

Werken met natuursteen: Portland kalksteen

De kerktoeren van Asperen |



C. WIM DUBELAAR
TNO – GEOLOGISCHE DIENST
NEDERLAND, UTRECHT
WIM.DUBELAAR@TNO.NL

JOHN VAN DEN HEUVEL
STEENHOUWERIJ MAARSSSEN
MAARSSSEN

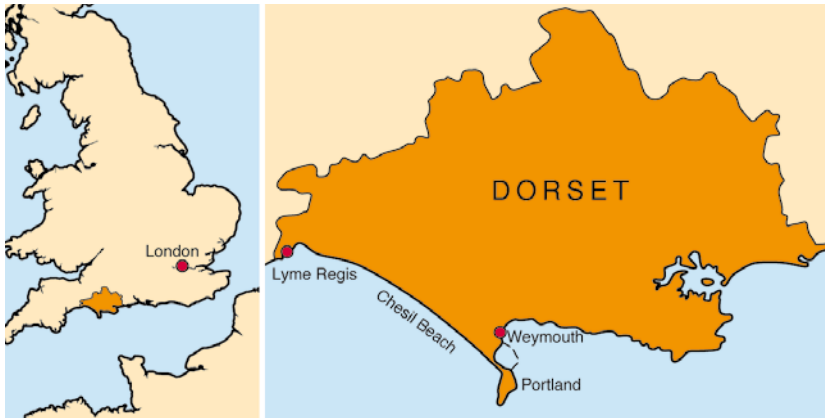


Bowers groeve

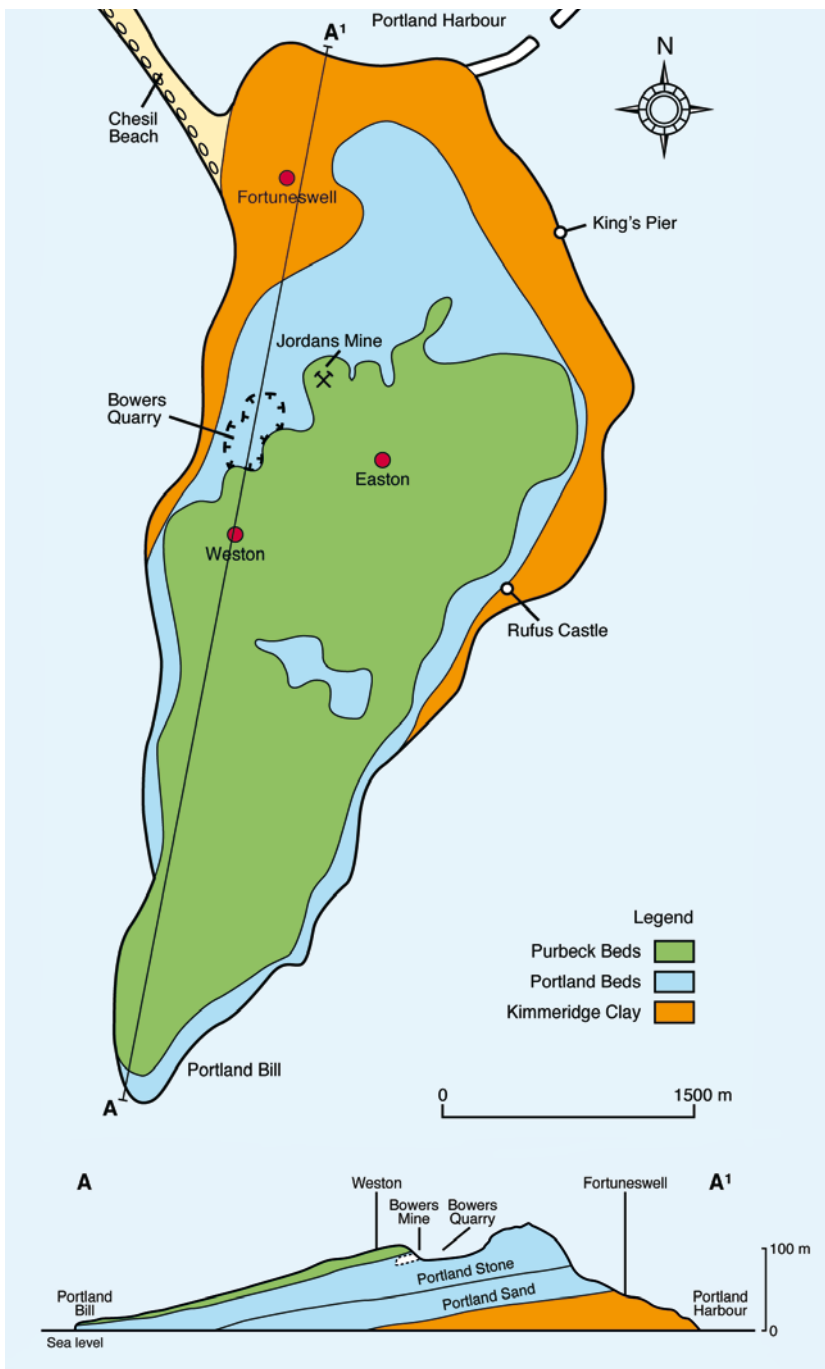
De Jura-kust van Dorset in het zuiden van Engeland is een waar eldorado voor geologen, niet in het minst door de vele fraaie fossielen van ammonieten, dinosauriërs en andere reptielen die hier in de afgelopen eeuwen zijn aangetroffen. De meest aansprekende en door Engelse historici en natuurwetenschappers gekoesterde vondst is die door Mary Anning uit Lyme Regis. Als kind verzamelde ze in 1811 schelpen op het strand en struikelde daarbij onverwachts over de botten van een ongeveer vier meter lange *Ichthyosaurus*. In 1821 vond Mary ook een vrijwel compleet skelet van een ander zeereptiel, een *Plesiosaurus*, dat door haar werd gereconstrueerd. Deze opzienbarende vondsten hebben bijgedragen aan de kennis van de geschiedenis van het leven op aarde. De aangetroffen fossielen uit de kalkstenen en kleilagen van Laat-Jura ouderdom worden in verschillende geologisch musea in Dorset tentoongesteld.

Bij steenhouders en beeldhouders is de 'Jurassic Coast' van Dorset vooral bekend door het voorkomen van een aantal bouw- en sierstenen. Gewild als decoratiesteen is bijvoorbeeld de 'Purbeck marble', een donkergrijs of blauwgroen gekleurde compacte kalksteen met fossielen van de zoetwater-slak *Viviparus* (Arkell, 1933, Marker, 2015). In deze bijdrage gaan wij in op de winning en het gebruik van de witte kalkstenen van Portland.





AFBEELDING 1. | Ligging van het schiereiland Portland aan de zuidkust van Engeland.



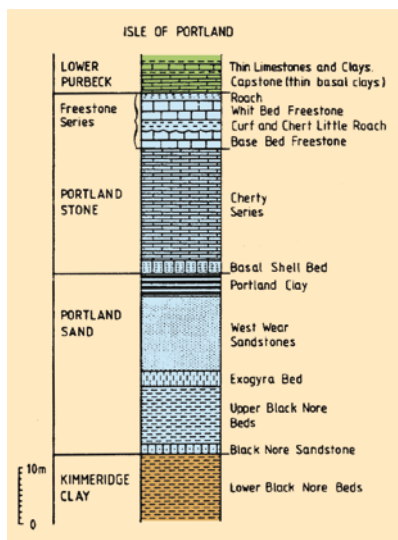
Geologie

Het voormalig eiland Portland ligt ten zuiden van Weymouth en heeft een lengte van ongeveer 6 km en een breedte van maximaal 2,4 km (Afb. 1 en 2). De verbinding met de kust van Dorset wordt gevormd door een dijk die aan de noordwestkant grenst aan Chesil Beach, een 30 km lang en ongeveer 200 m breed, door de natuur opgeworpen grindstrand met forse, eivormig afgeronde kiezelstenen. Het schiereiland Portland is onderdeel van de zuidflank van een anticlinaal structuur met een west-oost gerichte plooias. De helling van de lagen in de zuidflank bedraagt ongeveer 6°. De geologische opbouw is betrekkelijk simpel: de voet van het eiland bestaat uit kleisteen (Kimmeridge Clay), met daarop een ongeveer 25 meter dik pakket silt- en zandstenen (Portland Sand) gevolgd door de Portland Stone (Afb. 2 en 3). De Portland Stone omvat circa 20 meter dun gelaagde kalksteen met knollige vuursteen en bovenin de zogenoemde *Freestone Series*, de bouwsteenlagen. Het geheel wordt concordant bedekt door kleilagen en dunne kalksteenbanken, de Lower Purbeck Beds (Edmunds & Schaffer, 1932, Albion Stone, 2012, West, 2014).

Sedimentaire geschiedenis

In de Laat-Jura maakte het afzettingsgebied van de Portland kalksteen deel uit van een ondiepe, tropische zee. Het warme zeewater bevatte kooldioxide en calcium- en bicarbonaat-ionen. Bij het ontwijken van de kooldioxide uit het turbulente zeewater van de branding sloegen bolletjes van kalk neer: de oölieten (afgeleid van het Griekse *ooion*, dat ei betekent). De diameter van de bolletjes varieert tussen 0,3 en 0,5 mm; ze zijn daarmee groot genoeg om met het blote oog te kunnen worden onderscheiden. De bolletjes hebben meestal een concentrisch gelaagde opbouw rond een kern van zeer fijnkorrelige kalk of een schelpfragment. Verspreid tussen de kalkbolletjes zijn resten van tweekleppige schelpen, van onder meer oesters, en schaalfragmenten van zee-egels en zeesterren aanwezig. De bolletjes en de schelpfragmenten zijn door

AFBEELDING 2. | Vereenvoudigde geologische kaart en profiel van Portland.



AFBEELDING 3. | *Stratigrafische kolom van de geologische eenheden op Portland. Bron: Clark, 1988.*



AFBEELDING 4. | *Blokken Portland kalksteen waarop het volume en het groefleger met een dubbele streep is aangegeven.*

kalkcement met relatief grove kristallen van calciet (spriet) aaneengehecht. Uit onderzoek aan slijplaten van de Whitbed is gebleken dat het calciement vooral is gevormd op de schelpfragmenten en de schalen van zee-egels. Dit zijn blijkbaar de eerste aangrijpingspunten voor de verkitting van de steen. Veel van de oorspronkelijke poriën zijn in de loop van de geologische geschiedenis intact gebleven en de macroporositeit is daardoor hoog (15-20 vol.%). De bolletjeskalk is zeer homogeen en zuiver van samenstelling; zandkorreltjes zijn zo goed als afwezig en ook het klei- en ijzergehalte is bijzonder laag (Dubelaar, 2001, Dubelaar *et al.*, 2003a, b). Dit is waarschijnlijk het gevolg van de percolatie door zuurstofhoudend grondwater dat enige tijd door de poriën van de bolletjeskalk heeft kunnen stromen en de steen als het water heeft gezuiverd van klei en organische stof.

Na afzetting van de oölitische kalk daalde de zeespiegel en werd de Portland kalksteen bedekt met de kleien en dunne zoetwaterkalken van de Lower Purbeck eenheid (Palmer, 1995). Deze en latere bedekkingen met slecht doorlatende lagen heeft de onderliggende kalksteenlagen behoed voor infiltratie door regenwater.

Basebed, Whitbed en Roach

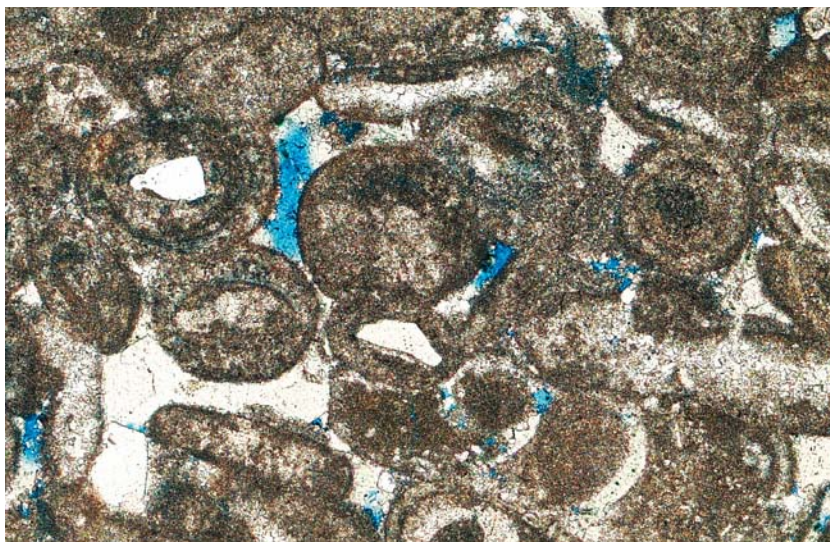
Binnen de Portland Freestone worden drie steenbanken onderscheiden: Basebed, Whitbed en Roach, met tussen de eerste twee lagen plaatselijk een dunne zandige en vuursteenhoudende laag, de Curf (Afb. 3 en 5). De kalksteenlagen in de Freestone Series zijn in de loop van de tijd weliswaar scheef gesteld, maar zijn vermoedelijk nooit diep begraven geweest. Er zijn twee systemen van diaklazen in een regelmatig patroon te onderscheiden. Deze breuken vormen de natuurlijke begrenzingen van het gesteente. Er kunnen blokken tot een lengte van circa 2,5 meter en een dikte tot circa 1,5 meter worden gewonnen uit de verschillende steenbanken in de Freestone Series. De aanduiding 'Freestone' is geen geologische term maar een begrip uit de praktijk van de steenhouders. Er wordt mee bedoeld dat de kalksteen gemakkelijk te bewerken is en dat de steen bij de bewerking geen voorkeursrichting heeft. Dat is een bijzonderheid want sedimentaire gesteenten zijn in het algemeen duidelijk gelaagd en dan is het zeker verstandig om het gesteente 'met liggend groefleger' (parallel aan de gelaagdheid) in het bouwwerk te plaatsen. Het groefleger is inderdaad vaak niet of nauwelijks zichtbaar in de meest homogene lagen van deze oölitische kalksteen, en zekerheidshalve wordt de oriëntatie van het laagvlak daarom op de steenblokken aangegeven (Afb. 4).

De onderste laag van de Freestone Series is de Portland Basebed (Afb. 6). Deze laag heeft meer calciement tussen de oölieten en is compacter van structuur dan de bovenliggende laag, de Whitbed. Deze (Afb. 7) heeft een open, gelijkmatige structuur. Door het ontbreken van 'steken' (diaklazen: breuken, meestal zonder zichtbaar verzet) en een gering gehalte aan grote schelpresten is de Whitbed bijzonder geschikt voor het vervaardigen van beeldhouwwerken. De Portland Roach heeft de grofste korrel, bevat veel grote schelpresten en ook veel holten met de contouren van schelpen (Afb. 8). De schelpen zelf zijn hier vermoedelijk door oplossing van het aragoniet (bij lage temperatuur gevormde calciumcarbonaat) van de schelpkleppen verdwenen. Vanwege de grove structuur en de vele schelpresten is de Roach niet geschikt voor fijn geprofileerd werk, maar wel voor vlakke blokken en lijsten. De mate van korrelbinding door

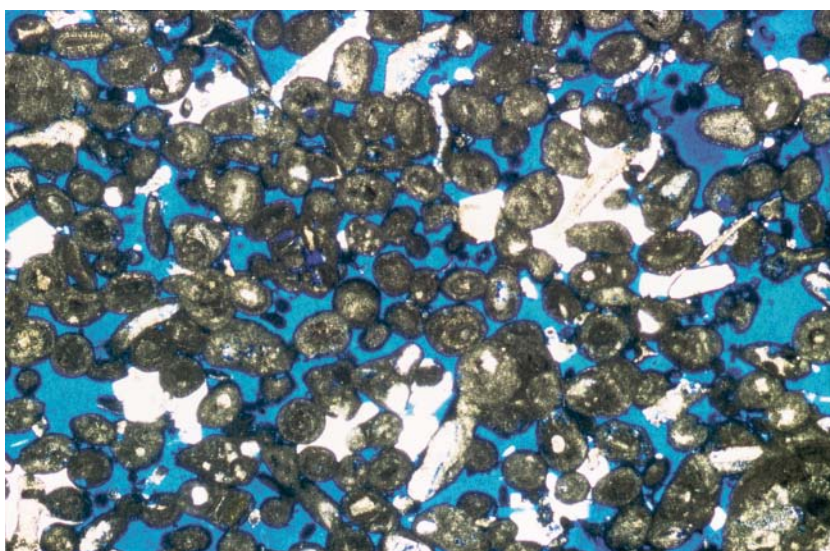


AFBEELDING 5. | *Bowers groeve met indeling van de lagen binnen de Portland Freestone en de Lower Purbeck Beds. Foto: Albion Stone.*





AFBEELDING 6. | Microfoto van Basebed kalksteen. De basis van de foto is ca. 1,5 mm. Foto: R. Koch.



AFBEELDING 7. | Slijpplaat van Whitbed met oolieten, kalkschalen en sparietement. De basis van de foto is ca. 1 cm. Foto: R. Koch.

het grove calciement is evenwel zo goed dat de Roach kon worden toegepast in kademuren en andere waterwerken aan de kust van Dorset (Clark, 1988). De zoutbelasting in de kustzone is weliswaar hoog, maar de verblijftijd van het achtergelaten zout in de holten is kort en de constante spoeling door het water verhindert de kans op schade als gevolg van het neerslaan en aangroeien van de zoutkristallen.

Winningsgeschiedenis

Zoals zo vaak in de Europese geschiedenis van de natuursteenwinning zijn het ook in Portland de Romeinen geweest die de bruikbaarheid van de ter plaatse aanwezige natuursteen op hun waarde wisten te schatten. De Romeinen gebruikten de kalksteen voor het vervaardigen van beeldhouwwerken van enig formaat, zoals sarcophagen. Ten tijde van de overheersing van de Normandiërs, na de slag bij Hastings in 1066, haalde men zachte, goed te bewerken kalksteen hoofdzakelijk uit Caen en voerde die over Het Kanaal naar het zuidoosten van Engeland. Op het eiland Portland zelf werd toen al wel van de lokale steen gebruik gemaakt, zoals voor Rufus Castle, uit ca. 1080. Rekeningen uit de 14e eeuw vermelden de aanvoer van kalksteen uit Portland naar Londen voor de bouw van de Kings Chapel in Westminster en voor reparaties aan de Tower van

Londen (Williamson, 2012). De homogene, meer dan anderhalve meter dikke banken, die waren ontsloten aan de oostkust van Portland, waren relatief eenvoudig te winnen en te verscheppen via een kleine landingsplaats aan de noordoostzijde van het eiland (Afb. 2: King's Pier).

In de eeuwen hierna zijn er vermoedelijk alleen kleinschalige winningsactiviteiten op Portland, maar dat veranderde aan het begin van de 17e eeuw. De architect Inigo Jones, die de statuur had van Britse "rijksbouwmeester", stimuleerde het gebruik van Portland kalksteen sterk. In 1616 en 1619 werd in opdracht van Jones meer dan 200.000 kg Portland kalksteen per zeilschip over zee naar Londen vervoerd. Dat waren bepaald geen kleine blokken steen, want bestellingen uit die tijd spreken van gewenste stenen van 'zeven voet lengte, 3 voet breedte en een dikte van 16 inch' (Williamson, 2012). In 1620 zou voor het eerst een grote lading Portland kalksteen naar Hendrick de Keyser in Amsterdam worden verscheept. Dit gebeurde waarschijnlijk op voorpraak van de beeld- en steenhouwer Nicolas Stone. Nicolas Stone was een paar jaar als leerling in dienst geweest bij Hendrick de Keyser, de stadssteenhouwer van Amsterdam. Stone huwde in 1613 met Maryken, de dochter van De Keyser. Hendrick de Keyser kende de materiaaleigenschappen van de Portland kalksteen van zijn eerdere bezoek aan Engeland in 1607. Het is helaas niet bekend voor welk bouwwerk in Nederland de Portlandsteen was bedoeld. De lading kalksteen voor De Keyser heeft Amsterdam echter nooit bereikt. Door een ongeluk met een kraan bij het laden van de vracht op de kade van Portland werd, na een kort gerechtelijk onderzoek, de steen geconfisqueerd.



AFBEELDING 8. | Demonstratiepaneel Portland Bowers Roach.

De kalkstenen zijn toen vermoedelijk gebruikt voor Banqueting House in Londen, een groot bouwproject van de Engelse koning James I, die de eigenaar was van de steengroeves op Portland (Williamson, 2012).

Nadat in 1666 een enorme stadsbrand het centrum van Londen grotendeels in



AFBEELDING 9. | Zagen van een sleuf aan de bovenzijde van een steenbank.



AFBEELDING 10. | Hydrobag waarmee het blok wordt gespleten.
Foto: L. Gerdessen.



AFBEELDING 11. | Ondergrondse winning (Jordan's mijn). Het plafond wordt gevormd door kalksteen met vuursteenknollen.

puin had gelegd en Sir Christopher Wren de opdracht kreeg om, onder meer, de kathedraal van St. Pauls uit de as te doen herrijzen, nam de exploitatie van Portland kalksteen een hoge vlucht. Voor de St. Pauls en andere kerken werd tussen 1675 en 1710 ongeveer 40.000 kubieke meter steen gebruikt (Godden, 2012). In de eeuwen daarna is nog heel veel Portland kalksteen naar Londen vervoerd, zodat deze steen als de belangrijkste historische bouwsteen van de metropool kan worden beschouwd. De exploitatie verschoof eerst naar de noordkust van Portland, waar de deklaag (Lower Purbeck Bed) het dunst was. In de 19e en 20e eeuw werden ook de meer centraal op het schiereiland gelegen steengroeves opengesteld. Tot op de dag van vandaag wordt de Portland kalksteen geëxploiteerd, deels in dagbouw en deels door ondergrondse winning (Afb. 11). De voorraad aan kalksteen is nog steeds groot, maar omgevingsfactoren en dwingende milieuvorschriften noodzakten de bedrijven tot exploitatie in een beperkt winningsgebied.

Winningsmethoden

Traditioneel werd natuursteen gewonnen door het boren van kleine gaten met een diameter van 35 mm. Deze werden horizontaal geboord onder elk te winnen blok en werden geladen met een kleine hoeveelheid buskruit. Buskruit verbrandt snel en de explosiekracht is niet extreem groot. Het veroorzaakt daardoor slechts geringe schade aan de natuursteen bij het loskomen van het blok (Godden, 2012). Vervolgens werden verticaal gaten (diameter 30 mm) geboord in de lijn waar de snede moest worden gemaakt. Daarin werden wiggen geplaatst die één voor één werden aangeslagen met een voorhamer. Door de opgebouwde spanning ging de steen precies op de lijn splijten.

Tegenwoordig werkt men met steenzaagmachines die zijn ontworpen voor de marmerwinning in de Toscaanse steengroeves. De steenbank wordt aan de bovenzijde ingezaagd met een diamantkettingzaag van ca. 5 cm breed (Afb. 9). Daarna worden in de ontstane sleuf 'hydro-bags' geplaatst (Afb. 10). Dit zijn metalen zakken die gevuld worden met water. Door de opgevoerde druk scheurt het blok van de onderzijde los, waarna een shovel de blokken kan verwijderen. Daarna worden de blokken met een diamantdraadzaag tot handzame formaten verwerkt. Met grote cirkelzagen kunnen uit een steen zo nodig twintig tot dertig dunne platen worden gezaagd.

De laatste jaren vindt een omschakeling plaats naar ondergrondse winning, onder meer in Bowers groeve en in Jordan's mijn (Afb. 2). Men werkt met de zogenoemde 'room and pillar' methode, waarbij kamers worden uitgegraven en er pijlers blijven staan voor de stabiliteit van de groeve (Afb. 11), precies zoals wordt gewerkt in de kalksteengroeves ('mergelgrotten') van Zuid-Limburg. De zetting in de mijnschachten wordt doorlopend gemeten. Metingen in Jordan's mijn laten zien dat direct na ontgraving de grootste zetting plaats vindt, in de orde van grootte van ongeveer 5 mm, die zich na een half jaar stabiliseert op een niveau van minder dan 1 mm per jaar. Het merendeel van de zuidelijke reserves ligt onder de grond van de plaatselijke cricket club en verstoring van de zode boven de winning is niet gewenst.

Toepassing in Nederland

Zover ons bekend is de oudste, nog bestaande toepassing van Portland kalksteen in Nederland die aan de hekpijlers van het Sint-Jacobsgasthuis in Schiedam (Afb. 12), dat in 1787 werd gebouwd naar ontwerp van de architect Giovanni (Jan) Giudici (Overeem, 2007). Opmerkelijk is dat volgens het bestek zandsteen was voorgeschreven, te leveren door George Elgin, natuursteenhandelaar te Rotterdam. Maar Elgin, afkomstig uit Schotland, had goede contacten met steengroeves in Engeland en vermoedelijk heeft dit zijn keuze voor Portlandsteen bepaald (Meischke & Zantkuyl, 2008). In Schiedam is ook aan andere panden Portland kalksteen toegepast, onder meer aan de gevels van Lange Haven 65, Lange Haven 80 en Tuinlaan 24, die dateren uit het eind van de 18e en het begin van de 19e eeuw. Ook uit Rotterdam zijn een paar toepassingen van Portland kalksteen bekend, o.a. de entree van Kuijl's Fundatie, Schiekade 56 (1814) en de lateien en dorpels van het ziekenhuis aan de Bergweg, gebouwd in 1948 (Nijland *et al.*, 2012). Portlandsteen is verder toegepast voor alle grafstenen van de Britse militairen op de soldatenkerkhoven van de Eerste en Tweede Wereldoorlog en aan gebouwen en de toren op de Amerikaanse Militaire Erebegraafplaats in Margraten.



Restauraties in Portlandsteen

Bij de restauratie van de plint aan de Domtoren in Utrecht in 1866 werd de bekleding van baksteen vervangen door een aantal blokken Portland kalksteen die rijk zijn aan schelpresten (Nijland *et al.*, 2007). Mogelijk betreft het hier een variëteit van de Roach met relatief weinig grote holten. Verder is Portland kalksteen onder meer gebruikt bij het herstel van de Laurenskerk in Rotterdam (na 1950), aan de St. Jan in Den Bosch (vanaf ongeveer 1995), aan de Grote of O.L.V. Kerk in Breda (1995–1998) en aan de Pieterskerk in Leiden (Dubelaar, 2001, Dubelaar *et al.*, 2003a, Nijland *et al.*, 2007, 2012, Nijland & Van Hees, 2008). De beelden van Hildo Krop uit 1931 aan het politiebureau in de Marnixstraat te Amsterdam, die waren gehouwen uit travertijn, zijn recentelijk gekopieerd in kalksteen uit de Portland Basebed.

Verwerking en duurzaamheid

De zuiverheid en homogeniteit van de Portland kalksteen heeft als belangrijk gevolg dat de steen heel lang zijn grijswitte kleur houdt. De steen bleekt in de loop van de tijd zelfs nog wat op. Als er maar een beetje ijzer in de steen aanwezig zou zijn geweest, waren door blootstelling aan de buitenlucht al spoedig roestbruine verkleuringen opgetreden. Daarentegen hecht roet en ander fijnstof uit de stadslucht zich gemakkelijk aan de kalkdeeltjes, waardoor de steen in het stadsklimaat vaak zwarte vegen laat zien. Ook kunnen door omzetting van kalk naar sulfaat – door de aanwezigheid van zwavel in de lucht – in de loop der tijd dunne gipskorsten ontstaan.

Portlandsteen wordt beschouwd als één van de meer duurzame soorten witte kalksteen van Jura-ouderdom die in de bouw worden gebruikt (Edmunds & Schaffer, 1932, Yates & Butlin, 1996). Wat betreft mineralogie, textuur, ouderdom en geologische geschiedenis bestaat er overeenkomst met de Savonnières, een oölitische kalksteen uit het noordoosten van Frankrijk (Slinger *et al.*, 1980, Quist, 2011, Dubelaar *et al.*, 2012, Nijland *et al.*, 2012). Van de bouwsteen uit Portland mag een ongeveer gelijke ‘levensduur’ (meer dan honderd jaar) worden verwacht. De praktijk heeft bewezen dat de beste kwaliteit Portland kalksteen, zoals de steen die is gebruikt in Schiedam (zie boven), wel twee eeuwen verwerking aan een bouwwerk kan doorstaan. De steen aan de plint van de Domtoren in Utrecht trotseert ook al 150 jaar het stadsklimaat en aan de St Pauls kathedraal in Londen komen nog heel wat blokken voor die van de herbouw uit het laatste kwart van de 17e eeuw dateren. De positie en oriëntatie, het al of niet beschut zijn voor vocht en regen, het volume, de vorm en de detaillering van de steen aan een gebouw zijn daarbij belangrijke factoren. Dat neemt niet weg dat de duurzaamheid van de Jura-kalkstenen als bouwsteen altijd achter zal blijven bij de zeer weersbestendige materialen als de kwartszandstenen van Obernkirchen en Bentheim (Slinger *et al.*, 1980, Dubelaar & Nijland, 2015).

Werken met Portland steen: de toren van Asperen

De monumentale toren van Asperen is gebouwd van baksteen en dateert uit het midden van de 15e eeuw. De toren is rijk gedetailleerd met nissen en fialen (pinakels) van natuursteen. De pinakels waren oorspronkelijk uitgevoerd in mergel (kalksteen) uit Zuid-Limburg, maar deze zijn bij een restauratie in Baumberger kalkzandsteen vervangen. Dit materiaal bleek echter van slechte kwaliteit te zijn, met als gevolg dat er stukken van de pinakels afbraken en op de grond terechtkwamen. Men zag een prachtige toren, maar de versierende elementen van natuursteen waren goeddeels verdwenen. Besloten werd om alle pinakels te vervangen. Aan de hand van de overgebleven stukken en oude afbeeldingen konden de pinakels in 3D worden uitgetekend. Voor de nieuwe pinakels viel de keuze op Portlandsteen. Voor andere elementen zijn Weiberner tufsteen uit de Eifel en een Franse kalksteen, Saint Pierre d’Aigle, toegepast. In totaal zijn er voor de toren ongeveer zeshonderd onderdelen van natuursteen gemaakt. De Portlandsteen voor de toren komt uit de ondergrondse winning in de groeve Bowers, die aansluit op de open winning aldaar (Afb. 2). Deze groeve is operationeel sinds de late 18e eeuw en wordt gehuurd van The Crown Estate; de groeve is dus eigendom van de vorst van het Verenigd Koninkrijk. De bakstenen toren van Asperen is gebouwd in de stijl van de Kempische gotiek. De oorspronkelijke combinatie van baksteen met natuursteen (de onderdelen van mergel) heeft men terug willen brengen met de keuze van tufsteen en licht



AFBEELDING 12. | *St. Jacobs gasthuis Schiedam (1787) met hekpijlers van Portland kalksteen.*



AFBEELDING 13. | *Keuring van de steen in de groeve.*



AFBEELDING 14. | *Inzagen en ruimen van het overtollig materiaal rond de pironnen.*

getinte kalkstenen. De Portland Whitbed is wit tot iets romig wit van kleur en heeft tussen de oölieten veel kleine schelpresten (< 0,5 cm). De open structuur staat borg voor het snel drogen van de steen en de vorstgevoeligheid van de Whitbed is laag. Er kan een enkel groot schelpfragment (tot ca. 5 cm) in de kalksteen voorkomen, maar bij een voldoende groot formaat van de steen en een goede inbedding van de schelp in de steen wordt dat door de steen- en beeldhouwer meestal niet als een bezwaar gezien. De bestelling bestond deels uit zeskantig gezaagde blokken en deels uit dikke platen. Voor verzending naar Nederland werd de partij van het op maat gezaagde werk in de groeve gekeurd (Afb. 13).



AFBEELDING 15. | *Gebruik van de luchthamer.*



AFBEELDING 17. | *Stellen, voegen en vastzetten met doken van het natuursteen onderdeel.*



AFBEELDING 16. | *Handmatig afwerken van het ornament.*



AFBEELDING 18. | *Pinakels van Portland kalksteen aan de bakstenen toren van Asperen.*

In de steenhouwerij in Nederland wordt het werkstuk met behulp van mallen op de steen afgetekend. De steen wordt ingezaagd om het overbodige materiaal te verwijderen en de overgebleven schotjes worden er af geslagen (Afb. 14). De steenhouwer gaat aan de slag met de luchthamer (Afb. 15) en vervolgens bewerkt hij met een beitel handmatig de definitieve vorm en afwerking van het ornament (Afb. 16). Op deze wijze zijn enkele honderden onderdelen stuk voor stuk gehakt. In overleg met de restauratie-architect en de natuursteenspecialist van de Rijksdienst Cultureel Erfgoed is de manier van afwerken, onder meer het patroon en het aantal beitelslagen per (hand-)palm, bepaald. Niet alleen de zichtzijden van het blok worden bewerkt. Ook de zijden die niet in het zicht komen worden behakt. Met een beitel worden de vlakken ruw gehakt, zodat de stelmortel beter hecht. Langs de rand wordt met een smalle beitel een zogenaamde voegslag gelegd zodat de voeg meer hechting heeft op de steen. Op die plaatsen waar blokken op elkaar worden gestapeld, wordt aan de onderzijde van het bovenste blok en aan de bovenzijde van het onderste blok een speciekruis gehakt: met een beitel wordt een V-vormige groef gehakt in de vorm van een kruis. Omdat in de tegenover elkaar liggende vlakken eenzelfde kruis wordt gehakt, zal de uitgeharde stelmortel een stevige verbinding maken tussen de beide blokken. Met name bij pinakels en montants is dit belangrijk omdat zo voorkomen wordt dat onderdelen ten opzicht van elkaar gaan verdraaien. Vrijstaande onderdelen worden voorzien van roestvrijstalen doken, die voor een verbinding zorgen tussen de op elkaar aansluitende blokken. De afmeting van de doken wordt afgestemd op de grootte van het ornament. Bij het transport en het hijsen op de toren is voorzichtigheid geboden want het ornament mag niet beschadigd worden. Nadat de juiste stelmortel, afgestemd op de eigenschap van de natuursteen, is uitgezocht en nagedacht is over de juiste wijze van verankering van de natuursteen, kunnen de onderdelen worden geplaatst (Afb. 17 en 18). En dan is de restauratie van de monumentale Kempische toren van Asperen (openingsfoto) voltooid!

Verantwoording

De firma Albion Stone wordt bedankt voor het verstrekken van gegevens over de winningsmethoden, de exploitatiegeschiedenis en de foto van de laagopbouw in Bowers groeve (Afb. 5). Nik Trabucho (TNO Geologische Dienst Nederland) verzorgde de opmaak van afbeeldingen 1, 2 en 3. De foto's van de slijpplaten (Afb. 6 en 7) zijn opgenomen met toestemming van Professor R. Koch (Universiteit Erlangen-Neurenberg).

Alle afbeeldingen in dit artikel zijn van de auteurs, tenzij anders vermeld.

LITERATUUR

Voor de verwijzing naar de literatuuropgave bij dit artikel, zie het colofon op de binnenomslag onder 'Literatuurlijsten'.

