

**Tentin maksimipistemäärä on 90 pistettä, mutta lopulliset pisteet skaalataan asteikolle 0-100 pistettä 0,5 pisteen tarkkuudella.**

**Tehtävä 1** (10 pistettä)

Tiedät henkivakuutusyhtiön vakuutuskannasta seuraavaa:

- Vakuutus sopimuksia voimassa 31.12.2022: 100 000 kappaletta
- Kaikki vakuutus sopimukset ovat säästöhenkivakuutuksia, jotka ovat alkaneet 1.1.2010 ja joihin maksettu 20 000€ vakuutuksen alkuhetkellä (ei myöhempiä maksuja)
- Maturiteetti kaikissa vakuutuksissa 16 vuotta (eli erääntyminen 31.12.2025)
- Laskuperustekorko kiinteä 2,5%, eivät kuulu lisätujen piiriin
- Kuolemanvarakorvaus 100% säästösummasta (ts. voit olettaa että riskimaksut ja kuolevuushyvitykset ovat olleet yhtä suuret ja tulevat kuolemantapauskorvaukset ovat säästösumman suuruiset)
- Kuormitusta hoitokulujen kattamiseksi peritään vakuutussäästöä kiinteä 0,3% / vuosi
- Vakuutuksista aiheutuu yhtiölle hoitokuluja 50€/vakuutus/vuosi. Ei muita kuluja.
- BE-kuolevuusoletus 1,5% p.a.
- SII-korkokäyrä kiinteä 0,5% jokaiselle vuodelle

Arvioi vakuutuskannan VYL 9 luvun ja VYL 10 luvun mukaiset vastuuvelat hetkellä 31.12.2022 perustellusti. Mitä erityisesti ko. VYL-lukujen perusteella pitää ottaa huomioon?

**Vastaus:**

*Laskettava VYL 9 luvun mukainen vastuuvelka joko rekursiivisesti tai prospektiivisesti.*

*Laskettava VYL 10 luvun mukainen vastuuvelka prospektiivisesti.*

*Kerrottava VYL 9 ja VYL 10 luvun mukaiset olennaisimmat vastuuvelkoihin liittyvät huomioitavat asiat.*

**Tehtävä 2**

Vastaa seuraaviin kohtiin vakuutusyhtiön sijoitustoimintaan liittyen.

- a) Mainitse kaksi olennaista asiaa, mitä vakuutusyhtiön tulee selvittää vakuutustoimintansa luonteesta sijoitustoiminnan suunnittelussa. Perustele lyhyesti. (2 p.)
- b) Millaisia vaatimuksia sijoittamiselle seuraavat vakuutuslajit asettavat ja miksi? (8 p.)
- i. Vahinkovakuutus
  - ii. Sijoitussidonnainen henki- ja eläkevakuutus
  - iii. Perinteinen henki- ja eläkevakuutus

*Vastaus:*

*Vakuutusoppi, luku 7.2*

*b)-kohdassa tulee käsitellä nimenomaan vakuutuslajien ominaisuuksia ei mahdollisia sijoituskohteita.*

**Tehtävä 3 (10 p.)**

- a) Mitä tarkoitetaan työtapaturma- ja liikennevakuuttamisessa vakuutusyhtiöiden yhteistakuulla?
- b) Miten yhteistakuumaksu määräytyy?
- c) Mitä tarkoitetaan tasoitusmäärän tavoite-, vähimmäis- ja enimmäismäärällä sekä miten ne määräytyvät?
- d) Miten yhtiön tulee asettaa tasoitusmäärän kartutus- ja purkuvahinkosuhteet?

*Vastaukset:*

*Työtapaturma- ja ammattitautilain (459/2015) 30 luku, liikennevakuutuslain (460/2016) 93 ja 94 § Vakuutusyhtiölaki 9. luku, pykälä 5*

**Tehtävä 4**

- a) Mistä eri tekijöistä vakuutusyrityksen vakuutusriski muodostuu ja miksi? (7 p.)
- b) Miten työeläkevakuutusyhtiön vakavaraisuus tulee lain mukaan järjestää? (1 p.)
- c) Miten työeläkevakuutusyhtiön vakavaraisuuspääoman enimmäismäärä määräytyy? (1 p.)
- d) Määrittele lyhyesti vakuutusyhtiön korkoriski (1 p.)

*Vastaukset:*

*a) Vakuutustalous 3.2*

*b) TVYL luku 7*

*c) TVYL luku 7*

*d) Vakuutustalous 3.3.3*

**Tehtävä 5** (20 p.)

Pihtiputaalla toimiva vahinkovakuutusyhtiö *Saapasjalka* harjoittaa suomalaisten kotitalouksien ajoneuvojen liikennevakuuttamista (Solvenssi II:n mukainen vakuutuslaji 4) ja pientalojen palovakuuttamista (Solvenssi II:n mukainen vakuutuslaji 7).

Yhtiö on varsin suosittu Pihtiputaalla, käytännössä kaikki Pihtiputaan pientalot on yhtiössä vakuutettuja. Tunnetusti Pihtiputaan keskustaajaman pientalot ovat kivenheiton päässä toisistaan, vaikka heittäjä ei keihäskarnevaaleille osallistuja olisikaan. Muuten vakuutuskanta jakautuu tasaisesti ympäri Suomea. Yhtiön vakuuttamat omakotitalot ovat tavallisia, noin 200 000 – 300 000 euron arvoisia.

Yksinkertaisuuden vuoksi oletetaan, että vakuutukset ovat kalenterivuotisia.

Yhtiön toiminta on varsin vakiintunutta, eikä tilanteen odoteta muuttuvan tulevaisuudessa. Yhtiöön liittyviä tietoja on esitetty seuraavassa:

|                                               | liikennevakuutus | vakuutetut<br>omakotitalot |
|-----------------------------------------------|------------------|----------------------------|
| maksutulo (miljoona €)                        | 30               | 25                         |
| maksutuotto (miljoona €)                      | 30               | 25                         |
| korvausvastuu (miljoona €)                    | 60               | 20                         |
| vakuutettujen kohteiden<br>lukumäärä          | 20000            | 100000                     |
| jatkuvaa korvausta<br>saavien lukumäärä       | 650              |                            |
| keskimääräinen jatkuva<br>korvaus kuukaudessa | 350              |                            |

Yhtiö ei jälleenvakuuta.

Yhtiön liikennevakuutuksen korvausvastuusta osa on jatkuvina maksettavien korvausten korvausvastuuta. Tästä 5% on varattu kuluja varten.

Liikennevakuutuksen jatkuvien korvausten korvausvastuuta laskettaessa käytettävä kuolevuus on muotoa  $\mu(t) = a + b \cdot e^{f \cdot (t-g)}$ , missä  $t$  on henkilön ikä ja  $a$ ,  $b$ ,  $f$  ja  $g$  ovat parametreja:  $a = 0.000552$ ,  $b = 1.15$ ,  $f = 0.55 \cdot \ln(10) = 0.126642$  ja  $g = 94.5$ .

Yksinkertaisuuden vuoksi käytetään seuraavia oletuksia:

- korkokäyrän sijasta käytetään kiinteää diskonttaus korkoa, käytettävä korko on 1%.
- kaikki jatkuvien korvausten saajat ovat laskentahetkellä 60-vuotiaita.
- jatkuvat korvaukset maksetaan aina viisi vuotta etukäteen iässä, joka on viidellä jaollinen.
- 80-vuotiaille ja sitä vanhemmille ei jatkuvaa korvausta enää makseta.

- jatkuviin korvauksiin ei liity muuttamis- työkyvyttömyys tai katastrofiriskiä.
- jatkuviin korvauksiin liittyvä kuluinflaatio on nolla.

Kuolevuuteen liittyviä apulukuja on esitetty liitteessä.

Lisäksi yhtiöstä tiedetään, että

- vastapuoliriskiosion pääomavaatimus on 5 M€.
- markkinariskiosion pääomavaatimus on 5 M€.
- yhtiöllä ei ole toimintaa, jota käsiteltäisiin sairausvakuutusriskiosiossa.
- yhtiöllä ei ole aineettomia hyödykkeitä.
- vahinkovakuutuksen raukeamisriskiosion pääomavaatimus on nolla.
- luonnonkatastrofiriskiosion pääomavaatimus on nolla.
- yhtiön vahinkovakuutuksen vakuutusmaksu- ja vastuuvélkariskin keskihajontaa laskettaessa liikennevakuutuksen keskihajonta on 0.08574.

a) Tee tarvittavat lisäoletukset ja laske vakuutusyhtiö Saapasjalan standardikaavan mukainen perusvakavaraisuuspääomavaatimus vuoden lopussa (käyttämättä mahdollisia yksinkertaistuksia).

Tehtävässä esitettyjen lukujen järjestyksen ei tarvitse ottaa kantaa.

Solvenssi II -direktiivin 2009/138/EY liitteessä IV olevassa kohdassa I esitetty korrelaatiomatriisi on

|            | vahinko | henki | markkina | vastapuoli | sairaus |
|------------|---------|-------|----------|------------|---------|
| vahinko    | 1       | 0     | 0.25     | 0.5        | 0       |
| henki      | 0       | 1     | 0.25     | 0.25       | 0.25    |
| markkina   | 0.25    | 0.25  | 1        | 0.25       | 0.25    |
| vastapuoli | 0.5     | 0.25  | 0.25     | 1          | 0.25    |
| sairaus    | 0       | 0.25  | 0.25     | 0.25       | 1       |

Jos haluaa yksinkertaistaa laskentaa, voi tässä tehtävässä käyttää korrelaatiomatriisia

|            | vahinko | henki | markkina | vastapuoli | sairaus |
|------------|---------|-------|----------|------------|---------|
| vahinko    | 1       | 0     | 0        | 0          | 0       |
| henki      | 0       | 1     | 0        | 0          | 0       |
| markkina   | 0       | 0     | 1        | 0          | 0       |
| vastapuoli | 0       | 0     | 0        | 1          | 0       |
| sairaus    | 0       | 0     | 0        | 0          | 1       |

### Pisteytys

1 p. peruskaavat oikein

3 p. henkivakuutuksen korvausvastuu

- 5 p. SCR<sub>pitkäaik.</sub>  
 2 p. SCR<sub>kulu</sub>  
 2 p. vahinkovakuutuksen volyymimitta  
 2 p. keskihajonta  
 2 p. SCR<sub>vm+vv</sub>  
 2 p. SCR<sub>liikennekatastrofi</sub>  
 3 p. SCR<sub>tulipalo</sub>  
 22 p. yhteensä  
 kuitenkin enintään 20 p.

**Ratkaisuohje:**

Standardikaava on esitetty vakuutusyhtiölain 11 luvussa. Eri riskiosoiden ja alariskiosoiden pääomavaatimusten laskenta ja niiden yhdistäminen on esitetty komission delegoidun asetuksen I osaston V luvussa.

Osa riskiosioihin liittyvistä pääomavaatimuksista on laskettava annettujen tietojen ja mahdollisten lisäoletusten perusteella. Osa on annettu. Lopuilla ei ole merkitystä. (On pääteltävä, että osion vaatimus on nolla.)

Aluksi täytyy laskea henkivakuutusriskiosiossa käsiteltävä jatkuvien korvausten osuus liikennevakuutuksen korvausvastuusta.

Laskenta on esitetty hieman tarkemmin alla.

|                          |                               |                 |
|--------------------------|-------------------------------|-----------------|
| SCR                      | ei lasketa                    | VYL 11 luku 7 § |
| <b>SCR operatiivinen</b> | ei lasketa                    | art. 204        |
| 0 SCR vaimennusvaik.     | ei lasketa                    |                 |
| <b>BSCR</b>              | <b>laskettava</b>             | art. 87         |
| 0 SCR aineettomat hyöd.  | annettu                       |                 |
| 5.0 SCR vastapuoli       | annettu                       |                 |
| 0 SCR sairausvak.        | annettu                       |                 |
| <b>SCR vahinko</b>       |                               |                 |
| SCR vak.maksu ja vv      | <b>laskettava</b>             | art. 115-117    |
| 0 SCR raukeaminen        | annettu                       |                 |
| SCR vah.katastrofi       | <b>laskettava</b>             | art. 119        |
| 0 SCR luonnonkat.        | annettu                       |                 |
| 0 SCR ei-suht. jv        | pääteltävä                    |                 |
| SCR man-made             | <b>laskettava</b>             |                 |
| SCR liikenne             | <b>laskettava</b>             | art. 129        |
| 0 SCR meri               | pääteltävä                    |                 |
| 0 SCR ilmailu            | pääteltävä                    |                 |
| SCR tulipalo             | <b>laskettava/ arvioitava</b> | art. 132        |
| 0 SCR vastuu             | pääteltävä                    |                 |
| 0 SCR luotto             | pääteltävä                    |                 |
| 0 SCR muu kat.           | pääteltävä                    |                 |

**SCR henki**

|                       |                   |          |
|-----------------------|-------------------|----------|
| 0 SCR kuolevuus       | pääteltävä        |          |
| SCR pitkäikäisyys     | <b>laskettava</b> | art. 138 |
| 0 SCR työkyvyttömyys  | annettu           |          |
| SCR kulu              | <b>laskettava</b> | art. 140 |
| 0 SCR muuttaminen     | annettu           |          |
| 0 SCR raukeaminen     | pääteltävä        |          |
| 0 SCR henkikatastrofi | annettu           |          |

5.0 **SCR markkina** annettu art 164

**Tehtävä 6** (20 p.)

Työskentelet työeläkeyhtiö Pemmikaanin matemaattisella osastolla. Sijoitusmarkkinat ovat vapaassa pudotuksessa ja Pemmikaanin vakavaraisuusaste on pienentynyt markkinoiden laskun aikana voimakkaasti arvoon 125,0 % hetkellä 30.9.2022. Yhtiön vakavaraisuusasema on tällä hetkellä 1,44 ja johto on huolissaan tulevasta kehityksestä. Sinulta on pyydetty (1) arviota yhtiön vakavaraisuusasemasta siinä tilanteessa, että markkinoiden lasku jatkuu edelleen rajuna lokakuun 2022 ajan. Lisäksi halutaan (2) vaihtoehtoinen arvio vakavaraisuusasemasta tällaisen markkinoiden laskun jälkeen, jos sijoitussalkun riskitasoa lasketaan alentamalla eurooppalaisten osakkeiden portfoliopainoa salkussa 10 prosenttiyksiköllä ja kasvattamalla vähintään AA-luottoluokitettujen valtioiden joukkovelkakirjalainojen painoa vastaavasti 10 prosenttiyksiköllä. Tulkitse johdolle, mitä arvioiden tuloksena saatavat vakavaraisuusasemat merkitsevät Pemmikaanin toiminnan kannalta.

Pemmikaanin sijoitusomaisuuden markkina-arvo on 20 miljardia euroa ja sijoitusjakauma on seuraavan taulukon mukainen.

|                                                   |        |
|---------------------------------------------------|--------|
| eurooppalaiset noteeratut osakkeet                | 30,0 % |
| pohjoisamerikkalaiset noteeratut osakkeet         | 20,0 % |
| vähintään AA-luottoluokitettujen valtioiden jvk:t | 10,0 % |
| High yield -yrittäslainat                         | 30,0 % |
| Liike- ja toimistokiinteistöt                     | 10,0 % |

Pemmikaanin vakavaraisuuslaskennassa käytettävä vastuuvélka on per 30.9.2022 seuraavan taulukon mukainen.

|                                          |                  |
|------------------------------------------|------------------|
| vanhuus- ja työkyvyttömyyseläkevastuut   | 12 800 000 000 € |
| tasausvastuu                             | 2 240 000 000 €  |
| osaketuottosidonnainen lisävakuuusvastuu | 960 000 000 €    |

Oletettu sijoitustuottojen kehitys markkinoiden edelleen laskiessa on seuraavan taulukon mukainen.

| markkina                                        | muutos  |            |
|-------------------------------------------------|---------|------------|
| USA osakeindeksi                                | -10,0 % | %          |
| Eurooppa osakeindeksi                           | -20,0 % | %          |
| Korkean luottoluokituksen valtionlainojen korko | 0,0 %   | %-yksikköä |
| High yield -yrittäslainojen korko               | 5,0 %   | %-yksikköä |
| Kiinteistösijoitukset                           | 0,0 %   | %          |

Valtionlainojen keskimääräinen duraatio on 8 vuotta ja yrittäslainojen 3 vuotta. Johdannaisia ei salkussa ole. Pohjoisamerikkalaiset osakkeet ovat dollarimääräisiä, ja kaikki muut sijoitukset ovat euromääräisiä. Täydennyskero on 1,35 % ja perustekorko 6,00 %. Vanhuus- ja työkyvyttömyyseläkevastuille hyvitetään vuosittain 3 %:n rahastokoron lisäksi

täydennyskerrointa vastaava tuotto, tasausvastuuta hyvitetään vuosittain perustekorolla ja osaketuottosidonnaisen lisävuoksuvastuun muutosta voidaan approksimoida hyvittämällä 20 %:lle koko vastuuvastuusta arvioitu osaketuottokerrointa vastaava osaketuotto. Osaketuottokerrointa voi approksimoida toteutuneella markkinakehityksellä. Laskennassa seuraavista matriiseista ja matriisituloista voi olla apua.

| M  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5    | 6     | 7    | 8     | 9     | 10    | 11   | 12   | 13   | 14   | 15    | 16   | 17   | 18   |
|----|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|
| 1  | 1,00  | 0,80  | 0,70  | 0,70  | 0,70 | -0,20 | 0,00 | 0,60  | 0,70  | 0,70  | 0,20 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,89  | 0,20 | 0,00 | 0,00 |
| 2  | 0,80  | 1,00  | 0,70  | 0,70  | 0,70 | -0,20 | 0,00 | 0,60  | 0,70  | 0,70  | 0,20 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,89  | 0,20 | 0,00 | 0,00 |
| 3  | 0,70  | 0,70  | 1,00  | 0,70  | 0,70 | -0,20 | 0,00 | 0,60  | 0,70  | 0,70  | 0,20 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,86  | 0,20 | 0,00 | 0,00 |
| 4  | 0,70  | 0,70  | 0,70  | 1,00  | 0,70 | -0,20 | 0,00 | 0,60  | 0,70  | 0,70  | 0,20 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,86  | 0,20 | 0,00 | 0,00 |
| 5  | 0,70  | 0,70  | 0,70  | 0,70  | 1,00 | 0,00  | 0,00 | 0,60  | 0,70  | 0,70  | 0,20 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,78  | 0,20 | 0,00 | 0,00 |
| 6  | -0,20 | -0,20 | -0,20 | -0,20 | 0,00 | 1,00  | 0,00 | -0,40 | -0,40 | -0,40 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,24 | 0,20 | 0,00 | 0,00 |
| 7  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00 | 0,00  | 1,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 8  | 0,60  | 0,60  | 0,60  | 0,60  | 0,60 | -0,40 | 0,00 | 1,00  | 0,90  | 0,80  | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,69  | 0,20 | 0,00 | 0,00 |
| 9  | 0,70  | 0,70  | 0,70  | 0,70  | 0,70 | -0,40 | 0,00 | 0,90  | 1,00  | 0,90  | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,80  | 0,20 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 0,70  | 0,70  | 0,70  | 0,70  | 0,70 | -0,40 | 0,00 | 0,80  | 0,90  | 1,00  | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,79  | 0,20 | 0,00 | 0,00 |
| 11 | 0,20  | 0,20  | 0,20  | 0,20  | 0,20 | 0,00  | 0,00 | 0,10  | 0,10  | 0,10  | 1,00 | 0,80 | 0,00 | 0,00 | 0,12  | 0,20 | 0,00 | 0,00 |
| 12 | 0,20  | 0,20  | 0,20  | 0,20  | 0,20 | 0,00  | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,80 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,12  | 0,20 | 0,00 | 0,00 |
| 13 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 14 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00  | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 15 | 0,89  | 0,89  | 0,86  | 0,86  | 0,78 | -0,24 | 0,00 | 0,69  | 0,80  | 0,79  | 0,12 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 1,00  | 0,19 | 0,00 | 0,00 |
| 16 | 0,20  | 0,20  | 0,20  | 0,20  | 0,20 | 0,20  | 0,00 | 0,20  | 0,20  | 0,20  | 0,20 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,19  | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| 17 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 1,00 | 0,00 |
| 18 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 0,00 | 1,00 |

| v1             | v2             |
|----------------|----------------|
| 1 920 000 000  | 1 280 000 000  |
| 1 368 000 000  | 1 368 000 000  |
| 0              | 0              |
| 0              | 0              |
| 0              | 0              |
| 626 000 000    | 946 000 000    |
| 0              | 0              |
| 0              | 0              |
| 0              | 0              |
| 765 000 000    | 765 000 000    |
| 0              | 0              |
| 430 000 000    | 430 000 000    |
| 522 000 000    | 522 000 000    |
| 0              | 0              |
| -1 430 914 746 | -1 430 914 746 |
| 103 495 882    | 103 495 882    |
| 0              | 0              |
| 0              | 0              |

$$v1 * M * v1 = 6\,466\,934\,085\,138\,540\,000.$$

$$v2 * M * v2 = 4\,187\,733\,195\,229\,530\,000.$$

Käytettävissäsi ovat myös (tentin ohessa jaetut) laki (315/2015), valtioneuvoston asetus (447/2015) (sekä asetukseen tehdyt oikaisut ja muutokset) ja stm:n asetus (453/2015).

**Ratkaisuohje:**

Lasketaan kummassakin skenaariossa annettujen markkinaindeksien ja korkojen muutosten perusteella arvio sijoitusomaisuudesta per 31.10.2022. Lasketaan rahastokoron, täydennyskertoimen ja arvioidun osaketuoton perusteella arvio vastuuvastausta per 31.10.2022. Lasketaan lain 315/2015, valtioneuvoston asetuksen 447/2015 ja STM:n asetuksen 453/2015 perusteella vakavaraisuusraja hetken 31.10.2022 alkaen ja vastuiden perusteella kummassakin skenaariossa. Havaitaan, että ilman allokointimuutoksia arvioitu vakavaraisuusasema 31.10. on alle ykkösen, eli vakavaraisuusraja alittuu, jolloin siirrot asiakashyvityksiin on kielletty ja Finanssivalvonnalle on toimitettava taloudellisen aseman tervehdyttämissuunnitelma. Mikäli osakepainoa lasketaan 10 %, niin lokakuun aikaisten tappioiden pienenemisen ja vakavaraisuusrajan laskun johdosta vakavaraisuusasema 31.10. ylittää ykkösen eli raja ei alitu eikä yhtiöön kohdistu edellä mainittuja rajoitteita ja valvontatoimenpiteitä.

**TEHTÄVÄ 7** (10 p.)

- Mitkä neljä matemaattista ominaisuutta koherentin riskimitan (*coherent risk measure*) tulee toteuttaa?
- Kerro mitä kohdan (a) matemaattiset ominaisuudet tarkoittavat käytännössä.
- Usein keskihajontaa (*standard deviation*) käytetään riskimittana esimerkiksi kuvaamaan sijoitusinstrumentin riskillisyyttä. Osoita, että keskihajonta ei ole koherentti riskimitta.
- Miten riskimitat liittyvät pääoman allokointiin (*capital allocation*)?
- Kerro mikä on Eulerin pääoman allokointiperiaate (*Euler capital allocation principle*) ja milloin sitä voidaan soveltaa.
- Määritä kohdassa e) mainitun Eulerin periaatteen mukainen pääoman allokatio vakuutusyhtiön XYZ kolmen liiketoimintayksikön X, Y ja Z kesken, kun tiedossasi ovat yksiköiden tulosten keskihajonnat, korrelaatiot ja osuudet liiketoiminnasta:

| yksikkö | osuus | keskihajonta | korrelaatiomatriisi |     |   |
|---------|-------|--------------|---------------------|-----|---|
| X       | 30 %  | 0,5          | 1                   | 0,8 | 0 |
| Y       | 30 %  | 0,2          | 0,8                 | 1   | 0 |
| Z       | 40 %  | 0,1          | 0                   | 0   | 1 |

**Ratkaisuohje:**

(a)-(c): Sweeting luku 15.4.2

(d): Sweeting luku 18.2

(e)-(f): Sweeting luku 18.8, erityisesti kohta 18.8.2.

## Liite tehtävään 5

$$\mu(t) = a + b \cdot e^{f \cdot (t-g)}$$

$$v = \frac{1}{1+i}$$

$$p(t) = e^{-\int_0^t \mu(s) ds}$$

$$D(t) = v^t \cdot p(t)$$

$$a = 0.000552, b = 1.15, f = 0.55 \cdot \ln(10) = 0.126642, g = 94.5$$

$$i = 0.01$$

| ikä t<br>vuosina | kuolevuus iässä t<br>$\mu(t)$ | todennäköisyys<br>olla hengissä<br>iässä t<br>$p(t)$ | $q(t)=1-p(t)$ | $D(t)$   | $D(t)/D(60)$ |
|------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------|---------------|----------|--------------|
| 0                | 0.0005593                     | 1                                                    | 0             | 1        |              |
| 1                | 0.00056028                    | 0.9994404                                            | 0.0005596     | 0.989545 |              |
| 2                | 0.0005614                     | 0.99888                                              | 0.00112       | 0.979198 |              |
| 3                | 0.00056267                    | 0.9983188                                            | 0.0016812     | 0.968958 |              |
| 4                | 0.00056411                    | 0.9977565                                            | 0.0022435     | 0.958824 |              |
| 5                | 0.00056575                    | 0.997193                                             | 0.002807      | 0.948795 |              |
| 6                | 0.0005676                     | 0.9966281                                            | 0.0033719     | 0.938869 |              |
| 7                | 0.00056971                    | 0.9960616                                            | 0.0039384     | 0.929045 |              |
| 8                | 0.0005721                     | 0.9954931                                            | 0.0045069     | 0.919321 |              |
| 9                | 0.00057481                    | 0.9949224                                            | 0.0050776     | 0.909697 |              |
| 10               | 0.00057789                    | 0.9943492                                            | 0.0056508     | 0.900171 |              |
| 11               | 0.00058139                    | 0.993773                                             | 0.006227      | 0.890742 |              |
| 12               | 0.00058536                    | 0.9931935                                            | 0.0068065     | 0.881409 |              |
| 13               | 0.00058986                    | 0.9926101                                            | 0.0073899     | 0.872169 |              |
| 14               | 0.00059497                    | 0.9920223                                            | 0.0079777     | 0.863023 |              |
| 15               | 0.00060078                    | 0.9914294                                            | 0.0085706     | 0.853967 |              |
| 16               | 0.00060736                    | 0.9908308                                            | 0.0091692     | 0.845002 |              |
| 17               | 0.00061483                    | 0.9902256                                            | 0.0097744     | 0.836124 |              |
| 18               | 0.00062332                    | 0.9896128                                            | 0.0103872     | 0.827333 |              |
| 19               | 0.00063295                    | 0.9889915                                            | 0.0110085     | 0.818628 |              |
| 20               | 0.00064388                    | 0.9883604                                            | 0.0116396     | 0.810005 |              |
| 21               | 0.00065628                    | 0.9877183                                            | 0.0122817     | 0.801464 |              |
| 22               | 0.00067036                    | 0.9870634                                            | 0.0129366     | 0.793003 |              |
| 23               | 0.00068634                    | 0.9863943                                            | 0.0136057     | 0.784619 |              |
| 24               | 0.00070447                    | 0.9857087                                            | 0.0142913     | 0.776311 |              |
| 25               | 0.00072506                    | 0.9850047                                            | 0.0149953     | 0.768076 |              |
| 26               | 0.00074843                    | 0.9842795                                            | 0.0157205     | 0.759911 |              |
| 27               | 0.00077495                    | 0.9835303                                            | 0.0164697     | 0.751814 |              |
| 28               | 0.00080505                    | 0.982754                                             | 0.017246      | 0.743783 |              |
| 29               | 0.00083921                    | 0.9819467                                            | 0.0180533     | 0.735814 |              |
| 30               | 0.00087799                    | 0.9811044                                            | 0.0188956     | 0.727904 |              |
| 31               | 0.000922                      | 0.9802222                                            | 0.0197778     | 0.720049 |              |
| 32               | 0.00097195                    | 0.9792949                                            | 0.0207051     | 0.712245 |              |
| 33               | 0.00102865                    | 0.9783164                                            | 0.0216836     | 0.704489 |              |
| 34               | 0.001093                      | 0.9772798                                            | 0.0227202     | 0.696774 |              |

|    |            |           |           |          |          |
|----|------------|-----------|-----------|----------|----------|
| 35 | 0.00116604 | 0.9761773 | 0.0238227 | 0.689097 |          |
| 36 | 0.00124894 | 0.9750002 | 0.0249998 | 0.681452 |          |
| 37 | 0.00134304 | 0.9737384 | 0.0262616 | 0.673832 |          |
| 38 | 0.00144984 | 0.9723806 | 0.0276194 | 0.66623  |          |
| 39 | 0.00157106 | 0.9709143 | 0.0290857 | 0.658639 |          |
| 40 | 0.00170864 | 0.9693248 | 0.0306752 | 0.65105  |          |
| 41 | 0.0018648  | 0.9675961 | 0.0324039 | 0.643454 |          |
| 42 | 0.00204204 | 0.9657096 | 0.0342904 | 0.635841 |          |
| 43 | 0.00224321 | 0.9636447 | 0.0363553 | 0.6282   |          |
| 44 | 0.00247154 | 0.961378  | 0.038622  | 0.620517 |          |
| 45 | 0.0027307  | 0.9588832 | 0.0411168 | 0.612779 |          |
| 46 | 0.00302485 | 0.9561307 | 0.0438693 | 0.60497  |          |
| 47 | 0.00335871 | 0.9530872 | 0.0469128 | 0.597074 |          |
| 48 | 0.00373765 | 0.9497152 | 0.0502848 | 0.589071 |          |
| 49 | 0.00416775 | 0.945973  | 0.054027  | 0.58094  |          |
| 50 | 0.00465591 | 0.9418136 | 0.0581864 | 0.572659 |          |
| 51 | 0.00520998 | 0.9371846 | 0.0628154 | 0.564203 |          |
| 52 | 0.00583886 | 0.9320276 | 0.0679724 | 0.555543 |          |
| 53 | 0.00655264 | 0.9262778 | 0.0737222 | 0.546649 |          |
| 54 | 0.0073628  | 0.9198633 | 0.0801367 | 0.537488 |          |
| 55 | 0.00828233 | 0.9127045 | 0.0872955 | 0.528025 |          |
| 56 | 0.009326   | 0.9047142 | 0.0952858 | 0.51822  |          |
| 57 | 0.01051059 | 0.8957965 | 0.1042035 | 0.508032 |          |
| 58 | 0.01185511 | 0.8858473 | 0.1141527 | 0.497415 |          |
| 59 | 0.01338115 | 0.8747539 | 0.1252461 | 0.486323 |          |
| 60 | 0.01511322 | 0.8623952 | 0.1376048 | 0.474705 | 1        |
| 61 | 0.01707915 | 0.8486427 | 0.1513573 | 0.46251  | 0.97431  |
| 62 | 0.01931049 | 0.833361  | 0.166639  | 0.449685 | 0.947292 |
| 63 | 0.02184309 | 0.8164102 | 0.1835898 | 0.436176 | 0.918836 |
| 64 | 0.02471761 | 0.7976476 | 0.2023524 | 0.421933 | 0.888831 |
| 65 | 0.02798023 | 0.7769316 | 0.2230684 | 0.406905 | 0.857175 |
| 66 | 0.03168334 | 0.7541261 | 0.2458739 | 0.391051 | 0.823777 |
| 67 | 0.03588641 | 0.729106  | 0.270894  | 0.374333 | 0.78856  |
| 68 | 0.04065694 | 0.7017644 | 0.2982356 | 0.356729 | 0.751474 |
| 69 | 0.04607154 | 0.6720217 | 0.3279783 | 0.338227 | 0.7125   |
| 70 | 0.05221717 | 0.6398355 | 0.3601645 | 0.31884  | 0.671658 |
| 71 | 0.05919252 | 0.6052127 | 0.3947873 | 0.2986   | 0.629023 |
| 72 | 0.06710963 | 0.5682221 | 0.4317779 | 0.277574 | 0.58473  |
| 73 | 0.07609563 | 0.5290085 | 0.4709915 | 0.25586  | 0.538987 |
| 74 | 0.08629484 | 0.4878056 | 0.5121944 | 0.233596 | 0.492086 |
| 75 | 0.09787105 | 0.4449474 | 0.5550526 | 0.210963 | 0.444408 |
| 76 | 0.11101017 | 0.4008768 | 0.5991232 | 0.188186 | 0.396426 |
| 77 | 0.12592322 | 0.3561474 | 0.6438526 | 0.165533 | 0.348707 |
| 78 | 0.14284969 | 0.3114183 | 0.6885817 | 0.14331  | 0.301893 |
| 79 | 0.16206141 | 0.267437  | 0.732563  | 0.121852 | 0.25669  |
| 80 | 0.18386693 | 0.2250111 | 0.7749889 | 0.101507 | 0.213831 |
| 81 | 0.20861643 | 0.1849655 | 0.8150345 | 0.082615 | 0.174035 |
| 82 | 0.23670738 | 0.1480876 | 0.8519124 | 0.065489 | 0.137956 |
| 83 | 0.26859091 | 0.1150643 | 0.8849357 | 0.050381 | 0.106131 |
| 84 | 0.30477906 | 0.0864173 | 0.9135827 | 0.037463 | 0.078919 |
| 85 | 0.345853   | 0.0624462 | 0.9375538 | 0.026803 | 0.056463 |
| 86 | 0.39247237 | 0.0431911 | 0.9568089 | 0.018355 | 0.038666 |
| 87 | 0.44538586 | 0.0284248 | 0.9715752 | 0.01196  | 0.025195 |

|     |            |           |           |          |          |
|-----|------------|-----------|-----------|----------|----------|
| 88  | 0.50544325 | 0.0176809 | 0.9823191 | 0.007366 | 0.015517 |
| 89  | 0.57360902 | 0.0103158 | 0.9896842 | 0.004255 | 0.008963 |
| 90  | 0.65097792 | 0.0055968 | 0.9944032 | 0.002286 | 0.004815 |
| 91  | 0.73879245 | 0.0027961 | 0.9972039 | 0.001131 | 0.002382 |
| 92  | 0.8384629  | 0.0012721 | 0.9987279 | 0.000509 | 0.001073 |
| 93  | 0.95158993 | 0.0005204 | 0.9994796 | 0.000206 | 0.000435 |
| 94  | 1.07999034 | 0.0001887 | 0.9998113 | 7.41E-05 | 0.000156 |
| 95  | 1.22572619 | 5.967E-05 | 0.9999403 | 2.32E-05 | 4.88E-05 |
| 96  | 1.39113796 | 1.615E-05 | 0.9999838 | 6.21E-06 | 1.31E-05 |
| 97  | 1.57888211 | 3.666E-06 | 0.9999963 | 1.4E-06  | 2.94E-06 |
| 98  | 1.79197374 | 6.811E-07 | 0.9999993 | 2.57E-07 | 5.41E-07 |
| 99  | 2.03383505 | 1.008E-07 | 0.9999999 | 3.76E-08 | 7.93E-08 |
| 100 | 2.30835025 | 1.153E-08 | 1         | 4.26E-09 | 8.98E-09 |
| 101 | 2.61992798 | 9.844E-10 | 1         | 3.6E-10  | 7.59E-10 |