

De verwijdering van smaakstoffen uit water door middel van actieve kool

1. Inleiding

Bij de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage is jarenlang onderzoek verricht naar de smaakverbeterende werking van actieve poeder- en korrelkool. Het onderzoek was speciaal gericht op de actieve korrelkoolfiltratie van gefiltreerd Rijnwater.

Het doel was het optimaal gebruik vast te stellen van korrelkoolfilters voor een volledige verwijdering van de smaak van het rivierwater. De belangrijkste variabelen in het onderzoek waren de doorstromingsnelheid en de filterbedlengte, die samen de contacttijd tussen het water en de kool bepalen.

Tevens zullen enkele resultaten van de proeven met poederkool, en van recentelijk verrichte proeven met laagjes korrelkool op langzame zandfilters, kort worden beschreven.

Dit rapport geeft een overzicht van de verkregen resultaten, ten behoeve van de Werkgroep Actieve Kool van het KIWA.

2. Beschrijving van de proeven met korrelkoolfilters

2.1 De proeven in 1964 en de resultaten

De proeven met korrelkoolfilters op laboratoriumschaal vallen in twee gedeelten uiteen, namelijk een inleidend gedeelte en een gedeelte met de eigenlijke proeven. Van januari 1964 tot augustus 1964 werden de eerste doorstroomproeven verricht. Twee filters met een diameter van 4,5 cm werden gevuld met 33 cm Norit RBW-1 kool. Zij werden met een snelheid van 1 resp. 5 m/uur doorstroomd met het van Bergambacht aangevoerde gefiltreerde Rijnwater. Om verstopping van de actieve koolfilters te voorkomen, was het ruwe water extra gefiltreerd over een duinzandfilter.

De verblijftijd van het water in de kool laag was ongeveer 1,3 en 6,5 minuten. De smaak, de kleur en het permanganaatverbruik van het ingaande en uitgaande water werden vrijwel dagelijks gemeten. Het smaakgetal van het ingaande water was in die tijd hoog, namelijk 61 à 91.

Het filter, dat met een snelheid van 5 m/uur liep, leverde de eerste 10 dagen vrijwel smaakloos water af.

Daarna liep de smaak van het uitkomende water geleidelijk op, maar na 4 maanden trad er in het koolfilter nog steeds een smaakgetalverlaging op, namelijk van 91 naar 31.

Verlaging van de doorstromingsnelheid had direct een grotere smaakverbetering tot gevolg. Gebaseerd op de eerste duidelijke doorslag van smaak na 10 dagen

bedroeg het verbruik aan korrelkool ca. 230 mg/l. Deze uitkomst is verkregen door het totale gewicht aan korrelkool te delen door het aantal liters water, dat de korrelkool is gepasseerd op het moment van smaakdoorslag. Werd deze hoeveelheid korrelkool in verpulverde vorm eenmalig in een geroerd vat in 1 liter van het water gebracht, dan was ook na 1 uur verblijftijd het water niet smaakloos. Deze proeven zijn herhaalde malen uitgevoerd met overeenkomstig resultaat. Er blijkt uit, dat poederkool dosering minder effectief is dan korrelkoolfiltratie.

Het filtertje met de doorstromingsnelheid van 1 m/uur leverde 102 dagen lang smaakloos water, uitgaande van water met een smaakgetal van ongeveer 90. Het berekende koolverbruik is dan 67 mg/l. Deze hoeveelheid, eenmalig gedoseerd als verpulverde korrelkool, gaf na een uur roeren slechts een smaakverbetering van 91 naar 7 te zien.

2.2 De proeven van 1965 t/m 1967

Bij de in 2.1 gemelde proeven werden de resultaten minder betrouwbaar geacht, omdat er vrees bestond voor kortsluiting van de waterstroom langs de gladde wand van het filter. Om deze reden zijn er nieuwe filters van perspex vervaardigd, waarbij de binnenwand van groeven is voorzien.

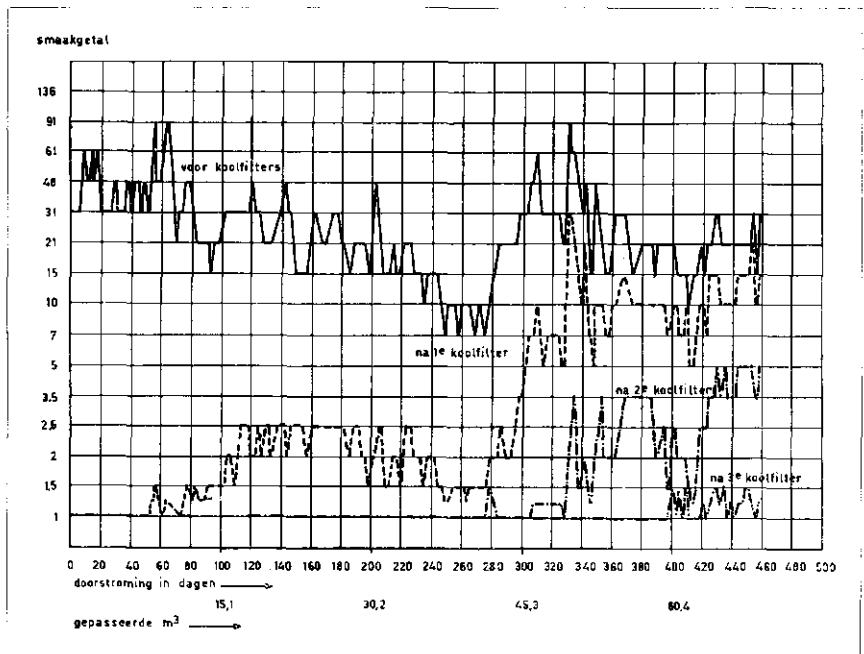
Elk filter bestaat uit 3 afzonderlijke, in

serie geplaatste kolommen met een diameter van 5,2 cm en een lengte van 44,5 cm. Elke kolom is steeds afzonderlijk bemonsterd ter bepaling van de smaak, de kleur en het permanganaatverbruik, dus meting na 44,5, 89 en 133,5 cm korrelkoolfiltratie. De monsternamen bij dergelijke kleine filters moet met speciale voorzorg worden verricht om te voorkomen, dat het monster bij een verkeerde snelheid wordt genomen. Om deze reden is na elke kolom een doorstroomruimte aanwezig, waaruit de monsters worden genomen. De verstoring van de snelheid heeft zo geen invloed op de monsternamen.

De inhoud van elke kolom was 0,94 liter korrelkool (gewicht ca. 475 gram per kolom). De voeding van de koolfilters was gefiltreerd Rijnwater, dat te Scheveningen over een 5 cm dik duinzandfilter nogmaals was gefiltreerd, ten einde verstopping te voorkomen. Als filtervulling werd gebruikt Norit RBW-1, hagelslag kool (diameter 1 mm, lengte 3-6 mm). Dit is een regenerereerbare kool. De korrelkool was van tevoren met water gewassen.

Na enkele inleidende proeven, waarbij o.a. moeilijkheden optraden met het instellen van een constante doorstromingsnelheid, zijn de eigenlijke proeven op 22 september 1965 gestart. De doorstromingsnelheden waren 3 en 15 m/uur. De totale verblijftijd van het water in

Afb. 1 - Verlaging van het smaakgetal als functie van de tijd bij een doorstromingsnelheid van 3 m/uur.



de poriën (volume van 33 %) is dan resp. 9 en 1,8 minuten. De duur van de proef was resp. 460 en 55 dagen. Behalve de drie genoemde waterkwaliteitsparameters zijn tevens eenmaal per week de kiemgetallen bij 22 °C en 37 °C van het ingaande en uitgaande water bepaald.

De proef met de doorstromingsnelheid van 15 m/uur is in 1967 herhaald. Vanaf 15 juni heeft deze proef toen 41 dagen gelopen. In 1967 zijn tevens na elkaar twee proeven met een doorstromingsnelheid van 45 m/uur verricht. Deze hebben resp. 11 en 6 dagen gelopen. De verblijftijd van het water in de kool bij deze snelheid is in totaal ongeveer 40 seconden.

3. Resultaten van de proeven met korrelkoolfilters

In de afb. 1 t/m 5 staan de resultaten alleen voor het smaakgetal van de genoemde proeven weergegeven. In afb. 1 staan de resultaten van de proef met de doorstromingsnelheid van 3 m/uur, in afb. 2 en 3 met 15 m/uur en in afb. 4 en 5 met 45 m/uur. De tijdas is in dagen weergegeven. Op de verticale as is het smaakgetal uitgezet, waarbij elke centimeter een smaakverdunningstrap aangeeft. Daar het aantal waarnemingen vooral bij de langer durende proef zeer groot is, zijn ten behoeve van de duidelijkheid soms enkele waarnemingen te zamen genomen.

Er zijn 4 lijnen: voor ingaand water, na 1e, 2e en 3e filter, voor de smaak *) aangegeven.

Om het aantal afbeeldingen te beperken zijn de kleur en het permanganaatverbruik niet grafisch weergegeven. De resultaten daarvan zullen in het volgende hoofdstuk wel worden beschreven.

In tabel I staan de gegevens van het bacteriologisch onderzoek vermeld. Bij 22 °C zijn de kiemgetallen per ml op agar bepaald na 3 dagen in de broedstoof, en bij 37 °C op agar na 2 dagen. De gemiddelde kiemgetallen van het uitgaande en inkomende water bij de proef met 3 en 15 m/uur doorstromingsnelheid staan aangegeven. Eenmaal zijn ook zuurstofgehalten bepaald.

4. Bespreking van de resultaten van de proeven met korrelkoolfilters

4.1 De kleur en het permanganaatverbruik

De verlaging van het permanganaatverbruik bij een snelheid van 3 m/uur is bij het begin weliswaar vrij groot, maar wordt vrijwel direct geleidelijk minder. De verlaging van het permanganaatverbruik daalt gedurende de eerste 70 dagen van 12 naar 4 mg/l. Daarna is de verlaging tot het eind van de proef na 460 dagen ongeveer constant, namelijk 2-4

mg/l. Voor de kleur is een dergelijk beeld te zien. De verbetering blijft echter langer vrij groot. De eerste 70 dagen blijft de verlaging ca. 10 mg Pt/l. Daarna daalt de verbetering van 10 naar 4 mg/l. Na 130 dagen is er sprake van een ongeveer constant verschil tussen inkomend en uitgaand water van 2-4 mg Pt/l. Bij de doorstromingsnelheden van 15 en 45 m/uur is het verloop van de verbetering van het permanganaatverbruik en van de kleur met de tijd analoog aan het verloop bij 3 m/uur. De tijden en de verbeteringen zijn naarmate de snelheid hoger wordt resp. korter en kleiner. Bij 45 m/uur is bijvoorbeeld na 1 dag de verlaging van het permanganaatverbruik gedaald van 6 naar 1 mg/l. Daarna

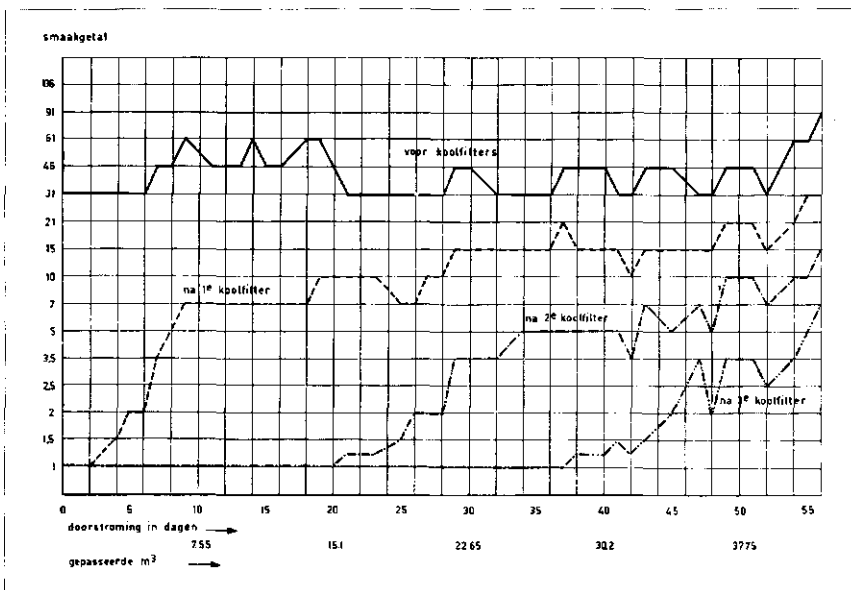
blijft de verlaging ca. 1 mg/l. Voor de kleur geldt ongeveer hetzelfde. De resultaten bij 15 m/uur liggen tussen die van 3 en 45 m/uur in.

4.2 De kiemgetallen

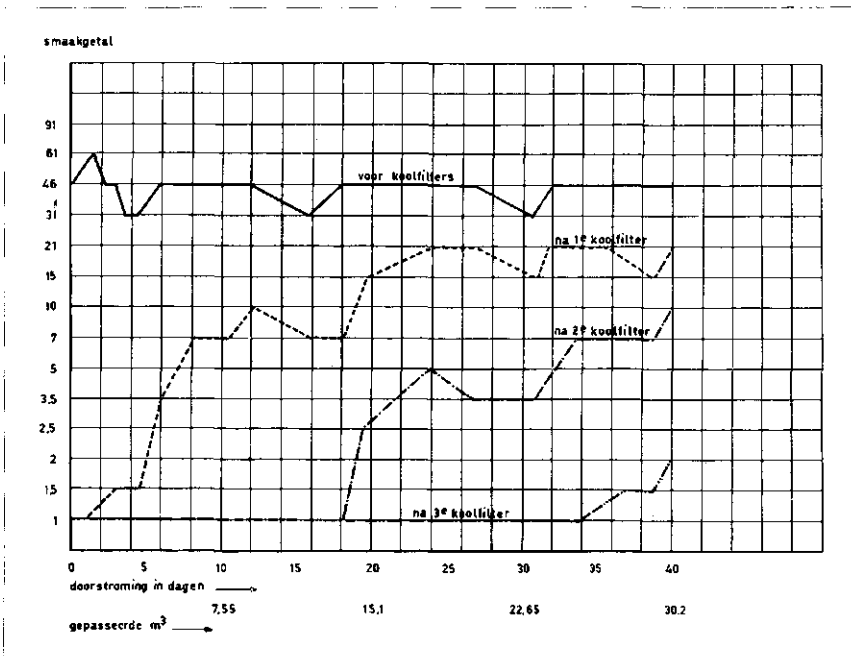
Uit tabel I is te constateren, dat er sprake is van een duidelijke toename van de kiemgetallen bij 22° en 37° C na het eerste koolfilter.

Bij het tweede en derde filter nemen de kiemgetallen echter weer af. Uit de tabel kan verder blijken, dat het weinig uitmaakt voor de bacteriologische kwaliteit na de 3 kolommen of de doorstromingsnelheid 3 of 15 m/uur is. In de loop van het onderzoek (van 5 oktober 1965 tot 12 juli 1966) is er verder geen ge-

Afb. 2 - Verlaging van het smaakgetal als functie van de tijd bij een doorstromingsnelheid van 15 m/uur (eerste proef).



Afb. 3 - Verlaging van het smaakgetal als functie van de tijd bij een doorstromingsnelheid van 15 m/uur (tweede proef).



*) Het smaakgetal is zodanig gedefinieerd, dat water dat onverdund net bijsmaakvrij is, een smaakgetal van één heeft.

leidelijke toe- of afname van de kiemgetallen opgetreden. Er is geen significante relatie ($r = 0,56$) tussen de kiemgetallen van het inkomende water (aanvoer) en van het water na de eerste koolkolom.

Aan de weinige cijfers voor de zuurstofgehalten valt te zien, dat er waarschijnlijk een verbruik aan zuurstof in alle drie de filters optreedt. Dit verbruik is echter niet hoog.

4.3 De smaak

Het belangrijkste resultaat van de proeven is het verloop van het smaakgetal

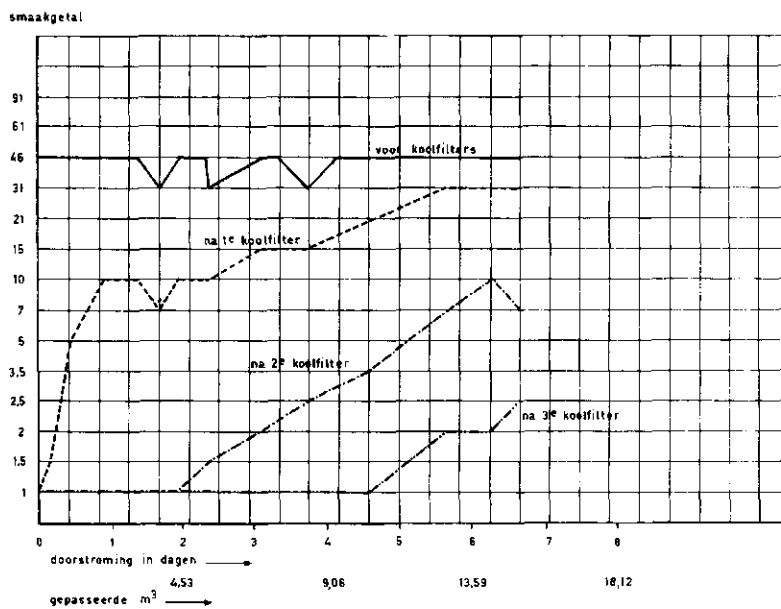
met de tijd. In de volgende tabel zullen de gegevens uit de grafieken 1 t/m 5 worden samengevat. Steeds is vermeld het berekende verbruik aan korrelkool in mg per liter water, betrokken op de hoeveelheid gepasseerd water op het moment dat de genoemde filterkolom merkbaar smaakstoffen doorlaat. Dat wil zeggen, dat het smaakgetal gedurende enkele dagen 1,5 of groter moet zijn. Opgemerkt moet worden, dat het gewicht aan kool per kolom niet constant is geweest, doordat met twee verschillende partijen Norit RBW-1 is gewerkt. Bij de proeven, die zijn gestart op 22

september 1965 en op 11 april 1967 was het gewicht per kolom (0,94 l) 475 gram. Bij de twee andere proeven was dit 415 gram per kolom. De in 1967 uitgevoerde proeven (eenmaal 15 m/uur, tweemaal 45 m/uur) zijn intermitterend verricht. De filters met 45 m/uur liepen alleen 8 resp. 6 uur op de dag en de filters met 15 m/uur alleen gedurende 18 uur in de nacht. De reden hiervan was een ongeveer gelijke kwaliteit water op de twee filters te brengen gedurende de gehele proef. De in de tweede kolom van tabel II genoemde doorstromingsnelheid is niet exact. Er traden schommelingen in de snelheid op van ca. 10 %. Het in de vijfde kolom van tabel II genoemde gemiddelde smaakgetal van het water voor de koolfilters laat zien, dat het aanbod van de smaakstoffen van 1965 tot 1967 nogal varieerde.

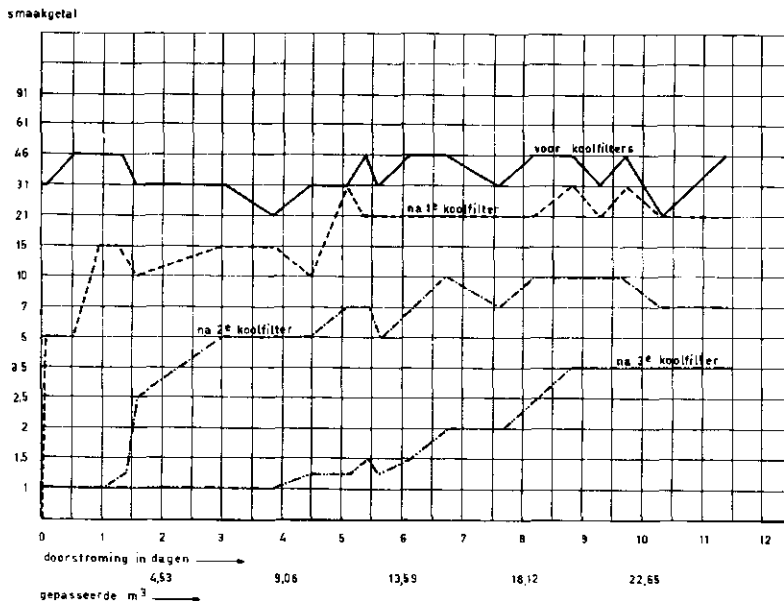
Het vorenstaande maakt duidelijk, dat de nodige voorzichtigheid in acht moet worden genomen bij het trekken van conclusies uit de cijfers in de laatste kolom van tabel II.

De gegevens uit deze kolom zijn in afb. 6 weergegeven. In deze grafiek is voor de drie doorstromingsnelheden het koolverbruik tegen de lengte van het koolfilter in centimeters uitgezet. Voor de in duplo uitgevoerde proeven zijn gemiddelde waarden genomen. Bij de proef met 3 m/uur snelheid is een mogelijk optimaal koolverbruik bereikt van 20 mg/l bij een bedlengte van ca. 90 cm. De contacttijd water/kool is dan ongeveer 6 minuten. Bij de twee andere snelheden is geen minimaal koolverbruik verkregen, omdat de korrelkoolfilters bij de proeven te kort zijn gehouden.

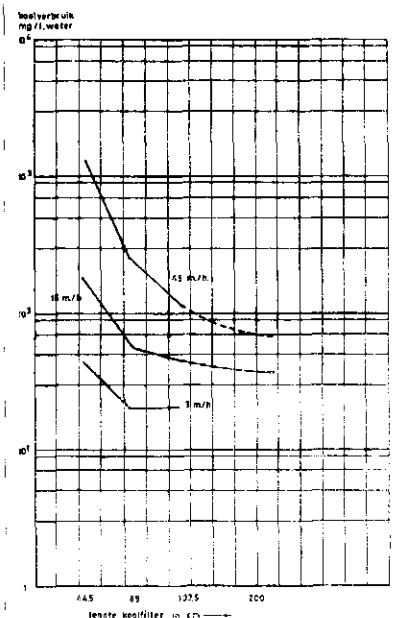
Afb. 4 - Verlaging van het smaakgetal als functie van de tijd bij een doorstromingsnelheid van 45 m/uur (eerste proef).



Afb. 5 - Verlaging van het smaakgetal als functie van de tijd bij een doorstromingsnelheid van 45 m/uur (tweede proef).



Afb. 6 - Korrelkoolverbruik als functie van de lengte van het koolfilter bij verschillende doorstromingsnelheden.



TABEL I - Kiemgetallen van het inkomende en het uitgaande water van korrelkoolfilters met respectievelijk een doorstromingsnelheid van 3 en 15 m/uur.

datum	bedrijfstijd in dagen	opbrengst in liters	snelheid in m'/h	aantal bact. per ml op Agar-Agar									O ₂ mg/l		
				22 °C na 3 dagen			37 °C na 2 dagen								
				aanvoer	1e filter	2e filter	3e filter	aanvoer	1e filter	2e filter	3e filter	aanvoer	1e filter	2e filter	3e filter
5-10-1965	13	1826	3	365	2450	3250	1450	140	3450	3850	1250				
12-10-1965	20	2774	3	33	1650	1250	1450	85	2350	1850	240				
19-10-1965	27	3767	2,8	65	6900	5300	1250	105	4100	4600	490				
26-10-1965	34	4806	3	40	2200	1500	1250	28	2200	450	280				
2-11-1965	41	5754	2,9	185	3350	1250	750	125	3950	1150	340	8,1	7,5	7,1	
9-11-1965	48	6655	2,6	95	6400	3250	1200	80	4300	2200	500			6,6	
16-11-1965	55	7664	2,8	240	2800	2600	650	250	1850	1550	340				
23-11-1965	62	8589	2,1	750	3500	3550	2150	650	5250	2750	1150				
gestopt i.v.m. defecte pomp tot 26 januari 1966															
8- 2-1966	76	10269	2,9	2000	4100	4950	2750	4600	6800	6300	5500				
15- 2-1966	83	11246	3,1	680	8000	7900	960	1900	7600	6800	1550				
22- 2-1966	90	12212	2,65	790	5150	10000	550	1900	6000	4100	1600				
1- 3-1966	97	13259	3,1	80	4600	2800	380	47	4800	2550	240				
8- 3-1966	104	14301	3,1	2500	4000	5800	1650	700	1500	800	180				
15- 3-1966	111	15221	2,8	8300	9500	7600	4800	1000	1700	3200	680				
22- 3-1966	118	16126	2,4	1250	2000	3350	850	105	1800	2700	350				
29- 3-1966	125	17056	3,1	1050	2750	3000	950	95	1500	1750	370				
5- 4-1966	132	18117	3,0	950	3000	2600	800	480	2900	1350	650				
13- 4-1966	140	19341	3,1	1300	4700	2400	2400	370	1600	800	350				
19- 4-1966	144	19926	3,1	3300	6500	7500	3200	58	1750	1900	130				
26- 4-1966	151	20992	3,0	8500	8500	7000	7500	470	2450	1200	550				
3- 5-1966	158	22080	3,0	770	5800	4400	780	78	4900	2100	180				
10- 5-1966	165	23121	3,1	2900	8500	6500	1950	35	2700	1300	220				
17- 5-1966	172	24178	3,2	1400	3500	2400	800	36	2400	700	60				
24- 5-1966	179	25224	3,0	780	2450	2100	310	26	2400	1500	200				
7- 6-1966	193	27317	3,1	240	2450	900	250	11	2750	650	100				
14- 6-1966	200	28368	2,9	950	9500	4800	200	175	5400	1500	60				
21- 6-1966	207	29419	2,6	190	2650	2500	140	15	2700	900	80				
12- 7-1966	228	32620	2,9	350	3900	2900	480	120	2500	950	400				
Gemiddeld				571	4077	3364	909	179	2979	1710	363				
5-10-1965	13	9628	15,0	365	6000	3100	590	140	5950	3850	620				
12-10-1965	20	14763	15,2	33	3350	1400	350	85	2400	800	320				
19-10-1965	27	20086	15,0	65	3650	1350	410	105	2750	950	250				
26-10-1965	34	25357	14,9	40	3500	2100	750	28	2700	1450	365				
1-11-1965	41	30518	15,0	185	4600	1300	55	125	4200	830	140	8,1	7,8	7,8	
9-11-1965	48	35017	15,2	95	6200	2500	210	80	4400	1850	170			7,7	
16-11-1965	55	40276	14,7	240	3100	2150	750	250	2500	1350	290				
Gemiddeld				146	4343	1986	445	116	3557	1583	308				

TABEL II - Verbruik aan actieve korrelkool bij smaakdoorslag bij 3 doorstromingsnelheden.

datum start	door- stroom- snelheid m/uur	duur van door- stroming dagen	totaal water ge- passeerd liters	gemiddeld smaakgetal vóór filters	smaakgetal bij doorslag			mg/l water koolver- bruik	
					vóór- filters	na filter	3		
22-9-1965	3	80	10.600	44	46	1,5	≤ 1	≤ 1	45
	3	332	48.000	31	46	10	1,5	≤ 1	20
	3	460	67.000	30	31	15	5	1,5	21
22-9-1965	15	4	2.500	31	31	1,5	≤ 1	≤ 1	190
	15	24	18.600	42	31	7	1,5	≤ 1	53
	15	40	30.000	40	31	15	5	1,5	48
15-6-1967	15	3	2.210	50	46	1,5	≤ 1	≤ 1	189
	15	19	14.000	44	46	10	1,5	≤ 1	60
	15	37	27.500	44	46	21	7	1,5	45
11-4-1967	45	0,1	192	—	31	5	≤ 1	≤ 1	> 2.500
	45	1,2	2.850	42	46	15	1,5	≤ 1	330
	45	6	13.000	36	46	21	7	1,5	110
16-6-1967	45	0,2	428	—	46	1,5	≤ 1	≤ 1	> 970
	45	2	5.000	45	31	10	1,5	≤ 1	166
	45	5	10.500	44	46	21	3,5	1,5	118

In afb. 7 is het koolverbruik uitgezet tegen de contacttijd. Indien het minimale koolverbruik alleen van de contacttijd afhankelijk is, dan moeten de drie lijnen van afb. 7 in elkaar overgaan (één lijn opleveren). Dit is niet helemaal het geval. Bij hogere snelheden is bij een gelijke contacttijd het koolverbruik lager. Het nadeel van hoge snelheden is, dat er korrelkoolbedden van relatief grote lengten zijn vereist om het koolverbruik, of m.a.w. de frequentie van regenereren zo laag mogelijk te houden.

Bij 15 m/uur kan door extrapolatie worden bepaald, dat een contacttijd van 3 minuten, ofwel een filterbed van ca. 2 m lengte is vereist, om bij benadering het minimale koolverbruik (ongeveer 40 mg/l) te verkrijgen. Bij 45 m/uur moet het bed nog langer worden om het minimale, niet uit de grafiek bepaalde, koolverbruik te verkrijgen. Aangenomen is, dat het niet praktisch is koolfilters langer dan 2 m te bedienen. Het koolverbruik bij 45 m/uur is dan 70 mg/l.

TABEL III - De kosten van de volledige verwijdering van de smaak uit het Rijnwater met behulp van korrelkool.

		eenheid	3 m/uur	15 m/uur	45 m/uur
Algemeen	oppervlak	m ²	3.300	670	225
	korrelkool RBW-1	m ³	3.000	1.340	450
	korrelkoolverbruik	mg/l	20	40	70
	regeneratie per jaar	m ³	3.000	6.000	10.500
Investering	installatie	gulden	9.000.000	2.500.000	1.200.000
	rente en afschrijving	ct/m ³	1,25	0,4	0,2
	korrelkool	gulden	4.200.000	1.880.000	630.000
	rente en afschrijving	ct/m ³	0,9	0,4	0,1
	totaal	ct/m ³	2,15	0,8	0,3
Exploitatie	energie	ct/m ³	0,02	0,06	0,3
	regeneratie	ct/m ³	1,15	2,3	4,0
	verlies aan kool	ct/m ³	0,65	1,3	2,3
	diversen	ct/m ³	0,1	0,2	0,4
	totaal	ct/m ³	1,9	3,9	7,0
Totaal		ct/m ³	4,1	4,7	7,3

4.4 De kosten

Met vorenstaande gegevens is het mogelijk een kostenberekening uit te voeren bij de drie verschillende doorstroomsnelheden. Er is uitgegaan van een capaciteit van 10.000 m³ water/uur (per jaar ongeveer 65 miljoen m³).

De korrelkool RBW-1 kost f 1.400,— m³. De installatie is in 20 jaar en de korrelkool in 10 jaar afgeschreven. De rente is op 8 % gesteld. De kosten van regeneratie zijn f 250,— per m³ geactiveerde kool. Het verlies bij regeneratie is gesteld op 10 % (ligt tussen 5 en 10 %) en het vulgewicht op 430 gram/liter.

In tabel III staan de resultaten samengevat.

In afb. 8 zijn de drie uitkomsten voor de totale kosten van de volledige ver-

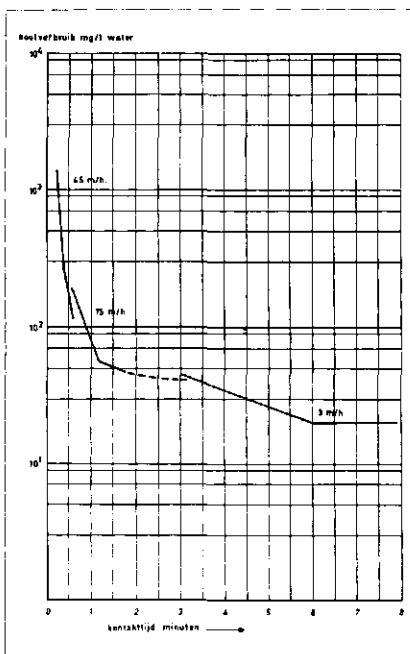
wijdering van de smaak uit het Rijnwater (1965 - 1967) met korrelkoolfilters bij het huidige prijspeil (1972) weergegeven.

Door de drie punten is een lijn geschetst uitgaande van de gedachte, dat de kosten bij een zekere snelheid minimaal moeten zijn (filterbeddikte hierdoor bepaald) en bij een snelheid die nadert tot nul, zeer groot worden.

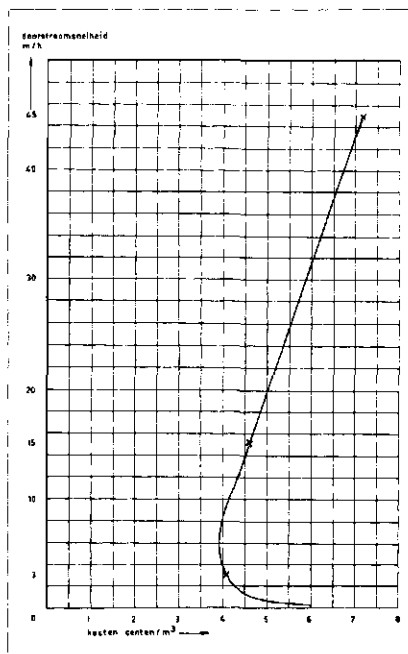
4.5 Conclusies

De slotconclusie is, dat de minimale kosten van korrelkoolfiltratie van Rijnwater ter volledige verwijdering van de smaakstoffen ca. 4 ct per m³ behandeld water bedragen. De doorstroomsnelheid, waarbij deze kosten worden verkregen, ligt tussen 3 en 10 m/uur en de filterbeddikte tussen 0,9 en 1,5 meter.

Afb. 7 - Korrelkoolverbruik als functie van de contacttijd.



Afb. 8 - De kosten van de verwijdering van smaakstoffen uit het Rijnwater als functie van de stroomsnelheid door het korrelkoolbed.



5. Smaakverwijdering met poederkool

5.1 Laboratoriumonderzoek

Van 1960 tot 1963 zijn er bij de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage vele laboratoriumproeven gedaan met poederkooldoseringen in „geroerde” bekeerglazen.

De smaakverbeterende werking van poederkool bij Rijnwater en bij water na de infiltratie is onder verschillende omstandigheden onderzocht.

In afb. 9 staat een aantal resultaten van het onderzoek naar de smaakverbeterende werking van poederkool bij 60 minuten contacttijd in de bekeerglazen weergegeven. Het smaakgetal is hier zo gedefinieerd, dat water, dat juist geen bijsmaak bezit, een smaakgetal 1 heeft. Uit de grafiek is te concluderen dat, bij eenmalige doseringen tot 500 mg/l, het niet mogelijk is uit Rijnwater smaakvrij water te maken.

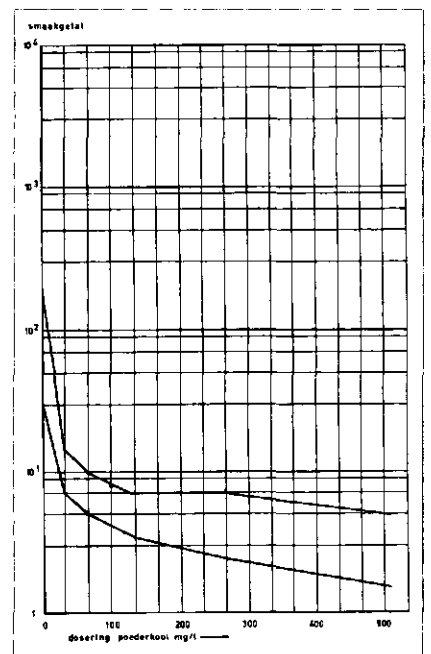
Dit betekent, dat het wat de kosten betreft niet verantwoord is om uitsluitend met poederkool Rijnwater smaakvrij te maken. Bij doseringen groter dan ca. 30 mg/l is, zoals uit grafiek 9 blijkt, de smaakverbeterende werking per mg poederkool zeer gering.

Uit het onderzoek is verder gebleken, dat indien de poederkool tezamen met een vlokmiddel wordt gedoseerd, de poeder in de gevormde vlokken wordt opgenomen. De smaakverbeterende werking verandert hierdoor niet. Verder heeft de pH weinig invloed op de smaakverbetering.

5.2 Praktijk

Van de aanvang van de infiltratie van Rijnwater in de Haagse duinen af (1955),

Afb. 9 - Verlaging van het smaakgetal als functie van de poederkooldosering.



bleek het voor volledige smaakverwijdering noodzakelijk poederkool aan het uit de duinen komende water te doseren. De dosering varieerde van 1 - 10 mg/l. Deze doseringen hebben altijd een duidelijke smaakverbetering tot gevolg gehad. In 1970 werd bijv. het smaakgetal door 4 mg poederkool/l verlaagd van 5 naar 3. De verblijftijd is ongeveer twee uur. De na de poederkooldosering komende zuivering (beluchtingen, snellen en langzaam filtratie) hebben tot voor kort zorg gedragen voor de verdere verwijdering van de smaakstoffen tot een bijsmaakvrij drinkwater.

6. Smaakverwijdering met laagjes korrelkool op langzame zandfilters

6.1 Onderzoek op laboratoriumschaal

In de afgelopen jaren verkreeg het Haagse drinkwater een duidelijk waarneembare restsmaak. Gezien de optredende te korte looptijden van de langzame zandfilters, was het niet mogelijk de betrekkelijk lage poederkooldosering (4 mg/l) aan het uit het duin komende water te verhogen.

Om deze reden zijn er vanaf 4 juni 1971 verdere laboratoriumproeven verricht met de reeds genoemde filters (diameter 5,2 cm, lengte 44,5 cm). Vijf van deze filters waren gevuld met 35 cm nafiltraat (0,3 - 1,0 mm). Op het zand zijn laagjes niet regenererbare korrelkool gelegd resp. filtrator van Chemviron en PKDA 0,7 - 2 mm van Norit.

De dikte van de laagjes was voor beide koolsoorten 2 en 10 cm. De doorstroomsnelheid was gelijk aan de gemiddelde snelheid van de langzame zandfilters (22 cm/uur).

Eén zandfilter bleef onbedekt en diende als blanco. Het smaakgetal van het water na de duinfiltratie en vóór de poederkooldosering, waarmee de 5 filters werden gevoed, varieerde van 3,5 - 5.

Het filtraat van het zandfilter (blanco proef) had een smaakgetal van 2,5 - 3,5. De vier met kool bedekte filters leverden direct smaakloos filtraat. Na ongeveer 2 maanden waren de filtraten van de twee filters met de 2 cm dikke laag duidelijk proefbaar. Ook na 10 maanden bleef het smaakgetal van deze filtraten echter laag, namelijk ongeveer 1,5. De

twee filters met 10 cm dikke laagjes leveren ook na 10 maanden nog vrijwel smaakloos water.

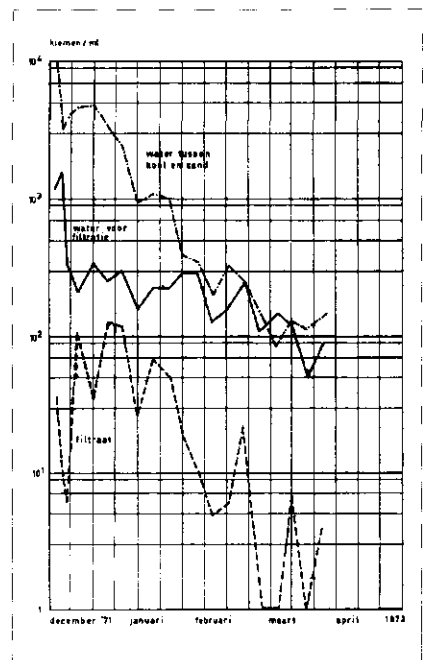
6.2 Praktijk

Op grond van deze positieve resultaten is op 17 september 1971 het eerste langzame zandfilter met een 5 cm dik laagje korrelkool PKDA (0,7 - 2 mm) van Norit bedekt.

De resultaten zijn tot nu toe redelijk goed. De smaak van het filtraat van het met kool bedekte filter is voortdurend beter dan de smaak van het filtraat van een niet bedekt filter. Na 2 maanden (in november 1971) is het verschil wel minder geworden. Er is verder een opvallend verschil in de kleur van de twee filtraten. Het aanvankelijke verschil van ongeveer 10 mg Pt/l is in 2 maanden teruggelopen tot 4 à 5 mg Pt/l. Dit verschil heeft zich sindsdien gehandhaafd. Ook bij het permanganaatverbruik is een oorspronkelijk verschil van 6 mg/l gedaald tot een constant verschil van 1 à 2 mg/l. Het verschil in TOC-gehalte is althans vanaf januari 1972 niet meer dan 0,3 mg/l. Vanaf april is het verschil niet significant meer.

Van de aanvang van de bedekking af is het zuurstofverbruik in het bedekte filter ca. 1 mg/l hoger.

Wat de bacteriologische kwaliteit van het filtraat betreft zijn er geen moeilijkheden opgetreden. Gistingen zijn namelijk niet voorgekomen. Het kiemgetal bij 22 °C (3 dagen agar) was gedurende de eerste twee maanden hoger, namelijk gemiddeld 150 per ml tegen 25 bij een niet bedekt filter. Daarna was er weinig verschil. Het kiemgetal bij 37 °C (2 dagen agar) is na 3 maanden bedrijf tijdelijk hoger geweest, namelijk ongeveer 50 per ml. Sinds januari 1972 is er geen enkel verschil in de bacteriologische kwaliteit geconstateerd tussen het eerst bedekte filter en het niet bedekte filter. Er is ook onderzocht wat het kiemgetal van het water direct na de korrelkool-laag is (zie afb. 10). Deze kiemgetallen bij 22 °C en 37 °C zijn de eerste 2 maanden belangrijk hoger dan die van het ruwe water vóór het filter. In de koollaag vindt een toename plaats. De toename komt van één bepaald type



Afb. 10 - Kiemgetal bij 22 °C van water voor en na een langzaam zandfilter met 5 cm korrelkool.

bacteriekolonie, die nauwelijks zichtbaar is op de telplaten. Dit type komt ook in het water vóór de langzame zandfilters voor. De korrelkool was voor het inbrengen vrijwel steriel.

Eind augustus 1972 waren 13 van de 16 langzame zandfilters bedekt met 5 cm korrelkool. De aanvankelijke bacteriologische verslechtering van het filtraat, die bij het eerste filter optrad, was bij de daaropvolgende filters verwaarloosbaar. De smaak van het drinkwater, dat dus voor ca. 80 % is behandeld, is duidelijk verbeterd. De bacteriologische kwaliteit van het drinkwater is onverminderd goed.

De kosten van een 5 cm dik laagje niet regenererbare korrelkool op alle langzame zandfilters zijn bij een looptijd van 12 maanden ongeveer 1,5 ct/m³ drinkwater. De dosering van 4 mg/l poederkool aan het uit het duin komende water is hierbij gehandhaafd.