

# Beter omgaan met onzekerheid in MKBA's infrastructuur

Flexibel en adaptief investeren in infrastructuur bespaart kosten en vergroot de mogelijkheden om in te spelen op toekomstige ontwikkelingen. In dit artikel wordt beschreven hoe de voor- en nadelen van flexibiliteit met behulp van een beslisboom kunnen worden meegenomen bij maatschappelijke kosten-batenanalyses van infrastructuurprojecten.

## FRITS BOS

Wetenschappelijk  
medewerker bij het  
Centraal Planbureau

## THOMAS VAN DER POL

Wetenschappelijk  
medewerker bij het  
Centraal Planbureau

## PETER

ZWANEVELD  
Programmaleider  
bij het Centraal  
Planbureau

De komende decennia zal de Nederlandse overheid miljarden besteden aan uitbreiding, vervanging en renovatie van de water- en weginfrastructuur. Bij het Infrastructuurfonds staan er miljarden voor uitbreidingsprojecten op de rol. Ook moeten sluisen en gemalen uit het begin van de vorige eeuw worden vervangen of gerenoveerd. Hetzelfde geldt voor infrastructuur van de Deltawerken, die moet voldoen aan de nieuwe waterveiligheidsnormen. Hiervoor stelt het Deltafonds tot 2028 jaarlijks ruim één miljard euro ter beschikking.

Bij de vervanging en renovatie moet rekening worden gehouden met strengere normen en toekomstige ontwikkelingen. Grotere binnenvaartschepen en sterk groeiende stromen van container-binnenvaartvervoer vragen om een grotere capaciteit van sluisen, bruggen en aansluitende infrastructuur zoals spoorlijnen en wegen. Daarnaast ligt er een opgave voor de vervanging van zogeheten kunstwerken, zoals viaducten voor snelwegen. Deze kunstwerken zijn ook niet los te zien van het oplossen van de knelpunten op het hoofdwegennet.

### ONZEKERHEID EN BELANG VAN FLEXIBILITEIT

Bij uitbreiding, vervanging en renovatie van dergelijke infrastructuur kan een flexibele investeringsstrategie grote voordelen bieden. Investeringsstrategieën in infrastructuur gaan lang mee, vijftig tot honderd jaar en soms wel langer, en kunnen niet makkelijk worden aangepast of op een andere

manier worden gebruikt. Flexibiliteit van infrastructuurinvesteringen is daarom van grote waarde. Door flexibiliteit in te bouwen kan op kosten die achteraf gezien onnodig zijn, worden bespaard en kan beter worden ingespeeld op toekomstige ontwikkelingen in de economie, demografie, klimaat, technologie en politieke besluitvorming.

Voor investeringen in infrastructuur zijn vele vormen van flexibiliteit van belang. Eén aspect van flexibiliteit is timing. In de politieke besluitvorming gaat het er vaak over of een investeringsproject wel of niet doorgaat. Opties voor uitstel of fasering blijven dan buiten beschouwing. Een voorbeeld van fasering is eerst een relatief goedkope oplossing voor de meest urgente problemen en daarna, als blijkt dat daar behoefte aan is, een duurder oplossing met duidelijk meer capaciteit. Dit speelde bijvoorbeeld bij de Volkeraksluizen, de grootste binnenvaartsluizen van Europa. Na analyse in Bos en Zwaneveld (2014) bleek het daar het beste om eerst het schutproces (de tijd die nodig is om een schip door een sluis heen te krijgen) te versnellen door het doen van een kleine investering, waardoor het water sneller de sluis in en uit kan stromen. Mocht het scheepvaartverkeer de komende jaren aanzienlijk blijven groeien, dan kan alsnog worden besloten een extra, vierde sluis aan te leggen.

Een ander aspect van flexibiliteit is actief experimenteren en informatie verzamelen opdat creatieve oplossingen in beeld komen. Vaak blijken innovatieve of verrassende oplossingen dan mogelijk. Zo kan de veiligheid rond het IJsselmeer niet alleen worden vergroot door de dijken te verhogen, maar ook door het waterpeil te verlagen door het installeren van grote pompen.

Het inbouwen van flexibiliteit bij een investeringsbeslissing heeft echter niet alleen voordelen. Bij infrastructuurbeslissingen moet het evenwicht tussen flexibiliteit, robuustheid en kostenvoordelen door schaafeffecten worden gevonden. Om telkens een kleine en partiële aanpassingen te plegen, kan riskant en praktisch niet werkbaar zijn en is ook vaak een stuk duurder dan in één keer een grote aanpassing doen. Actief experimenteren en informatie verzamelen kost tijd en geld en wat dit aan nieuwe kennis oplevert, is onzeker.

## ONVOLDOENDE AANDACHT VOOR FLEXIBILITEIT IN MKBA-PRAKTIJK

De plek om flexibiliteit bij investeringsbeslissingen inzichtelijk te maken, is de maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) voor infrastructuur. Het *vooraf* opstellen van een MKBA is immers verplicht. In de Nederlandse MKBA-praktijk van infrastructuurprojecten is de aandacht voor flexibiliteit nog onvoldoende, hoewel de MKBA-richtlijnen (Eijgenraam *et al.*, 2001; Romijn en Renes, 2013) daar wel de ruimte voor bieden en het belang van flexibiliteit ook in Adaptief Deltamanagement en Adaptief Wegverkeer meer en meer wordt benadrukt. Er zijn echter twee problemen.

Ten eerste komen goede mogelijkheden voor flexibel investeren niet altijd in beeld. Zo wordt in veel MKBA's uitgegaan van slechts één beslismoment ('nu investeren') en worden mogelijkheden van uitstel en fasering niet meegenomen ('nu en/of later investeren'). Ook worden diverse andere vormen van flexibiliteit nog wel eens vergeten of pas (te) laat in het besluitvormingsproces ingebracht.

Ten tweede wordt meestal onvoldoende aandacht besteed aan het in kaart brengen van de baten van flexibiliteit. Sinds 2009 zijn gevoeligheidsanalyses met verschillende toekomstscenario's verplicht. Vaak wordt hierbij alleen gekeken naar gematigde toekomstscenario's ('Laag' en 'Hoog'). Voor het bepalen van de baten van flexibiliteit is het echter belangrijk dat ook naar de baten bij meer extreme scenario's wordt gekeken; juist dan kan een flexibele investeringsstrategie grote voordelen bieden. Daarnaast hangt de waarde van de baten van flexibiliteit af van hoe groot de kans op de verschillende toekomstscenario's is. Dit aspect is in de Nederlandse MKBA-praktijk meestal afwezig.

Er zijn een aantal achterliggende redenen voor deze problemen. Zo worden veel MKBA's uitgevoerd door een adviesbureau op basis van een vooraf overeengekomen budget. Het (tijdrovend) uitwerken van nieuwe flexibiliteitsinzichten

ten ná gunning van het project is dan contractueel niet gemakkelijk. Ook zijn de varianten die in een MKBA worden beschouwd vaak het resultaat van een langlopende beleidsafstemming met vele partijen. Nieuwe flexibele inzichten verstoren in die setting het zorgvuldig bereikte draagvlak en evenwicht tussen allerlei belangen. Daarnaast beschouwen velen het meenemen van de waarde van flexibiliteit in een MKBA als zeer complex (Dixit en Pindyck, 1994).

## BESLISBOOMANALYSE: EEN PRAKTISCHE METHODE

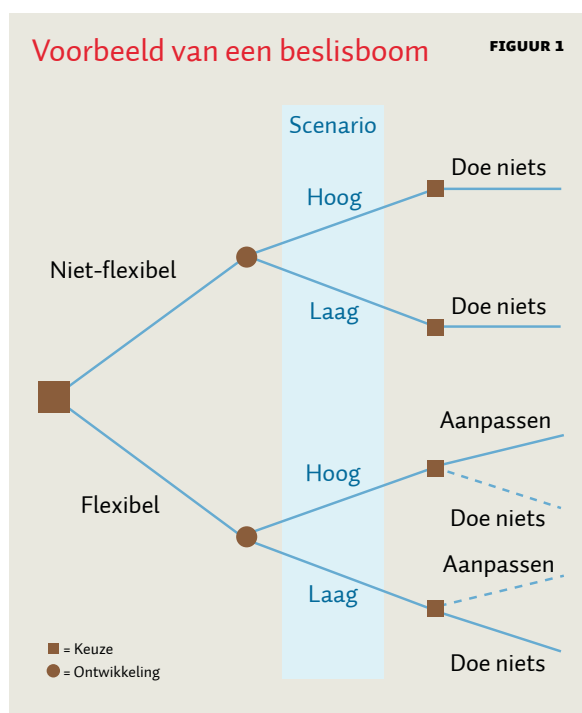
Om de kosten en baten van flexibiliteit op een systematische, eenvoudige en begrijpelijke manier mee te nemen in een MKBA, stellen wij een analyse met behulp van een beslisboom voor. In een beslisboomanalyse worden opeenvolgende investeringsbeslissingen voor verschillende toekomstscenario's grafisch weergegeven in een 'boom' met vertakkingen. Allereerst worden de mogelijkheden voor besluitvorming en bijbehorende scenario-afhankelijke uitkomsten overzichtelijk in beeld gebracht.

Figuur 1 laat zien hoe een beslisboom werkt in een voorbeeld met twee beslismomenten. De beslismomenten worden weergegeven door middel van vierkante blokjes in de figuur, en de rondjes geven een scenarioontwikkeling weer. Direct bij het begin moet worden gekozen voor een flexibele of een goedkoper niet-flexibele alternatief. Deze keuze leidt tot twee takken en daarna wordt in iedere tak het hoge of het lage scenario realiteit. Deze ontwikkeling wordt weergegeven met een zwarte stip en hierdoor vertakt de boom verder. Daarna ontstaat bij het flexibele alternatief opnieuw een beslismoment. Bij het hoge scenario is het rendabel om het flexibele alternatief aan te passen: de extra baten hiervan wegen op tegen de extra kosten. Bij een laag scenario is het aanpassen van het flexibele alternatief niet rendabel. Het niet-flexibele alternatief kan niet worden aangepast.

De opgestelde beslisboom kan vervolgens op drie verschillende manieren worden gebruikt om de waarde van flexibiliteit te achterhalen. De eerste is het opstellen van een beslisboom met uitkomsten per tak, maar nog zonder toegekende kansen aan scenario's. Dit helpt om de mogelijkheden voor bijvoorbeeld fasering, latere aanpassing, vervanging of uitbreiding in kaart te brengen. Tevens wordt een beeld verkregen onder welke omstandigheden alternatieven relatief goed presteren en wat de rol van flexibiliteit daarbij is. Ook kan worden afgelezen of er een *no-regret*-alternatief is: een alternatief dat in elk scenario het best is. Je zult er dus nooit spijt van krijgen.

Een tweede manier om de beslisboomanalyse te gebruiken betreft het bepalen van *break-even*-kansen of drempelwaarden die nodig zijn om een bepaalde investering in extra flexibiliteit rendabel te maken. Dit geeft een kwantitatief beeld of een investering in extra flexibiliteit wel of niet nuttig is, maar geen expliciete waardering. Bij de beslisboom van figuur 1 kan gegeven de scenario-specifieke uitkomsten bijvoorbeeld worden berekend welke kans op het hoge scenario ten minste nodig is om de investering in het flexibele alternatief te rechtvaardigen (Van der Pol *et al.*, 2016).

De derde en laatste manier van de toepassing van beslisboomanalyse is door een analyse met aannames over de kansen op de verschillende toekomstscenario's. Deze kans-



## Gebruik van een beslisboom bij vervanging van de Meppelerdiepkeersluizen

KADER 1

Een voorbeeld van waardering van flexibiliteit met een beslisboom betreft de vervanging van de vijftig jaar oude Meppelerdiepkeersluis (RWS, 2008; Van der Pol et al., 2016). De Meppelerdiepsluis behoort tot de primaire waterkeringen. Deze sluis keert het water bij te hoge of te lage waterstanden op het Zwarte Water of het Meppelerdiep. De sluis is daardoor gemiddeld zestien dagen per jaar dicht, waardoor de scheepvaart van en naar Meppel en de omliggende regio dan volledig is gestremd. Op andere dagen, dus vrijwel het gehele jaar, staat de keersluis open en kan scheepvaart ongehinderd in- en uitvaren.

Vanwege de wettelijke waterveiligheidseisen is uitstel van investeringen in de sluis niet mogelijk. De minimale variant in de uitgevoerde MKBA is dan ook het behoud van de huidige keersluis gecombineerd met de bouw van een extra stel vloeddeuren om de waterveiligheid te bevorderen (Vervoort en Bozuwa, 2006). Deze minimale variant wordt in de beslisboom vergeleken met een alternatief waarbij een schutsluis de keersluis direct vervangt. Met een schutsluis kunnen schepen het hele jaar het Meppelerdiep passeren, maar dit gaat gepaard met aanzienlijk hogere investeringskosten. De waterveiligheidsbaten van beide alternatieven zijn ongeveer gelijk en zijn daarom buiten beschouwing gelaten. Uitgangspunt van deze MKBA is dat de stremming bij een keersluis in de toekomst in beperkte mate toeneemt, namelijk van de huidige zestien

dagen naar twintig dagen. Bij deze veronderstelling is handhaven van de keersluis het gunstigst. Als veiligheidseisen strenger worden of laag- en hoogwater in de toekomst vaker voorkomt dan nu gedacht, neemt het aantal dagen dat de sluis gestremd is sterk toe. Daarom zijn aanvullende analyses verricht met meer stremmingsdagen (Bozuwa, 2007). In sommige stremmingsscenario's is het aantal stremmingsdagen zo hoog, dat een schutsluis een rendabele investering is.

Deze set van scenario-specifieke gegevens is gebruikt voor het opstellen van een beslisboom. Vergeleken met de oorspronkelijke MKBA zijn twee elementen toegevoegd.

Ten eerste: de minimale variant is flexibeler gedefinieerd door een tweede beslismoment te introduceren. In eerste instantie worden alleen extra vloeddeuren aangebracht. Vervolgens wordt na tien jaar besloten of het verstandig is om de keersluis alsnog om te bouwen tot een schutsluis. Ten tweede: voor vier stremmingsscenario's zijn op drie verschillende manieren kansen toegerekend, namelijk aan elk van de vier scenario's (tabel 1).

Analyse van de vervanging van de Meppelerdiepsluis: stremmingskansen en verschil netto contante waarde schutsluis en keersluis met uitgestelde ombouw

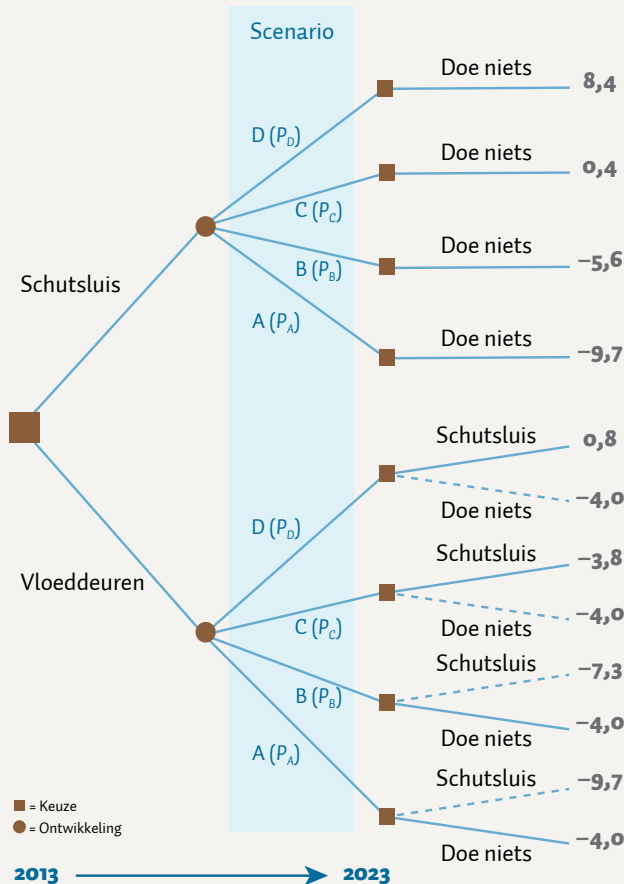
TABEL 1

| Stremmingsscenario                                 | Kansverdeling |                        |                             |
|--|---------------|------------------------|-----------------------------|
|  | Uniform       | Scheef en dikke staart | Scheef en geen dikke staart |
| A: 20 dagen / jaar                                 | 0,25          | 0,50                   | 0,60                        |
| B: 28 dagen / jaar                                 | 0,25          | 0,35                   | 0,30                        |
| C: 40 dagen / jaar                                 | 0,25          | 0,10                   | 0,10                        |
| D: 60 dagen / jaar                                 | 0,25          | 0,05                   | 0,00                        |
| Verskil NCW schutsluis t.o.v. keersluis (mln euro) | 1,2           | -2,7                   | -3,5                        |

Van der Pol et al., 2016

Beslisboom Meppelerdiepsluizen voor scenario's A-D (netto contante waarde in miljoen euro)

FIGUUR 2



Van der Pol et al., 2016

Of de initieel goedkope en flexibele oplossing (eerst keersluis handhaven) of de duurdere maar meer robuuste oplossing (direct een schutsluis) moet worden gekozen, hangt af van de kans op een sterke stijging van het aantal stremmingsdagen. Alleen bij de weinig realistische uniforme kansen zal direct investeren in de schutsluis een voordeel van 1,2 miljoen euro in netto contante waarde opleveren. Bij meer realistische aannames zal het gunstiger zijn om in eerste instantie de keersluis te handhaven. Bij een kans van vijftig procent op twintig dagen stremming en vijf procent op zestig dagen bespaart dit bijvoorbeeld 2,7 miljoen euro. Eerst kiezen voor handhaven van de keersluis lijkt daarom een redelijke keus, zelfs als het aantal stremmingdagen in de toekomst misschien nog sterk toeneemt.

Deze nieuwe analyse bevestigt dus de voorkeur voor een keersluis uit de eerdere MKBA, maar geeft wel een aangepast en scherper beeld. Vanwege de extra flexibiliteit zijn de baten van eerst de keersluis handhaven en eventueel later alsnog een schutsluis realiseren hoger. De nieuwe analyse laat echter ook zien dat direct de schutsluis bouwen een meer robuuste oplossing is die extra voordelen biedt bij een grote toename van het aantal stremmingsdagen.

De oorspronkelijke MKBA resulteerde samen met regionaal-politieke overwegingen in 2008 tot het besluit om toch direct de schutsluis aan te leggen. Cofinanciering van vijf miljoen euro door de betrokken provincies en gemeenten speelde hierbij een rol. Bij dit besluit was de weergegeven beslisboomanalyse niet voorhanden.

gevoeligheidsanalyse geeft een schatting van de verwachte waarde van de uitkomsten van de alternatieven en de bijbehorende flexibiliteit. Zo kan worden bepaald welk alternatief naar verwachting het meest rendabel is. Kader 1 past een beslisboomanalyse op de Meppelerdiepkeersluizen toe.

### MEERWAARDE BESLISBOOMANALYSE

Naast beslisboomanalyse bestaan er ook andere methoden om de baten en kosten van flexibiliteit bij investeringsprojecten te analyseren. Uitgestelde, optionele investeringen die onder bepaalde omstandigheden waarde hebben, worden in de wetenschappelijke literatuur *reële opties* genoemd. Deze reële-optiemethoden komen voort uit de financiële-optietheorie en kunnen breed worden toegepast. Zo is het beroemde financiële optiewaarderingsmodel van Cox *et al.* (1979) toegepast op investeringen in stuwdammen (Michailidis en Mattas, 2007; Santos *et al.*, 2014) en op tolwegen (Garvin en Cheah, 2004).

In essentie is een beslisboomanalyse gelijkwaardig aan deze meer 'wiskundige' reële-optiemethoden. Beslisboomanalyse is echter een toegankelijk, grafisch goed weer te geven alternatief (Dixit en Pindyck, 1994; Lander en Pinches, 1998; Copeland en Antikarov, 2003). Een uitgebreide vergelijking van beslisboomanalyse met andere methoden voor reële-optieanalyse is te vinden in Van der Pol *et al.* (2016).

Beslisboomanalyse sluit goed aan op de Nederlandse MKBA-praktijk waarin vaak de kosten en baten van meerdere alternatieven in enkele scenario's worden doorerekend. Met deze basisinformatie kan vaak direct een beslisboom worden opgesteld en worden gevuld met de scenario-specifieke uitkomsten. Samen met het niet-wiskundige karakter is de beslisboommethodiek daarmee toegankelijker voor een brede groep MKBA-gebruikers.

Beslisboomanalyse helpt ook om het beslisprobleem te structureren. Door de verschillende alternatieven en scenario-specifieke uitkomsten grafisch weer te geven ontstaat overzicht en inzicht in het probleem en de oplossingen. In de praktijk blijkt vaak dat dan een no-regret-alternatief kan worden geïdentificeerd. Bij de MKBA over de waterkwaliteit in het Volkerak-Zoommeer (Stratelligence, 2012) bleek bijvoorbeeld pas nadat de beslisboom was opgesteld dat er een no-regret-alternatief was. De identificatie van een dergelijk alternatief vereenvoudigt de besluitvorming aanzienlijk.

### CONCLUSIE

Flexibel en adaptief investeren in infrastructuur kan de komende decennia veel kosten besparen en de mogelijkheden vergroten om in te spelen op toekomstige ontwikkelingen. In veel maatschappelijke kosten-batenanalyses van infrastructuurprojecten wordt echter maar beperkt gekeken naar verschillende vormen van flexibiliteit. Soms wordt een beperkte gevoeligheidsanalyse uitgevoerd en meestal wordt niet gekeken naar de waarde van flexibiliteit.

Door middel van de beslisboomanalyse kan in MKBA's van infrastructuur beter rekening worden gehouden met flexibiliteit. Een beslisboom kan met relatief beperkt meerwerk worden opgesteld en nader worden geanalyseerd. Daarbij heeft het tekenen van een beslisboom ook direct meerwaarde: het vergroot het inzicht in het probleem en de bijbehorende oplossingen en kan opties indicatief waarderen.

### LITERATUUR

Bos, F. en P. Zwaneveld (2014) *Reële opties en de waarde van flexibiliteit bij investeringen in natte infrastructuur; lessen op basis van de vervangingsopgaven rondom het Volkerak-Zoommeer en de Grevelingen*. Den Haag: Centraal Planbureau.

Bozuwa, J. (2007) *KBA ombouw Meppelerdiepkeersluis: aanvullende analyse laag- en hoogwaterstremmingen*. Eindrapport. Rotterdam: Ecorys.

Copeland, T. en V. Antikarov (2003) *Real options: a practitioner's guide*, New York: Texere.

Cox, J.C., S.A. Ross en M. Rubinstein (1979) Option pricing: a simplified approach. *Journal of Financial Economics*, 7(3), 229–263.

Dixit, A.K. en R.S. Pindyck (1994) *Investment under uncertainty*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Eijgenraam, C.J.J., C.C. Koopmans, P.J.G. Tang en A.C.P. Verster (2001) *Evaluatie van infrastructuurprojecten: leidraad voor kosten-batenanalyse*. Den Haag: Centraal Planbureau / Nederlands Economisch Instituut.

Lander, D.M. en G.E. Pinches (1998) Challenges to the practical implementation of modeling and valuing real options. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 38(3, Part 2), 537–567.

Garvin, M.J. en C.Y.J. Cheah (2004) Valuation techniques for infrastructure investment decisions. *Construction Management and Economics*, 22(4), 373–383.

Michailidis, A. en K. Mattas (2007) Using real options theory to irrigation dam investment analysis: an application of binomial option pricing model. *Water Resource Management*, 21(10), 1717–1733.

Romijn, G. en G. Renes (2013) *Algemene leidraad voor maatschappelijke kosten-batenanalyse*. Den Haag: Centraal Planbureau en Planbureau voor de Leefomgeving.

RWS (2008) *Projectnota ombouw Meppelerdiepkeersluis tot schutsluis: onderdeel van de MIT Planstudie Vaarweg Meppel - Ramspol*. Arnhem: Rijkswaterstaat.

Santos, L., I. Soares, C. Mendes en P. Ferreira (2014) Real options versus traditional methods to assess renewable energy projects. *Renewable Energy*, 68, 588–594.

Stratelligence (2012) *Reële optieanalyse: waardevolle aanvulling op het evaluatie-instrumentarium van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu?* Leiden: Stratelligence.

Van der Pol, T.D., F. Bos en P. Zwaneveld (2016) *Reële opties en het waarderen van flexibiliteit bij infrastructuurprojecten*. Den Haag: Centraal Planbureau.

Vervoort, K. en J. Bozuwa (2006) *KBA Meppelerdiep: kosten-batenanalyse schutsluisvarianten Meppelerdiep*. Rotterdam: Ecorys.

### Dus ...

- ▶ Kosten-baten analyses vergelijken wel met niet investeren en vaak niet met later of in delen investeren
- ▶ Een beslisboom kan die alternatieven goed zichtbaar maken voor besluitvorming
- ▶ Deze alternatieven maken inspelen op nieuwe ontwikkelingen mogelijk

