

Macro langlevenrisico in de Wtp

Beleidskeuzes voor het pensioenfonds
omtrent onzekerheid in de
levensverwachting

Inhoudsopgave

1.	Inleiding.....	3
1.1.	Het AG model voor prognosetafels.....	3
2.	Impact van sterfteschokken	4
2.1.	Het delen van macro langlevensrisico.....	5
2.1.1.	Sterfteschok als financiële schok	5
2.1.2.	Aanvulling kapitaal vanuit de reserve	6
2.1.3.	Risicodelen via beschermings- en overrendement.....	6
3.	Het belang van beleidskeuzes rond macro langlevensrisico	7
4.	Appendices.....	8
4.1.	Stochastische sterfteontwikkeling AG2024	8
4.1.1.	Specificatie force of mortality.....	8
4.1.2.	Stochastische processen.....	9
4.1.3.	Van stochastisch proces naar sterftekans.....	10

1. Inleiding

Onder de Wet toekomst pensioenen (Wtp) hebben pensioenfondsen meer beleidsvrijheid bij het verdelen van systematische risico's tussen verschillende generaties. Daardoor wordt de omgang met macro langlevensrisico nadrukkelijk een bestuurlijke beleidskeuze. Macro langlevensrisico kan worden omschreven als het risico dat de levensverwachting van de gehele deelnemerspopulatie zich systematisch anders ontwikkelt dan verwacht. Als de levensverwachting stijgt, moet het opgebouwde pensioenvermogen over een langere periode worden uitgekeerd. Als dit pensioenvermogen gelijk blijft, leidt een toename van de levensverwachting tot lagere jaarlijkse uitkeringen. In de praktijk wordt dit risico vaak zichtbaar op het moment dat nieuwe sterfte- of prognosetafels worden vastgesteld. Een aanpassing van de levensverwachting als gevolg van een nieuwe tafel werkt direct door in de verwachte of ingegane pensioenuitkeringen.

Dit artikel beschrijft welke risico's pensioenfondsen lopen als gevolg van dergelijke sterfteschokken en welke beleidskeuzes pensioenfondsen hebben om macro langlevensrisico collectief te delen.

1.1. Het AG model voor prognosetafels

Het analyseren van macro langlevensrisico is onlosmakelijk verbonden met de onderliggende prognosetafels die elke twee jaar worden gepubliceerd door het Actuarieel Genootschap (AG). Op het moment van schrijven, is de AG2024 prognosetafel het meest actueel, maar naar verwachting zal het AG in het najaar van 2026 een nieuwe prognosetafel publiceren. Hierin zitten de nieuwe verwachtingen over de toekomstige sterfteontwikkeling en levensverwachting verwerkt. Aangezien deze verwachtingen elke twee jaar opnieuw worden vastgesteld, kunnen nieuwe tafels leiden tot een sprongsgewijze aanpassing van de waarde van pensioenverplichtingen en van de verwachte pensioenuitkeringen.

Daarnaast geldt dat al deze (historische) prognosetafels onderhevig zijn aan één gemeenschappelijke factor: ze geven enkel inzicht in de best estimate sterftekansen. Daarin wordt geen rekening gehouden met de modelonzekerheid die van invloed is op deze sterftekansen. Om gedegen onderzoek te doen naar macro langlevensrisico, is het juist van belang om deze onzekerheid wél mee te nemen. Concreet dient te worden bestudeerd hoe de ontwikkeling van sterfterisico en de levensverwachting wijzigt als er structureel wordt afgeweken van de best estimate prognosetafel.

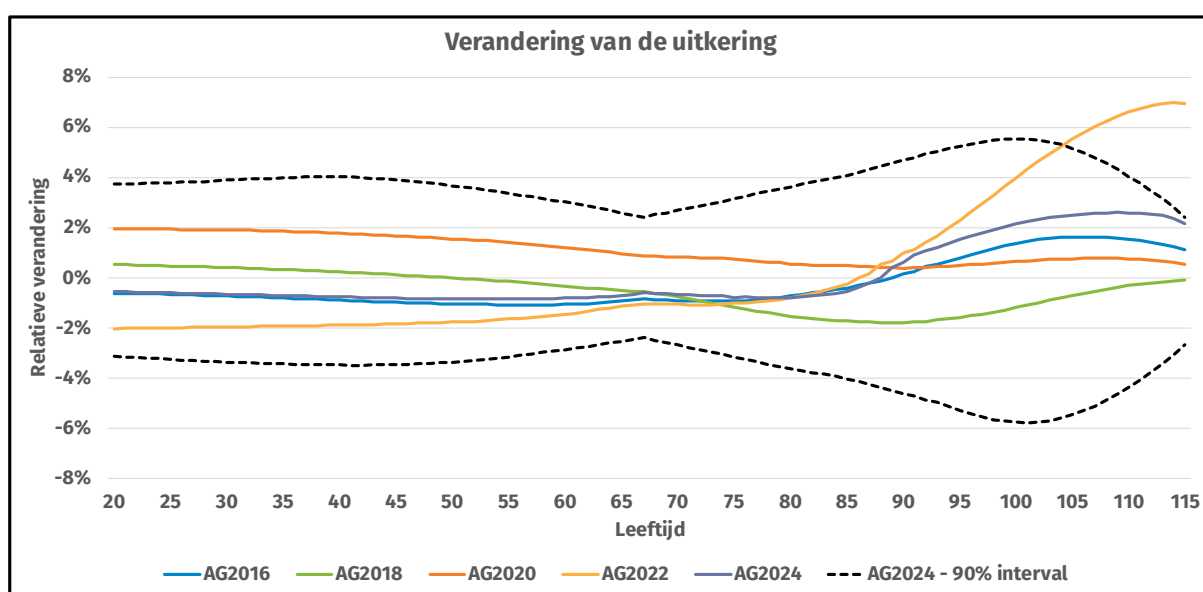
Voor dit onderzoek wordt het macro langlevensrisico op twee manieren bestudeerd. Enerzijds wordt er gekeken naar hoe de pensioenuitkering historisch is gewijzigd bij een actualisatie van de gepubliceerde prognosetafels door het AG. Hierin worden alle prognosetafels tussen 2016 en 2024 bestudeerd. Anderzijds wordt het onderliggende model van de AG2024 prognosetafel gebruikt om de stochastiek rondom de sterftekansen te modelleren. Op basis daarvan kan goed in beeld worden gebracht hoe de onzekerheid ontwikkelt over tijd. Daarmee kunnen er ook percentielen worden genomen uit de prognosetafels, waarmee de best estimate als het ware wordt 'geschokt'. De technische details worden besproken in de [Appendices](#).

Op basis van stochastische schokken op de AG2024 prognosetafel wordt geanalyseerd wat de impact is op de verwachte uitkeringen van de deelnemers in een gemiddeld pensioenfonds,

welke verschillende beleidskeuzes een pensioenfonds heeft om het macro langlevensrisico op te vangen en welke implicaties dit met zich meebrengt.

2. Impact van sterfteschokken

Een wijziging in de sterfteontwikkeling heeft geen directe invloed op de hoogte van de persoonlijke pensioenvermogens of op de omvang van de solidariteits- of risicodelingsreserve. De impact zit juist in de kostprijs van het pensioen: als deelnemers naar verwachting langer leven, moet hetzelfde vermogen langer meegaan. Daardoor dalen de verwachte jaarlijkse uitkeringen.



Grafiek 1. Verandering van de uitkering door verschillende prognosetafels van het AG enerzijds en de stochastische verandering in het 5^e en 95^e percentiel (90% interval) op basis van het AG2024 model anderzijds.

Grafiek 1 geeft inzicht in hoe de uitkering voor alle leeftijden wijzigt bij een andere sterftetafel. De doorgetrokken, gekleurde lijntjes laten zien hoe de hoogte van de uitkering wijzigt tussen opeenvolgende publicaties van de AG prognosetafels. Ter illustratie: de gele lijn laat voor de hoogste leeftijden een positieve verandering van de uitkering van ongeveer 7% zien. Dat wil zeggen dat voor een persoon die 115 jaar oud is de uitkering met 7% stijgt op basis van de AG2022 prognosetafel ten opzichte van de AG2020 prognosetafel. Deze stijging kan worden verklaard aan de hand van de covid-pandemie. Door de pandemie is er met name onder de oudere bevolking sprake van oversterfte, waardoor naar verwachting minder lang hoeft te worden uitgekeerd. Daardoor daalt de kostprijs van het pensioen en stijgt de uitkering. Oversterfte als gevolg van de pandemie maakt sinds 2022 onderdeel uit van het AG model.

Voor gepensioneerden zijn de effecten direct merkbaar, omdat zij een ingegane uitkering genieten. Dat betekent dus ook dat in het slechtste geval hun ingegane uitkering kan dalen wanneer de schok niet (adequaat) wordt gecompenseerd. Voor actieve en gewezen deelnemers ligt het effect verder in de toekomst: zij merken de schok in hun verwachte

pensioen na pensionering. Dit verschil in timing biedt de mogelijkheid om het macro langlevensrisico binnen pensioenfondsen te delen tussen verschillende generaties.

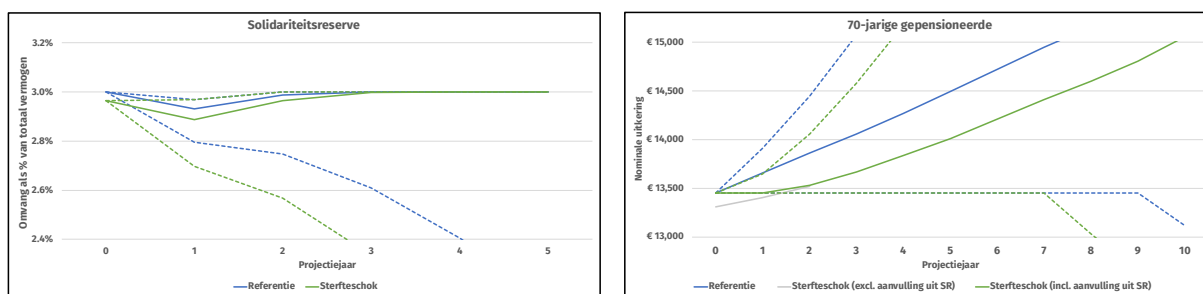
2.1. Het delen van macro langlevensrisico

Binnen de Wtp zijn er op hoofdlijnen drie manieren om macro langlevensrisico tussen generaties te delen:

1. Sterfteschokken kunnen worden behandeld als een reguliere financiële schok.
2. De gevolgen van een sterfteschok kunnen volledig worden opgevangen via de solidariteits- of risicodelingsreserve.
3. Sterfteschokken kunnen worden opgevangen met een systematiek van het leeftijdsafhankelijk toekennen van beschermingsrendement of overrendement.

2.1.1. Sterfteschok als financiële schok

De eerste mogelijkheid is om een schok in de sterfteontwikkeling op dezelfde manier te behandelen als een financiële schok. De sterfteschok werkt in dit geval door in het spreidingsvermogen van het pensioenfonds. Via het spreidingsmechanisme wordt het effect van de sterfteschok gedempt. Gerealiseerde overrendementen, voor zolang het overrendement positief is, kunnen (een deel van) de schok opvangen. Als na spreiding van de sterfteschok en het toekennen van het overrendement nog steeds een daling van de uitkering resulteert, kan de uitkering worden aangevuld vanuit de solidariteits- of risicodelingsreserve om een directe daling te voorkomen. Deze methodiek voorkomt dat ingegane uitkeringen onmiddellijk dalen als gevolg van een aanpassing van de sterfteontwikkeling. Het effect van de sterfteschok verdwijnt hierbij niet volledig: het verwachte pensioen op de lange termijn zal als gevolg van de schok wel lager zijn.



Grafiek 2. Ontwikkeling van de solidariteitsreserve en de nominale uitkering van een 70-jarige gepensioneerde vóór en ná toepassing van een stochastische sterfteschok.

Grafiek 2 toont het verloop van de nominale uitkering van een 70-jarige deelnemer in een verwacht scenario, slecht weer scenario en in een goed weer scenario (50^e, 5^e en 95^e percentiel in de DNB 2026Q1 P-set). Het referentiepunt (blauwe lijn) is gebaseerd op de AG 2024 prognosetafel. De groene lijn laat de impact zien van een eenmalige sterfteschok op $t = 0$ waardoor de levensverwachting stijgt. De solidariteitsreserve wordt ingezet om een daling van de ingegane uitkering op te vangen. De grijze lijn laat zien wat er gebeurt zonder inzet van de solidariteitsreserve: zelfs na het toepassen van het spreidingsmechanisme leidt de sterfteschok tot een directe daling van de uitkering. Die directe daling wordt door aanvulling van de uitkering uit de solidariteitsreserve (groene lijn) voorkomen. Echter, het verwachte pensioen op de lange termijn zal als gevolg van de schok wel lager zijn.

De solidariteitsreserve biedt dus (gedeeltelijke) bescherming tegen dalingen van ingegane uitkeringen als gevolg van een sterfteschok door deze aan te vullen. Latente uitkeringen van

niet gepensioneerde deelnemers krijgen geen bescherming tegen macro langlevensrisico via de solidariteitsreserve. Pas als zij met pensioen gaan, wordt hun uitkering in dezelfde mate verhoogd als de eerder ingegane uitkeringen.

2.1.2. Aanvulling kapitaal vanuit de reserve

De tweede mogelijkheid is om de schok op de levensverwachting volledig op te vangen via de solidariteits- of risicodelingsreserve. Bij een stijgende levensverwachting wordt het pensioen duurder. Om hetzelfde pensioen te blijven uitkeren, is dus meer vermogen benodigd om dit te financieren. In dat geval kunnen de persoonlijke pensioenvermogens eenmalig worden aangevuld, zodanig dat de verwachte uitkeringen na de sterfteschok gelijk blijven. Voor een gemiddeld pensioenfonds vraagt dit bij een schok in het 5^e percentiel ongeveer 3,2% van het totale fondsvermogen. Daarvan is ongeveer 0,7% nodig voor ingegane uitkeringen van gepensioneerden en 2,5% voor latente uitkeringen van actieve en gewezen deelnemers.

Deze methode is effectief en transparant: alle generaties worden beschermd tegen de gevolgen van de sterfteschok. Tegelijkertijd is dit relatief kostbaar, omdat een relatief groot deel van de reserve benodigd kan zijn. Het fonds moet daarom vooraf bepalen of de reserve hiervoor bedoeld is, welke leeftijdsgroepen in welke mate beschermd worden tegen langlevensrisico en welk beslag op de reserve aanvaardbaar wordt gevonden.

2.1.3. Risicodelen via beschermings- en overrendement

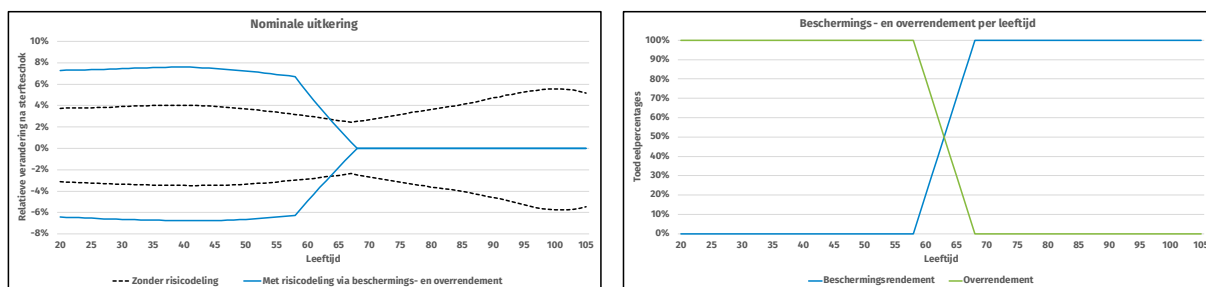
De derde mogelijkheid is het gericht beschermen van deelnemers tegen macro langlevensrisico via beschermings- en overrendement. Hierbij wordt vooraf per leeftijdscohort vastgesteld in welke mate bescherming wordt geboden. Het beschermingsrendement voor macro langlevensrisico is het rendement dat nodig is om ingegane of toekomstige uitkeringen na een sterfteschok gelijk te houden. Omdat het effect van een aanpassing van de prognosetafel per leeftijd verschilt, zal ook het benodigde beschermingsrendement per leeftijd verschillen.

Het collectieve, financiële resultaat dat ontstaat door het toekennen van beschermingsrendement voor macro langlevensrisico wordt als overrendement verdeeld. Bij een stijgende levensverwachting is positief beschermingsrendement nodig om uitkeringen gelijk te houden. Het gevolg hiervan is dat voor het collectief een negatief overrendement ontstaat. Bij een dalende levensverwachting werkt dit andersom. Dit overrendement wordt ook op basis van vooraf vastgestelde toedelingsregels aan leeftijdscohorten toegekend.

Deze methode vraagt vooraf om expliciete beleidskeuzes van het pensioenfonds. Een fonds kan er bijvoorbeeld voor kiezen om ingegane pensioenen volledig te beschermen, omdat gepensioneerden direct de gevolgen van een schok ervaren in de hoogte van hun uitkering. Jonge(re) actieve en gewezen deelnemers kunnen meer risico dragen, omdat hun uitkeringen verder in de toekomst liggen. In dat geval nemen jongere generaties (een deel van) het macro langlevensrisico over van gepensioneerden.

Grafiek 3 toont een mogelijke invulling van een leeftijdsafhankelijke verdeelsleutel van het beschermingsrendement, waarbij aan gepensioneerden een allocatie van 100% naar het beschermingsrendement wordt toegekend, welke vervolgens lineair afloopt naar 0% voor leeftijdscohorten jonger dan 57 jaar. Het overrendement wordt hier vooral toebedeeld aan de jongere deelnemers. Het is belangrijk om te realiseren dat de systematiek symmetrisch

werkt: stijgingen en dalingen van de levensverwachting worden op dezelfde manier over leeftijden verdeeld.



Grafiek 3. Ontwikkeling van de nominale uitkering bij een 5% en 95% schok op de prognosetafel over verschillende generaties. Met en zonder risicodeling via beschermings- en overrendement op basis van leeftijdsafhankelijke toedeelperscentages.

Grafiek 3 maakt inzichtelijk hoe de uitkering wijzigt als het sterfterisico via het beschermingsrendement wordt opgevangen ten opzichte van wanneer dat niet het geval is. Doordat gepensioneerden een allocatie van 100% naar het beschermingsrendement hebben, wijzigt hun uitkering niet als gevolg van een schok in de sterfteontwikkeling. De keerzijde is dat dit leidt tot meer effect voor alle actieve en gewezen deelnemers. Het voordeel van deze aanpak is dat de reserve niet direct wordt belast en dat de schok onmiddellijk in de verdeelregels wordt verwerkt. Wel vraagt de methode om goed uitlegbare keuzes, omdat de uitkomsten per leeftijd kunnen verschillen.

3. Het belang van beleidskeuzes rond macro langlevensrisico

Elke methode kent duidelijke voor- en nadelen. Het aanvullen van persoonlijke pensioenvermogens vanuit de reserve houdt verwachte uitkeringen gelijk, maar legt een relatief groot beslag op de reserve. Het behandelen van een sterfteschok als financiële schok voorkomt een directe daling van lopende uitkeringen, maar schuift een deel van het effect door naar de toekomst. Risicodeling via beschermings- en overrendement belast de reserve niet, maar vereist vooraf vastgelegde, evenwichtige en goed uitlegbare toedelingsregels.

De analyse benadrukt het belang van expliciete beleidskeuzes. Elke twee jaar wordt een nieuwe AG prognosetafel gepubliceerd die direct impact heeft op het pensioen van de deelnemers. Pensioenfondsen doen er daarom goed aan om vooraf na te denken over hoe zij met dergelijke schokken willen omgaan. Het is uiteraard mogelijk om gebruik te maken van combinaties van de methoden die hierboven zijn beschreven. Een pensioenfonds kan bijvoorbeeld (een deel van) het overrendement voor het macro langlevensrisico via de reserve opvangen. Een andere mogelijkheid is om ingegane pensioenen slechts gedeeltelijk in plaats van volledig te beschermen tegen sterfterisico en het resterende effect van de sterfteschok te behandelen als een financiële schok. Daarmee ontstaat ruimte om de gekozen oplossing te laten aansluiten bij de doelstellingen en risicohouding van het fonds en de manier waarop het fonds hierover wil communiceren.

Een goed beleid voor macro langlevensrisico vraagt daarmee om meer dan een technische keuze. Het gaat om een evenwichtige afweging tussen bescherming, kosten, uitlegbaarheid en solidariteit tussen generaties. Dit vergroot het belang van expliciete keuzes over de inzet

van de reserve, de mate van intergenerationele risicodeling en de wijze waarop sterfteschokken worden verwerkt binnen het nieuwe pensioencontract. Juist daarom verdient dit onderwerp een duidelijke plaats in de beleids- en besluitvorming van pensioenfondsen.

4. Appendices

4.1. Stochastische sterfteontwikkeling AG2024

De prognosetafels van het AG bevatten de best estimate voor de éénjarige sterftetekansen $q_x^g(t)$ ¹. De éénjarige sterftekans wordt gedefinieerd als de kans dat iemand met leeftijd x en geslacht g die in jaar t in leven is, komt te overlijden vóór het verstrijken van jaar $t + 1$. Deze sterftetekansen worden niet direct gemodelleerd. In plaats daarvan wordt de force of mortality $\mu_x^g(t)$ gemodelleerd. De force of mortality kan worden geïnterpreteerd als de ‘instantane kans’ dat iemand op een exact moment komt te overlijden, gegeven dat die persoon op dat moment nog in leven is geweest. In statistische termen is de force of mortality geen kans, maar geeft het de intensiteit weer voor een bepaald persoon om te komen te overlijden. Om die reden wordt ook vaak de term sterfteintensiteit gehanteerd. In het restant van dit artikel wordt de sterfteintensiteit aangeduid als force of mortality.

In de actuariële literatuur zijn er veel verschillende modellen voorgesteld waarmee de force of mortality kan worden gemodelleerd, zoals de sterftemodellen van Gompertz en Makeham. In meer recente literatuur is het Li-Lee model uit 2005 één van de meest gebruikte sterftemodellen. Dit model vormt eveneens de basis voor de modellering van de force of mortality in de prognosetafels van het AG.

4.1.1. Specificatie force of mortality

In het model van het AG wordt de force of mortality als volgt gemodelleerd:

$$\ln(\mu_x^g(t)) = \ln(\mu_x^{g,\text{pre-cov}}(t)) + \ln(o_x^g(t)).$$

Hierin valt met name op dat de force of mortality uit twee componenten is opgebouwd. De eerste component $\ln(\mu_x^{g,\text{pre-cov}}(t))$ wordt bepaald op basis van data tot en met 2019 en kan om die reden worden geïnterpreteerd als de bijdrage aan de force of mortality door sterftegevallen die hebben plaatsgevonden vóór de wereldwijde uitbraak van de covid-pandemie. Deze component wordt via het Li-Lee model gemodelleerd als $\ln(\mu_x^{g,\text{pre-cov}}(t)) = \ln(\mu_x^{g,\text{pre-cov,EU}}(t)) + \ln(\Delta_x^{g,\text{pre-cov}}(t))$. Het doel van het AG model is om de force of mortality zo representatief mogelijk voor de Nederlandse bevolking te schatten. Daar is een grote hoeveelheid historische sterftedata voor nodig. Enkel Nederlandse data zijn hiervoor niet voldoende. Om deze reden baseert het AG zich op historische data tot en met 2019 van meerdere West-Europese landen als referentiegroep, omdat deze landen in demografische ontwikkeling vergelijkbaar zijn met Nederland. Daar refereert de term $\ln(\mu_x^{g,\text{pre-cov,EU}}(t))$ naar, welke dient te worden geïnterpreteerd als de force of mortality van de West-Europese referentiegroep vóór het uitbreken van de covid-pandemie. Echter, de Nederlandse

¹ De éénjarige sterftekans is afhankelijk van het geslacht $g \in \{M, V\}$, leeftijd $x \in \{0, 1, 2, \dots, 120\}$ en jaar $t \in \{2022, 2023, \dots\}$.

sterfteontwikkeling zal nooit helemaal synchroon lopen met de sterfteontwikkeling van andere landen. Er zal dus altijd in bepaalde mate sprake zijn van een afwijking van de Nederlandse sterfteontwikkeling ten opzichte van de referentiegroep. Het AG modelleert die afwijking in force of mortality ten opzichte van de referentiegroep als $\ln(\Delta_x^{g,\text{pre-cov}}(t))$.

Waar $\ln(\mu_x^{g,\text{pre-cov}}(t))$ enkel rekening houdt met sterftegevallen vóór de uitbraak van de covid-pandemie, houdt $\ln(o_x^g(t))$ rekening met de afwijking in sterfteontwikkeling vanaf 2020 door de uitbraak van de covid-pandemie. De component $\ln(o_x^g(t))$ maakt sinds de publicatie van de AG2022 tafels onderdeel uit van het AG model om de oversterfte als gevolg van de pandemie zo goed mogelijk mee te nemen in de toekomstige sterfteontwikkeling. De oversterfte door covid wordt gemodelleerd aan de hand van het Lee-Carter model. Hierin wordt ervan uitgegaan dat de oversterfte door covid per leeftijd verschillend is en dat de oversterfte na verloop van tijd zal verdwijnen.

Voor zowel $\ln(\mu_x^{g,\text{pre-cov}}(t))$ als $\ln(o_x^g(t))$ geldt dat de componenten functies zijn van bepaalde modelparameters. Deze parameters zijn door het AG bepaald² en worden voor de eenvoud als gegeven verondersteld in dit artikel.

4.1.2. Stochastische processen

Waar het effect van de covid-pandemie op de sterfteontwikkeling verondersteld wordt op deterministische wijze te verdwijnen, zal de sterfteontwikkeling met name op de lange termijn worden gedreven door $\ln(\mu_x^{g,\text{pre-cov}}(t)) = \ln(\mu_x^{g,\text{pre-cov},\text{EU}}(t)) + \ln(\Delta_x^{g,\text{pre-cov}}(t))$. Conform het Li-Lee model geldt dat:

$$\begin{aligned}\ln(\mu_x^{g,\text{pre-cov},\text{EU}}(t)) &= A_x^g + B_x^g K_t^g, \\ \ln(\Delta_x^{g,\text{pre-cov}}(t)) &= \alpha_x^g + \beta_x^g \kappa_t^g.\end{aligned}$$

Zowel de force of mortality van de West-Europese referentiegroep als de Nederlandse afwijking ten opzichte van die referentiegroep volgen een stochastisch model. Dat wil zeggen dat naar de toekomst toe er niet één deterministisch pad is waarin sterfte zich zal ontwikkelen, maar dat er veel verschillende scenario's mogelijk zijn waarin sterfte zich ontwikkelt. De toekomst is per definitie onzeker, maar door zoveel mogelijk verschillende scenario's mee te nemen, wordt het mogelijk om te analyseren hoe groot die onzekerheid is. De parameters A_x^g , B_x^g , α_x^g en β_x^g zijn afhankelijk van de leeftijd x en het geslacht g , maar worden constant verondersteld door de tijd heen. De onzekerheid wordt juist gemodelleerd via de tijdsreeksmodellen K_t^g en κ_t^g , respectievelijk. Specifieker gezegd, geldt dat K_t^g een *random walk* is, terwijl κ_t^g een zogeheten AR(1) proces is. In wiskundige termen worden beide processen gespecificeerd als:

$$\begin{aligned}K_t^g &= K_{t-1}^g + \theta^g + \epsilon_t^g, \\ \kappa_t^g &= \alpha^g \kappa_{t-1}^g + c^g + \delta_t^g.\end{aligned}$$

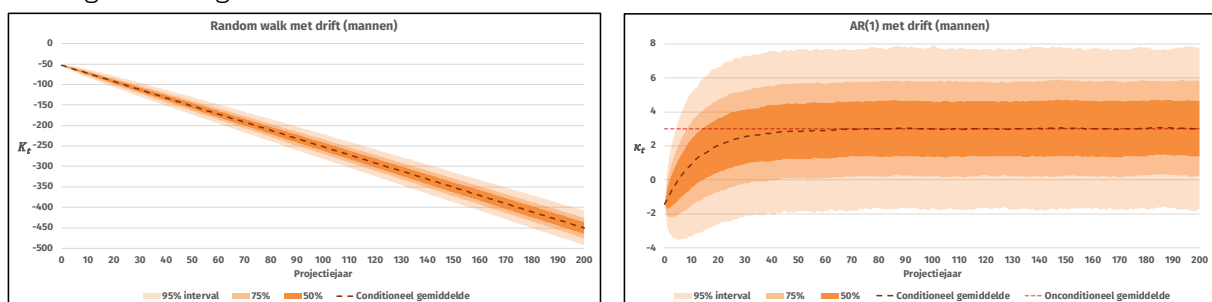
Beiden zijn stochastische tijdsreeksmodellen met elk hun eigen statistische eigenschappen. Een belangrijke eigenschap van de *random walk* is dat dit geen stationair proces is. Met andere woorden, op de lange termijn zal de sterfte niet naar een bepaald evenwichtsniveau

² De modelparameters worden geschat op basis van de methode van *maximum likelihood*.

convergeren, maar wordt verwacht dat de kans op sterfte juist zal dalen³. De Nederlandse afwijking ten opzichte van die *random walk* wordt als *AR(1)* proces gemodelleerd, wat doorgaans wél een stationair proces is. De achterliggende gedachtegang is dat de kans op sterfte op de lange termijn daalt, maar dat de verhouding tussen de Nederlandse sterfteontwikkeling en de sterfteontwikkeling van de referentiegroep zich gemiddeld genomen en door de tijd heen relatief constant ontwikkelt. Echter, die verhouding is per toekomstig scenario anders en is daarom stochastisch.

In het model van het AG worden zowel de *random walk* als het *AR(1)* proces verondersteld normaal verdeelde stochastische processen te zijn via de storingstermen ϵ_t^g en δ_t^g ⁴. De prognosetafels veronderstellen dat de stochastische schokken in de *random walk* en in het *AR(1)* proces altijd gelijk zijn aan 0, omdat 0 de verwachtingswaarde is van een storingsterm in een stochastisch proces. Dat is direct de reden waarom de sterftetekansen in de gepubliceerde prognosetafels best estimates worden genoemd, omdat het altijd uitgaat van de verwachtingswaarde van de normaal verdeelde storingstermen.

De stochastiek kan nu worden gemodelleerd door verschillende waarden te simuleren op basis van de normale verdeling en deze gesimuleerde waarden mee te nemen in beide stochastische processen. In deze analyse worden beide stochastische processen gedurende 200 toekomstige projectiejaren gesimuleerd. Voor de *random walk* en het *AR(1)* proces worden per projectiejaar en per geslacht 10.000 verschillende waarden van beide storingstermen gesimuleerd.



Grafiek 4. Stochastische ontwikkeling van beide processen voor mannen gedurende 200 projectiejaren.

In Grafiek 4 wordt direct het nonstationaire kenmerk van de *random walk* duidelijk. Door de tijd heen kent de *random walk* een dalende trend. Het *AR(1)* proces laat wél zien een stationair proces te zijn, wat duidelijk wordt aan de hand van het conditionele gemiddelde: deze convergeert op de lange termijn naar een lange termijn evenwicht (hier: onconditioneel gemiddelde). De best estimates in de prognosetafels van het AG worden verkregen door uit te gaan van de gemiddelde waarden in elk van beide processen door enkel het pad van het conditionele gemiddelde uit Grafiek 4 te volgen. De oranje betrouwbaarheidsvallen laten duidelijk zien hoe de stochastiek zich ontwikkelt in elk van beide stochastische processen.

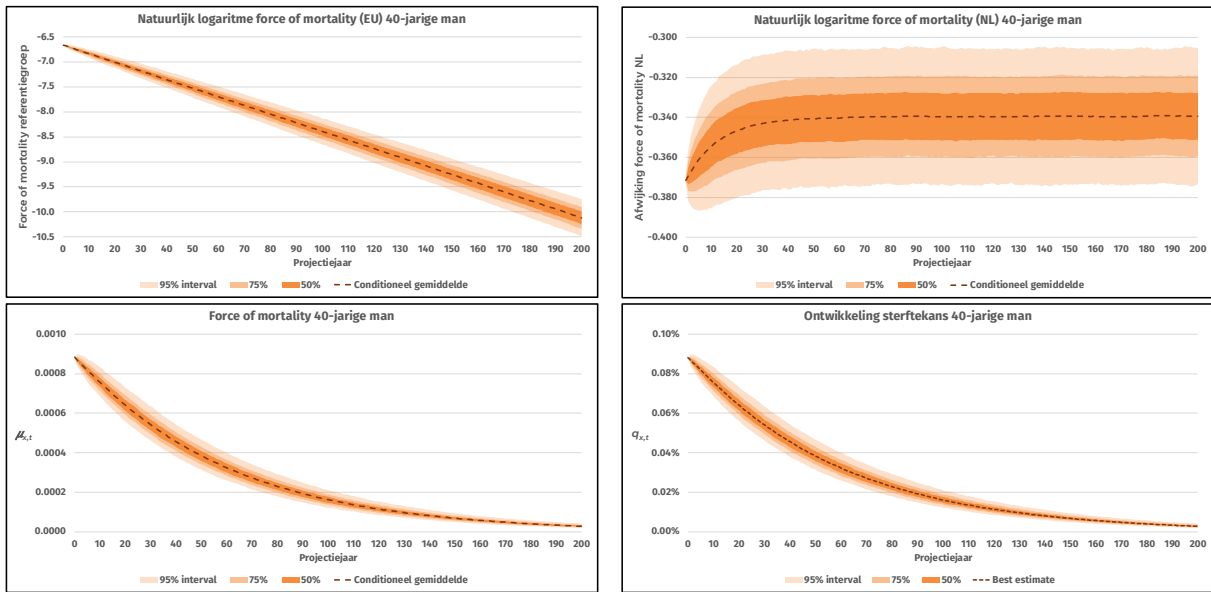
4.1.3. Van stochastisch proces naar sterftetekans

Het modelleren van de onzekerheid in elk van beide stochastische processen is de eerste stap, maar deze onzekerheid moet vervolgens worden meegenomen in de specificatie van de

³ Deze modelkeuze wordt onderbouwd door de globale trend waarin de levensverwachting met de tijd toeneemt. Deze trend is ook in Nederland zichtbaar.

⁴ De normale verdeling behoort tot de meest gebruikte kansverdelingen binnen de statistiek en econometrie, mede vanwege haar analytische eenvoud en gunstige wiskundige eigenschappen.

force of mortality. We zagen eerder dat $\ln(\mu_x^{g, \text{pre-cov}}(t)) = \ln(\mu_x^{g, \text{pre-cov, EU}}(t)) + \ln(\Delta_x^{g, \text{pre-cov}}(t))$, waarin geldt dat beide componenten stochastisch zijn via de processen K_t^g en κ_t^g , respectievelijk. Per projectiejaar t kan zowel $\ln(\mu_x^{g, \text{pre-cov, EU}}(t)) = A_x^g + B_x^g K_t^g$ als $\ln(\Delta_x^{g, \text{pre-cov}}(t)) = \alpha_x^g + \beta_x^g \kappa_t^g$ voor elk van de 10.000 scenario's worden berekend door gebruik te maken van de gesimuleerde waarden voor K_t^g en κ_t^g en de geschatte parameters A_x^g, B_x^g, α_x^g en β_x^g .



Grafiek 5. Stochastische ontwikkeling van de force of mortality en sterftekans van een 40-jarige man gedurende 200 projectiejaren.

Grafiek 5 is een illustratie van de stochastiek rondom de force of mortality voor een 40-jarige man. De grafiek linksboven toont de force of mortality van de West-Europese referentiegroep, terwijl de grafiek rechtsboven laat zien hoe Nederland van de referentiegroep afwijkt. In alle scenario's binnen het 95% betrouwbaarheidsinterval valt te zien dat de afwijking ten opzichte van de referentiegroep negatief is. Dit impliceert dat de force of mortality in Nederland lager is dan in de referentiegroep in minimaal 95% van alle scenario's. Anders gezegd, kent Nederland over het algemeen een lagere kans op sterfte en daarmee een hogere levensverwachting dan de West-Europese referentiegroep. Door de uitkomsten in elk projectiejaar en per scenario uit de twee bovenste grafieken samen te voegen én door rekening te houden met de oversterfte door covid, wordt de grafiek linksonder verkregen: dit vormt de totale force of mortality uit het AG2024 model, zoals geïnspireerd door de sterftemodellen van Li-Lee en Lee-Carter. Tot slot geldt dat de sterftekans wordt berekend uit de force of mortality door gebruik te maken van de volgende wiskundige transformatie:

$$q_x^g(t) = 1 - p_x^g(t) = 1 - \exp \int_0^t \mu_x^g(s) ds.$$

Voor een 40-jarige man observeren we rechtsonder de ontwikkeling van de éénjarige sterftekans over tijd. De sterftekans is makkelijk te interpreteren: aan het begin van de simulatie is de kans dat een 40-jarige man binnen één jaar komt te overlijden ongeveer gelijk aan 0,09%. Veronderstel bijvoorbeeld een populatie van 10.000 mannen van 40 jaar. In dit

geval komen er naar verwachting 9 mannen te overlijden binnen één jaar. Na het eerste projectiejaar blijven er naar verwachting dus 9.991 mannen van 41 jaar over. Vanaf het tweede projectiejaar en verder is er sprake van stochastische sterfteontwikkeling: per scenario zal de kans op sterfte binnen één jaar van een 40-jarige man verschillen. Doordat de levensverwachting toeneemt, neemt de kans op sterfte geleidelijk af door de tijd heen. Na ongeveer 40 toekomstige projectiejaren valt te zien dat de best estimate sterftetekans van een 40-jarige man ongeveer gehalveerd is ten opzichte van het startmoment.

De beschreven methodiek voor stochastische sterfteontwikkeling biedt de mogelijkheid om te kijken naar sterftetafels die afwijken van de best estimate van het AG. Voor de analyse naar de impact van macro langlevensrisico op het pensioen worden schokken toegepast op de best estimate prognosetafel door te kijken naar alternatieve sterftetafels in het 5^e en in het 95^e percentiel. Concreet wil een sterftetafel in een bepaald percentiel zeggen dat per leeftijd en per projectiejaar wordt gekeken naar dat percentiel uit een totaal van 10.000 stochastische scenario's. Zo kunnen alternatieve, geschokte tafels met éénjarige sterftetekansen worden geproduceerd. Deze geschokte tafels vormen de basis voor deze analyse naar macro langlevensrisico binnen de Wtp.

Rotterdam
Amsterdam
London
Pfäffikon
Toronto
Melbourne
Singapore
New York

www.ortecfinance.com

Disclaimer

Ortec Finance would like to emphasize that Ortec Finance is a software provider of technology and IT solutions for risk and return management for institutions and private investors. Please note that this information has been prepared with care using the best available data. This information may contain information provided by third parties or derived from third party data and/or data that may have been categorized or otherwise reported based upon client direction. For this information of third-party providers, the following additional terms and conditions regarding the use of their data apply: <https://www.ortecfinance.com/en/legal/disclaimer>.

Ortec Finance and any of its third-party providers assume no responsibility for the accuracy, timeliness, or completeness of any such information. Ortec Finance and any of its third-party providers accept no liability for the consequences of investment decisions made in relation on this information. All our services and activities are governed by our general terms and conditions which may be consulted on <https://www.ortecfinance.com/> and shall be forwarded free of charge upon request.

Any analysis provided herein is derived from your use of Ortec Finance's software and does not constitute advice as to the value of securities or the advisability of investing in, purchasing, or selling securities. All results and analyses in connection with Ortec Finance's software are based on the inputs provided by you, the client. Ortec Finance is not registered as an investment adviser under the US Investment Advisers Act of 1940, an equivalent act in another country and every successive act or regulation. For the avoidance of doubt, in case terms like "client(s)" and "advisor(s)" are used in communications of Ortec Finance, then these terms are always referred to client(s) of Ortec Finance's contract client and its advisor(s).