

fig. 5. Ook in Japan zijn de internationale afkortingen in gebruik.

Bij het afsluiten van dit eerste gedeelte kunt u alvast het volgende "extra" doen:

- a) Voor de aardigheid eens naar wat formules in uw boek kijken.
- b) Een misschien toch wel handige alfabetische elementenlijst (de 50 sterren-elementen) en/of afkortingenlijst maken.
- c) In een encyclopedie eens wat elementen opzoeken.
- d) Een stel (5 à 10) kopieën (verkleind is erg handig) maken van figuur 3.

(wordt vervolgd)

直径, 軸方向, 底部の収縮量および鑄造時のたわみを調べた「高温埋没材による鑄型の冷却時における変形について」があり, せっこう系埋没材を高融点合金の鑄型材に利用するための基礎研究として「CaSO₄-SiO₂ 系固相反応」が報告されています。

「鑄造精度に関する研究」はCo-Cr-Ni系合金のりん酸埋没材鑄型の加熱開始時間の影響を調べた報告と複模型の変形が鑄造床の適合精度におよぼす影響について検討した「複模型精度と鑄造床の適合精度」の報告があります。

Laagvorming door gravende zeedieren

door E.G. van Diggelen

Inleiding

Laagvorming is het belangrijkste kenmerk van afzetting-gesteenten. Wanneer verwerking en erosie het vaste gesteente aantasten ontstaan afbraakprodukten, die door water, wind of ijs getransporteerd worden en elders tot afzetting komen. Deze gesteentefragmenten of mineralen worden afgezet in lagen. De gelaagdheid ontstaat door een afwisseling van de korrelgrootte en/of een afwisseling van de samenstelling van het sediment.

Minder bekend is de laagvorming die kan ontstaan door de activiteit van organismen die in nauwe relatie met het sediment leven. Het sediment is aan de ene kant onmisbaar voor deze bodembewonende dieren (verschillen, bescherming tegen uitdrogen, voedselbron), maar kan aan de andere kant een onverwacht dodelijk gevaar vormen. Bij te snelle sedimentatie kunnen veel bodembewoners in het sediment een verstikkingsdood sterven. Bij plotse erosie bestaat het gevaar dat de dieren worden uitgespoeld en naar elders worden getransporteerd, waar ze ook doodgaan, omdat ze niet zijn aangepast aan de nieuwe omgeving.

Sommige binnen het sediment levende dieren verplaatsen zich tijdens hun voedseltocht vrij door het sediment, bijvoorbeeld zeeëgels. Anderen daarentegen zijn gebonden aan een gegraven woonbouwsel en nemen hun voedsel van het sedimentoppervlak op of filteren dit uit een zelf opgewekte waterstroom. Hiertoe behoren veel wormen en schelpdieren. In alle gevallen is er sprake van een doorwoelen van het sediment, waarbij de oorspronkelijke gelaagdheid wordt verstoord. Deze gedragshandeling die in het doorwoelde sediment tot uitdrukking komt noemt men **bioturbatie**.

Terwijl de sedimentbewoners aan de ene kant de oorspronkelijke of primaire gelaagdheid verstoren kunnen ze aan de andere kant door hun levenswijze een nieuwe gelaagdheid doen ontstaan. Deze laagvorming kan een gevolg zijn van het deponeren van uitwerpselen op het sedimentoppervlak, waarbij een geheel nieuwe laag aan het sediment wordt toegevoegd, maar kan ook ontstaan door

een sortering van al eerder afgezette sedimentpartikels door een sedimentbewoner. In het laatste geval ontstaat een zogenaamde **biogeen gegradeerde gelaagdheid**. Een uitwerpselenlaag duidt men daarentegen als een **organogeen sediment** aan.

Organogene sedimentatie

Volgens Schäfer (1952) kunnen er in het waddengebied vaak donkergekleurde uitwerpselenlagen worden gevormd, die afgewisseld worden door lichtgekleurde bioturbate lagen. Het deponeren van dergelijke uitwerpselenlagen op het sedimentoppervlak noemt men organogene sedimentatie. De uitwerpselenlagen (de organogene sedimenten) worden door wormen gevormd. De wormen die in het sediment leven laten hun (minerale) uitwerpselen of in hun vraatgang achter, die zij toch geen tweede keer benutten, of buiten hun woonbouwsel op het sedimentoppervlak, zoals de wadpier. Sommige wormen deponeren minerale uitwerpselen als schoon zand op het oppervlak (de sedimentetende wadpier), andere donkergekleurde, organogene verteringsprodukten (waterfilterende wormen, bijvoorbeeld de veelkleurige zeeduizendpoot).

De niet-sedimentetende, in gangen wonende wormen slijmen hun ronde of ovale uitwerpselen ("keutels" of "pillen") op het sedimentoppervlak in. Na verloop van tijd komen er steeds meer. Er ontstaat geleidelijk een uitwerpselenlaag, die voortdurend wordt ingeslijmd en daarom steeds resistenter wordt. Zo'n organogene sedimentlaag ontstaat alleen bij periode van rustig water, soms enkele weken durend. Hoe langer de volgende sedimentatie op zich laat wachten des te dikker wordt deze donkergekleurde uitwerpselenlaag.

Bij stormvloed zal de zee een laag zand afzetten, waardoor de wormen zijn genoodzaakt hun bouwsel te verlaten. Zij vluchten naar het nieuwe sedimentoppervlak waar een nieuwe bewoningshorizont wordt gemaakt en waar de wormen opnieuw de uitwerpselen buiten hun gangen

deponeren. Door herhaling van dit proces van organogene sedimentatie en sedimentatie van afbraakproducten van elders afkomstig, ontstaat er een opeenvolging van organogene en bioturbate lagen (figuur 1).

Bij geringe sedimentatie van minerale deeltjes verplaatsen de wormen hun bouw langzaam omhoog, waarbij ze hun uitwerpselen met de minerale deeltjes mengen. Bij erosie graven de wormen zich dieper binnen het sediment in, waarbij ze oude nederzettingshorizonten (bioturbate lagen) en organogene lagen doorploegen.

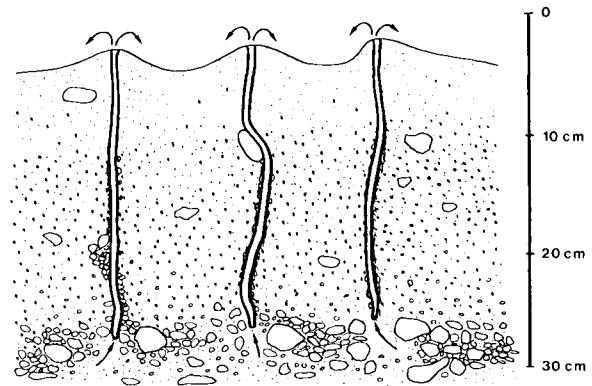
Schelpenlagen

Schelpenlagen treft men dikwijls aan als inschakelingen in oude sedimenten. Meestal zijn bijna alle schelpen gebroken, wat een aanwijzing is voor golfwerking aan stranden. Bovendien is er een grote verscheidenheid aan soorten aanwezig. Ook kunnen schelpenlagen zijn ingeschakeld tussen wadafzettingen. Volgens Van Straaten (1952) hebben zulke schelpenlagen meestal een beperkte dikte en verbreding en ontstaan ze bij stormvloed. Tijdens die stormen worden veel binnen het sediment wonende schelpdieren uitgespoeld. Later worden de gebroken schelpen door de golfwerking op een bepaalde plaats geconcentreerd. Een dergelijke schelpenlaag, ook een organogene afzetting, ontstaat zonder dat de activiteit van gravende zeedieren een rol speelt.

Wanneer men echter alleen maar kokkels en mossels vindt, zal de schelpenlaag op een andere wijze zijn ontstaan.

Schäfer (1970) vermeldt dat de larven van de mossel een voorkeur hebben voor levende kokkels, die op een diepte van 3 à 4 cm in het sediment van het gemengde wad zijn ingegraven. Deze kokkels bieden de larven van de mossel een vaste ondergrond. In enorme hoeveelheden hechten de larven zich met behulp van hun byssusdraden (spin-

draden) vast op de nog levende kokkels. Al spoedig sterven de kokkels hierdoor af en vormen een harde schelpenlaag onder de levende mosselkolonie (mosselbank). In dit geval gaat het om een concurrentiestrijd tussen twee soorten schelpdieren, waarbij de zwakste soort het onderspit moet delven. Dat dergelijke schelpenlagen niet bij stormvloed kunnen zijn ontstaan, bewijst het voorkomen van niet-gebroken schelpen die bovendien van dezelfde soort zijn.



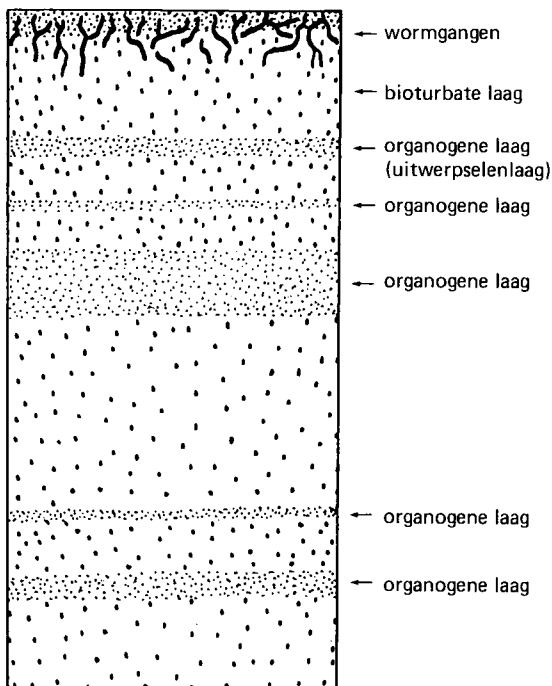
Figuur 2: De sortering van sediment door de borstelworm *Clymenella torquata* in het wad van Barnstable Harbor. De grovere deeltjes (groter dan 1 cm) blijven achter, terwijl het fijnere materiaal door de worm naar de oppervlakte wordt gebracht. Deze verticale korrelgrootte-sortering doet biogeen gegradeerde gelaagdheid ontstaan (naar Rhoads en Stanley, 1966).

Biogeen gegradeerde gelaagdheid

Een ander type laagvorming is de biogeen gegradeerde gelaagdheid (Rhoads en Stanley, 1966). Gegradeerde lagen kunnen bijvoorbeeld in de getijdenzone of in wat dieper water ontstaan. De sedimentetende borstelworm *Clymenella torquata*, uit het getijdengebied van Barnstable Harbor, Cap Cod (Massachusetts, U.S.A.), leeft in een verticale buis die bestaat uit door slijm aan elkaar vastgekittte zandkorrels. Hierin verwerkt het dier aan de basis van de buis sediment selectief, dus volgens bepaalde korrelgroottefracties, op een diepte van 10-30 cm onder de oppervlakte. Zand en silt worden gegeten en verticaal getransporteerd door het darmkanaal, waarna het als losse fijnkorrelige en goed gesorteerde uitwerpselen op het sedimentoppervlak wordt uitgescheiden. De grovere korrels blijven aan de basis van de wormbuis liggen en vormen daar een goed gelaagd sediment. Op deze wijze ontstaat een biogeen gegradeerde laag, waarvan de dikte maximaal 30 cm is (maximale voedingsdiepte van de worm in het sediment).

De korrelgrootte van zo'n door korrelgrootteselectie ontstane laag neemt van de basis naar de top af (figuur 2). Gegradeerde afzettingen die niet biologisch van aard zijn, maar gevormd worden door fysische afzettingprocessen zijn bijvoorbeeld de turbidieten. Rhoads en Stanley (1966) geven een aantal duidelijke verschillen tussen deze turbidieten en de biogeen gegradeerde lagen (zoals verschillen in de interne structuur). In een biogeen gegradeerde laag treft men veel graafgangen, vlekken en verstoorde laagjes aan. Als gunstige condities voor de vorming van een biogeen gegradeerde gelaagdheid, noemen ze:

- de aanwezigheid van een hoge dichtheid sedimentetende



Figuur 1: Schematische voorstelling van een aantal organogene sedimentlagen, afgewisseld door bioturbate lagen (naar Schäfer, 1952).

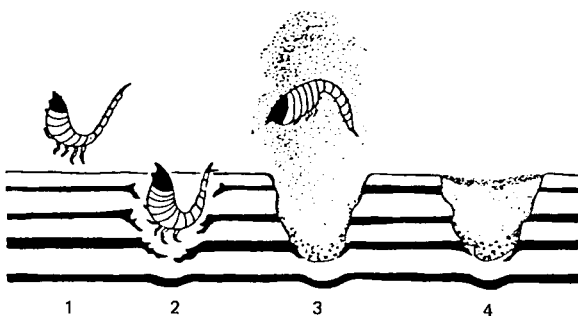
organismen, die zich voeden op een bepaalde diepte (volgens Rhoads, 1967, kan de borstelworm *Clymenella torquata* een maximale dichtheid van 610 individuen per m² bereiken).

- de aanwezigheid van slecht gesorteerd sediment met fijnkorrelig materiaal, zodat er korrelgrootte-selectie kan optreden.
- de aanwezigheid van een milieu met lage energie en geen bodemstroming, zodat uitwerpselen in situ blijven liggen.
- geringe sedimentatiesnelheid.

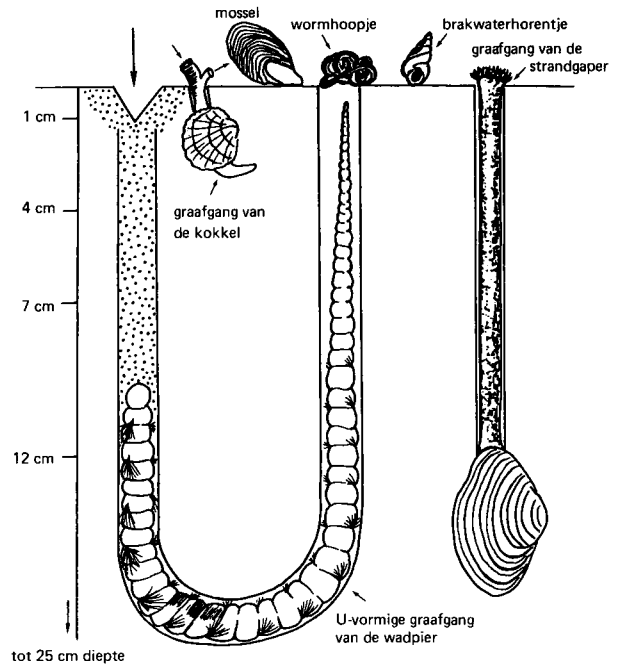
Schäfer (1956) liet zien dat ook de kreeftachtige *Cumacea* op kleine schaal gelaagde gelaagdheid kunnen doen ontstaan. Ondanks hun geringe grootte (3-35 mm) spelen deze vrij in het water zwemmende dieren in bepaalde sedimenten een belangrijke rol bij de verstorening van de primaire gelaagdheid (figuur 3). Waar ze namelijk voorkomen treden ze ook in grote hoeveelheden op. Vaak zwemmen ze in de hogere waterlagen van de zee, maar soms graven ze zich ook in het sediment in. Dit gebeurt zeer snel met behulp van de laatste vier graafpoten, die van stekels zijn voorzien. Het dier laat zich daarbij zakken in een uitgegraven trechtervormige inzinking, waarbij hij zijn lichaam U-vormig doorbuigt, terwijl de graafpoten steeds dieper het sediment wegschuiven. Eenmaal in het sediment verstopt, zoekt het dier de zandkorreltjes af naar diatomeeën of het slijk naar organische voedseldeeltjes. Bij het verlaten van zijn schuilplaats kan het dier zijn lange en smalle, zeer beweeglijke achterlijf gebruiken, dat hij ombuigt en plotseling opwaarts slaat. Op deze manier springt het dier uit het sediment te voorschijn en laat daarbij, terwijl het zelf wegzwemt, een omhooggewerveld zand- of slikgolkje achter. Door bezinking van de deeltjes wordt het ontstane trechtervormige kuiltje opgevuld. Hierbij zullen eerst de grovere deeltjes bezinken, en pas later het fijnste materiaal, zodat er een biogeen gelaagde gelaagdheid (op kleine schaal) ontstaat (figuur 3).

Intrasedimentaire aanrijking van grof materiaal

Een vierde type laagvorming waarbij gravende zeedieren zijn betrokken staat bekend als **intrasedimentaire aanrijking van grof materiaal** (Van Straaten, 1950). Het belangrijke organisme hierbij is de zeepier of wadpier (*Arenicola marina*, figuur 4), die meestal in een U-vormige gang op 20-30 cm diepte in het sediment leeft. In de vlaat-



Figuur 3: *Cumacea* (naar Schäfer, 1956)
 1. naar het sedimentoppervlak afdalend
 2. in het gelaagde sediment ingewoeld
 3. uit de schuilplaats in het sediment springend
 4. opvulling van de trechtervormige holte door de bezinkende sedimentwolk (gegradeerde gelaagdheid).



Figuur 4: Graafgangen in het wadsediment

gang van zijn bouw vreet de worm detritusrijk sediment. Grover materiaal dat natuurlijk ook naar beneden zakt zal echter naar de bodem van de buis vallen. Hiertoe behoren foraminiferen, veendetritus, schelpgruis, grind en hele schelpjes van de kokkel, het nonnetje en het brakwaterhorentje (Reineck, 1958; Reineck en Singh, 1973). Dit materiaal vormt daar een zogenaamde "intrasedimentaire aanrijking". Omdat in een dichte *Arenicola*-populatie (tot 120 individuen per m²) ontelbare van dergelijke aanrijkingen plaatsvinden, leidt dat tenslotte tot een aaneengesloten grind- en schelpenlaag.

Is zo'n intrasedimentaire aanrijking op een diepte van 20-30 cm beneden de sedimentoppervlakte buitengewoon rijk aan schelpen van het brakwaterhorentje (*Hydrobia ulvae*), dan spreekt Van Straaten (1952) over een *Hydrobia*-laagje. Soms vindt men meerdere *Hydrobia*-laagjes van slechts een paar centimeter dikte boven elkaar, waaruit blijkt dat de sedimentatie sprongsgewijze verloopt.

Ook bij de strandgaper (*Mya arenaria*) (figuur 4), die het sediment tot 20-30 cm diepte doorgraaft, vindt vaak aanrijking plaats van grof materiaal. Een deel van het grove materiaal komt van boven, waar het in de sifonaalschacht is gevallen en door de sifo niet naar de wadoppervlakte terug kan worden geschoven. Omdat het dier ook niet in staat is het materiaal tegen zijn schachtwand vast te kleven, valt het uiteindelijk naar de bodem van zijn woelkern. Een ander deel van het grove sediment dat zich op de bodem concentreert is afkomstig uit het bouwsel zelf. Bij de aanleg ervan spoelt het schelpdier met behulp van een waterstroom het fijnere materiaal uit de bouw, terwijl het grovere achterblijft.

De in dit artikel besproken laagvormingen die tot stand kwamen door de activiteit van gravende zeebodemdieren kunnen ook in oudere sedimenten worden teruggevonden. In de praktijk zal de interpretatie van dergelijke lagen soms buitengewoon moeilijk zijn. Het zijn echter juist die (kleine) inhomogeniteiten binnen het sediment die voor

de sedimentoloog het onderwerp van studie zijn. Bovendien vormen gegradeerde gelaagdheden een voortreffelijk criterium bij de bepaling van wat boven- en onderkant (top-and-bottom) van een laag is.

Geraadpleegde literatuur

Hertweck, G. (1970)- Die Bewohner des Wattenmeeres in ihren Auswirkungen auf das Sediment, in: Das Watt, H.-E. Reineck; Kramer, Frankfurt am Main.
Reineck, H.-E. (1958)- Wühlbau-Gefüge in Abhängigkeit von Sediment-Umlagerungen; Senckenbergiana lethaea, Band 39.
Reineck, H.-E. en Singh, I.B. (1973)-Depositional sedimentary environments (with reference to terrigenous clastics), Springer-Verlag.
Rhoads, D.C. en Stanley, D.J. (1966)-Biogenic graded bedding; Journal of Sedimentary Petrology, Vol. 35.

Rhoads, D.C. (1967)-Biogenic reworking of intertidal and subtidal sediments in Barnstable Harbor and Buzzards Bay, Massachusetts; The Journal of Geology, Vol. 75, no. 4.
Schäfer, W. (1952)-Biogene Sedimentation im Gefolge von Bioturbation; Senckenbergiana lethaea, Band 33.
Schäfer, W. (1956)-Wirkungen der Benthos-Organismen auf den jungen Schichtverband; Senckenbergiana lethaea, Band 37.
Schäfer, W. (1970)-Aktuopaläontologische Beobachtungen: 9. Faunenwechsel; Senckenbergiana maritima, Band 2.
Seilacher, A. (1964) -Biogenic sedimentary structures, in: Approaches to Paleogeology, J. Imbrie en N.D. Newell (eds.), Wiley and Sons.
Van Straaten, L.M.J.U. (1952)-Biogene textures and the formation of shell beds in the Dutch Wadden Sea I en II, Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Proceedings Vol. LV, series B.

Het Carboon in Nova Scotia (Canada)

door dr. J.F. Geys*) en J. Beeusaert**)

Inleiding

Waarom zou in een Nederlands tijdschrift een zo veraf gelegen streek behandeld worden als Nova Scotia, aan de oostkust van Canada? Om te beginnen is Noord-Amerika, in deze tijd van relatief goedkope en snelle transatlantische vluchten, niet meer zo onbereikbaar voor de doorsnee burger als enkele jaren terug. Het Carboon van Oost-Canada omvat bovendien enkele locaties die op zijn minst spectaculair te noemen zijn, en die aansporen tot nadenken over de relatieve ligging van de continenten in die lang vervlogen tijd.

Nova Scotia vormt een schiereiland in de Atlantische Oceaan, en is dus één van de meest oostelijk gelegen provincies van Canada (fig. 1). Niet voor niets draagt het de bijnaam van "Canada's Ocean Playground". De meeste reizigers uit Europa zullen de Canadese bodem wel betreden op de luchthaven van Montréal. Een uur vliegen of twee dagreizen per auto brengt ons in Halifax, de hoofdstad van Nova Scotia. Van daaruit zijn alle beschreven punten in één dag te bereiken. De Trans Canada Highway, die de verkeersas van de provincie vormt, is een goede, snelle weg, maar de afstanden mogen toch niet onderschat worden (b.v. Halifax - Sydney: 432 km).

Het geologisch kader

Gedurende het Ordovicium, het Siluur en tot een stuk in het Devoon maakte de provincie Nova Scotia deel uit van een grote geosynclinale, d.w.z. een breed, langzaam inzakkend bekken. Deze geosynclinale zou later, door tektonische krachten, in verschillende fasen omgevormd wor-

den tot een bergketen: de Appalachen. De meest intense van die fasen van gebergtevorming greep plaats gedurende het Boven-Devoon en draagt in Noord-Amerika de naam van Acadische plooiingsfase. De Acadische plooiingsfase is dus te vergelijken met een vroege fase van de Hercynische plooiingen in Europa. De Appalachische geosynclinaal werd op dat ogenblik vernietigd. In Nova Scotia bleven slechts enkele kleine, van elkaar gescheiden bekkens over, met ertussen enkele hoog opgetilde massieven. Die configuratie van lage bekkens en hoog opgetilde massieven bleef tot op heden in herkenbare vorm bewaard. Zonder moeite onderscheidt men in Nova Scotia twee verschillende landschappen: zacht glooiende vlakten en ruige bergen (fig. 2 en 3).
De vlakten komen goed overeen met de post-Acadische

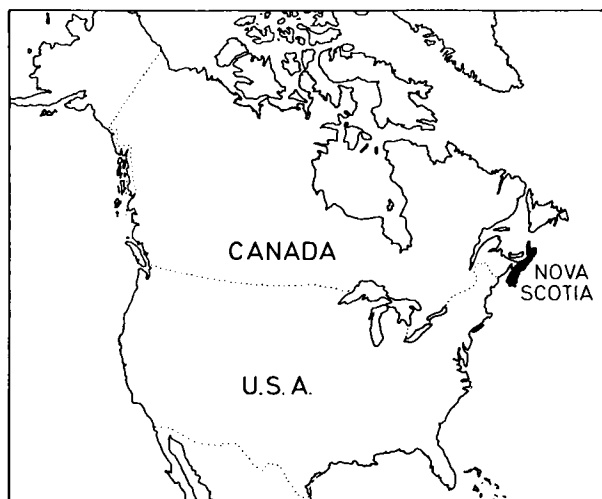


fig. 1. Ligging van de provincie Nova Scotia.

*) Laboratorium voor Delfstofkunde, Aardkunde en Fysische Aardkunde, Universiteit Antwerpen.

***) Lic. geol.