

Eendimensionale instationaire grondwaterstroming

Geohydrologen zijn eraan gewend om ingewikkelde grondwaterstromingsproblemen op te lossen, door een beperkt aantal betrekkelijk eenvoudige standaardoplossingen bij elkaar op te tellen of van elkaar af te trekken, te superponeren. Belangrijke standaardgevallen voor instationaire stroming zijn gegeven door Edelman in zijn proefschrift [van 1947]. Aangezien het praktische gebruik van de formules nogal bewerkelijk is, ligt programmering voor een zakrekenmachine voor de hand. Edelman nu beschrijft vier standaard



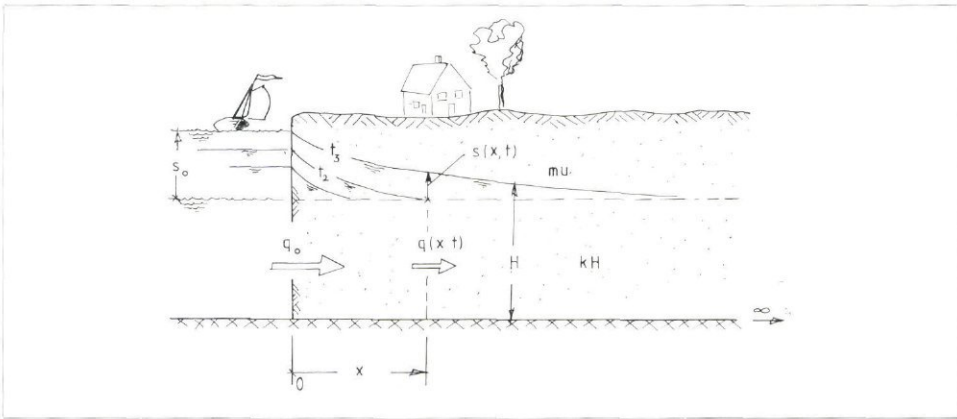
I.R. T. N. OLSTHOORN
KIWA NV

berekeningsgevallen voor ééndimensionale, instationaire grondwaterstroming in een half oneindige strip grond (afb. 1). In deze strip heerst voorafgaand aan het tijdstip nul, overal een horizontale grondwater-spiegel en wordt vanaf het tijdstip nul op de plaats $x = 0$ een bepaalde verandering aangebracht. Het eerste geval betreft een plotselinge verhoging van de waterstand met de waarde s , die verder constant blijft. In het tweede geval wordt vanaf $t = 0$ een constante specifieke volumestroom q_0 geïnfiltrerd ter plaatse van $x = 0$. In het derde geval neemt de waterstand ter plaatse van $x = 0$ vanaf $t = 0$ lineair in de tijd toe en in het vierde en laatste geval ten slotte, neemt de specifieke volumestroom ter plaatse van $x = 0$ vanaf $t = 0$ lineair in de tijd toe. Deze vier gevallen van Edelman kunnen wellicht het meest efficiënt worden samengevat op de manier van tabel I. De functie F_n in tabel I is als volgt gedefinieerd:

$$F_n = 2^n \operatorname{Inerfc}(u); \text{ met } u = \sqrt{\frac{x^2 \mu u}{4 k H t}}$$

Inerfc is de n -de herhaalde integraal van de complementaire errorfunctie [zie Abra-

Afb. 1 - Situatie Edelman; de formules zijn afgeleid voor $H = \text{constant}$.



01 *LBL "EDELMAN"

02 FIX 3

03 *S=0

04 XEQ 1

05 *BL 20

06 XEQ 1

07 FSTC 01

08 GTO 20

09 XEQ 6

10 *LBL 21

11 XEQ 8

12 XEQ 8

13 *LBL 22

14 FSTC 01

15 GTO 1

16 XEQ 00

17 XEQ 10

18 GTO IND 00

19 *LBL 01

20 *S0="

21 ARCL 07

22 RVIEW

23 XEQ 01

24 GTO 21

25 *LBL 02

26 XEQ 11

27 *00="

28 ARCL 07

29 RVIEW

30 XEQ 02

31 GTO 21

32 *LBL 03

33 XEQ 12

34 *DS0/DT="

35 ARCL 07

36 RVIEW

37 XEQ 03

38 GTO 21

39 *LBL 04

40 XEQ 13

41 *DS0/DT="

42 ARCL 07

43 RVIEW

44 XEQ 04

45 GTO 21

46 *LBL 5

47 *X 2"

48 PROMPT

49 STC 01

50 RTN

51 GTO 20

52 *LBL

53 *T 2"

54 PROMPT

55 STC 02

56 RTN

57 GTO 22

58 *LBL 1

59 *KH 2"

60 PROMPT

61 STO 03

62 RTN

63 GTO 22

64 *LBL 1

65 *MU 2"

66 PROMPT

67 STC 04

68 RTN

69 GTO 22

70 *LBL 1

71 CLR

72 *WELK GEVOL?"

73 RVIEW

74 PSE

75 *1, 2, 3 OF 4 2"

76 PROMPT

77 STC 00

78 4

79 RCL 00

80 X<Y?

81 GTO 17

82 STO 18

83 *LBL 17

84 RCL 00

85 1

86 X<Y?

87 STO 25

88 *LBL 18

89 SF 01

90 *LBL 25

91 RTN

92 GTO 22

93 *LBL 00

94 RCL 04

95 RCL 03

96 *

97 RCL 02

98 /

99 SORT

100 STO 05

101 RCL 01

102 X12

103 RCL 04

104 *

105 4

106 RCL 03

107 *

108 RCL 02

109 *

110 /

111 SORT

112 STO 06

113 2

114 RCL 00

115 X<Y?

116 SF 01

117 RCL 07

118 STO 06

119 1

120 FSTC 21

121 RCL 02

122 ST* 08

123 RTN

124 *LBL 01

125 XEQ 03

126 RTN

127 *LBL 02

128 XEQ 04

129 RTN

130 *LBL 03

131 1

132 STO 19

133 XEQ 23

134 RCL 05

135 STO 19

136 XEQ 24

137 RTN

138 *LBL 04

139 RCL 05

140 1/X

141 STO 19

142 XEQ 23

143 1

144 STO 19

145 XEQ 24

146 RTN

147 *LBL 23

148 1

149 ST* 17

150 XEQ 05

151 XEQ 06

152 RTN

153 *LBL 24

154 2

155 STO 20

156 XEQ 05

157 XEQ 07

158 RTN

159 *LBL 05

160 10

161 RCL 00

162 *

163 RCL 20

164 -

165 RCL IND X

166 2

167 RCL 00

168 RCL 20

169 -

170 Y1X

171 *

172 RCL 19

173 *

174 RCL 00

175 *

176 RTN

177 *LBL 06

178 *S="

179 ARCL X

180 *H="

181 RVIEW

182 TONE 9

183 STOP

184 RTN

185 *LBL 07

186 *0="

187 ARCL X

188 *H2/D"

189 RVIEW

190 STOP

191 RTN

192 *LBL 08

193 0

194 STO 18

195 1

196 STO 14

197 STO 15

198 STO 16

199 RCL 06

200 STO 17

201 STO 18

202 *LBL 19

203 -1

204 ST* 15

205 RCL 14

206 ST* 16

207 RCL 06

208 X12

209 ST* 17

210 RCL 15

211 RCL 17

212 *

213 RCL 16

214 /

215 RCL 14

216 2

217 *

218 *

219 *

220 *

221 ST+ 19

222 ABS

223 1-E

224 X<Y?

225 X<Y?

226 RTN

227 1

228 ST+ 14

229 GTO 13

230 *LBL 09

231 RCL 06

232 X12

233 CHS

234 STX

235 XEQ 14

236 STO 09

237 RTN

238 *LBL 10

239 XEQ 09

240 XEQ 08

241 RCL 18

242 XEQ 14

243 CHS

244 1

245 +

246 STO 10

247 RTN

248 *LBL 11

249 9

250 STO 14

251 XEQ 15

252 RTN

253 *LBL 12

254 XEQ 11

255 10

256 STO 14

257 XEQ 15

258 2

259 ST/ 12

260 RTN

261 *LBL 13

262 XEQ 12

263 11

264 STO 14

265 XEQ 15

266 3

267 ST/ 13

268 RTN

269 *LBL 14

270 2

271 *

272 PI

273 SORT

274 /

275 RTN

276 *LBL 15

277 RCL IND 14

278 2

279 /

280 ISG 14

281 RTN

282 RCL IND 14

283 RCL 06

284 *

285 -

286 ISG 14

287 RTN

288 STO IND 14

289 RTN

290 *LBL 16

291 GTO IND 00

292 *LBL 01

293 *S0="

294 PROMPT

295 GTO 05

296 *LBL 02

297 *00="

298 PROMPT

299 GTO 05

300 *LBL 03

301 "DS0/DT 2"

302 PROMPT

303 STO 05

304 *LBL 04

305 *DS0/DT 2"

306 PROMPT

307 *LBL 05

308 STO 07

309 RTN

310 GTO 22

311 *LBL 14

312 CLR

313 1

314 STO 14

315 *X="

316 XEQ 01

317 *T="

318 XEQ 01

319 *KH="

320 XEQ 01

321 *MU="

322 XEQ 01

323 *W="

324 XEQ 01

325 *U="

326 XEQ 01

327 *S0, 00 ETC.?"

328 XEQ 01

329 RTN

330 *LBL 01

331 ARCL IND 14

332 RVIEW

333 PSE

334 ISG 14

335 RTN

336 RTN

337 GTO 23

338 *LBL 17

339 STO 06

340 XEQ 10

341 XEQ 13

342 -1.003

343 STO 14

344 SF 01

345 *LBL 26

346 TONE 9

347 *1"

348 FIX 0

349 RCL 14

350 INT

351 ARCL X

352 *EPRC="

353 10

354 *

355 FIX 4

356 FSTC 01

357 FIX 3

358 ARCL IND X

359 RVIEW

360 PSE

361 PSE

362 PSE

363 ISG 14

364 GTO 26

365 FIX 3

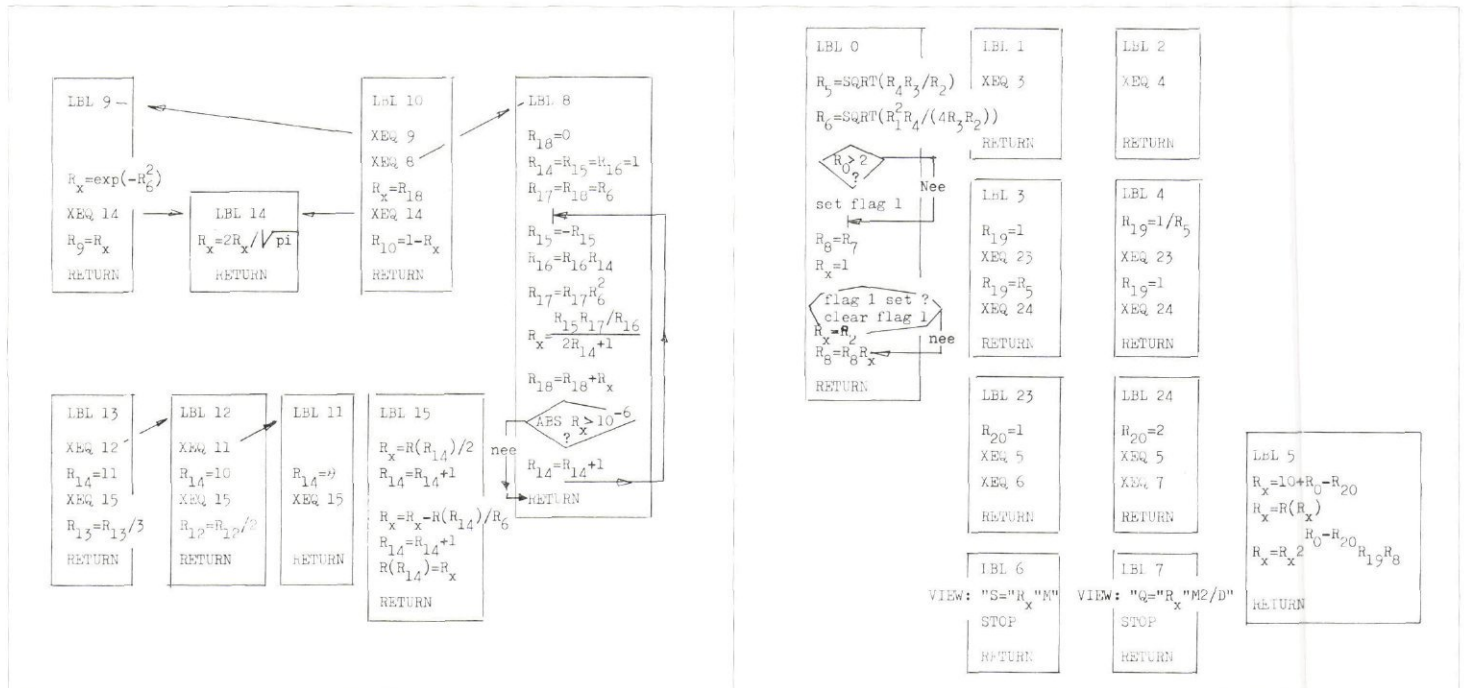
366 END

PROGRAMMA VOOR DE HEWLETT & PACKARD, HP 41-C

TABEL I - Korte mathematische weergave van de vier berekeningsgevallen van Edelman voor ééndimensionale, instationaire grondwaterstroming.

Geval (nr)	Randvoorwaarde	Specifiek debiet (L ² /t)	Grondwaterstandsverh. (L)
1	$s_0 = \text{const.}$	$q = s_0 w$	$F_{-1} s = s_0 F_0$
2	$q_0 = \text{const.}$	$q = q_0$	$F_0 s = \frac{q_0}{w} F_3$
3	$s_0 = at$	$q = s_0 w$	$F_1 s = s_0 F_2$
4	$q_0 = bt$	$q = q_0$	$F_2 s = \frac{q_0}{w} F_1$

Hierin is:
 s_0 de grondwaterstandsverhoging op tijdstip t ter plaatse van $x = 0$,
 q_0 het specifiek debiet op tijdstip t en $x = 0$,
 s de grondwaterstandsverhoging op $t = t$ en $x = x$,
 q het specifieke debiet op $t = t$ en $x = x$,



Stroomschema van de subroutines 8 tot en met 15.

Stroomschema van de subroutines 0 tot en met 7, 23 en 24.

$w = \sqrt{(\mu \text{ kH} / t)}$, met
 μ = bergingscoëfficiënt en
 kH = doorlaatfactor (L^2/t)
 F , zie tekst.

mowitz en Stegun, 1970]; de i heeft hier dus niets te maken met $\sqrt{-1}$. Voor i^{erfc} bestaat de volgende handige recursie-formule:

$$i^{\text{erfc}}(u) = -\frac{u}{n} i^{n-1} \text{erfc}(u) + \frac{1}{2n}$$

$$i^{n-2} \text{erfc}(u); \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

Registers

R_x, R_y, R_z werkgeheugens
 R_0 = nr. berekeninggeval van Edelman, 1, 2, 3 of 4
 $R_1 = x$
 $R_2 = t$
 $R_3 = \text{kH}$
 $R_4 = \mu$
 $R_5 = w$
 $R_6 = u$

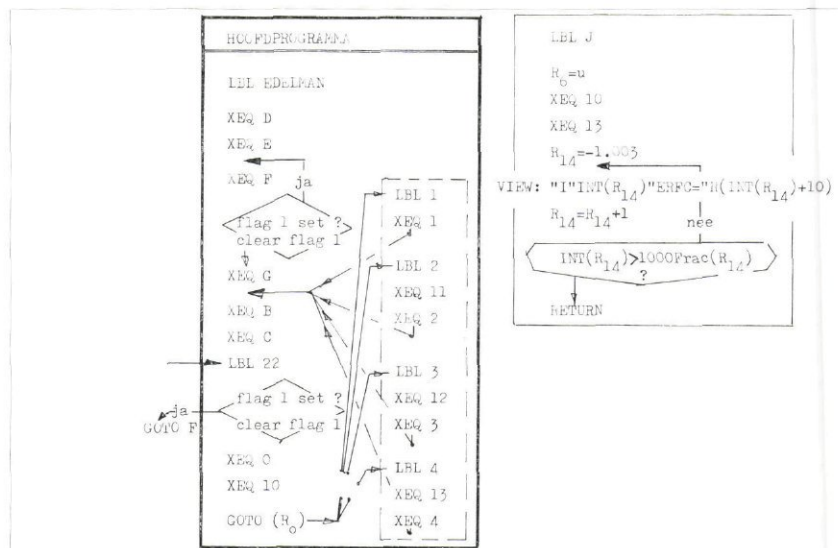
$$R_7 = s_0, q_0, \frac{ds_0}{dt}, \frac{dq_0}{dt} \text{ afhankelijk van } R_0$$

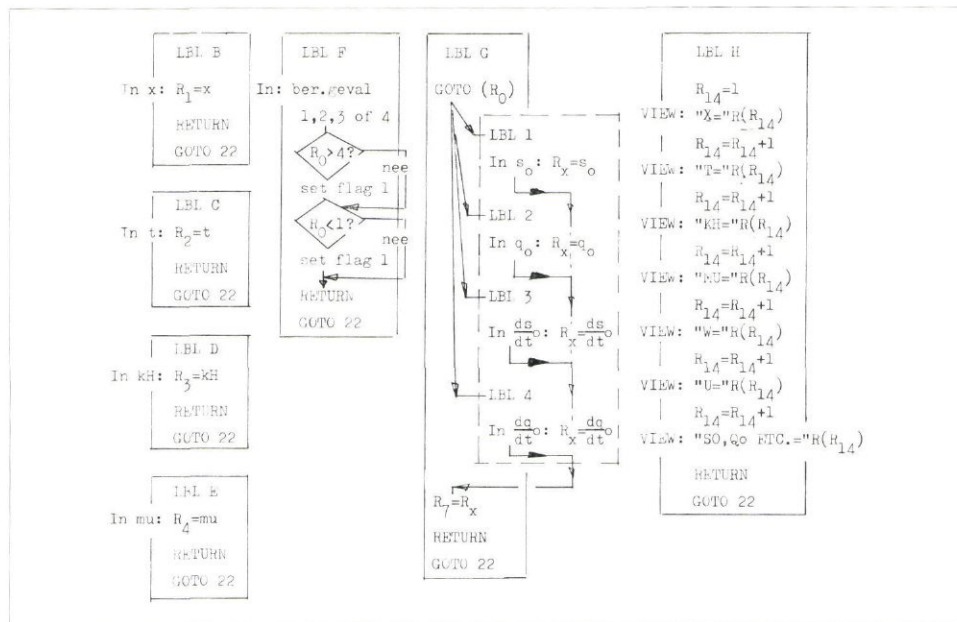
$R_8 = s_0$ of q_0 dit is R_7 of R_7 maal de tijd t
 $R_9 = i^{-1} \text{erfc}(u)$, dit is $(2/\sqrt{\pi}) \exp(-u^2)$
 $R_{10} = i^0 \text{erfc}(u)$, dit $\text{erfc}(u) = 1 - \text{erf}(u)$
 $R_{11} = i^1 \text{erfc}(u)$, de eerste herhaalde integraal van $\text{erfc}(u)$
 $R_{12} = i^2 \text{erfc}(u)$, de tweede herhaalde integraal
 $R_{13} = i^3 \text{erfc}(u)$, de derde herhaalde integraal
 $R_{14} = j$
 $R_{15} = (-1)^j$
 $R_{16} = j!$
 $R_{17} = u^{2j+1}$

$$R_{18} = \text{erf}(u) = \sum_{j=0}^{\infty} \frac{(-1)^j u^{2j+1}}{j! (2j+1)}$$

$R_{19} = 1$ of R_5 of $1/R_5$ afhankelijk van R_0
 $R_{20} = 1$ of 2 afhankelijk van R_0

Overzicht van het geheugengebruik.





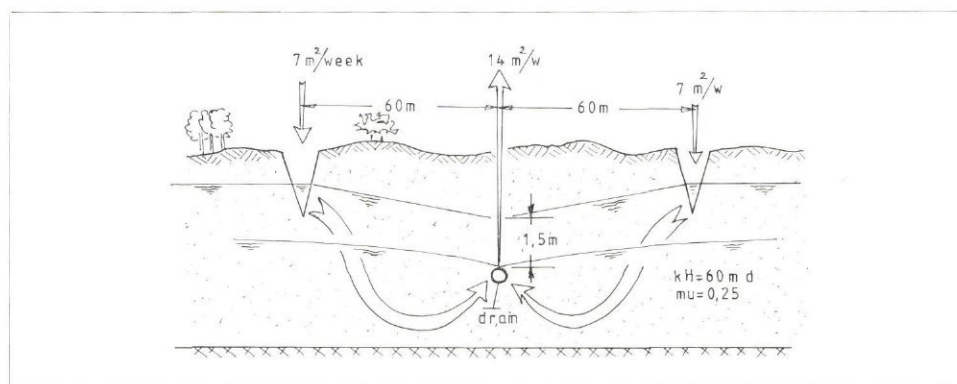
Stroomschema van de subroutines B tot en met H.

Subroutines

- LBL B : invoer plaats x
 LBL C : invoer tijd t
 LBL D : invoer doorlaatfactor KH
 LBL E : invoer bergingcoëfficiënt mu
 LBL F : invoer nummer van het betr. bereken.geval
 LBL G : invoer randvoorwaarde s_0 , q_0 , ds_0/dt of dq_0/dt
 LBL H : achtereenvolgens verviewen van de gebruikte getallen
 LBL J : berekening van $i^n \text{erfc}(u)$, n van -1 tot 3, u invoeren
 LBL 0 : berekening van $w = \sqrt{\mu u KH/t}$, $u = \sqrt{(x^2 \mu u / (4 KH t))}$ en s_0 of q_0 uit R_7 en t
 LBL 1 : zie LBL 3
 LBL 2 : zie LBL 4
 LBL 3 : organisatie berekening geval 1 en 3
 LBL 4 : organisatie berekening geval 2 en 4
 LBL 5 : berekening getalswaarde van specifiek debiet of verlaging
 LBL 6 : verviewen berekende verlaging of verhoging
 LBL 7 : verviewen specifiek debiet
 LBL 8 : berekening van $\text{erf}(u)$ via reeksontwikkeling
 LBL 9 : berekening van $(2/\sqrt{\pi})\exp(-u^2)$
 LBL 10 : berekening van $\text{erfc}(u)$
 LBL 11 : berekening van $i^1 \text{erfc}(u)$
 LBL 12 : berekening van $i^2 \text{erfc}(u)$
 LBL 13 : berekening van $i^3 \text{erfc}(u)$
 LBL 14 : vermenigvuldigen met $2/\sqrt{\pi}$
 LBL 15 : berekening van $i^n \text{erfc}$ uit $i^{n-1} \text{erfc}$ en $i^{n-2} \text{erfc}$
 LBL 23 : organisatie voor berekening van de verlaging of verhoging
 LBL 24 : organisatie voor berekening van het specifieke debiet

Overzicht van de gebruikte subroutines.

Afb. 2 - Doorsnede van het infiltratiesysteem uit het voorbeeld.



etc. tot G. Na indrukken van toets H worden steeds achtereenvolgens de gegevens getoond, die bij de laatste berekening zijn gebruikt. Het programma wordt gestart door indrukken van toets A, terwijl na elke tijdsstijdsde stop, bijvoorbeeld omdat het programma om bepaalde gegevens vraagt, de start/stop-toets (R/S) moet worden gebruikt. Omdat steeds een vraag in de display verschijnt, bijvoorbeeld 'KH?' of 'SO?', wijst het gebruik van het programma zichzelf. Uiteraard kan elk willekeurig eenhedenstelsel worden gebruikt, mits dit maar consistent is. Omdat in de geohydrologie meestal in meters en dagen wordt gewerkt, verschijnt het eindresultaat van de grondwaterstand met een M van meter erachter en dat van de specifieke volumestroom met M²/D erachter. Worden andere eenheden dan meters en dagen gebruikt, dan hebben de M en de M²/D dus geen betekenis.

Subroutine J onder toets J staat apart in het programma; na intypen van een getal en indrukken van toets j berekent het programma de functies $i^{-1} \text{erfc}$ tot en met $i^3 \text{erfc}$ van het ingetypte getal en de resultaten worden automatisch achtereenvolgens in de display getoond. Het gebruik van het programma wordt geïllustreerd in de tabellen II en III.

Voorbeeld

Bij wijze van voorbeeld waarin de berekeningsgevallen 2 tot en met 4 benodigd zijn, wordt een eenvoudig infiltratiesysteem beschouwd, dat bestaat uit 2 zeer lange parallelle infiltratiekanalen met een centrale onttrekkingsdrain er tussenin (afb. 2). Lucht-aanzuiging in de drain beperkt de capaciteit bij stagnatie in de aanvoer van infiltratiewater en droogvallen van de kanalen. De minimale waterstand in de drain is 1,5 m lager dan het aanvangsniveau in de stationaire situatie, direct voorafgaande aan de onderbreking van de toevoer. De watervoorraad in de kanalen zelf zullen we hier verwaarlozen. De te overbruggen periode bedraagt 8 weken, waarna de infiltratie wordt hervat met een capaciteit die 20 % boven het gemiddelde ligt. De berekening verloopt als volgt:

- Op $t = 0$ vallen de kanalen droog. De situatie na droogvallen wordt berekend door superpositie van onttrekkingen (ter plaatse van de kanalen) die even groot zijn als de stationaire infiltratiedebieten. (Berekeningsgeval 2).
- Bij de berekening (tabel IV en V) blijkt het niveau in de drain reeds na 5 weken beneden het minimum van 1,5 m te dalen. In de volgende weken bedraagt de daling

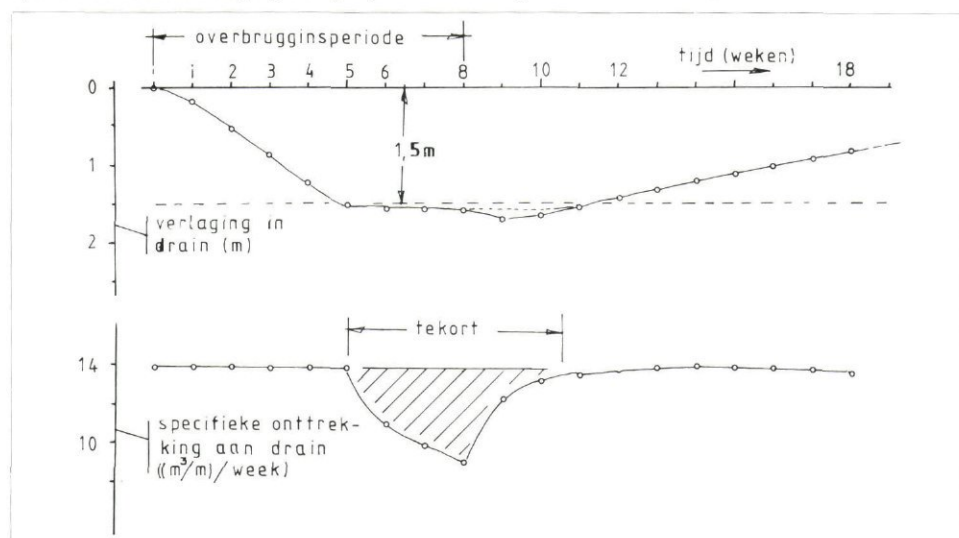
TABEL II - Illustratie van het gebruik van het programma.

Toets	Display	Intypen	Bijvoorbeeld	Opmerkingen
A	KH ?	doorlaatfactor	420	bijv. m ² /week
R/S	MU ?	bergingscoëfficiënt	fractie	
R/S	Welk geval ?		gedurende 1 sec.	
R/S	1, 2, 3 of 4 ?		1	nr. berekeningsgeval van Edelman
R/S	SO ?	plotselinge		
R/S		peilverhoging	2	meter
R/S	X ?	afstand tot rand	15	meter
R/S	T ?	verstreken tijd	0.14	weken
R/S	SO = 2.000			gedurende enkele sec.
R/S	S = 0.978M			berekende verhoging,
R/S				voor x = 15, t = 0.14 weken
R/S	Q = 24.329M ² /D			specifiek debiet,
				voor x = 15, t = 0.14 weken
				(Let op! Aangezien hier de tijd in weken is ingevuld moet dit berekeningsresultaat gelezen worden als Q = 24.329M ² /Week.)
R/S	X ? etc.			
R/S	T ? etc.			
F	Welk geval ?			
R/S	1, 2, 3, of 4 ?	4		Dus dq ₀ /dt = constant
R/S	1.000			
G	DQO/DT ?	20		(m ² /week)/week
R/S	20.000			
R/S	DQO/DT = 20.000			gedurende enkele sec.
R/S	S = 0.01 M			berekende verhoging
R/S	Q = 0.808M ² /D			berekend debiet
H	X = 15.000			gebruikte waarden verschijnen
	T = 0.140			achtereenvolgens gedurende
	KH = 420.000			1 seconde in de display.
	MU = 0.250			
	W = 27.386			
	U = 0.489			
	SO, QO ETC. = 20.000			(Aangezien hier berekeningsgeval nummer vier staat ingeschakeld moet deze laatste regel, de betreffende randvoorwaarde worden gelezen als: DQO/DT = 20.000M ² /WEEK per week).

TABEL III - Gebruik van subroutine J voor de berekening van iⁿ-erfc tot en met i³-erfc.

Toets	Display	Intypen	Bijvoorbeeld
J	I-1.ERFC = 0.879 10.ERFC = 0.4795 11.ERFC = 0.1996 12.ERFC = 0.0700 13.ERFC = 0.0216	getal waarvan i ⁿ -erfc berekend moet worden	0.5
J	I-1.ERFC = 0.787 10.ERFC = 0.3961 etc.	nieuw getal	0.6

Afb. 3 - Berekende verlaging en specifieke onttrekking in de drain uit het voorbeeld.



gemiddeld 0,238 m/week. Berekenings-technisch wordt het niveau in de drain op zijn minimale waarde gefixeerd, door vanaf $t = 5$ weken een waterstandsstijging van 0,238 m/week in de drain te superponeren. (Berekeningsgeval 3).

3. Vanaf $t = 8$ weken wordt de infiltratie hervat met een hogere capaciteit; 1,2 maal de gemiddelde waarde. Hierdoor stijgt de waterstand in de drain met gemiddeld 0,35 m/week gedurende week 8 t/m 10. Berekeningsgeval 2).

4. Door het kunstmatig constant houden van het niveau in de drain vanaf $t = 5$ weken (zie punt 2), daalde de onttrekking uit de drain vanaf dat moment voortdurend. Na hervatting van de infiltratie zal de onttrekking weer toenemen tot de normale waarde (14 m²/week). Zolang de onttrekking daar echter onder ligt, blijft het niveau in de drain op de minimale waarde gehandhaafd. De berekende verhoging van 0,35 m/week (punt 3) blijft dan ook voorlopig achterwege. Berekenings-technisch wordt dit bereikt door vanaf $t = 8$ weken ter plaatse van de drain een verlaging van 0,35 m/week te superponeren, waardoor uiteraard de onttrekking gaat oplopen. (Berekeningsgeval 3).

5. Vanaf circa $t = 10$ weken stijgt nu het onttrekkingsdebiet tot boven de normale waarde, en wel met een snelheid van gemiddeld 0,36 (m²/week)/week. Daar dit in werkelijkheid niet optreedt, houden we vanaf $t = 10$ weken het onttrekkingsdebiet vast door ter plaatse van de drain een groeiende onttrekking ter grootte van 0,36 (m²/week)/week te superponeren, waardoor nu uiteraard het niveau in de drain gaat oplopen. (Berekeningsgeval 4).

6. Het resultaat van deze aparte berekeningen wordt gesommeerd, zowel wat betreft de grondwaterstanden ter plaatse van de drain, als wat betreft de grootte van het onttrekkingsdebiet. (Zie tabellen IV en V en afb. 3).

De kleine knik in het grondwaterstandsverloop in afb. 2, rond $t = 9$ weken, is het gevolg van de hier steeds toegepaste lineaire benaderingen van de diverse krommen (waterstandsverloop zowel als debiet). Wordt een nauwkeuriger berekening verlangd, dan dienen de krommen door meerdere rechte stukjes te worden benaderd. In de praktijk zal een dergelijke verfijning echter zelden nodig zijn. Uit de berekening blijkt nu in hoeverre de stagnatie in de watertoevoer kan worden overbrugd. Tussen 5 en 11 weken na de toevoerstop ontstaat een watertekort, dat uit andere bronnen moet worden aangevuld. Bovenstaande vrij bewerkelijke becijferingen worden met dit programma

TABEL IV - Berekende verhogingen (+) en verlagingen (—) in de drain in het voorbeeld uit de tekst.

Nummering overeenkomstig voorbeeldbeschrijving in de tekst:						
	1	2	3	4	5	6
Nummer van het berekeningsgeval volgens Edelman:						
	2	3	2	3	4	totaal
t(weken)						
1	—0.178					—0.178
2	—0.534					—0.534
3	—0.882					—0.882
4	—1.207					—1.207
5	—1.509					—1.509
6	—1.791	+0.238				—1.553
7	—2.057					—1.581
8	—2.309	+0.714				—1.595
9	—2.549	+0.952	+0.214	—0.35		—1.733
10	—2.778	+1.190	+0.641	—0.70		—1.647
11	—2.997	+1.420	+1.058	—1.05	+0.026	—1.543
12	—3.209	+1.666	+1.448	—1.40	+0.075	—1.420
13	—3.413	+1.904	+1.811	—1.75	+0.137	—1.311
14	—3.610	+2.142	+2.149	—2.10	+0.211	—1.208
15	—3.801	+2.380	+2.468	—2.45	+0.295	—1.108
16	—3.986	+2.618	+2.771	—2.80	+0.388	—1.009
17	—4.167	+2.856	+3.059	—3.15	+0.489	—0.913
18	—4.343	+3.094	+3.334	—3.50	+0.598	—0.817

TABEL V - Berekende specifieke onttrekkingen (+) en infiltraties (—) in de drain in het voorbeeld uit de tekst.

Nummering overeenkomstig voorbeeldbeschrijving in de tekst:						
	1	2	4	5	6	
Nummer van het berekeningsgeval volgens Edelman:						
	2	3	3	4		totaal
t(weken)						
1	14					14
2	14					14
3	14					14
4	14					14
5	14					14
6	14	—2.75				11.25 tekort
7	14	—3.89				10.11 tekort
8	14	—4.77				9.23 tekort
9	14	—5.50	+4.05			12.55 tekort
10	14	—6.15	+5.72			13.57 tekort
11	14	—6.74	+7.01	—0.36		13.91
12	14	—7.28	+8.09	—0.72		14.09
13	14	—7.78	+9.05	—1.08		14.19
14	14	—8.26	+9.91	—1.44		14.21
15	14	—8.70	+10.71	—1.80		14.21
16	14	—9.13	+11.45	—2.16		14.16
17	14	—9.53	+12.14	—2.54		14.09
18	14	—9.92	+12.80	—2.88		14.00

op efficiënte wijze tot een kleinigheid gereduceerd.

Literatuur

- Edelman, Thesis, Delft, 1947.
 Huisman, L. *Groundwater, Recovery*. MacMillan, London and Basingstoke, 1972.
 Abramowitz, M. and Stegun, I. A. *Handbook of Mathematical Functions*. Dover Publ. inc., New York, 1970.



Postakademie naar West-Berlijn

De excursie 1982 van de Stichting Postakademie Vorming Gezondheidstechniek gaat naar West-Berlijn. Men is de gasten van de Berliner Wasserwerke en de Berliner Entwässerungswerke. Bezocht zullen worden:

- Wasserwerk Jungfernheide;
- Klärwerk Ruhleben;
- Pumpwerk Charlottenburg I;
- Klärwerk Marienfelde;
- Wasserwerke Berlitzhof;
- Laboratoria.

De reis duurt van 8 t/m 12 juni 1982.

De kosten per persoon worden begroot op f 800,— op basis van een tweepersoonskamer en een minimum deelname van 20 personen.

Inlichtingen: Ir. A. G. Soegies, Hoofd Bureau Postakademisch Onderwijs Afdeling der Civiele Techniek TH Delft, Postbus 5048, 2690 GA Delft, telefoon: (015) 78 46 19.



Nederlandse Vereniging voor Afvalwaterbehandeling en Waterkwaliteitsbeheer

NVA - Voorjaarsvergadering 1982 12 mei 1982 – RAI – Amsterdam

Weet u het nog dat onze voorjaarsvergadering op 12 mei a.s. in Amsterdam wordt gehouden?

Wij hopen dat u er bij zult zijn.

Dit keer krijgt ons treffen zelfs een internationaal trekje van allure. Dat komt ook al door de prominente sprekers – uit drie Europese landen – want het gaat over 'De stand van zaken van de afvalwaterzuivering en het oppervlaktewaterkwaliteitsbeheer in de EEG'.

De inleidingen zullen worden gehouden door:

- Ir. J. H. Jansen, directeur RIZA;
 Dr.-Ing. E. H. E. Kuntze, Duitsland;
 Mr. G. A. Truesdale, Engeland.

Zoals bekend zijn laatstgenoemde heren voorzitter van onze NVA-zusterverenigingen in resp. Duitsland en Engeland. Deze uitermate deskundige representanten zullen de wetgeving, de normstelling, de zuiveringsresultaten, de slibverwerking en de financiële lasten t.a.v. de afvalwaterzuivering behandelen zoals thans bestaand en geregeld in de verschillende EG-landen. Een aantal pregnante verschillen van aanpak en doelstellingen tussen de landen onderling zullen naar voren worden gebracht. Ook zal worden ingegaan op wat van 'Brussel' kan worden verwacht.

Het wordt een interessante studiedag. U bent er toch ook bij op 12 mei?

W. K. Raes

