Ouderdomsbepaling van artefacten:
  - koppelen van absolute tijdschaal aan aardewerktypologieën
  - bepalen van de authenticiteit van vuurstenen werktuigen (mits verhit)
4. Ouderdomsbepaling van bouwwerken:
  - verhitte materialen: baksteen, dakpannen
  - niet-verhitte materialen: specie, beton

### 2.3.2: De betekenis van de archeologie voor de luminescentiedatering

Samenwerking tussen dateringsdeskundigen en archeologen is geen eenrichtingsverkeer. Er liggen goede mogelijkheden voor dateerders om te leren van archeologen. Hierbij kan gedacht worden aan het dateren van niet-ideale materialen waarvan de ouderdom al bekend is, bijvoorbeeld door de archeologische context.

Voorbeelden:

- sediment dat weinig licht gezien heeft voor begraving. Welke sporen zijn wel te dateren en welke niet?
- het vergelijken van aardewerkdateringen met behulp van TL en van OSL
- datering van vuurstenen werktuigen
- datering van lange tijdreeksen (> 150.000 jaar)

## 3 PRAKTISCHE WENKEN

### 3.1: Monstername

Omdat monsters voor luminescentiedatering niet blootgesteld mogen worden aan zonlicht is het belangrijk dat de monstername tijdens de opgraving plaatsvindt. Bij aardewerk kan weliswaar de buitenkant van het monster verwijderd worden, maar voor de bepaling van het dosistempo is materiaal van rondom het monster nodig. Het is dus belangrijk om vanaf het begin van een opgraving rekening te houden met de mogelijkheid om artefacten of sediment met luminescentiemethoden te dateren. Omdat de geschiktheid van een monster(locatie) voor luminescentiedatering van vele factoren afhankelijk is, is het verstandig om de dateringsspecialist te betrekken bij de monstername en bij de monsterstrategie. Voor contactinformatie, zie: [www.ncl-lumdat.nl](http://www.ncl-lumdat.nl).

Als het niet mogelijk is om met een dateringsspecialist te overleggen, kunnen de volgende punten enig houvast bieden:

- het monster mag niet aan (zon)licht blootgesteld worden!
- potscherven moeten meteen in het donker bewaard worden. Gebruik hiervoor zilverpapier of dik zwart plastic (een vuilniszak is niet lichtdicht!);

- voor datering is ook een omgevingsmonster (sediment) nodig van de plaats waar de potscherf gevonden is (tenminste 300 g). Zonder dit omgevingsmonster heeft de datering een onzekerheid van 30%;
- bij monsternamen van sediment in een ontsluiting of afgraving kan een PVC- of metalen buis in de wand geslagen worden. Geschikte afmetingen zijn 20 cm lengte met een diameter van 8 cm, of 30 cm lengte met diameter van 5 cm. Voor zeer fijne afzettingen (klei/silt) is soms meer materiaal nodig;
- neem het monster uit een zo homogeen mogelijk pakket, op een plaats die tenminste 20-30 cm van lithologische overgangen verwijderd is;
- neem liever geen monster uit een laag waar het grondwater heeft gefluctueerd;
- zandige afzettingen zijn geschikter dan klei- of siltrijke afzettingen;
- één datering roept meestal meer vragen op dan dat het antwoorden geeft. Daarom hanteert het NCL als stelregel dat er minimaal drie monsters per site gedateerd moeten worden. Dit kunnen drie monsters van één laag zijn, of drie monsters in stratigrafische context.

SOORT MONSTER	MONSTER VOOR BEPALING PALEODOSIS (LICHTDICHT NEMEN EN BEWAREN!)	OMGEVINGSMONSTER (MAG IN LICHT)
SEDIMENT: ZAND	> 300 GRAM	300 GRAM
SEDIMENT: KLEI / SILT	> 500 GRAM	300 GRAM
AARDEWERK	> 20 GRAM, ZEER AFHANKELIJK VAN AARDEWERK	300 GRAM

Tabel 5.1: Hoeveelheid benodigd materiaal voor luminescentiedatering

### 3.2: Het Nederlands Centrum voor Luminescentiedatering (NCL)

In 2003 werd het Nederlands Centrum voor Luminescentiedatering (NCL) opgericht. In dit centrum werken fysische (TU Delft en RUG) en aardwetenschappelijke onderzoeksinstituten (TNO-NITG, UvA, UU, VU en de WUR) samen aan het verbeteren van de methoden voor luminescentiedatering en het breed toegankelijk maken van luminescentiedatering voor toegepast onderzoek. Voorbeelden van projecten waaraan gewerkt wordt zijn: het dateren van Rijn-afzettingen van de laatste paar honderdduizend jaar, datering van verstuivingsfasen in duinen, en datering van plaggendecken. Hoewel er (nog) geen archeologische instituten deelnemen aan het NCL streeft het centrum naar actieve samenwerking met de archeologische onderzoekswereld. Het NCL werkt samen met het recent opgerichte *Centre for Arts & Archaeological Science* (CAAS), een samenwerkingsverband van de TU Delft en de Universiteit Leiden.

Het NCL beschikt over twee laboratoria. Het belangrijkste NCL-laboratorium is sinds 2003 operationeel (Reactor Instituut Delft, faculteit Technische Natuurwetenschappen TU Delft). Mede dankzij een apparatuursubsidie van NWO-ALW is dit laboratorium één van de meest moderne en best-uitgeruste laboratoria voor luminescentiedatering ter wereld. In Groningen wordt geëxperimenteerd met luminescentiedatering op het mineraal zirkoon; dit mineraal heeft potentie voor de datering van zeer jonge afzettingen. Samen met NITG-TNO werkt het NCL aan het toegankelijk maken van Nederlandse luminescentiedateringen via de database DINO (*Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond*). Andere vooraanstaande laboratoria voor luminescentiedatering zijn de *University of Wales Aberystwyth* (Wales), het *Nordic Laboratory of Luminescence Dating* (NLL, Denemarken) en het *Research Laboratory for Archaeology & the History of Arts* (RLAHA, Oxford, Engeland).

De kosten voor een luminescentiedatering bedragen 1000 euro (prijs in 2005, excl. BTW). Voor partners van het NCL gelden andere tarieven. Het NCL streeft naar een doorlooptijd van zes

maanden tussen indiening en levering van het dateringsresultaat. Op dit moment is de doorlooptijd nog langer (+ 10 maanden), aangezien enkele faciliteiten pas sinds kort beschikbaar zijn. De hoge kosten en de lange doorlooptijd worden veroorzaakt door het zeer bewerkelijke proces van monstervoorbereiding, meting en analyse. Meer informatie over de NCL-faciliteiten is te vinden op de website: [www.ncl-lumdat.nl](http://www.ncl-lumdat.nl)

## Literatuur

Aitken, M.J., 1985: *Thermoluminescence dating*, London.

Aitken, M.J., 1998: *An introduction to optical dating*, Oxford.

Ballarini, M., *et al.* 2003: Optical dating of young coastal dunes on a decadal time scale, *Quaternary Science Reviews* 22, 1011-1017.

Bazelmans, J., & E. Jansma 2005: Das Leben an Bord. Im Schiffsfund von De Meern (Niederlande) ist der Alltag auf einem römischen Frachter konserviert, *Antike Welt* 36, 23-29.

Bøtter-Jensen, L., *et al.* 2000: Advances in luminescence instrument systems, *Radiation Measurements* 32, 57-73.

Bøtter-Jensen, L., S.W.S. McKeever & A.G. Wintle 2003: *Optically stimulated luminescence dosimetry*, Amsterdam.

Bokhorst, M.P., 2001: *Genesis of plaggen soils in the light of optically stimulated luminescence*. Amsterdam (doctoraalscriptie UvA).

Bokhorst, M.P., G.A.T. Duller & J.M. van Mourik 2005: Optical dating of a fimic anthrosol in the southern Netherlands, *JAS* 32, 547-553.

Debenham, N., 1993: A short note on thermoluminescence dating of sediments from the Palaeolithic site Maastricht-Belvédère, *MRGD* 47, 45-46.

Feathers, J.K., 2003: Use of luminescence dating in archaeology, *Measurement Science & Technology* 14, 1493-1509.

Huntley, D.J., & M. Lamothe 2001: Ubiquity of anomalous fading in K-feldspars and the measurement and correction for it in optical dating, *Canadian Journal of Earth Sciences* 38, 1093-1106.

Huxtable, J., 1993: Further thermoluminescence dates for burnt flints from Maastricht-Belvédère and a finalized thermoluminescence age for the Unit IV Middle Palaeolithic sites, *MRGD* 47, 41-44.

Murray, A.S., & J.M. Olley 2002: Precision and accuracy in the optically stimulated luminescence dating of sedimentary quartz: a status review, *Geochronometria* 21, 1-16.

Murray, A.S., & A.G. Wintle 2000: Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol, *Radiation Measurements* 32, 57-73.

Olley, J.M., T. Pietsch & R.G. Roberts 2004: Optical dating of holocene sediments from a variety of geomorphic settings using single grains of quartz, *Geomorphology* 60, 337-358.

Pavlov, P., W. Roebroeks & J.I. Svendsen 2004: The Pleistocene colonization of northeastern Europe: a report on recent research, *Journal of Human Evolution* 47, 3-17.

Roberts, R.G., 1997: Luminescence dating in archaeology: from origins to optical, *Radiation Measurements* 27, 819-892.

Schut, P.A.C., 2005: *De aardwerken van Groesbeek: een aquaduct voor de Romeinse legioensvesting van Nijmegen?* Amersfoort (RAM 119).

Wallinga, J., 2002: Optically stimulated luminescence dating of fluvial deposits: a review, *Boreas* 31, 303-322.

Wallinga, J., *et al.* 2001: Testing optically stimulated luminescence dating of sand-sized quartz and feldspar from fluvial deposits, *Earth & Planetary Science Letters* 193, 617-630.

Website

**Nederlands Centrum voor Luminescentiedatering (NCL):** [www.ncl-lumdat.nl](http://www.ncl-lumdat.nl)