

Vloedskadebepaling en Vloedskadebeheer as Onderdele van die Ekonomie van Waterbenutting

M.F. VILJOEN en D.J.G. SMITH

Instituut vir Sosiale en Ekonomiese Navorsing, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Posbus 339, Bloemfontein, 9300

Abstract

Flood Damage Assessment and Flood Control Planning as Part and Parcel of the Economics of Water Utilization

Flood damage assessment and flood control planning should be regarded as part and parcel of the field of the economics of water utilization — in fact of the wider field of the economics of resource use in general. Rational utilization of national resources, of which water is one, aims at increasing national welfare. Thus welfare economics supplies the theoretical framework for purposes of planning. Whereas the cost-benefit technique is generally accepted as the application of welfare economics, it is necessary to consider that this technique only focuses on economic efficiency within a partial equilibrium framework. The traditional application of the technique does not supply the final answer for the maximization of welfare. For completeness, it should be supplemented with the evaluation of other welfare objectives such as environmental quality, distribution of income and security. When planning for flood damage control, the minimization of flood damage represents the greatest part of the benefits to be reaped and it thus comprises one of the important components in cost-benefit analysis. Certain benefits embodied in the other welfare objectives are often difficult to measure (intangible nature) and the best alternative seems to be an evaluation of these as qualitatively and quantitatively as possible. When weighing the intangibles against the tangibles, value judgements will necessarily have a role to play.

Inleiding

Alhoewel water oor die grootste gedeelte van Suid-Afrika relatief beperk is, gebeur dit tog gemiddeld een keer elke twee jaar dat vloede wat skade van betekenisvolle omvang veroorsaak iewers in die land voorkom (Watervanavorsingskommissie, 1974). Twee vrae wat tydens sodanige gebeurlikhede na vore kom, is wat die aard en omvang van die skade is en wat gedoen kan word om die skade in die toekoms te verminder of uit te skakel.

Sinnvolle beantwoording van die twee vrae vereis dat dit vanuit die gesigspunte van die ekonomie van waterbenutting en die welvaartseconomie benader word. Dit is egter eers nodig dat ter sake begrippe duidelik omskryf sal word.

'n Vloed

In die algemeen beskou kan 'n vloed in twee fases, naamlik 'n landfase en 'n kanaalfase verdeel word. By die landfase beweeg

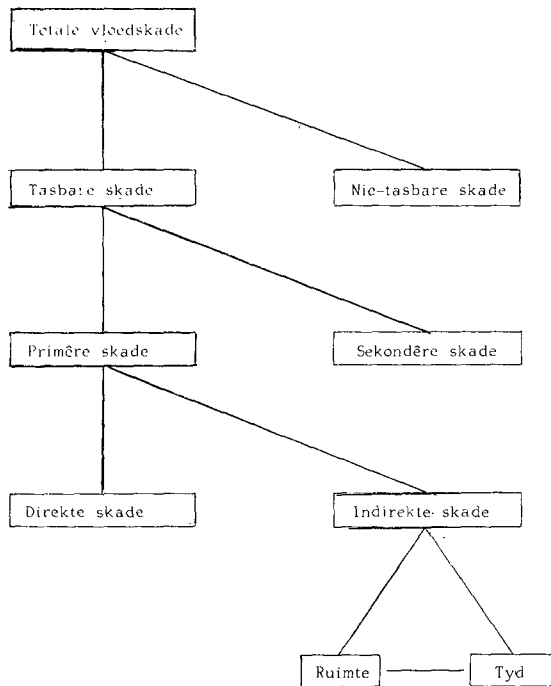
die water oor die grondoppervlakte wanneer die reënvalintensiteit groter as die infiltrasiekapasiteit van die grond word. Wanneer hierdie oortollige water in rivierlope beland en 'n bonormale vloei veroorsaak en wel in so 'n mate dat die rivier sy walle oorstroom, ontstaan die kanaalfase van 'n vloed (Hoyt en Langbein, 1955). Vir doeleindes van dié bespreking is die kanaalfase van belang.

Vloedvlakte

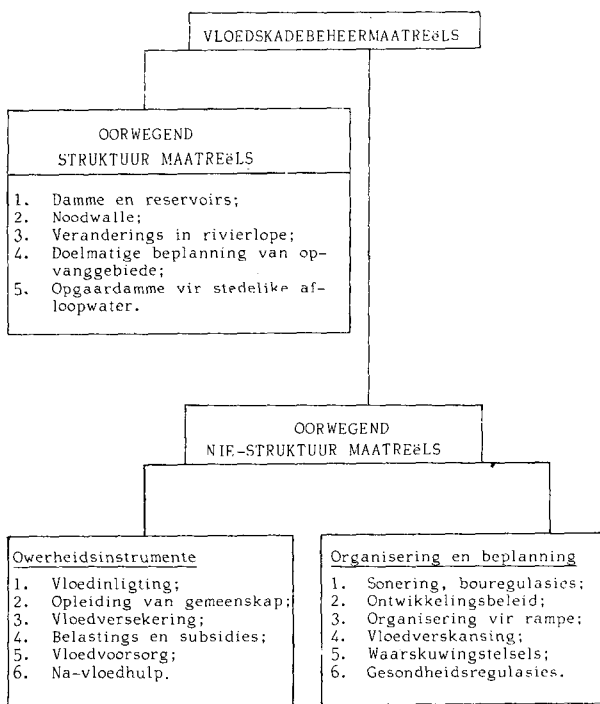
Gedurende die normale vloei van 'n rivier word slegs 'n gedeelte van die riviervallei deur die stroom in beslag geneem sodat die aangrensende gebied deur die mens vir sy lewensaktiwiteite aangewend kan word. Hierdie laagliggende aangrensende gebiede staan as die vloedvlakte bekend en is dikwels as gevolg van vroeëre sedimentafsettings besonder vrugbaar. Benewens die aanwending daarvan vir landboudeleindes, het dit ook bepaalde voordele ten opsigte van die vestiging van dorpe en stede. Hierdie voordele gaan egter met sekere potensiële kostes gepaard wat tasbaar word wanneer die vloedvlakte oorstroom word.

Vloedskade

Vir die gebruik van die vloedvlakte deur die mens eis die natuur periodiek sy tol in die vorm van vloedskades (James, 1967). 'n Oorsigtelike omskrywing van vloedskades is dat dit die materiële en nie-materiële verliese is wat deur die gemeenskap as gevolg van 'n vloed gely word. Die materiële of tasbare verliese verwys na die gedeelte van die skade waaraan 'n geldwaarde geheg kan word, terwyl die nie-materiële of nie-tasbare skade op die gedeelte dui waaraan 'n geldwaarde moeilik of glad nie geheg kan word nie. Afhangende van die doelstellings van 'n ondersoek na vloedskade, kan die tasbare en nie-tasbare skades verder geklassifiseer word. Indien dit die doel is om die totale skade wat deur 'n werklike vloedgebeurtenis aangerig is, te bepaal, sal die klassifikasie soos in Figuur 1 uiteengesit, bruikbaar wees. Daarvolgens kan tasbare skades in primêre en sekondêre skades ingedeel word waar primêre skades op eerste-orde effekte dui en sekondêre skades op tweede- en hoër-orde effekte; dit wil sê die sogenaamde vermenigvuldigereffek. Voorts kan primêre skade in direkte of indirekte skades ingedeel word: direkte skades impliseer dat die entiteit wat beskadig is in fisiese aanraking met die vloedwaters was terwyl indirekte skades voorkom waar daar nie fisiese aanraking met die vloedwaters was nie. Indirekte skades mag effekte wat met verloop van tyd ontstaan, óf effekte wat ruimtelik van die vloedgebiede verwyder is, óf 'n samestelling van die twee, insluit (Spies, *et al.*, 1977).



Figuur 1
'n Indeling van vloedskades vir doeleindes van meting



Figuur 2
'n Indeling van vloedskadebeheermaatreëls

Vloedskadebeheermaatreëls

Die tol wat aan die natuur vir die gebruik van die vloedvlakte betaal moet word, kan op verskillende maniere plaasvind. Dit kan byvoorbeeld die vorm van herstelkoste aan beskadigde eiendom na 'n vloed of uitgawes verbonde aan die instelling van vloedskadebeheermaatreëls aanneem. Vloedskadebeheermaatreëls is maatreëls wat getref word om die fisiese omvang van vloede te verlaag, die uitwerking van vloede op die mens en die gemeenskap te verlig en die geneigdheid tot vloedskade by verskillende gebiede te verminder (Spies, *et al.*, 1977). Volgens Figuur 2 is dit moontlik om die maatreëls in oorwegend struktuur en nie-struktuurmaatreëls te groepeer.

Oorwegend struktuurbeheermaatreëls (ook bekend as vloedbeheermaatreëls) verwys na ingenieurswerke soos damme en noodwalle, wat daarop gerig is om die fisiese aard en omvang van vloede te verander. Die maatreëls het byvoorbeeld 'n invloed op die volume water wat afloop, die spits hoogte van die vloed, die vorm van die vloedhidrogram, die omvang van die oppervlakte wat oorstroom word, die spoed en hoogte van die vloedwaters en gevolglik ook die hoeveelheid slik en onsuiverhede wat die vloed afvoer (Water Resources Council, 1976). Wanneer net hierdie maatreëls toegepas word, bly daar nog altyd 'n residuele vloedskadepotensiaal oor en kan dit tot ongegronde sekuriteit aanleiding gee wat tot ongewenste benutting van die vloedvlakte lei. Om dié rede moet die maatreëls gewoonlik ook met nie-struktuurmaatreëls aangevul word.

In die breë kan nie-struktuurmaatreëls in twee groepe verdeel word, naamlik owerheidsinstrumente, en organisering en beplanning. Met owerheidsinstrumente word gepoog om menslike optredes te rig ten einde die uitwerking van 'n vloed op die individu en die gemeenskap te verlig. Hulpmiddels vir dié doel sluit in verspreiding van inligting, die tref van reëlins om vloedverliese oor 'n tydverloop te nivelleer en doelbewuste oordrag van 'n gedeelte van die individuele verliese na die res van die gemeenskap (Water Resources Council, 1976).

Organisering en beplanning verwys na optredes om gevaarlike, onekonomiese of ongewenste benutting van die vloedvlakte te verhoed ten einde skade te verminder. Dit sluit in beperkings op grondgebruik wat binne die vloedvlaktes toegelaat word; die digtheid van bodembesetting; die vloerhoogte van strukture en die aard van die boumateriaal wat gebruik mag word; die vorm en tipe geboue en die inhoud daarvan; asook die benutting en ontwikkeling van die aangrensende landskap en terrein. Toepaslike optrede sal verskil afhangende daarvan of dit 'n ontwikkelde of onontwikkelde vloedvlakte is en of dit vir landelike of stedelike gebruike gereserveer is (Water Resources Council, 1976).

Waar die klem in 'n land soos die Verenigde State van Amerika vroeër slegs op oorwegend struktuur-vloedbeheermaatreëls geval het, het dit mettertyd verskuif om nie-struktuurmaatreëls ook te omvat. Die hoofrede vir die kentering is teweeggebring deur die feit dat vloedskade met verloop van tyd steeds toegeneem het ten spyte daarvan dat groot bedrae aan struktuurmaatreëls spandeer is. Die gebruikelike volgorde van gebeure in 'n vloedvlakte met struktuur-vloedbeheermaatreëls is soos volg: Vloede → vloedskade → vloedhulpverlening → vloedbeheerprojekte soos opgaardamme om omvang van vloede te verlaag → hernude indringing in die vloedvlakte → weer vloede → meer vloedskade → meer vloedhulpverlening → meer projekte → verdere indringing, ens. (Water Resources Council, 1976). Dit word daarom vandag algemeen aanvaar dat vloedskadebeheer 'n saamgestelde strategie vereis om suksesvol te kan wees en dat dit binne die breër konteks van vloedvlaktebeplanning benader moet word (Water Resources Council, 1976). Die

optimale strategie sal van gebied tot gebied, afhangende van 'n verskeidenheid van omstandighede, verskil (James, 1967).

Vloedskadebeheer en die ekonomie van waterbenutting

Ten spyte van die wegbeweging vanaf die suiwer struktuurvloedskadebeheermaatreëls speel dié maatreëls, veral die aanwending van opgaardamme om vloedwaters mee te beheer, steeds 'n oorheersende rol. Die aanwending van opgaardamme vir vloedbeheer beteken dat water in die afwagting van oortollige reën stroomop van die dam, betyds uit die dam gelaat word om sodoende opbergruimte te skep. Hierdie water wat betyds uitgelaat moet word, het (vanweë die verskeidenheid van eienskappe wat water besit) meermale ook alternatiewe en meestal mededingende gebruike soos hidroëlektriese kragopwekking, besproeiing, sport en ontspanning en stedelike en industriële gebruike. Waar elk van hierdie verskillende gebruike die bevrediging van een of meer behoeftes van die mens as doelstelling het, volg dit geredelik dat die beskikbare water tussen die alternatiewe gebruike verdeel sal moet word om behoeftebevrediging te maksimaliseer. Die verdeling van skaars goedere tussen alternatiewe gebruike in die proses van behoeftebevrediging van die mens, is 'n omskrywing van die begrip ekonomie en as die goedere wat verdeel moet word water is, is die ekonomie van waterbenutting ter sake.

Die verskillende gebruike van water het verskillende vereistes ten opsigte van vorm-, tyd- en plek, wat vir die meeste gebruike geensins (of nie altyd) ooreenstem met die vorm-, tyd- en plekhoedanighede waarin die water deur dié natuur beskikbaar gestel word nie. Ten einde in die uiteenlopende vraagvereistes te kan voorsien, word optrede deur die mens genoodsaak waardeur die natuurlike water verander sal word vanaf die onbruikbare na 'n bruikbare vorm, tyd en plek. Die beskikbaarstelling van water in die regte vorm, en op die regte tyd en plek, kan dus as 'n produksieproses gesien word met water in die natuurlike staat as 'n grondstof wat verander moet word na 'n bruikbare vorm.

Met voornoemde as agtergrond kan die ekonomie van waterbenutting geïnterpreteer word, enersyds as die optimale aanwending (gebruik en verbruik) van die beskikbare water deur elke gebruiker en verbruiker, en andersyds as die optimale verdeling van beskikbare water tussen verskillende gebruikers en verbruikers binne een tydvak sowel as intertemporaal (Viljoen, 1979). Die intertemporale benutting van water behels dan nie alleen die oordrag van water van een periode na 'n volgende nie maar ook die ontwikkeling van waterhulpbronne. Die insluiting van ontwikkeling by benutting vereis vir algemene optimalisering dat die voorsiening, verdeling en gebruik van water, as interafhanklike prosesse, afsonderlik en gesamentlik optimaal moet wees.

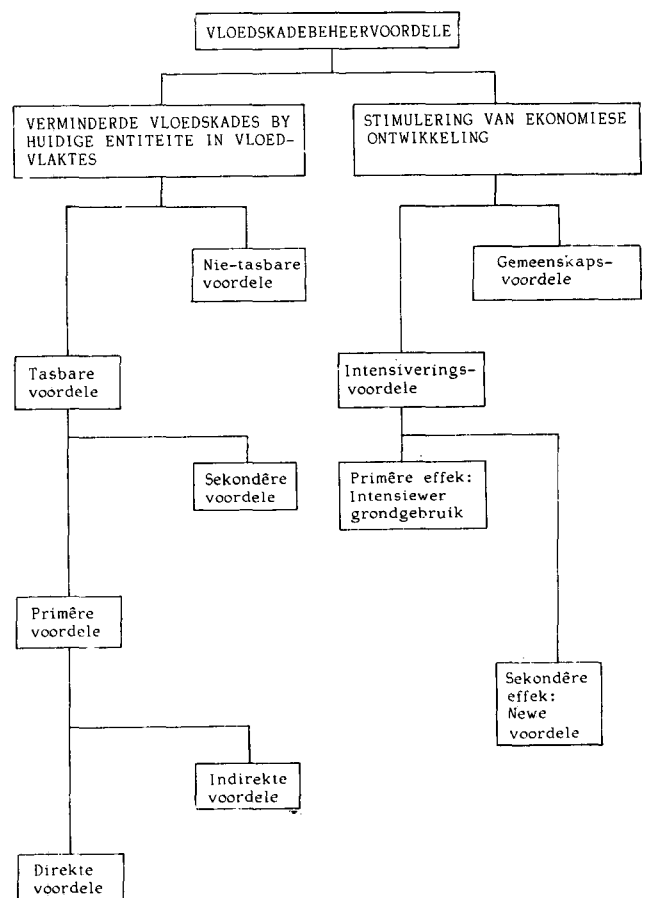
Ekonomie van waterbenutting as onderdeel van die ekonomie van hulpbronaanwending

Dit is reeds gestel dat die beskikbaarstelling van water in die regte vorm en op die regte tyd en plek 'n produksieproses is. In enige produksieproses word vier basiese produksiefaktore naamlik grond, arbeid, kapitaal en bestuur benodig. Net soos water, op sigself 'n skaars hulpbron, tussen alternatiewe gebruike vir water verdeel moet word, moet die vier basiese produksiefaktore tussen alternatiewe produksieprosesse, waarvan waterproduksie maar een is, verdeel word. Die produksie van water ding dus mee met die produksie van ander goedere (wat die mens benodig) om die beskikbare produksiefaktore. Waar die mens in sy

individuele en groepsverband meervoudige behoeftes of doelstellingen het wat via 'n verskeidenheid goedere en dienste uit die verskillende produksieprosesse bevredig moet word, volg dit dat die produksiefaktore tussen die verskillende produksieprosesse verdeel sal moet word ten einde maksimale behoeftebevrediging na te streef

Vloedskadebeheervoordele as onderdeel van die menslike behoeftes

Om te kan besluit hoedanig die produksiefaktore tussen die verskillende produksieprosesse verdeel behoort te word, moet die voordele of behoeftebevrediging wat uit die gebruik van elke produk (wat geproduseer word) verkry word, as 'n vertrekpunt bekend wees. Dit beteken onder andere dat die verskillende voordele eers geïdentifiseer moet word en dat die verwantskap tussen omvang van voordeel en hoeveelheid van produk gebruik vir verskillende peile ten opsigte van elke produk en voordeel, bekend moet wees. In soverre as wat vloedskadebeheer een produk is wat uit die benutting van water voortspruit, kan byvoorbeeld sekere voordele onderskei word. In die geval van oorwegend struktuurbeheermaatreëls is dit gebruiklik om tussen twee groepe vloedskadebeheervoordele te onderskei, naamlik dié wat op 'n vermindering in skade aan bestaande ontwikkelings in die vloedvlakte dui, en nuwe voordele as gevolg van die feit dat ekonomiese groei en verdere ontwikkeling aangewakker word. In Figuur 3 word so 'n klassifikasie aangebied.



Figuur 3
'n Indeling van vloedskadebeheervoordele

Die indeling van voordele wat uit die vermindering in vloedskades voortspruit, stem met die indeling van vloedskades soos in Figuur 1 uiteengesit is ooreen (Spies, *et al.*, 1977). In die indeling van voordele (Figuur 3) het die begrippe "tasbaar", "nie-tasbaar", "primêr", "sekondêr", "direk" en "indirek" dieselfde betekenis as die ooreenstemmende omskrywings van hierdie begrippe ten opsigte van vloedskades (Figuur 1). Dit is omdat die voordele wat uit vloedskadebeheer te behaal is ten minste gelyk sal wees aan die skade wat deur die maatreëls voorkom sal word. Intensiveringsvoordele daarenteen word verkry nadat 'n vloedbeheermaatreël (byvoorbeeld 'n dam) opgerig is en die grond in die vloedvlakte meer intensief aangewend word (primêre effekte). 'n Voorbeeld hiervan is die aanplanting van gewasse met groter winsmoontlikhede in landelike gebiede, of die oopstelling van die voormalige vloedvlakte vir die oprigting van geboue. Hierdie intensiewer benutting van 'n voormalige vloedvlakte kan aanleiding gee tot die uitbreiding van ander ekonomiese aktiwiteite (sekondêre effekte) in welke geval dit nuwe voordele van vloedbeheermaatreëls verteenwoordig. Afgesien van die primêre en sekondêre voordele wat uit die intensiewer benutting van 'n voormalige vloedvlakte spruit, kan vloedbeheermaatreëls ook ander owerheidsdoelstellings nastreef. Voorbeelde hiervan is die bekamping van werkloosheid, ekonomiese stabiliteit, herverdeling van inkomme, streekontwikkeling en verhoging van die kwaliteit van die omgewing. Die bereiking van hierdie doelstellings verteenwoordig die gemeenskapsvoordele van 'n vloedbeheerprojek en sluit tot 'n groot mate by die nie-tasbare voordele aan.

Wanneer die voordele wat uit oorwegend nie-struktuur-vloedskadebeheermaatreëls te behaal is, bygevoeg word, kan basies met dieselfde klassifikasie van Figuur 3 volstaan word. In die geval moet daar egter 'n wyer konnotasie aan sekere van die voordele geheg word. In die geval van die voordele wat onder die vermindering van vloedskades aan bestaande entiteite ressorteer, mag die vermindering in risiko en onsekerheid baie sterker na vore kom as in die geval van oorwegend struktuurbeheermaatreëls. 'n Omvattende vloedversekeringskema sou byvoorbeeld daartoe kon lei dat finansiële risiko heeltemal van die vloedgeteisterde weggeneem word, terwyl maatreëls soos belasting- en subsidietoewings en na-vloedhulpverlening, 'n gedeelte van die risiko vanaf die vloedgeteisterde sou kon verplaas (Lind, 1967). Maatreëls soos die beskikbaarstelling van inligting oor vloedvoorkoms, opleiding van die gemeenskap, vloedvoorsorg, organisering vir rampptoestande en waarskuwingstelsels, kan ook benewens 'n vermindering in skades, veel tot 'n vermindering van risiko en onsekerheid bydra.

*Ten opsigte van die voordele wat onder die stimulering van ekonomiese ontwikkeling (Figuur 3) ressorteer, moet aan die begrippe stimulering en intensivering ook 'n wyer betekenis gegee word, ten einde negatiewe stimulering en intensivering ook te kan verreken. Dit is nodig omdat 'n maatreël soos sonering byvoorbeeld, tot 'n grondbenuttingspatroon kan lei wat minder intensief mag wees as wanneer die maatreëls nie toegepas sou word nie. Andersins mag sekere nie-struktuurmaatreëls ook tot verhoging van sekere gemeenskapsvoordele lei. In dié verband kan van die maatreëls byvoorbeeld, ekonomiese stabiliteit bevorder.

Soos die voordele vir vloedskadebeheer geïdentifiseer is, moet dit vervolgens vir elke ander produk wat binne 'n gemeenskap met behulp van die basiese produksiefaktore geproduseer word, gedoen word. Dit sou teoreties moontlik wees om al die voordele op te neem in die doelstellings van 'n nasionale gemeenskap wat in 'n funksionele verwantskap bekend as 'n sosiale welvaartsfunksie saam gevoeg kan word. 'n Voorbeeld van so 'n gereduseerde sosiale welvaartsfunksie in die geval van die pro-

duksie van water is soos volg (James en Lee, 1971).

W	= f (D ₁ , D ₂ , , D ₆ , waar
W	= Sosiale welvaart
D ₁	= Nasionale inkomme
D ₂	= Inkommeverdeling
D ₃	= Streekontwikkeling
D ₄	= Omgewingskwaliteit
D ₅	= Sekuriteit, stabiliteit en veiligheid
D ₆	= Openbare gesondheid

D₁ tot D₆ is dus doelstellings wat nagestreef word en die verhoging of verbetering van enige van die doelstellings (sonder om die ander te benadeel) sal tot 'n verhoging in sosiale welvaart, W lei.

Optimale sosiale welvaart en algemene ewewig

'n Optimale verdeling van produksiefaktore is daardie verdeling tussen die verskillende produkte wat 'n omvattende sosiale welvaartsfunksie intertemporaal sal maksimaliseer. Dit beteken onder meer dat alle produksieprosesse gesamentlik in ag geneem moet word, wat beteken dat dit binne 'n algemene ewewig-raamwerk vanuit die welvaartseconomie benader moet word. Die toepassing van die welvaartseconomie om die voorwaardes wat moet geld te beskryf, bring egter verskeie probleme na vore.

Dit is byvoorbeeld slegs moontlik om in teorie die noodsaaklike voorwaardes wat moet geld vir die optimale verdeling van hulpbronne uit te wys, wanneer sekere veronderstellings in die praktyk standhou. Omdat 'n verskeidenheid van welvaartsdoelstellings bevredig moet word, doelstellings wat elk slegs in verskillende eenhede meetbaar is, is dit selfs teoreties nie moontlik om die voldoende voorwaardes vir welvaartsmaksimalisering te bepaal nie. Selfs ook wat die noodsaaklike voorwaardes betref is dit problematies om dit te bepaal, omrede die veronderstellings wat moet geld in verskeie opsigte in die praktyk nie standhou nie. Voornoemde dui daarop dat optimale sosiale welvaart teoreties moeilik bepaal kan word. Ten spyte van hierdie leemtes verskaf die teorie tog 'n raamwerk van logiese denke aan die beplanner waarvolgens die probleem van optimale aanwending van hulpbronne in die praktyk benader kan word.

Voordeel-koste-ontledings

Die voordeel-kostetegniese moet gesien word as die gedeeltelike toepassing van die welvaartseconomie omdat die klem hier ener syds hoofsaaklik op een welvaartsdoelstelling, naamlik ekonomiese doeltreffendheid geplaas word en andersyds omdat die ontleding binne 'n gedeeltelike ewewig-raamwerk toegepas word. Die tradisionele toepassing van die tegniek kon dus nie altyd die volledige antwoord vir welvaartsmaksimalisering gee nie omdat dit selde aangevul is met voldoende oorweging en inskakeling van die ander welvaartsdoelstellings soos byvoorbeeld instandhouding en/of verbetering van omgewingskwaliteit, sekuriteit, stabiliteit, verdeling van inkomme, ens., in 'n poging om dan ook na 'n breë algemene ewewig-raamwerk te beweeg. Die feit dat hierdie doelstellings moeilik in 'n voordeel-koste-ontleding geakkommodeer kan word (kwantifiseringsprobleme) beteken nie dat hulle buite rekening gelaat moet word nie. By die beplanning van 'n waterhulpbronnestelsel mag 'n dam van sekere omvang en struktuur op grond van ekonomiese doeltreffendheid byvoorbeeld aangewys wees. Omgewingskwaliteit stroomaf mag egter sodanig aangetas word dat hierdie gemeen-

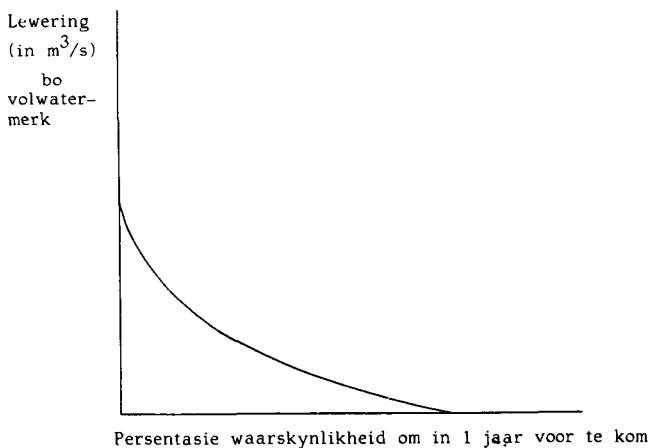
skap daardeur nadelig beïnvloed word en oorweging van hierdie faktor die wenslikheid van die dam mag bevraagteken. Dit is dus duidelik dat al die doelstellings in samehang met die ekonomiese doeltreffendheidsdoelstelling verreken sal moet word in die beplanningsfase. Hieruit volg dan geredelik dat by die beplanning van hulpbronaanwending, in hierdie geval dan waterhulpbronne, 'n multi-dissiplinêre aksieprogram aangewese is waar die uiteenlopende doelstellings vir welvaartsmaksimalisering met kundigheid geëvalueer kan word. Waarde-oordele sal noodwendig in hierdie proses 'n rol speel.

As 'n voorbeeld van die toepassing van voornoemde benadering by die voordeel-kostetegniek word vloedskadebeheerbeplanning as 'n begrensde toepassing binne die ekonomie van waterbenutting vervolgens toegelig. Die plek van vloedskadebepaling word ook aangetoon.

Optimum kombinasie van vloedskadebeheermaatreëls en optimum peil van vloedskadebeheer

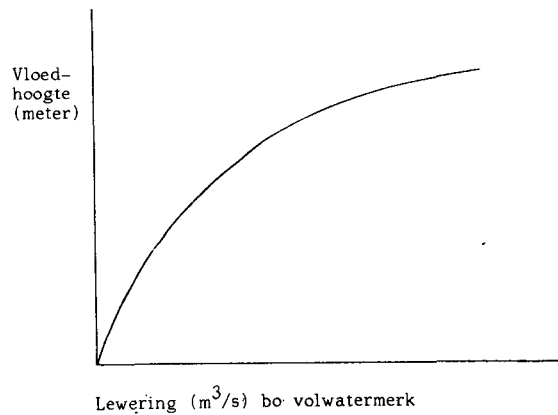
Ofskoon daar reeds pogings aangewend is om ander teoretiese benaderings te ontwerp (Piper, *et al.*, 1971) wat as basis vir die bepaling van die tasbare voordele van struktuur-vloedbeheerprojekte kan dien, is die nuwere benaderings nog nie tot 'n voldoende mate ontwikkel om die konvensionele benadering te vervang nie. Dit word daarom voorsien dat die konvensionele metode nog vir 'n onbepaalde tyd gebruik sal word as 'n komponent by die beplanning van vloedskadebeheermaatreëls. In kort kom die konvensionele metode daarop neer dat die voordele van 'n vloedbeheerprojek bereken word uit 'n reeks verwantskappe wat hieronder aangedui word (Eckstein, 1971).

Eers word 'n leweringsfrekwensiekurwe gekonstrueer (kyk Figuur 4). Hierdie kurwe toon die waarskynlikhede aan om verskillende vloedwaterlewerings by 'n spesifieke punt in die vloedvlakke te verkry.



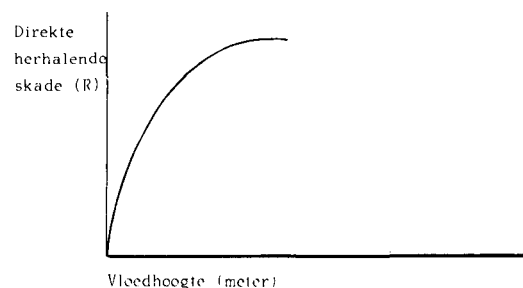
Figuur 4
Leweringsfrekwensiekurwe

Hierna word 'n kurwe opgestel (Figuur 5) wat die verwantskap tussen vloedwaterlewering en vloedhoogte by die betrokke punt in die vloedvlakke aandui (hoogteleweringkurwe).



Figuur 5
Hoogteleweringkurwe

Die volgende kurwe wat benodig word, moet die verband tussen vloedhoogte en vloedskade weergee. Figuur 6 is so 'n hoogteskadekurwe wat op die aanname berus dat die ekonomiese aktiwiteite in die toepaslike gebied van die vloedvlakke dieselfde bly, dit wil sê oor die lang termyn gestabiliseer het.



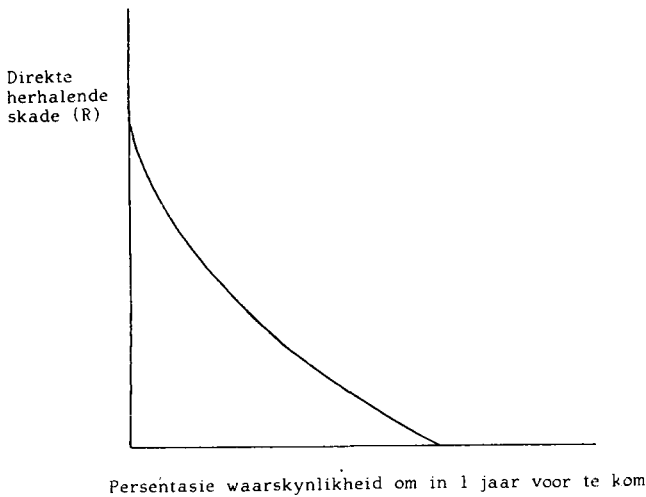
Figuur 6
Hoogteskadekurwe

Laastens word 'n skadefrekwensiekurwe soos in Figuur 7 opgestel deur die voorafgaande kurwes te kombineer.

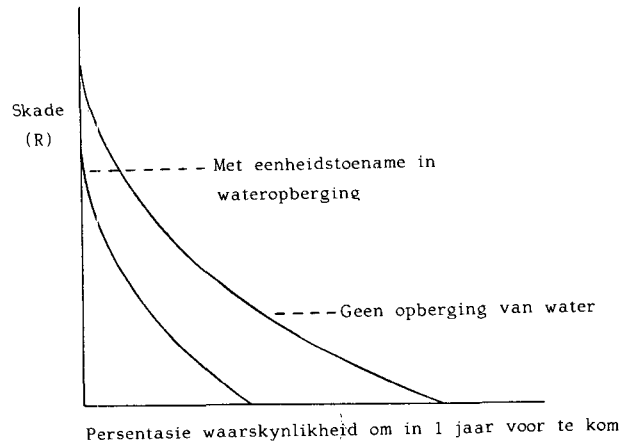
In ooreenstemming met aanvaarde statistiese konsepte is die oppervlakte links van die kurwe in Figuur 7 gelyk aan die verwagte waarde van die skade (jaarlikse gemiddelde skade). Meer formeel gestel, indien f die waarskynlikheidsfunksie is en x 'n toevalsveranderlike wat die skade voorstel, word die verwagte waarde van die skade (μ) deur die volgende vergelyking gegee (Herfindahl en Kneese, 1974):

$$\mu = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x) dx.$$

Om die voordeelfunksie (verwagte waarde van die skade wat deur vloedbeheer voorkom word) te bepaal, word soos volg te werk gegaan (die uitwerking van vloedbeheer op die stimulering van ekonomiese ontwikkeling moet afsonderlik verreken word): Die effek van 'n eenheidstoename in opberging van water



Figuur 7.
Skadefrekwensiekurwe



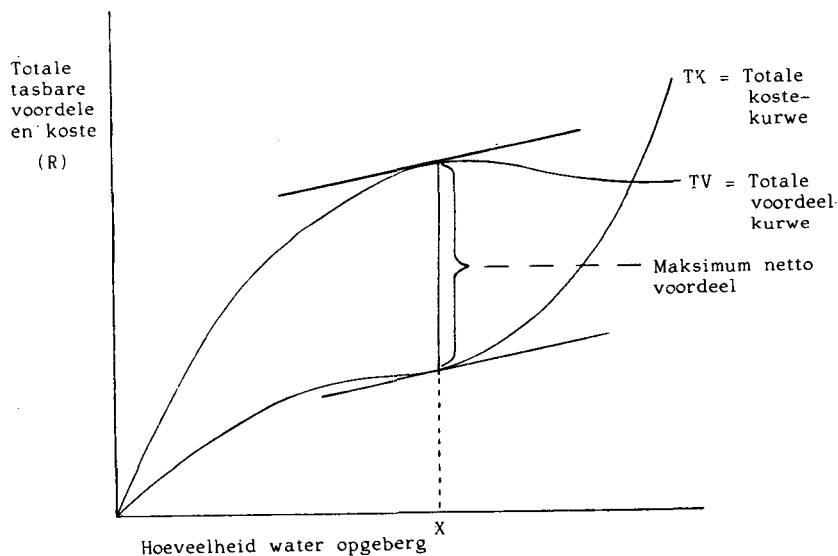
Figuur 8
Skadefrekwensiekurwe

(aanvaar die vloedbeheerstruktuur is 'n opgaardam) op die waarskynlikheid van verskillende spitslewerings word bepaal. Hierdie effek word dan deur die verskillende kurwes tot by die skadefrekwensiekurwes nagegaan. Die uitwerking van vloedbeheer op hierdie kurwe is om dit na links, soos in Figuur 8 te verskuif.

Deur die oppervlakte onder die kurwe wat met opberging van water verkry word vanaf die oppervlakte onder die kurwe sonder opberging af te trek, word die verwagte waarde van die voordeel wat met opberging verkry word, bepaal. 'n Reeks sodanige berekenings vir verskillende volumes water opberg, sal waardes lewer waarmee kurwe TV in Figuur 9 gekonstrueer kan word (Herfindahl en Kneese, 1974). Deur op soortgelyke wyse te werk te gaan kan kurwe TK wat die verwantskap tussen totale

koste en hoeveelheid water opberg aangee, bepaal word. Daar word aanvaar dat kurwe TK saamgestel is om die minimum-kostesituasie te verbeeld (die koste word deur die produksiefunksie bepaal, wat daarop dui dat die produksiefunksie optimaal moet wees). Wanneer kurwes TV en TK die normale verloop het soos in Figuur 9 voorgestel, word die maksimum netto voordele vir 'n hoeveelheid water opberg, gelyk aan X behaal, want vir die hoeveelheid water is die marginale voordele gelyk aan die marginale koste.

Waar in dié geval aangedui is hoe die optimale grootte van 'n oorwegend struktuurmaatreël bepaal kan word, is dit ook moontlik om in die geval van oorwegend nie-struktuurmaatreëls, wat ten doel het om vloedskades in die vloedvlakte te verminder, nagenoeg dieselfde benadering te



Figuur 9
Optimale skaal van vloedbeheer

volg. By vloedverskansing byvoorbeeld word die netto voordeel wat deur vloedskadevermindering behaal sal word ook aan die hand van Figure 4 tot 7 bepaal.

In dié geval egter het die maatreël nie die effek om die vloedfrekwensie van 'n vloed van bepaalde grootte te verander soos by oorwegend struktuurmaatreëls nie, maar om die vloedskade wat geassosieer word met 'n vloed van gegewe omvang te verminder, sodat die verwagte waarde van skade ook verminder (Lind, 1967). 'n Figuur analoog aan Figuur 8 kan dan opgestel word waaruit 'n soortgelyke ontleding as vir Figuur 9 gedoen kan word.

Dit is voorts ook waar dat dieselfde groep van figure (Figure 4 tot 9), die vertrekpunt vorm wanneer die optimale kombinasie van oorwegend struktuur-vloedbeheermaatreëls in die besonder, of vloedskadebeheermaatreëls in die algemeen, bepaal moet word, (Viljoen, 1979). By die bepaling van die optimale kombinasie van vloedskadebeheermaatreëls, moet elke maatreël se voordeel aan die hand van die ontledings van Figure 4 tot 7 verreken word, met inagneming van die uitwerking wat ander maatreëls op die voordele het. Die optimale kombinasie van vloedskadebeheermaatreëls vir 'n gegewe peil van vloedskadevermindervoordele sal daardie wees wat die voordele teen minimum koste kan voorsien. 'n Toename in die totale voordele mag met 'n verandering in die kombinasie van vloedskadebeheermaatreëls gepaard gaan, terwyl die koste ook nie noodwendig proporsioneel met die voordele sal toeneem nie. Die optimale peil van vloedskadebeheermaatreëls sal dus bepaal moet word deur weer die benadering van Figure 8 en 9 te volg. In dié geval sal die peil van die minimum-kostekombinasies van vloedskadebeheermaatreëls op die horisontale as van Figuur 9 voorgestel word.

Dit is egter belangrik om daarop te wys dat die voorafgaande benadering hoofsaaklik op die vermindering in tasbare vloedskades as sulks gebaseer is. Wat tasbare voordele betref word nie eksplisiet aandag gegee aan die risikovermindervoordele en voordele wat te behaal is uit die stimulering van ekonomiese ontwikkeling nie. Deur middel van kantberekennings is dit wel moontlik om die tasbare voordele wat te behaal is uit die stimulering van ekonomiese aktiwiteite by te reken. In die geval van versekering egter asook sekere ander maatreëls, wat te doen het met die tyd en ruimtelike verspreiding van vloedskade (risikovermindering by die individu) eerder as die omvang daarvan, is dit nie moontlik om op grond van voorgaande teoretiese logika uitsluitel te gee nie. In dié geval is die gewenste procedure waarskynlik om die verskillende maatreëls aan die hand van twee norme, te wete omvang van tasbare voordele en risikovermindering, met mekaar te vergelyk.

Vir 'n finale beslissing oor die aard en omvang van die vloedskadebeheermaatreëls wat in 'n spesifieke riviertrajek toegepas behoort te word, moet die nie-tasbare en gemeenskapsvoordele wat met die verskillende kombinasies van maatreëls te behaal is, ook in ag geneem word. By gebrek aan aanvaarbare maatstawwe om die tipes voordele te evalueer, moet die voordele so volledig moontlik beskryf word met klem op die kwalitatiewe en kwantitatiewe aspekte daarvan (Vlachos en Hendricks, 1977). Al die voordele (tasbare, nie-tasbare en gemeenskapsvoordele) wat met verskillende kombinasies van vloedskadebeheermaatreëls verkry sal word, moet in ag geneem word ten einde tot 'n ideale oplossing te kan kom. Om sodanige uiteenlopende tipes voordele met mekaar in verband te bring vereis noodwendig eksplisiete waarde-oordele.

Samevatting en Gevolgtrekking

Vloedskadebepaling en vloedskadebeheer vorm 'n belangrike onderdeel van die ekonomie van waterbenutting. Rasionele aanwending van nasionale hulpbronne, waarvan water een is, het ten doel om nasionale welvaart te verhoog en die welvaarts-ekonomie bied die teoretiese raamwerk waarvolgens beplan behoort te word. Waar die voordeel-kostetegniese algemeen aanvaar word as die toepassing van die welvaartseconomie, is dit egter so dat hierdie tegniek toespits op ekonomiese doeltreffendheid binne 'n gedeeltelike ewewigsraamwerk. Die tradisionele toepassing van hierdie tegniek bied dus nie die finale antwoord vir welvaartsmaksimalisering nie en vir volledigheid behoort dit aangevul te word met die evaluering van die ander welvaartsdoelstellings soos byvoorbeeld die instandhouding of bevordering van omgewingskwaliteit, verdeling van inkome en sekuriteit. By vloedskadebeheerbepanning verteenwoordig die minimalisering van vloedskade die grootste gedeelte van die voordele wat te behaal is met vloedskadebeheer en is dit dus een van die belangrikste komponente by voordeel-koste-ontledings. Waar sekere voordele soos vergestalt in die ander welvaartsdoelstellings dikwels moeilik meetbaar is (nie-tasbaar van aard) skyn die beste alternatief hier te wees om hulle kwalitatief en kwantitatief so volledig moontlik te evalueer. Waarde-oordele sal noodwendig hier 'n rol te vervul hê wanneer hierdie nie-tasbare hede teenoor die tasbare opgeweeg word.

Literatuurverwysings

- ECKSTEIN, O. (1971) *Water resources development -- the economics of project evaluation*. Fifth edition, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, pp.110 - 127.
- HERFINDAHL, O.C. and KNEESE, A.V. (1974) *Economic theory of natural resources*. Charles E. Merrill Publishing Company, Columbus, Ohio, pp.253 - 260.
- HOYT, W.G. and LANGBEIN, W.B. (1955) *Floods*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- JAMES, L.D. (1967) Economic analysis of alternative flood control measures. *Water Resources Research* 3(2) 333.
- JAMES, L.D. and LEE, R.R. (1971) *Economics of water resources planning*. McGraw-Hill Book Company, New York, pp.96 - 98.
- LIND, R.C. (1967) Flood control alternatives and the economics of flood protection. *Water Resources Research* 3(2) 346 - 350.
- PIPER, D., STROHBEHN, R. and BOXLEY, R. (1971) Analysis of alternative procedures for the evaluation of agricultural flood control benefits. IWR Report 71(4). National Technical Information Service, Department of Commerce, Springfield, Virginia.
- SPIES, P.H., VILJOEN, M.F. en SMITH, D.J.G. (1977) Vloedskade in sekere riviertrajekte van die Republiek van Suid-Afrika - Deel 1, 'n metodologie vir vloedskadebepaling. Ongepubliseerde verslag, Waternavorsingskommissie, Pretoria, pp.3 - 5.
- VILJOEN, M.F. (1979) Die ekonomie van waterbenutting met besondere verwysing na die bepaling van vloedskade in sekere riviertrajekte van die Republiek van Suid-Afrika. Verslag Nr. 1, Instituut vir Sosiale en Ekonomiese Navorsing, Die Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein, pp.1 - 159.
- VLACHOS, E. and HENDRICKS, D.W. (1977) *Technology assessment for water supplies*. Lithocrafters, Ann Arbor, Michigan, pp.116 - 133.
- WATERNAVORSINGSKOMMISSIE (1974) Voorlegging van die Waternavorsingskommissie aan die Instituut vir Sosiale en Ekonomiese Navorsing, Ongepubliseerde verslag, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein.
- WATER RESOURCES COUNCIL, (1976) A unified national program for flood plain management. United States Water Resources Council, Washington, D.C., IV (10).