

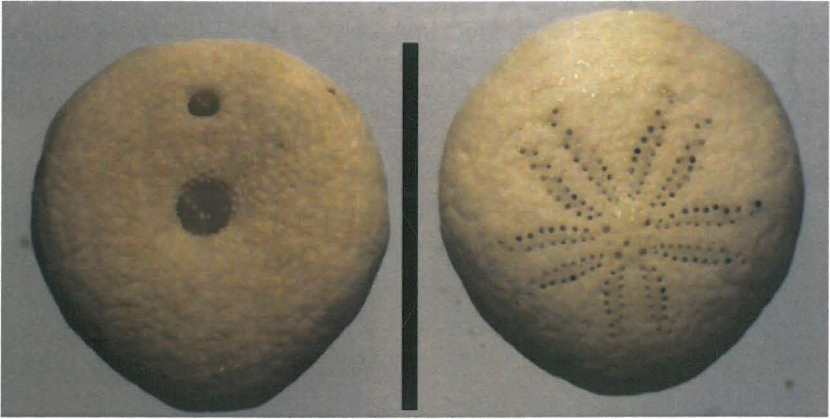


Foto 8: Het zeeboontje, *Echinocyamus pusillus*; rechts: bovenaanzicht, links: onderaanzicht (lengte zwarte lijn: 0,7 cm).

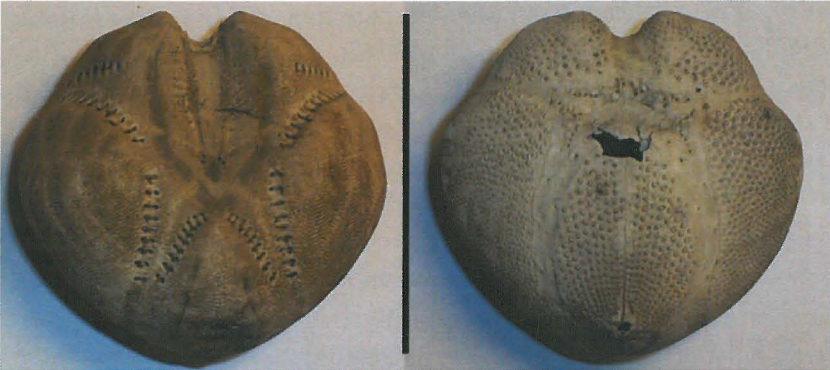


Foto 9: De zeeklit, *Echinocardium cordatum*; links: bovenaanzicht, rechts: onderaanzicht (lengte zwarte lijn: 4,5 cm).

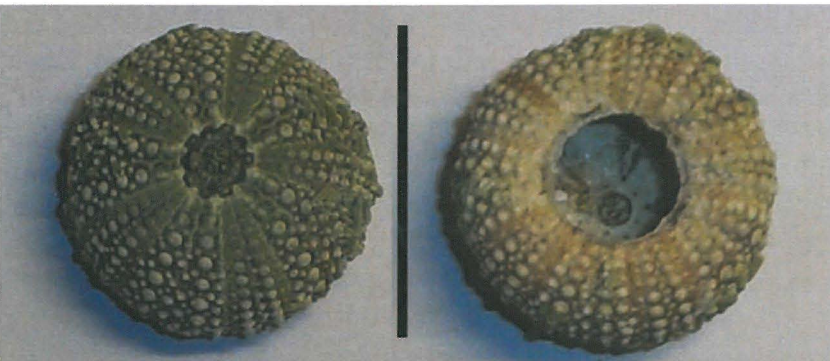


Foto 10: De zeeappel, *Psammechinus miliaris*; links: bovenaanzicht, rechts: onderaanzicht (lengte zwarte lijn: 2,4 cm).

MEER OVER DE ZEE-EGELS UIT DE NEDERLANDSE NOORDZEE

BRAM LANGEVELD

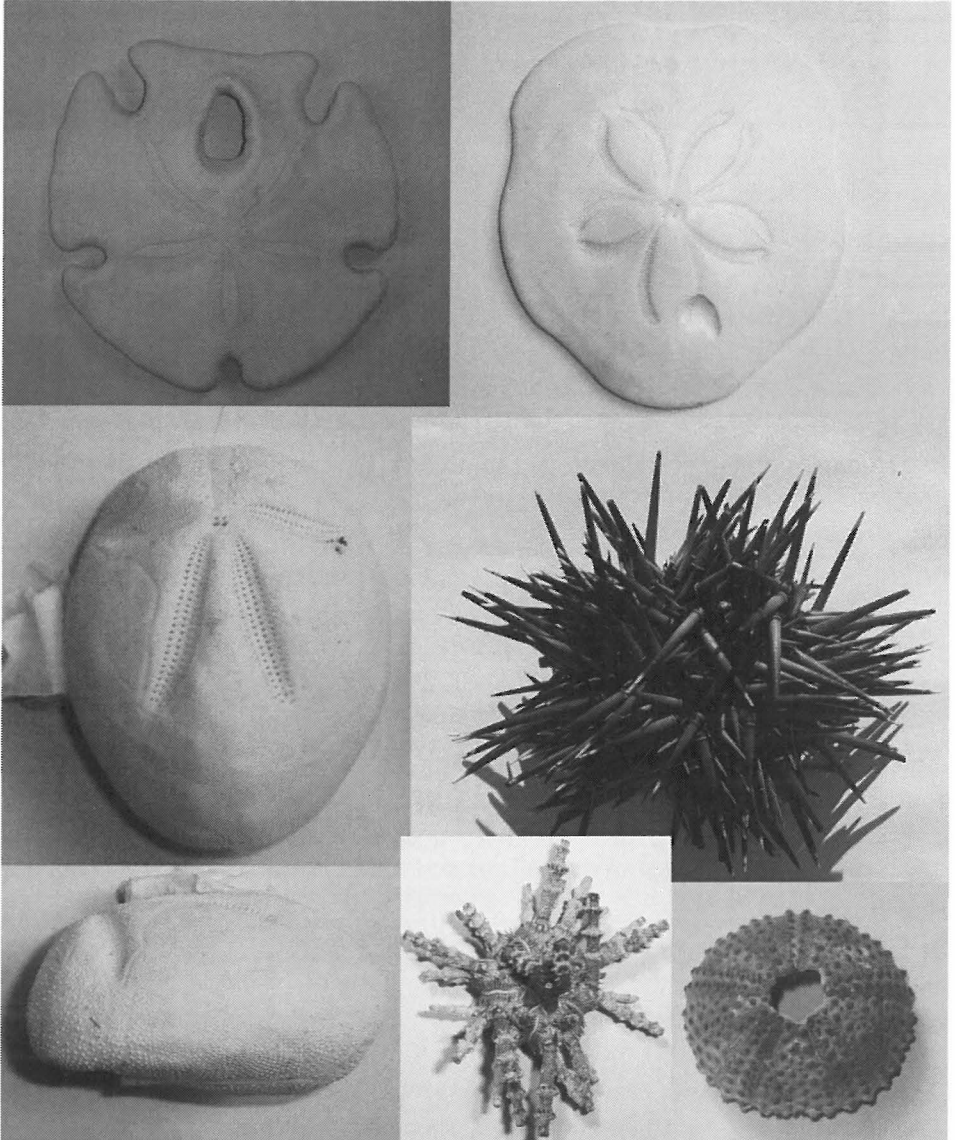
Het zeeboontje, de zeeklit en de zeeappel zullen voor u geen onbekende namen zijn. De skeletten van deze zee-egelsorten heeft u vast wel eens op het strand gevonden. Maar weet u eigenlijk hoe deze interessante dieren nou precies leven? Wist u dat zee-egels als groep al 450 miljoen jaar bestaan? Dit korte artikel is bedoeld om u iets te vertellen over deze dieren en uw interesse in de klasse van de Echinoidea (zee-egels) te wekken.

ZEE-EGELS

De zee-egels vormen een klasse, de Echinoidea, binnen de stam van de stekelhuidigen, de Echinodermata. Tot deze laatstgenoemde behoren onder meer ook de zeesterren, slangsterren, brokkelsterren, zeelelies en zeekomkommers. De Echinodermata hebben een geschiedenis die terug gaat tot in het Cambrium of nog verder (Zuidema & Baumfalk, 1980), dan hebben we het dus over een stam van (meer dan) 545 miljoen jaar oud. De Echinoidea zijn een relatief jonge klasse van de stekelhuidigen; ze zijn bekend vanaf het Laat Ordovicium (Smith, 1984) en zijn als groep dus ongeveer 450 miljoen jaar oud. Tegenwoordig komen de ongeveer 800 levende soorten zee-egels over de hele wereld in zout water voor, van de evenaar tot de polen en van de getijdenzone tot meer dan 5.000 meter diepte (Smith, 2010).

MORFOLOGIE

De Echinoidea hebben een inwendig skelet, waarvan de bouw nauw samenhangt met de functie van (dat deel van) het skelet (Smith, 1984). Hierdoor kun je aan de hand van een (aangespoeld) skelet van een zee-egel afleiden hoe het dier moet hebben geleefd. Het skelet van een zee-egel is opgebouwd uit een groot aantal afzonderlijke plaatjes, die samen een vergroeid en stevig geheel vormen. Deze plaatjes zijn in 20 kolommen verdeeld, waarvan 10 kolommen de ambulacralen en 10 kolommen de interambulacralen vormen. Twee kolommen vormen samen een (inter)ambulacraal. Hierdoor heeft een zee-egel in totaal 5 ambulacralen en 5 interambulacralen. Dat maakt hem vijfstralig symmetrisch (o.a. Mortensen, 1927; Smith, 2010). pathologieën waarbij een exemplaar afwijkt van deze symmetrie komen voor, maar zijn vrij



Figuur 1: Enkele voorbeelden van zee-egels, van linksboven met de klok mee: *Encope* (ir, z, b); *Clypeaster* (de deuk in de schaal is een pathologie) (ir, z, b); *Echinometra* (r, s, b); *Podophora* (r, z, b); *Plococidaris* (r, s, b); *Brissus* (ir, z, zij); *Brissus* (ir, z, b). Legenda: ir: irregulier, r: regulier; z: skelet zonder stekels, s: met stekels; b: bovenaanzicht, zij: zijaanzicht.

De afbeeldingen staan qua grootte niet in verhouding tot elkaar.

zeldzaam (zie bijvoorbeeld Ceranka, 2007). Bij de irreguliere zee-egels (term wordt verderop uitgelegd) is over deze vijfstralige symmetrie weer een symmetrieas van voor naar achteren te denken.

Op de platen waaruit het skelet van de zee-egel bestaat zit, een soort knopjes: de tuberkels. Hierop articuleren de stekels als een kogel (de tuberkel) in een kom (de onderkant van de stekel). In de ambulacralen zijn naast tuberkels ook nog gaatjes te vinden: de poriënparen. Elk paar vormt het verbindingskanaal van een buisvoetje met zijn bijbehorende ampulla binnenin het skelet van de zee-egel (o.a. Mortensen, 1927; Smith, 2010).

Globaal gezien zijn er twee groepen zee-egels: de reguliere en de irreguliere (beide groepen zijn weer verder onderverdeeld, maar daar wordt hier niet op ingegaan). De reguliere zee-egels (foto 10 en fig. 1) hebben in het midden van de onderkant van hun lichaam hun mond en daar recht tegenover, aan de bovenkant, de anus. Deze zit ook ongeveer in het midden van hun vaak ronde lichaam. Een voorbeeld van een reguliere zee-egel is *Psammechinus* (foto 10).

De irreguliere zee-egels (fig. 1 en foto's 8 en 9) hebben hun mond ook aan de onderkant van hun lichaam, maar deze hoeft niet per se in het midden te zitten. De anus zit aan de zijkant of aan de onderkant van het lichaam, maar niet meer recht tegenover de mond. Dat is het onderscheid tussen reguliere en irreguliere zee-egels, dat ook terug te vinden is in de algemene leefwijze van de beide groepen. Deze zee-egels zijn vaak niet meer rond van vorm, maar hebben andere vormen aangenomen (fig. 1). Een voorbeeld van een irreguliere zee-egel is *Echinocardium* (foto 9).

De stekels van zee-egels zijn niet altijd lang en puntig. Sommige stekels zijn juist stomp en dik, hierdoor worden ze minder snel afgebeten door vissen. De stekels van gravende, in de bodem levende, irreguliere zee-egels zijn net haren (met een soort schep aan het uiteinde) en zijn absoluut niet meer scherp en vrijwel nutteloos in de verdediging tegen roofdieren. Er is één groep zee-egels (de orde Cidaroida) die geen huid over hun stekels en vaak stompe stekels met veel uitsteeksels hebben. Het gevolg is dat de stekels snel overgroeid raken met aanhechtende planten en dieren, wat de zee-egel een prachtige camouflage geeft (o.a. Smith, 1984, 2010).

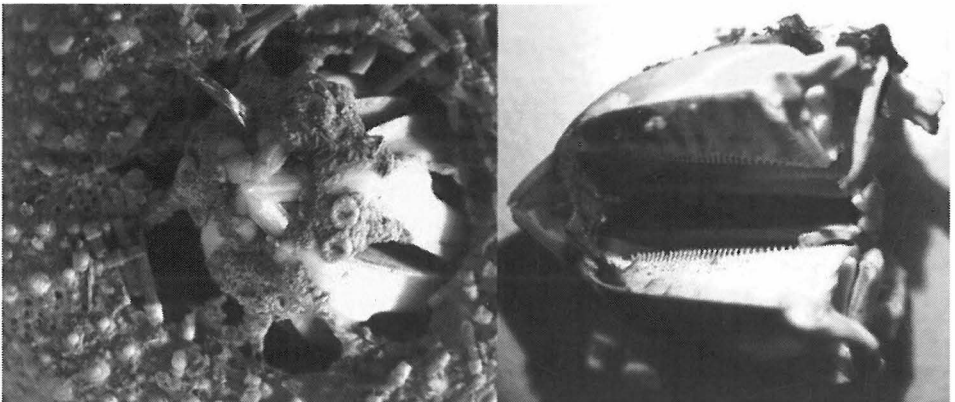
Zee-egels hebben naast stekels dus ook zogenaamde buisvoetjes. Deze buisvoetjes zijn van zacht weefsel en hebben verschillende functies: het vastpakken van voedseldeeltjes/sediment, het aanhechten aan harde ondergrond en ze spelen ook een belangrijke rol bij de gaswisseling van het dier, door middel

van diffusie (Smith, 1984, 2010; Telford *et al.*, 1983). Speciale buisvoetjes bij *Echinocardium cordatum* kunnen uitgerekt langer dan 15 cm worden (Robertson, 1871).

Ook hebben zee-egels zogenaamde pedicellariae, dit zijn een soort kleine grijpklauwtjes die de stekels en huid van de zee-egel schoonhouden door parasieten te verwijderen. Daarnaast kunnen ze giftig zijn en zo grotere vijanden afschrikken en kunnen ze helpen bij het vangen en transport van voedseldeeltjes. Pedicellariae articuleren ook op tuberkels, alleen zijn die tuberkels veel kleiner dan die voor de stekels. Wanneer pedicellariae iets grijpen dat te groot voor ze is, dan worden ze vaak van de zee-egel gescheurd, maar blijven hun 'vangst' dan toch nog uren vasthouden (o.a. Mortensen, 1927).

Aan de bovenkant van elke zee-egel bevindt zich het apicaal systeem. Dit betreft een aantal speciale plaatjes, waaronder de genitale plaatjes. Hier zitten de genitale poriën in, waar de zee-egel geslachtscellen door naar buiten kan laten. Daarnaast zit bij de reguliere zee-egels de anus in het apicaal systeem. De groei van zee-egels vindt plaats vanaf het apicaal systeem: daar worden nieuwe plaatjes toegevoegd. Ook zit er in dit systeem een groot aantal hele fijne gaatjes. Dit is de opening voor het watervatenstelsel, een stelsel dat de zee-egel onder andere nodig heeft voor het intrekken en uitrekken van zijn buisvoetjes. Het apicaal systeem speelt een belangrijke rol bij de classificatie van zee-egels (o.a. Smith 1984, 2005, 2010).

Alle reguliere en sommige irreguliere zee-egels hebben een kauwapparaat: de lantaarn van Aristoteles (fig. 2). Dit is een ingewikkeld apparaat dat uit meer



Figuur 2: De lantaarn van Aristoteles. Links de lantaarn in de schaal van *Psammechinus miliaris*, rechts de lantaarn, met de bovenste tand en tandkas verwijderd, van *Mespilia globulus*.

dan 40 onderdelen bestaat en opgebouwd is uit 5 gelijke delen (Smith, 1984), waarmee de zee-egels onder andere algen van harde gesteenten kunnen schrapen. Deze tanden zijn zo hard en de zee-egels kunnen er zo'n kracht op zetten, dat ze zelfs krassen op andere zee-egels en gesteente kunnen achterlaten.

LEEFWIJZE

Ruwweg zijn er twee leefwijzen van de Echinoidea te onderscheiden die bepaald worden door het feit of de zee-egel regulier of irregulier is, namelijk op de bodem en in de bodem. De zee-egels die op de bodem leven zijn over het algemeen zee-egels met stompe sterke of juist dunne lange naaldachtige stekels, als bescherming tegen roofdieren zoals vissen. Zij gebruiken die stekels ook voor de voortbeweging. Hun skelet is vaak rond van vorm, aan de onderkant en ook aan de bovenkant wat afgeplat. Dit zijn de reguliere zee-egels. De zee-egels die in het sediment leven, zijn echter lastiger te vinden voor roofdieren, hun stekels zijn aangepast om mee te kunnen graven en zijn voor de verdediging tegen roofdieren vrijwel nutteloos. Deze zee-egels zijn vaak platter en hebben een wigvorm om de weerstand van het sediment waar zij doorheen graven te verminderen: de irreguliere zee-egels (o.a. Smith, 2010). Zie fig. 1 voor enkele voorbeelden van de veelzijdigheid van de verschillende bouwplannen van het skelet van zee-egels. Extreme vormen, zoals *Echinosigra*, zijn hier niet afgebeeld, daar zij zich niet in de eigen collectie bevinden. Zie daarvoor bijvoorbeeld Smith (2005: figuur 1).

BIJZONDERE FEITEN

Tenslotte zijn zee-egels verrassender dan ze op het eerste gezicht lijken. Zo wordt in een vrij recent onderzoek zeer waarschijnlijk gemaakt dat de soort *Strongylocentrotus franciscanus* meer dan 100 jaar, mogelijk zelfs meer dan 200 jaar oud kan worden (Ebert & Southon, 2003). In andere recente onderzoeken wordt het aannemelijk gemaakt dat sommige soorten zee-egels een beperkte vorm van zicht hebben, dankzij hun stekels en lichtgevoelige delen van hun huid, zodat de hele zee-egel als een samengesteld oog zou kunnen functioneren (Blevins & Johnsen, 2004; Yerramilli & Johnsen, 2010)!

IN DE NEDERLANDSE NOORDZEE

Wolff (1975) noemt zeven soorten zee-egels uit de Nederlandse Noordzee, waarvan er nu eigenlijk maar drie regelmatig (dood) aanspoelen. Aan de

hand van verschillende bronnen en foto's van exemplaren uit eigen collectie, gevonden op het strand, wordt een beknopt beeld gegeven van de leefwijze van deze drie soorten zee-egels.

***ECHINOCYAMUS PUSILLUS* (MULLER, 1776) - Foto 8**

De Nederlandse naam van deze zee-egel is zeeboontje. Het zeeboontje is een kleine, irreguliere zee-egel en in doorsnede niet veel groter dan 1,5 cm, die in het sediment leeft. Hij nestelt of graaft in het sediment en is 's nachts actiever dan overdag. Het zeeboontje verzamelt met zijn buisvoetjes sedimentkorrels en brengt ze, door ze door te geven van buisvoetje naar buisvoetje, naar de mond. Daar wordt het losse organische materiaal van deze korreltjes direct in de mond geplaatst, maar het grootste deel van het voedsel wordt verkregen door het korreltje stevig tegen de lantaarn van Aristoteles te drukken en het rond te draaien. De lantaarn schraapt de algen en dergelijke er dan af (Telford *et al.*, 1983).

***ECHINOCARDIUM CORDATUM* (PENNANT, 1777) - Foto 9**

De Nederlandse naam van deze zee-egel is zeeklit. De zeeklit is een irreguliere zee-egel en leeft, net als het zeeboontje, ingegraven in het sediment op een diepte tot 18 cm in zand (Nichols, 1959). In vrij fijne sedimenten, waar hij ook leeft, graaft hij minder diep (Buchanan, 1966). Omdat de zeeklit vrij diep en in vrij fijne sedimenten leeft, waarbij het water niet diep genoeg in het sediment doordringt om de zee-egel van voldoende zuurstof te voorzien, zou hij stikken als hij geen maatregelen zou nemen. De zeeklit (en verwanten) heeft daar wat op gevonden: met behulp van zo'n 70 speciale buisvoetjes bouwt hij een tunnel naar de oppervlakte van het sediment. Daarvandaan stroomt er zuurstofrijk water het hol van de zee-egel in. Aan de achterkant bouwt hij nog een tunnel waar het zuurstofarme water heen stroomt (Nichols, 1959). Hierdoor heeft de zeeklit toch altijd voldoende zuurstof, al zit hij nog zo diep ingegraven in sediment.

De zeeklit kent twee manieren van voeding. Hij verplaatst zich door het sediment en neemt via zijn mond, met behulp van speciale buisvoetjes rond de mond, organisch rijk sediment op (Nichols, 1959). In het verteringsstelsel worden vervolgens de verteerbare delen verteerd (denk aan algen/organische resten) en vervolgens wordt het onverteerbare sediment weer uitgescheiden

via de anus. Deze zit aan de achterkant van het lichaam, om ervoor te zorgen dat de zee-egel niet meerdere keren door hetzelfde sediment graaft.

Daarnaast kent *E. cordatum* nog een manier van voeding: met behulp van de speciale buisvoetjes waarmee hij zijn ademhalingstunnel naar de oppervlakte bouwt, kan hij, wanneer hij stil in het sediment ligt, ook organisch rijke sedimentkorrels van rond de opening van zijn ademhalingstunnel verzamelen en die via zijn ademhalingstunnel zijn hol inbrengen (Buchanan, 1966).

***PSAMMECHINUS MILIARIS* (MULLER, 1771) - Foto 10**

De Nederlandse naam van deze zee-egel is zeeappel (ook wel kleine zeeappel). De zeeappel is de enige reguliere zee-egel uit de Nederlandse Noordzee. Dit komt doordat de reguliere zee-egels het liefst op harde ondergronden leven en er in onze Noordzee niet veel van die harde ondergronden zijn. *P. miliaris* is een echte omnivoor en past zich qua voedingspatroon goed aan zijn habitat aan. Hij voedt zich onder andere met zeegras, algen en allerlei bodemorganismen (Mortensen, 1927), zeepokken en schelpdieren, zoals mosselen (Del Mar Otero-Villanueva *et al.*, 2006).

VERDIEPING

In dit artikel is absoluut niet alles over zee-egels verteld dat erover te vertellen valt, bij lange na niet! Daarom raad ik voor lezers die enthousiast zijn geworden en meer willen weten over zee-egels Smith (1984 en 2010) en Mortensen (1927) aan. Deze werken zijn goed te begrijpen voor de aandachtige lezer en Smith (2010) is gemakkelijk te bereiken. Mortensen (1927) is ook op internet te vinden. Smith (1984) is vooral op de evolutie van de zee-egels gericht en geeft veel informatie over de waarschijnlijke leefwijze van fossiele soorten aan de hand van waarnemingen van de leefwijze en overeenkomsten in morfologie bij recente soorten. Smith (2010) geeft overzichtelijk informatie over (vrijwel) alle zee-egelgeslachten (recent en fossiel), naast wat algemene informatie over zee-egels. Zeker de verklarende woordenlijst in Smith (2010) is handig voor de termen die gebruikt worden in de (veelal Engelstalige) literatuur.

LITERATUUR

BLEVINS, E. & S. JOHNSEN, 2004. Spatial vision in the echinoid genus *Echinometra*. *The Journal of Experimental Biology* 207: 4249-4253.

- BUCHANAN, J.B., 1966. The biology of *Echinocardium cordatum* [Echinodermata: Spatangioidea] from different habitats. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 46: 97-114.
- CERANKA, T., 2007. Symmetry disorders of the test of the Miocene echinoid *Echinocyamus* from Poland. *Acta Palaeontologica Polonica* 52 (3): 503-518.
- DEL MAR OTERO-VILLANUEVA, M., M.S. KELLY & G.M. BURNELL, 2006. How prey size, type and abundance affects foraging decisions by the regular echinoid *Psammechinus miliaris*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 86: 773-781.
- EBERT, T.A. & J.R. SOUTHON, 2003. Red sea urchins (*Strongylocentrotus franciscanus*) can live over 100 years: confirmation with A-bomb ¹⁴Carbon. *Fishery Bulletin* 101(4): 915-922.
- MORTENSEN, TH., 1927. *Handbook of the Echinoderms of the British Isles*. Oxford University Press.
- NICHOLS, D., 1959. The Histology of the Tube-feet and Clavulae of *Echinocardium cordatum*. *Quarterly Journal of Microscopical Science* 100, part 1: 73-87.
- ROBERTSON, D., 1871. Notes on *Amphidotus cordatus* (Penn.). *Quarterly Journal of Microscopical Science* 2: 25-27.
- SMITH, A.B., 1984. *Echinoid Palaeobiology*. George Allen & Unwin.
- SMITH, A.B. (ed.), 2010. *De Echinoid Directory*. World Wide Web elektronische publicatie. <http://www.nhm.ac.uk/research-curation/projects/echinoid-directory/index.html> [geraadpleegd op 8 september 2010].
- SMITH, A.B., 2005. Growth and Form in Echinoids: The Evolutionary Interplay of Plate Accretion and Plate Addition. In: E.G. Briggs (ed.); *Evolving Form and Function: Fossils and Development*.
- TELFORD, M., A.S. HAROLD & R. MOOI, 1983. Feeding structures, behavior, and microhabitat of *Echinocyamus pusillus* (Echinoidea: Clypeasteroidea). *Biological Bulletin* 165: 745-757.
- WOLFF, W.J., 1975. Stekelhuidigen (Echinodermata). *SWG-tabellenserie* 20.
- YERRAMILI, D. & S. JOHNSEN, 2010. Spatial vision in the purple sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* (Echinoidea). *The Journal of Experimental Biology* 213, 249-255.
- ZUIDEMA, G. & Y.A. BAUMFALK, 1980. Zee-egels. *Gea* 13(3).