

VERWERINGSKOMMEN IN GRANIET

Sipaliwini-savanne, Zuid Suriname.

H.Th Riezebos (Utrecht, 1974)

INTRODUCTION

Weathering pits (= *Verweringskommen*) on the great granite plate of the Sipaliwini Savanna were carefully examined by H.Th. RIEZEBOS during the 1972 wet season.



Hans Riezebos, who also took part in the 1968/69 expedition, taking soil samples

Descriptions of these weathering pits (Opferkessel, Pingen), including photographs, are given in the paper below.

An analysis of grain-size distribution in the debris from four different Opferkessel is included, followed by comparative data on various minerals in debris and parent rock material.

How to explain origin and development of Opferkessel? This question is discussed at length, taking into account the influence of physical and chemical erosion as well as the impact of the original vegetation on the underlying granite.

The alternation of wet and dry seasons –finally- may have played a decisive role in shaping these intriguing depressions.

ABSTRACT

Granite weathering pits in the Sipaliwini Savanna in Southern Surinam

Steven M. De Jong, Faculty of Geosciences Utrecht University The Netherlands

Summary based on (in Dutch): H.Th. Riezebos, 1974, Verweringskommen in graniet, Sipilawini savanne, Zuid-Suriname. Fysisch Geografische Berichten No.8., Geografisch Instituut, Universiteit Utrecht. pp. 25-33.

During an expedition in 1968/1969 Riezebos observed and described weathering pits (*in German: Opferkessel*) on granite plates located in the Sipaliwini Savanna in Southern Surinam. Weathering pits are depressions on flat or gently sloping surfaces. They vary in shape and range in size from a few centimetres to several metres in width. Weathering and erosion enlarge the pits and two or more pits may combine. Weathering pits are a common feature of granite terrain.

Riezebos described the Sipaliwini pits as oval or circular depressions with diameters varying from a few decimetres to several meters and depths ranging from 10 to 80cm. The pits have flat bottoms and irregular concave or overhanging walls. In the lower part of the pits a drainage point is often found with a threshold of approximately 10 cm in height. Many of the pits are downhill connected by rills.

The genesis of granite weathering pits is generally explained in literature by chemical and physical weathering processes (Smith, 1941). The chemical weathering is active when conditions are favourable for silica, aluminium and iron mobility i.e. acid to very acid conditions. Furthermore, the drainage of these weathering products contributes to the formation of pits. Riezebos demonstrated the importance of chemical weathering by analyzing the weathering residues present in the pits by Röntgen diffraction (XRD) analysis. Parent material proved to be rich in quartz and albite while the weathering products are rich in kaolinite and illite. Especially kaolinite is a typical granite weathering product of warm, humid climates.

Riezebos claims that particularly the alteration of dry and humid periods in the Sipaliwini contributes to the development of the pits. During humid periods the weathering products are drained from the pits in alkaline conditions with pH of 7.0 to 8.3 while in the dry periods the conditions are favourable for weathering of quartz and albite into kaolinite and illite in acid conditions with pH of 4.0 to 6.4.

To the explanation of the genesis of the weathering pits Riezebos adds the geomorphologic development of the area and the role of vegetation. The geomorphologic development of the Sipaliwini had phases of erosive stripping or flaking. These processes result in parent unweathered material (granite plates) at the surface with local initial depressions which are starting points for the weathering pits. The presence of vegetation stimulates the development of weathering pits because aggressive acid secretions accumulate in the depressions and accelerate chemical weathering.

Riezebos written contribution in *Fysisch Geografische Berichten* improved our understanding of the geomorphological development and weathering processes on the Savannas in Southern America.

Further reading:

- Ollier C., 1968, Weathering. Oliver & Boyd, Edinburgh. 304pp.
- Riezebos H.Th., 1979, Geomorphology and soils of Sipaliwini Savanna, South Suriname. PhD thesis, Utrecht University, The Netherlands.
- Smith L.L., 1941, Weather pits in granite of the southern piedmont. Journal of Geomorphology 4, pp.117-127.

Now follows the article 'Verweringskommen in graniet'. Please see the next page.

VERWERINGSKOMMEN IN GRANIET Sipaliwini-savanne, Zuid - Suriname

H. Th. Riezebos

INLEIDING

Tijdens de natuurwetenschappelijke expedities naar de Sipaliwini-savanne *) werden onder meer enkele granietverweringsverschijnselen bestudeerd. De verweringskommen liggen in het NE deel van de savanne bij de Braziliaans-Surinaamse grens (Fig. 1, Foto 1).

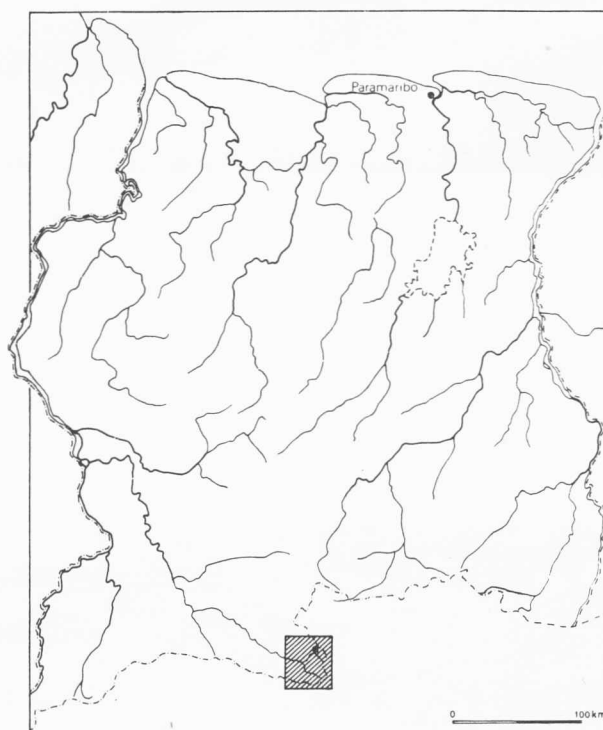


Fig. 1. Sipaliwini-savanne (geharceerde gebied) met de ligging van de granietplaat (stip).

KLIMAAT

Sedert april 1961 worden meteorologische gegevens verzameld op de Sipaliwini-airstrip, 17 km WSW van de graniet-plaat die onderzocht is. Verwerking van de tot heden gepubliceerde gegevens (t/m 1968) levert de resultaten zoals weergegeven in Fig. 2.

De gemiddelde jaarlijkse neerslag is 2001,9 mm. Er is een min of meer duidelijke droge tijd van augustus tot januari.

De gemiddelde maandtemperaturen variëren van 25,8°C in februari tot

*) 1968/1969 en 1972, onder auspiciën van de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek van de Tropen (WOTRO)

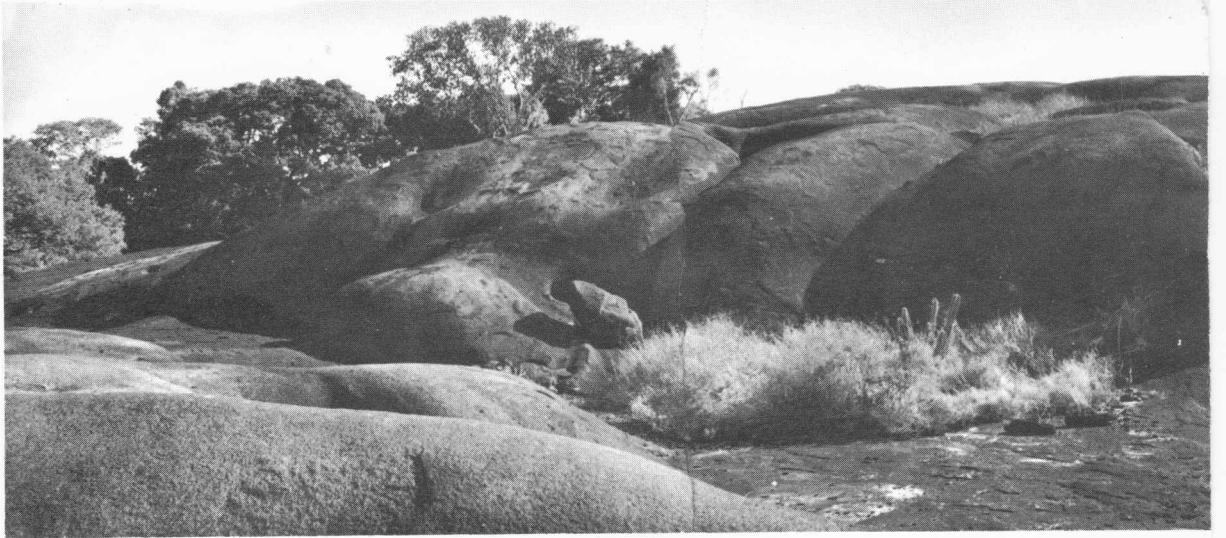


Foto 1. Overzicht van het lagere deel van de granietplaat
trale afvoergeulen. (foto J.P. Schulz)



Foto 2. Het hogere deel van de granietplaat met kleinere Opferkessel. (foto Riezebos)



het relatief grote verweringskommen en diep ingesneden cen-

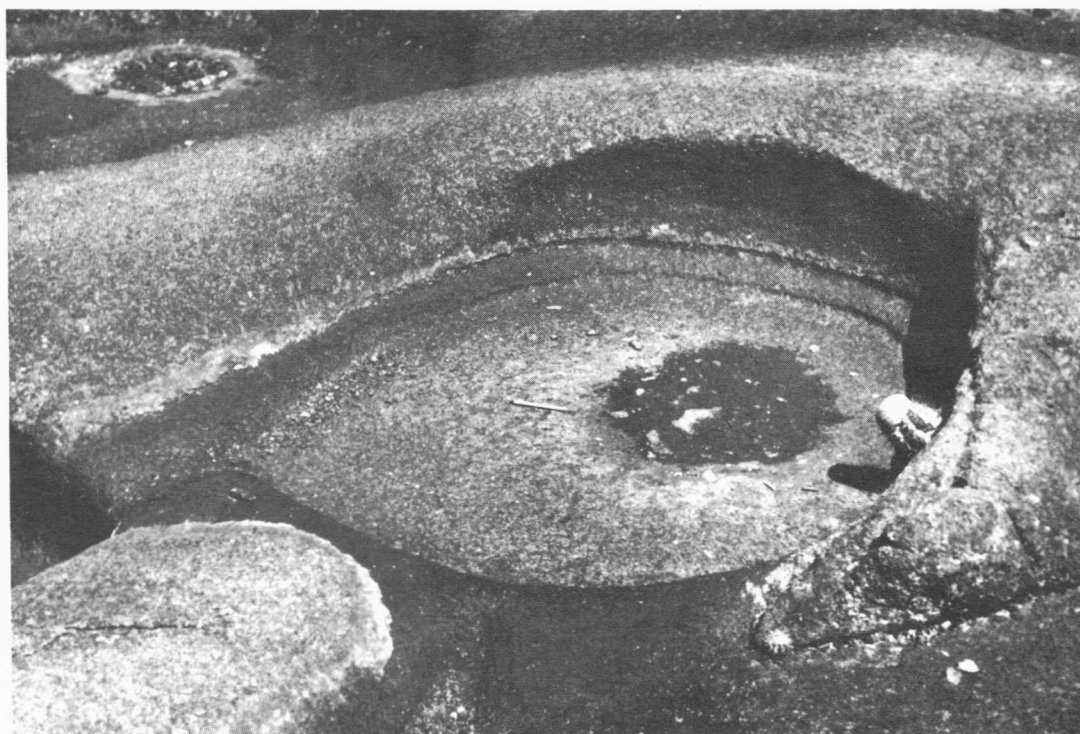


Foto 3. Verweringskom met overlaat en lage drempel (links). De richels op de wand corresponderen met de hoogte van de niet meer functionerende overlaat op de voorgrond. Rechtsonder is beginnende exfoliatie waar te nemen. (foto Riezebos)

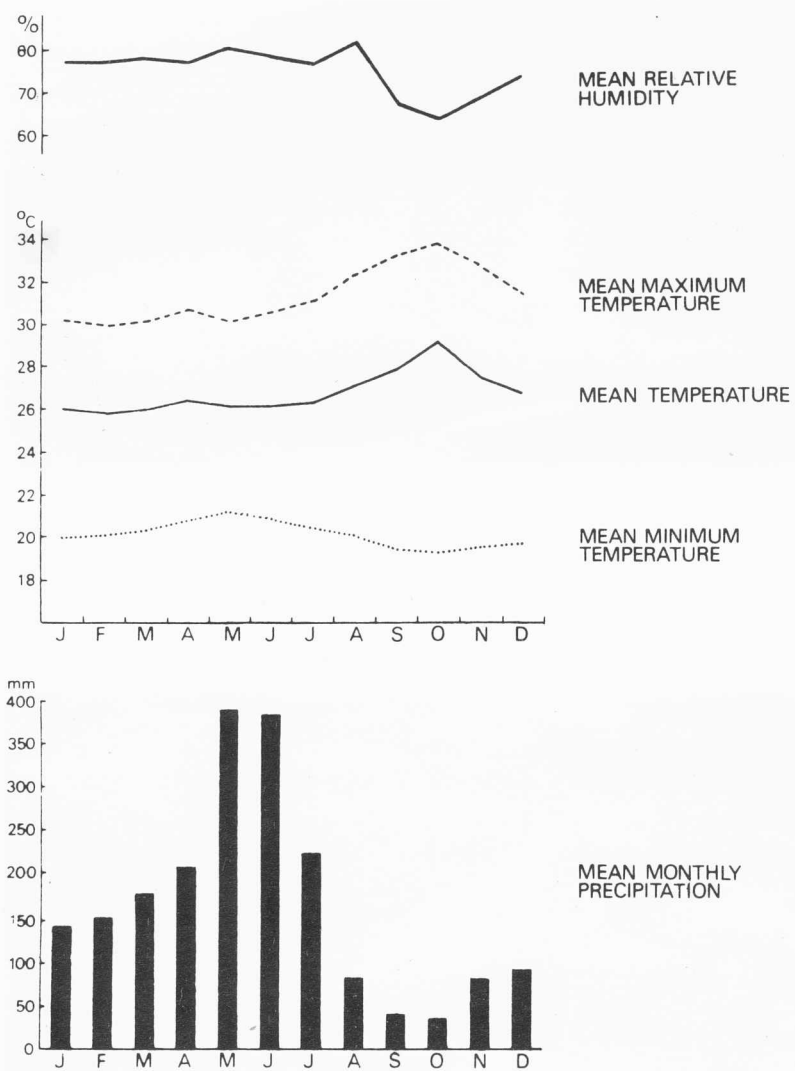


Fig. 2. Klimatologische gegevens van Sipaliwini-airstrip. (periode 1961 t/m 1968)

29,2°C in oktober, terwijl de extremen liggen tussen gemiddeld 19,2°C en bijna 34°C.

WAARNEMINGEN

De bestudeerde granietplaat bestaat uit een lichte, middelmatig korrelige (1 - 5 mm) porfirische biotiet graniet.

De plaat is ongeveer 60 m breed en 120 m lang en ligt op de N-helling van een lage heuvel. De gemiddelde hellingshoek bedraagt 14%. Halverwege de helling duikt de granietplaat weg onder een tropische bosgrond. Het hoogste deel van de granietplaat heeft een lichtgolvend relief; hellingafwaarts komt een veel meer geprononceerd relief voor, bestaande uit een gecompliceerde aaneenschakeling van depressies met variërende afmetingen en vormen (zie Foto 1 en 2).

De meeste evenwel zijn cirkelvormig tot ovaal. Vele depressies hebben aan één zijde een uitlaat, een geul waardoor ze kunnen afwateren.

Diepte en diameter van de bekkens (Opferkessel, Pingen) variëren tussen 10 en 80 cm, resp. een paar decimeters en enkele meters. De wanden van de Opferkessel komen zowel concaaf als verticaal en vlak voor. Zelfs overhangende, convexe wanden zijn niet zeldzaam. De overgang van de wand naar het oppervlak van de granietplaat is i.h.a. convex en een enkele maal scherp hoekig. Soms zijn in de wanden uithollingen aanwezig terwijl eveneens uitstekende richels kunnen voorkomen (zie Foto 3).

De bodem van de depressies is vlak en helt zeer flauw vanaf de randen naar het laagste punt dat ongeveer in het midden ligt. Op de bodem heeft zich in het algemeen een laag debris verzameld, bestaande uit gesteente fragmenten, slecht gesorteerd zand, klei en organisch materiaal.

De oppervlakte van de granietplaat, de wanden en bodem van de bekkens en het daarin voorkomende debris zijn bedekt met een dunne tot zeer dunne, donkergrijze lichenen begroeiing. In grotere Opferkessel is veelal een hogere vegetatie aanwezig van grassen en struiken.

De geulvormige uitlaat waardoor de grotere depressiesgedraineerd worden bevat soms een lage drempel (tot 10 cm hoog) aan de bovenzijde. Het voorkomen van een drempel gaat samen met een hogere vegetatie. Waar de drempel ontbreekt, is slechts een lichenen-begroeiing aanwezig.

Op de helling van de granietplaat komen de Opferkessel op verschillende niveaus voor. Vele bekkens staan onderling in verbinding door geulen of wateren via hun eigen uitlaat af op een gemeenschappelijke, centrale afvoergeul die tot ruim 1 m onder het oppervlak van de plaat kan zijn ingesneden. Sommige depressies staan met elkaar in verbinding via een gat aan de voet van hun overhangende wanden.

De zeer grote bekkens met een diameter van verscheidene meters en lobvormige omtrekken zijn, naar mag worden aangenomen, ontstaan door laterale uitbreiding en aaneenschakeling van een aantal kleinere Opferkessel. Restanten van doorbroken wanden die verspreid op de bodem liggen, vormen hiervoor een aanwijzing.

LABORATORIUM-ANALYSES

De resultaten van korrelgrootte-analyse van debris uit vier verschillende Opferkessel zijn weergegeven in Figuur 3.

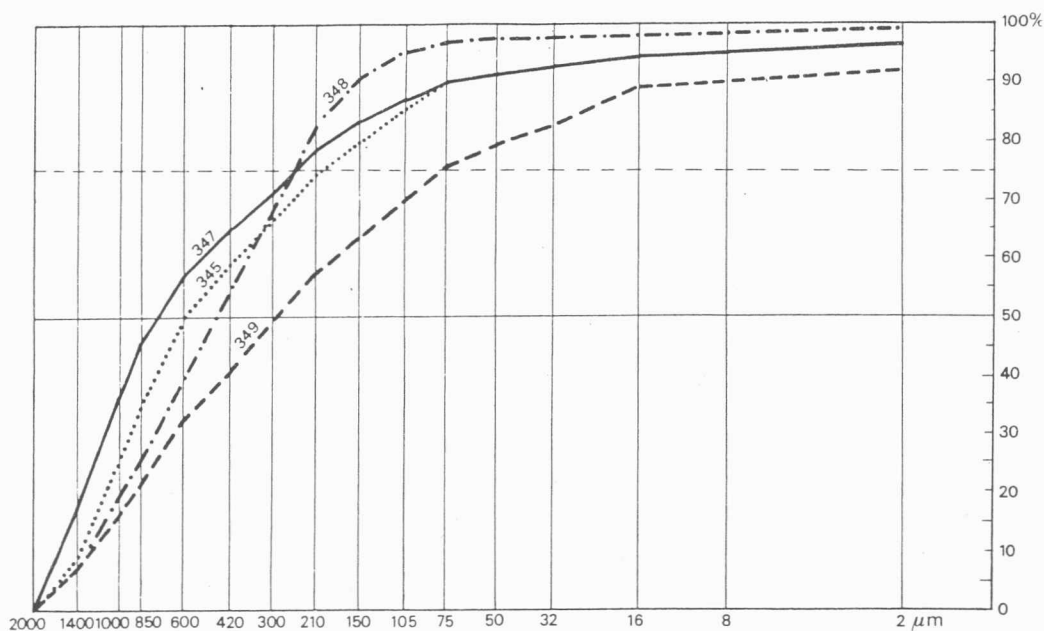


Fig. 3. Korrelgrootteverdeling van verweringsresidu uit een viertal Opferkessel.

De monsters 347 - 39 en 348 - 39 komen uit bekkens die, behalve met lichenen, niet begroeid waren. Monster 345 - 39 is genomen in een depressie die dun begroeid was met hogere planten terwijl monster 349 - 39 afkomstig is van een Opferkessel die dicht begroeid was met grassen en hoge struiken.

De monsters uit de niet en dun begroeide bekkens vallen in de klasse zand; het monster 349 - 39 bleek lemig zand te zijn (USDA-classificatie). Röntgen-diffractie-analyses van de fracties 2000 - 50, 50 - 16, 16 - 2, 2 - 1 en < 1 micron toonden aan dat in alle monsters de verschillende mineralen in ongeveer gelijke hoeveelheden voorkomen. Er is wel een differentiatie in samenstelling naar korrelgrootte-fractie (Tabel 1).

In de fracties < 2 micron komt amorfe silica voor. Tevens zijn er aanwijzingen voor het voorkomen van actinoliët-tremoliët in de fracties 2000 - 50 micron van de monsters 348 - 39 en 349 - 39.

DISCUSSIE

Opferkessel in graniet worden in verschillende gebieden van de wereld gevonden. Vele auteurs menen dat hun ontstaan het resultaat is van een gecombineerde activiteit van fysische en chemische verweringsprocessen. In de meeste gevallen wordt daarbij de nadruk gelegd op de chemische processen. (Hedges, 1969; Bakker, 1958a, 1958b; Roberts, 1968; Leneuf, 1959; Smith, 1941)

De chemische verwerking van silicaten en kwarts, de hoofdbestanddelen van graniet, hangt af van de relatieve mobiliteit van silicium, aluminium en ijzer (Keller, 1957). Gezien de aard van de chemische verweringsprocessen (evenwichtsreacties) is het van belang dat de vrijgekomen verweringsprodukten kunnen worden afgevoerd. Vandaar dat de drainage-mogelijkheden voor een groot deel de aard en samenstelling van de verweringsprodukten bepalen (Reijnders, 1964).

	MONSTERS 345-39, 347-39, 348-39, 349-39.					
FRACTIE	MINERALEN					
	kaoliniet	illiet	microclien	albiet	kwarts	biotiet
2000 - 50 μm	-	-	+++	+	+++	-
50 - 16 μm	-	-	++	++	+++	-
16 - 2 μm	+	+++	-	-	+	-
2 - 1 μm	++	++	-	-	+	-
< 1 μm	+++	+	-	-	+	-
onverveerd moedergesteente	-	-	++	+++	++++	+

Tabel 1. Semi-kwantitatieve analyse van verweringsresidu en moedermateriaal. Het aantal + tekens geeft de relatieve hoeveelheid van een mineraal aan vergeleken met het voorkomen van andere mineralen in dezelfde fractie.

In alle monsters werd in de fracties $< 16 \mu\text{m}$ zowel kaoliniet als illiet aangetroffen, zijnde het resultaat van verwerking en nieuwvorming. Deze mineralen verschillen sterk wat betreft samenstelling en structuur.

Onder de huidige klimatologische omstandigheden wisselen de mogelijkheden voor afvoer van gemobiliseerde verweringsprodukten met de seizoenen. In de natte tijd worden opgeloste verweringsprodukten afgevoerd doordat de depressies overlopen. In een bekken met een diameter van bijvoorbeeld 2 m en een drempel in de afvoergeul van 10 cm hoogte valt jaarlijks 6000 liter neerslag terwijl het bekken maximaal ongeveer 300 liter kan bevatten. Er zal dus rond 5700 liter overlopen. Alleen hierdoor reeds zijn de mogelijkheden voor afvoer van verweringsprodukten groot, met name in de regentijd. De invloed van evapotranspiratie is bij een relatieve vochtigheid van 75 - 83% in de natte tijd te verwaarlozen.

In de droge tijd valt er in het algemeen niet voldoende regen om de bekkens te doen overlopen. Daarbij komt dat de temperatuur op de granietplaat door insolatie veelal zeer hoog is en het aanwezige water binnen enkele dagen verdampt.

Uit de klimatologische gegevens en het bovenstaande blijken er afwisselend twee geheel verschillende regimes voor te komen in het verweringsmilieu in de Opferkessel. In de droge tijd tenderen de omstandigheden naar die, welke de vorming van 2 : 1 mineralen begunstigen. Waar albiet en microclien in de fijnere fracties verdwijnen (zie Tabel 1) zullen kalium en natrium in het verweringsmilieu achterblijven. De stagnerende afvoer van door hydrolyse gemobiliseerde reactieprodukten heeft tevens tot gevolg dat de Si/Al verhouding, evenals de pH hoog zal zijn. Bakker, 1958 vond pH waarden in Opferkessel van de Voltzberg, Suriname, tussen 7,6 en 8,3.

In de regentijd neemt de pH af. Metingen die eind juni 1972 verricht werden in een achttal verweringskommen op drie achtereenvolgende dagen gaven pH-waarden te zien tussen 4,0 en 6,4. Gemobiliseerde alkali- en

aardalkali metalen worden afgevoerd. De Si/Al verhouding zal door de afvoer van vrijgekomen silica waarden bereiken die gunstig zijn voor de vorming van 1 : 1 kleimineralen zoals kaoliniet.

De aanwezigheid van amorfe silica zou verklaard kunnen worden uit de conversie van kwarts, een proces waarvan bekend is dat het onder tropische condities kan plaats vinden (White et al. 1966; Whitehouse, 1940; Mohr en Van Baren, 1959). De mobilisatie van kwarts door conversie van SiO_2 vereist een basisch milieu dat ontstaat door het vrijkomen van alkali- en aardalkali metalen. Onder zuurdere omstandigheden zal meer of minder SiO_2 neerslaan.

Het voorkomen van actinoliet-tremoliet kan beschouwd worden als resultaat van de omzetting van ferro-magnesium silicaten zoals biotiet dat aanwezig is in het moedergesteente (Milner, 1962).

Behalve met de verweringsprocessen hangt het ontstaan van de vormen op de granietplaat nauw samen met de geomorfologische ontwikkeling van het gebied. Uit het bodemkundig-geomorfologisch onderzoek van Sipaliwini-savanne blijkt dat het gebied verschillende erosieve fasen heeft doorgemaakt waarbij steeds een meer of minder "gestripped" landschap (partial etchplain) het resultaat was. Daardoor dagzoomt plaatselijk het onverweerde gesteente. Het oppervlak van dit dagzoomende vaste gesteente (te vergelijken met Büdels Verwitterungs-Basisfläche) vertoont initiële, concave depressies. Freise, 1938 meent dat een dergelijk initieel relief tot stand komt mede o.i.v. dichtheidsverschillen in de vegetatie voordat het bodem-verweringsdek wordt geerodeerd. Een verschil in concentratie van agressieve oplossingen afkomstig van de vegetatie zou dan bijdragen tot een differentiatie in verweringsdiepte.

Na de afvoer van bodem en verweringspakket verandert het initiële relief onder subaerische omstandigheden. Het golvend relief gaat geleidelijk over in dat van de granietplaat met Opferkessel. Karakteristiek voor de Opferkessel zijn hun vlakke, vrijwel horizontale bodems en de onregelmatige wanden die concaaf, verticaal of overhangend zijn. Het probleem van de overgang van een initieel concave depressie in een bekken met vlakke, horizontale bodem is door verschillende onderzoekers bediscussieerd.

Hedges, 1969, geeft een overzicht van de ontwikkelde theorieën en komt tot de conclusie dat geen enkele bevredigend is.

Frye en Swineford, 1947, verklaren de vlakke bodems door aantonen dat de chemische verwerking in het diepste deel van de initiele kom vertraagd wordt door de dikte van het geaccumuleerde debris. De laterale uitbreiding van de depressies zou daardoor de overhand hebben. Deze verklaring kan gehanteerd worden voor de Opferkessel van Sipaliwini-savanne met dien verstande dat het wellicht niet zozeer de dikte van de debris-laag is die de verwerking in het centrum van de depressie vertraagt, alswel het voorkomen van de hoogste concentratie van gemobiliseerde verweringsprodukten in deze laag. Het rechter deel van de evenwichtsreacties die zich afspelen in het centrum van de bekkens zal daardoor worden vertraagd in vergelijking met de randgebieden. Dit geldt althans voor de periode dat de kom geheel is gevuld met water. Wanneer in de overgangsperiode tussen natte en droge tijd het water in de depressies verdampt zal het diepste gedeelte het langdurigst invloed ondervinden van de verweringsprocessen.

Samenvattend kan verwacht worden dat de laterale uitbreiding en ver-

vlakking (wearing down) van de bodem gedurende de regentijd plaats vindt terwijl in de overgangperiode tussen natte en droge tijd de verdieping van de Opferkessel de overhand zal hebben. Dit laatste geschiedt over kortere perioden en is daarmee van geringere betekenis dan de vervlakking en laterale uitbreiding.

De aanwezigheid van richels op de wanden van Opferkessel wordt door Lange, 1960, toegeschreven aan het regelmatig en langdurig voorkomen van eenzelfde waterhoogte in de bekkens.

In de Sipaliwini-Opferkessel komt bedoelde waterhoogte overeen met de hoogte van de drempel in de overlaat waarbij geconstateerd kan worden dat de variaties van het waterniveau in de natte tijd gering zijn. Het voorkomen van twee of meer richels op dezelfde wand zou een aanwijzing kunnen zijn voor het plotselinge verlagen van de drempel. Gezien het frequente voorkomen van exfoliatie mag worden aangenomen dat dergelijke drempelverlagingen veelvuldig optreden.

LITERATUUR

- BAKKER, J.P., 1958. Zur Entstehung von Pingen, Oricangas und Dellen in den feuchten Tropen. Abh. Geogr. Inst. Freien Univ. Berlin, Bd. 5, pp. 7-20
- BAKKER, J.P., 1958. Zur Granitverwitterung und methodik der Inselbergforschung in Surinam. Abh. d. Deutschen Geographentages, Würzburg, pp. 122-132
- FREISE, F.W., 1938. Inselberge und Inselberglandschaften im Granit- und Gneissgebiete Brasiliens. Z. f. Geomorph. 10, pp. 137-168
- FRYE, J.C. & SWINEFORD, A., 1947. Solutionfeatures on Cretaceous Sandstones in Central Kansas. Am. J. Sci. 245, pp. 366-379
- HEDGES, J., 1969. Opferkessel. Z. f. Geomorph. 1, pp. 22-55
- LANGE, A.L., 1960. Geometrical basis for Cave Interpretation. Nat. Speleol. Soc. Bull. 22, pp. 77-84
- LENEUF, N., 1959. L'altération des granites calco-alcalins et des granodiorites en Côte d'Ivoire forestière et les sols qui en sont dérivés. ORSTOM, Paris
- METEOROLOGICAL Service, Surinam. 1962-1967. The weather. Meded. nr. 1 t/m 6, Serie 1, Paramaribo
- MILNER, H.B., 1962. Sedimentary petrography, vol. II. Allen and Unwin Ltd. London
- MOHR, E.C.J. & VAN BAREN, F.A., 1959. Tropical soils. Van Hoeve, Den Haag
- REIJNDERS, J.J., 1964. A pedo-ecological study of soil genesis in the tropics from sealevel to eternal snow. Thesis, Utrecht
- ROBERTS, D., 1968. Occurrences of weathering Pits from Sørø, N. Norway. Geografiska Annaler, nr. 1
- WHITE, W.B., JEFFERSON, G.L. & HAMAN, J.F., 1966. Quartzite karst in Southeastern Venezuela. Int. J. Speleol. 2, pp. 309-314
- WHITEHOUSE, F.W., 1940. Studies in the late geological history of Queensland. Univ. Queensland Pap. Dept. Geol. 2, nr. 1
- WILHELMY, H., 1958. Klimamorphologie der Massengesteine. Westermann, Braunschweig