bx

80768

Directie Wat. & Wat.
"Bibliotheek"
District Noord

ZZW B 66-13.

Enkele opmerkingen n.a.v. de nota "Enige economische beschouwingen betreffende de optimale dijkverhoging". sept. 1966.

Rijkswaterstaat
directie IJsselmeergebied
bibliotheek
postbus 600
8200 AP Lelystad

DIENST DER ZUIDERZEEWERKEN
Waterloopkundige afd.

Nr. B 66-13

Enkele opmerkingen naar aanleiding van de NEI-nota "Enige economische beschouwingen betreffende de optimale dijkverhoging" (september 1966)

De bovengenoemde nota van het Nederlands Economisch Instituut geeft mij aanleiding tot de volgende opmerkingen. Misschien kunnen ze een bijdrage leveren in de discussie over gewenste dijkhoogten.

1. Economische parameters.

In de §§ 0 t/m 2 van de NEI-nota wordt gebruik gemaakt van drie economische parameters, n.l.

r = disconteringsvoet
q = jaarlijks rendement van de investering
λ = jaarlijks groeipercentage van het beschouwde vermogen.

Wordt de inundatiekans van een polder door een eenmalige dijkverhoging teruggebracht van P_0 tot P_1 dan bedraagt overeenkomstig (6) van de NEI-nota de vermindering van de totale op heden verdisconteerde schadeverwachting, of te wel de opbrengst:

$$B = (P_0 - P_1) \frac{V_0}{r - \lambda} \quad \text{.......} \quad (1)$$

waarin V_0 de huidige schade bij inundatie is.

Men kan nu zover gaan met investeren in dijkverhoging dat de marginale investering dc een jaarlijks rendement q levert:

$$\frac{dB}{dc} = \frac{q}{r} \quad \text{.......} \quad (2)$$

waarbij q bijvoorbeeld kan worden gekozen gelijk aan de rentabiliteit q_a van het marginale overheidsproject.

Vergelijking (2) kan ook als volgt worden geschreven:

$$\frac{dB_e}{dc} = 1 \quad \text{.......} \quad (3)$$

waarin $B_e = \frac{r}{q} B = \frac{r}{q(r-\lambda)} V_0 (P_0 - P_x)$

Stel $\frac{q(r-\lambda)}{r} = q_e$, dan geldt

$$B_e = (P_0 - P_1) \frac{V_0}{q_e} \quad \text{.......} \quad (4)$$

In de economische berekeningen kan nu worden volstaan met één economische parameter q_e.

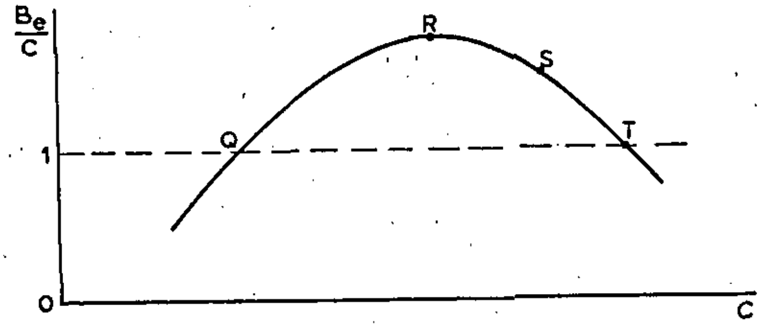
Bepaling van de investeringslimiet uit $\frac{dB_e}{dc} = 1$ geeft uiteraard dezelfde resultaten als de NEI-methode. Voorts komt $\frac{dB_e}{dc} = 1$ overeen met het maximaliseren van $B_e - C_1$, de in deel 3 van

Bx
80768

het Deltarapport gevolgde methode. In dat deel wordt de meest economische dijkhoogte van Centraal Holland berekend met $r = 4,5\%$, $\lambda = 3\%$ en $q = r = 4,5\%$, wat neerkomt op $q_e = 1,5\%$ (gelijk aan de gereduceerde rentevoet). Het NEI past b.v. toe $r = 6\%$, $\lambda = 4,5\%$ en $q = 20\%$, overeenkomend met $q_e = 5\%$.

2. B_e/c - ratio.

In onderstaande grafiek is de verhouding B_e/c uitgezet als functie van de investering c.



In het punt Q is $\frac{B_e}{c} = 1$ en ontvangt men juist het geinvesteerde bedrag met een rendement q_e terug. In het punt R, waar $\frac{B_e}{c} = \max.$ (of $\frac{dB_e}{dc} = \frac{B_e}{c}$) is het rendement per geinvesteerde gulden het grootst. Voorbij R gaat elke verdere investering steeds minder opbrengen, totdat in S de laatst geinvesteerde gulden nog juist het gewenste rendement levert ($dB_e = dc$). De plaats van S op de curve hangt af van de vorm van de kosten - en opbrengstcurven.

In het punt T is weer $\frac{B_e}{c} = 1$ en ontvangt men het gehele geinvesteerde bedrag terug met een rendement q_e.

3. Eénmalige dijkverhoging voor één polder.

De meest economische dijkhoogte wordt verkregen indien: $dB_e = dc$

waarin $B_e = P_0 - P_1) \frac{V_0}{q_e}$

en $c = I_0 + I\,(x_1 - x_0)$

I_0 = initiële kosten van verhoging

I = kosten per eenheid dijkverhoging

x_0 = hoogte voor verhoging

x_1 = hoogte na verhoging.

Dus $\quad -\frac{V_0}{q_e}\, dP_1 = I\alpha x_1$

Daar $\quad P_1 = P_0\, e^{-\alpha(x_1 - x_2)}$

in $\quad dP_1 = -\alpha P_1 dx_1$

Dus $\quad \frac{dP_1 V_0}{q_e} = I$

of $\quad P_1 = \frac{q_e I}{\alpha V_0}$ .... (5)

De optimale dijkhoogte bij het huidige beschermde vermogen V_0 wordt dus gevonden door uit (5) de inundatiekans te berekenen en door vervolgens de bij deze kans behorende hoogte af te lezen op de overschrijdingsfrequentielijn van de waterstanden.

Na T jaren is V_0 echter toegenomen tot V_1. Op analoge wijze vindt men dan

$$P_2 = \frac{q_e I}{dV_1}$$

aannemend dat q_e en I constant blijven,

Stel $V_1 = V_0\, e^{\lambda T}$, dan is

$$P_2 = \frac{q_e I}{\alpha V_0\, e^{\lambda T}} = P_1\, e^{-\lambda T}$$

Maar ook geldt:

$$P_2 = P_1\, e^{-\alpha (x_2 - x_1)}$$

waarin x_2 de optimale dijkhoogte bij V_1 is.

Dus $\alpha(x_2 - x_1) = \lambda T$

$$x_2 - x_1 = \frac{\lambda}{\alpha}\, T \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

Het is dus een misvatting dat met een eenmalige dijkverhoging kan worden volstaan ook al verdisconteert men alle toekomstige schade tussen T = 0 en $T = \infty$. Hierop is reeds eerder door het NEI gewezen. Door het toenemend beschermd vermogen zal de dijkhoogte steeds moeten worden herzien en wel gemiddeld met $\frac{\lambda}{\alpha}$ m/jaar. Voor Centraal Holland met $\alpha = 3$ en $\lambda = 0,03$ resp. 0,045 betekent dit een gemiddelde verhoging van 1 resp. 1,5 cm/jaar.

Door de hoge initiële kosten is een dergelijke geleidelijke aanpassing uiteraard niet reëel. De aanpassing zal dus stapsgewijze moeten plaatsvinden. Aannemend dat q_e, I_o en I voor elke stap dezelfde waarde heeft, lijkt een aanpassing met gelijke stappen de meest doelmatige benadering van de lineair met de tijd toenemende dijkhoogte. Het tijdsverloop T tussen elke stap moet in de eerste plaats zodanig worden gekozen, dat de verhogingskosten plus de daarna overblijvende rampschadeverwachting kleiner zijn dan deze verwachting vóór de verhoging. Verder kan men T dan nog zodanig kiezen dat dit verschil zo groot mogelijk iz, m.a.w. de opbrengst zo groot mogelijk.

Gezien het bovenstaande rijst de vraag of men bij een verhoging alle toekomstige schaden moet verdisconteren. Kan men niet volstaan met de schaden over een beperkte tijd T tot de volgende verhoging. Vergelijking (4) voor de opbrengst gaat dan over in:

$$B_e = (P_0 - P_1)\,\frac{V_0}{q_e}\,\left(1 - e^{-(r-\lambda)T}\right)$$

of

$$B_e = \beta (P_0 - P_1)\,\frac{V_o}{q_e}$$

In onderstaande tabel is de waarde van β weergegeven voor verschillende waarden van T en voor $r - \lambda = 0{,}015$ resp. 0,03.

$T_{\text{in jaren}}$	50	75	100
$r - \lambda = 0{,}015$	0,53	0,67	0,78
$r - \lambda = 0{,}03$	0,78	0,90	0,95

Daar om praktische redenen het tijdsverloop T tussen 2 verhogingen wel niet kleiner dan 50 jaar zal zijn, is $\beta > 0{,}5$. Door niet alle toekomstige schaden tussen $T = 0$ en $T = \infty$ in de beschouwing te betrekken, maar zich te beperken tot de eerstkomende 50 à 100 jaren, kan de opbrengst dus hoogstens tot de helft worden gereduceerd, waarbij de optimale dijkhoogte ca 0,25 m lager uitvalt. Gezien ook de onzekerheden in de bepaling van V_0 en in de keuze van q_c heeft het dus weinig zin de berekeningen te compliceren door over een beperkte periode i.p.v. een oneindige periode te rekenen, temeer daar in het laatste geval een iets te veilig resultaat wordt gevonden. In dat geval kan men ook gebruik blijven maken van de berekeningen van het Mathematisch Centrum op blz. 81 van Deel 3 van het Deltarapport, welke aangeven hoe groot de optimale dijkverhoging minstens moet zijn opdat zij bij gegeven initiële kosten economisch verantwoord is. Deze berekening die onafhankelijk is van r, λ en q levert voor Centraal Holland een verhoging van minimaal 0,55 m. Eerder is berekend dat voor $\lambda = 0{,}03$ de dijkhoogte met gemiddeld 1 cm/jaar moet toenemen. Hiervan uitgaande is het dus economisch juist verantwoord om de 55 jaren een verhoging van 0,55 m aan te brengen. Nagegaan zal moeten worden of een langer tijdsverloop tussen 2 verhogingen gunstiger is.

3. Consequenties van voortdurende aanpassing.

Bij een groeivoet van $\lambda = 0{,}03$ resp. 0,045 vertienvoudigt het beschermde vermogen in ong. 75 resp. 50 jaren. Uit vergelijking (5) volgt dat hierdoor de inundatiekans gem. elke 75 resp. 50 jaren moet worden gedecimeerd. Nu vindt men voor Centraal Holland afhankelijk van de aannamen voor q_c momenteel reeds een toelaatbare inundatiekans van 1/10000 à 1/100000 per jaar. Na 50 à 75 jaren zou dit dus worden 1/100000 à 1/1000000 per jaar, enz.

Men gaat dus een steeds zeldzamer en dus zwaarder storm maatgevend stellen voor de bepaling van de dijkhoogten. Op den duur bereikt men dan een ontwerpstorm met zodanige windkrachten dat het beschermde vermogen door de wind alleen reeds wordt verwoest. Het heeft dus m.i. weinig zin de dijken op nog zwaardere stormen te berekenen.

Ook om andere redenen betwijfel ik of het wenselijk is de dijken te berekenen voor gevallen, die zeer zeldzaam voorkomen b.v. met frequenties kleiner dan 1/10000 à 1/100000 per jaar. In de voorgaande beschouwingen is n.l. alleen rekening gehouden met meteorologische oorzaken van dijkdoorbraak. Alle andere mogelijke oorzaken, z.a. oorlog, neerstortende vliegtuigen, explosies van leidingen door de waterkeringen, kapotvaren van sluisdeuren, zijn buiten beschouwing gebleven. De kans hierop is niet aan te geven maar kan wel eens groter zijn dan de bovengenoemde frequenties van 1/10000 à 1/100000 per jaar. Bovendien neemt de doorbraakkans door niet-meteorologische oorzaken toe door de steeds toenemende gecompliceerdheid van de maatschappij en door de steeds grotere eenheden (vliegtuig, leidingen). Het is dan ook m.i. weinig zinvol zich te concentreren op het voortdurend kleiner maken van de ene inundatiekans, de meteorologische, en weinig aandacht te schenken aan de andere mogelijke oorzaken van inundatie. Is het echter wel mogelijk deze laatste risico's te verminderen? Dit zou kunnen door de waterkering te verdubbelen of door hem een zeer grote breedte, dus een grote massa, te geven. Door deze maatregelen zou de dijk ook meer bestand worden tegen stormen en zou een absolute veiligheid kunnen worden verkregen behoudens onder oorlogsomstandigheden.

4. De grootte van q.

Het NEI vindt een rentabiliteit van q = 15% voor het marginale overheidsobject te laag (zie blz. 8 van de NEI-nota).

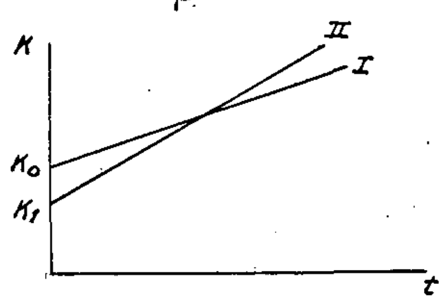
Als ik het goed zie, moet men bij particuliere investeringen in het algemeen een hoge q verlangen, omdat de investering in korte tijd moet worden terugverdiend. Nadien is de investering grotendeels waardeloos geworden door technische veroudering of door het wegvallen van de vraag naar het betreffende product.

Een groot deel van een investering in de dijken behoudt echter zijn waarde tot in zeer verre toekomst. Het lijkt mij dat in dergelijke gevallen met een veel kleinere q genoegen kan worden genomen.

5. Verdiscontering op heden.

In de verschillende beschouwingen zijn de toekomstige opbrengsten verdisconteerd op heden. Bestaat hierdoor niet het gevaar dat men teveel let op de naaste toekomst, daar de ontwikkeling in de verdere toekomst niet voldoende in de totale op heden verdisconteerde opbrengst tot uiting komt?

In de onderstaande figuur is het toekomstig verloop van de jaarlijkse opbrengst voor 2 evengrote investeringen I en II weergegeven:



De opbrengst K_0 van I in het eerste jaar is groter dan de opbrengst K_1 vn II in het eerste jaar. Daarentegen is de groeivoet λ_0 bij I kleiner dan de groeivoet λ_1 bij II.

De totale op heden verdisconteerde waarde van alle toekomstige opbrengsten bedraagt voor investering I:

$$B_0 = \frac{K_0}{r - \lambda_0}$$

en voor investering II

$$B_1 = \frac{K_1}{r - \lambda_1}$$

waarbij $K_0 > K_1$ en $\lambda_0 < \lambda_1$.

Hierbij kan B_0 groter zijn dan B_1. Uitgaande van de totale op heden verdisconteerde waarde zou men dus de voorkeur aan investering I geven, terwijl op de lange duur investering II het grootste rendement geeft.

ir.C.H.de Jong

1 november 1966.