



(BRON: FRANK DAM, HOLLAND RAILCONSULT)

Nieuwe inzichten in het Probabilistisch Ramen

“NIET ALLES WILLEN ONDERBOUWEN MET PROBABILISTISCH RAMEN, MAAR VERDER ZOEKEN NAAR DE OORZAKEN VAN DE VERSCHILLEN TUSSEN DE METHODIEKEN VOOR HET MAKEN VAN RAMINGEN”

Goed ramen is belangrijk. De manier waarop het nu gebeurt, is voor verbetering vatbaar. De met Probabilistisch Ramen (PR) bepaalde waarden voor de post onvoorzien en voor de bandbreedte zijn in de praktijk vaak kleiner dan de met Deterministisch Ramen (DR) bepaalde waarden. Dit artikel wijst twee oorzaken aan. Door deze oorzaken op te nemen in de methodiek van het PR en ‘mee te nemen’ bij het opstellen van de raming kunnen deze verschillen in de toekomst kleiner worden.

In de GWW hebben we weliswaar systematieken als RISMAN en de Standaardsystematiek Kostenramingen (SSK) om ons op weg te helpen, maar de inhoudelijke kwaliteit van de raming wordt nog steeds bepaald door de kostenramer zelf. Veel organisaties ramen op probabilistische wijze. In dit artikel wordt vooral ingezoomd op de posten ‘onvoorzien’ en op de ‘bandbreedte’. Onze stellingen zijn:

- In de huidige methodiek van het Probabilistisch Ramen (PR) wordt geen rekening gehouden met de extra onzekerheid die ontstaat doordat zowel de raming van de opdrachtgever als de aanbieder van opdrachtnemer stochastische variabelen zijn. Als hiermee wél rekening wordt gehouden dan kan de bandbreedte van een *voorspelende* raming tot ruim 1,4 keer groter worden aangehouden dan de bandbreedte bepaald volgens de huidige methodiek.
- In de huidige praktijk wordt onvoldoende rekening gehouden met het begrip ‘Onvoorzien Projectonvoorzien’, met name onvoorzien ten gevolge van fouten in de engineering. Dit beïnvloedt zowel de grootte van de post Onvoorzien als de bijbehorende bandbreedte.

Dit artikel is ook een pleidooi om niet *alles* te willen onderbouwen met PR, maar verder te zoeken naar de oorzaken van de verschillen tussen de methodieken voor het maken van ramingen. Er zijn vast nog meer oorzaken dan de twee hier behandelde.

Optelling en bandbreedte

PR is een hulpmiddel om de risico's en onzekerheden te vertalen naar de raming. Het resultaat bestaat uit twee uitkomsten: de *optelling* van de kostenposten in de raming en de *bandbreedte* van de raming. De bandbreedte vormt samen met de bijbehorende statistische betrouwbaarheid een maat voor de trefzekerheid van de raming.

Aan PR is de laatste tien jaar veel aandacht besteed, onder andere in de PAO-cursus ‘Voorzien, Onvoorzien of Onzeker’ (VOO-cursus), in ‘De RISMAN-methode’ en in de ‘SSK’, de Standaardsystematiek voor Kostenramingen in de GWW (SSK). PR stelt je in staat een volgorde vast te stellen van de kostenposten die de grootste invloed hebben op de bandbreedte en daarom, uit een financieel belang, prioriteit verdienen bij de beheersing van risico's en onzekerheden. PR is een methodiek die weliswaar theoretisch wiskundig volledig is uitont-

wikkeld, maar waarin nog niet alle werkelijk optredende oorzaken zijn opgenomen.

Prioritering

In het kader hiernaast zijn PR en DR (Deterministisch Ramen) uiteengezet, voorzover nodig voor dit artikel. Zoals gesteld, blijkt het in de praktijk moeilijk om met PR de post onvoorzien en de bandbreedte te berekenen op de verwachte (deterministische) waarden. Men gaat daar soms niet goed mee om en past dan bijvoorbeeld de invoer aan in plaats van verder te speuren naar oorzaken en hun bijdrage aan de kostenposten en aan de bandbreedte. Aanpassingen van de invoer met als doel de bandbreedte te vergroten zijn verstoringen, omdat het inzicht in de fenomenen die tot afwijkingen in de raming leiden niet wordt verhoogd. Integendeel, de volgorde in de prioritering van de risico's en onzekerheden kan worden verstoord met alle gevolgen van dien voor de risicobeheersing. En dat terwijl die prioritering en de daaraan gekoppelde beheersing juist een belangrijke meerwaarde van het PR is!

Een nieuwe onzekerheid

In de huidige methodiek wordt nog geen rekening gehouden met de *extra* onzekerheid die ontstaat omdat de raming een voorspelling is van de door een *opdrachtnemer* uit te brengen offerte. We hebben onlangs deze onzekerheid als een nieuwe in rekening te brengen factor in de methodiek gevonden. In de huidige methodiek wordt ervan uitgegaan dat de kansverdeling van de kosten wordt bepaald door de probabilistische raming (μ en σ) van de opdrachtgever. En dat de opdrachtgever daarin altijd de middenpositie (μ) inneemt. En dat de standaardafwijking (σ) de maat is voor de afwijking van de werkelijke kosten. Dit is onzes inziens fout omdat de raming van de opdrachtgever, net als de ramingen van de aanbiedende aannemers, slechts één 'realisatie' vertegenwoordigt. Die

komt niet per definitie overeen met het gemiddelde. Het gaat bij het bepalen van de bandbreedte om het verschil tussen de raming van de opdrachtgever en de offerte van de opdrachtnemer. Vermijd je die fout en veronderstel je dat de twee ramingen onafhankelijk zijn, dan leidt dit tot een bandbreedte die $\sqrt{2}$ keer groter is dan de met de huidige systematiek bepaalde bandbreedte (zie kader op de volgende pagina).

'Gerommel'

Dus zonder 'gerommel' aan de invoer, maar door het herkennen van een echte oorzaak, is de bandbreedte waar de opdrachtgever rekening mee moet houden al 1,41 keer groter dan de tot dusver aangehouden bandbreedte, die is opgebouwd uit de in kaart gebrachte risico's en onzekerheden! Dit fenomeen is ontdekt bij een analyse van de trefzekerheid van ramingen in de aanbestedingsfase. De factor geldt echter ook voor de andere fasen en de andere kosten-categorieën van een project, waarbij een verwachte werkelijkheid wordt voorspeld.

Onvoorzien Project Onvoorzien

In de praktijk wordt de post 'Project Onvoorzien' vaak te laag ingeschat. Wij doen de suggestie om voortaan rekening te houden met een nieuwe toekomstonzekerheid: 'Onverwachte (dus niet benoemde) majeure onvoorziene bijzondere gebeurtenissen', oftewel 'Onvoorzien Project Onvoorzien'. Bijzondere gebeurtenissen leveren een bijdrage aan zowel de optelling van de raming als de bandbreedte van de raming. Per bijzondere gebeurtenis is de standaardafwijking zelfs groter dan de kostenpost in de raming! (zie figuur pagina 33). Denk daarbij bijvoorbeeld aan de Erasmusbrug in Rotterdam. Na de ingebruikname bleek de majeure bijzondere gebeurtenis 'Rain Wind Induced Vibration', die niet was voorzien, toch op te treden. Bij projectevaluaties (zie het afstudeerwerk van Boschloo) komen vaker gebeurtenissen naar boven die in de categorie 'Onvoorzien Project Onvoorzien' zouden kunnen worden geplaatst, omdat ze in de risicoanalyse vooraf niet waren

Deterministisch en Probabilistisch Ramen

Deterministische werkwijze

Deterministisch ramen is het optellen van de kostenposten die bestaan uit prijs \times hoeveelheid. De bandbreedte is hier een geschatte waarde afhankelijk van de projectfase, gebaseerd op ervaring (nacalculatie van vergelijkbare projecten) en onderbuikgevoel.

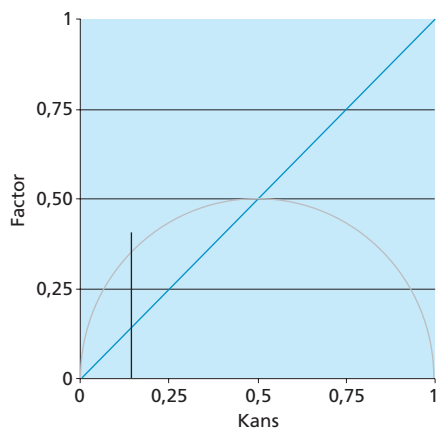
Probabilistische werkwijze

Bij de probabilistische werkwijze wordt een kansverdeling voor de raming in zijn totaliteit bepaald. Deze kansverdeling heeft een gemiddelde, de zogenaamde verwachtingswaarde, een standaardafwijking en een bepaalde vorm. De trefzekerheid wordt bepaald door een onder- en overschrijdingskans te kiezen en hieruit de

bandbreedte rond het gemiddelde te bepalen.

Deze kansverdeling is opgebouwd uit de onderliggende kansverdelingen van alle onderdelen van de raming. Deze onderliggende kansverdelingen hebben betrekking op de onzekerheden van hoeveelheden en prijzen van alle kostenposten van de raming. Daar worden de kansen en gevolgen van de ongewenste bijzondere gebeurtenissen (ongelukken en extreme tegenvallers) aan toegevoegd.

De berekende bandbreedte is dus de resultante van honderden inschattingen op het niveau van kostenposten en bijzondere gebeurtenissen.



De rechte lijn onder 45° bepaalt de te ramen kostenpost:
De te ramen kostenpost wordt bepaald met:

$$\text{Post} = \text{factor} \times \text{gevolg}$$

$$\text{Factor} = \text{kans}$$

$$\text{Post} = \text{kans} \times \text{gevolg}$$

De halve cirkel bepaalt de te ramen standaardafwijking:

De standaardafwijking wordt bepaald met:

$$\text{Standaardafwijking} = \text{factor} \times \text{gevolg}$$

$$\text{factor} = \sqrt{\text{kans} \times (1 - \text{kans})} \quad (\text{zie RISMAN})$$

$$\text{standaardafwijking} = \sqrt{\text{kans} \times (1 - \text{kans})} \times \text{gevolg}$$

Merk op dat bij een kans <0,5 de standaardafwijking groter is dan de te ramen kostenpost zelf!

Bijvoorbeeld bij een kans van 0,1 is de standaardafwijking 0,3.

Interessant is ook dat bij een kans >0,5 een reductie van de kans tot een vergroting van de standaardafwijking leidt, althans zolang de gereduceerde kans >0,5 blijft.

TE RAMEN KOSTENPOST EN STANDAARDAFWIJKING VAN EEN BIJZONDERE GEBEURTENIS, AFHANKELIJK VAN DE KANS VAN VOORKOMEN

gesignaleerd. De praktijk leert dat het daarbij ook vaak gaat om ontwerpfouten die zich pas bij de detaillering of bij de uitvoering manifesteren en dan de projectkosten aanzienlijk kunnen verhogen. Bijzondere gebeurtenissen hebben de grootste bijdrage aan de totale bandbreedte van een raming. Boschloo (1999) heeft in een analyse van acht tunnelprojecten laten zien dat tijdens elk werk ten minste één ongewenste bijzondere gebeurtenis van aanmerkelijke omvang optreedt. Hij ontdekte ook dat fouten in de engineering, zowel in het ontwerp als bij de uitvoering, een belangrijke bron van dit soort tegenvallers zijn. Die werden tot nog toe niet expliciet genoemd.

Verder zoeken

Wij pleiten ervoor om de PR-bandbreedte te zien als het *verklaarde* deel van de DR-bandbreedte. Dat de verwachte bandbreedte groter is, moet ons niet verleiden tot het oppepen van al bekende oorzaken maar juist stimuleren om verder te zoeken naar nog onbekende oorzaken. Als rekening wordt gehouden met de over het hoofd geziene onzekerheid van raming en aanbidding dan wordt de bandbreedte tot $\sqrt{2}$ maal groter.



(BRON: MONTPARNASSE)

VERKEERD RAMEN KAN ONVOORZIENE GEVOLGEN HEBBEN

Het onderdeel 'Onvoorzien Projectonvoorzien' draagt bij aan de onderbouwing van de kostenpost projectonvoorzien en levert ook een aanzienlijke bijdrage aan de bandbreedte.

Literatuur

1. *Voorzien, Onvoorzien of Onzeker?* PAO-cursus TU-Delft (VOO-cursus)
2. *De RISMAN-methode*, Kennisnetwerk Risicomanagement - RISNET, 1996
3. *Wat kost dat? Standaardsystematiek voor kostenramingen in de GWW*, 2e verbeterde druk van CROW-publicatie 137 (SSK), 2002
4. *Boschloo, Meint. Evaluatie van ramingsstijgingen bij tunnels en viaducten*, MSc-thesis 1999, Afstudeerrapport TU-Delft

Verklaring van de factor $\sqrt{2}$

De factor $\sqrt{2}$ is theoretisch af te leiden uit de statistiek, of te bepalen door een simulatie in een spreadsheet. Stel: de winnende offerte van een aanbieder komt uit een populatie gekenmerkt door een normale verdeling met het gemiddelde μ en de standaardafwijking σ . Stel dat ook de raming van de opdrachtgever van dezelfde kwaliteit is (zelfde μ en σ) als de winnende offerte. De kansverdeling van de benodigde bandbreedte wordt bepaald door het verschil tussen twee willekeurige trekkingen uit deze populatie te bepalen. Het gemiddelde verschil is nul, de standaardafwijking is $\sigma \times \sqrt{2}$, namelijk het kwadratisch gemiddelde van σ en σ . De aan te houden standaardafwijking is dus ruim 1,41 keer groter dan die van de oorspronkelijke populatie. Het effect is toegelicht bij een normale verdeling, maar het geldt universeel.

Er zijn gevallen denkbaar dat deze extra onzekerheid kleiner is dan 41%, bijvoorbeeld als de opdrachtgever beschikt over een tweede geheel onafhankelijk opgestelde raming. Let op: de soms wel 10.000 ramingen die binnen één probabilistische raming worden gegeneereerd kunnen niet worden beschouwd als onafhankelijk van elkaar opgestelde ramingen.