3 VAJA IZ MEHANIKE TRDNIH TELES

tenzor napetosti I

Naloga 7

Naloga 7

Tenzor napetosti v kartezijskem koordinatnem sistemu (x, y, z) z bazo $\{\boldsymbol{e}_x, \boldsymbol{e}_y, \boldsymbol{e}_z\}$ opišemo z matriko

$$[\sigma_{ij}] = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} .$$

Določi komponente tenzorja napetosti $[\sigma_{\alpha\beta}]$, izražene v novi bazi $\{\boldsymbol{e}_\xi, \boldsymbol{e}_\eta, \boldsymbol{e}_\zeta\}$. Privzemi sledeče zveze med baznimi vektorji: $\boldsymbol{e}_\xi = -\boldsymbol{e}_y$, $\boldsymbol{e}_\eta = \boldsymbol{e}_x$ in $\boldsymbol{e}_\zeta = \boldsymbol{e}_z$.

Naloga 7

Tenzor napetosti v kartezijskem koordinatnem sistemu (x, y, z) z bazo $\{\boldsymbol{e}_x, \boldsymbol{e}_y, \boldsymbol{e}_z\}$ opišemo z matriko

$$[\sigma_{ij}] = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} .$$

Določi komponente tenzorja napetosti $[\sigma_{\alpha\beta}]$, izražene v novi bazi $\{\boldsymbol{e}_\xi, \boldsymbol{e}_\eta, \boldsymbol{e}_\zeta\}$. Privzemi sledeče zveze med baznimi vektorji: $\boldsymbol{e}_\xi = -\boldsymbol{e}_y$, $\boldsymbol{e}_\eta = \boldsymbol{e}_x$ in $\boldsymbol{e}_\zeta = \boldsymbol{e}_z$.

Fizikalno gledano, lahko novo bazo dobim z rotacijo stare okrog osi $\boldsymbol{e}_z$ za kot -90°.

Tenzor napetosti v običajni bazi $\{\boldsymbol{e}_x, \boldsymbol{e}_y, \boldsymbol{e}_z\}$ predstavimo z matriko

$$[\sigma_{ij}] = \begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{yx} & \sigma_{yy} & \sigma_{yz} \\ \sigma_{zx} & \sigma_{zy} & \sigma_{zz} \end{bmatrix} .$$

Tenzor napetosti v običajni bazi $\{\boldsymbol{e}_x, \boldsymbol{e}_y, \boldsymbol{e}_z\}$ predstavimo z matriko

$$[\sigma_{ij}] = \begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{yx} & \sigma_{yy} & \sigma_{yz} \\ \sigma_{zx} & \sigma_{zy} & \sigma_{zz} \end{bmatrix}.$$

Napetostne vektorje zapišemo z enačbami

$$\begin{aligned}
\boldsymbol{\sigma}_x &= \sigma_{xx}\,\boldsymbol{e}_x + \sigma_{xy}\,\boldsymbol{e}_y + \sigma_{xz}\,\boldsymbol{e}_z, \\
\boldsymbol{\sigma}_y &= \sigma_{yx}\,\boldsymbol{e}_x + \sigma_{yy}\,\boldsymbol{e}_y + \sigma_{yz}\,\boldsymbol{e}_z, \\
\boldsymbol{\sigma}_z &= \sigma_{zx}\,\boldsymbol{e}_x + \sigma_{zy}\,\boldsymbol{e}_y + \sigma_{zz}\,\boldsymbol{e}_z.
\end{aligned}$$

Tenzor napetosti v običajni bazi $\{\boldsymbol{e}_x, \boldsymbol{e}_y, \boldsymbol{e}_z\}$ predstavimo z matriko

$$[\sigma_{ij}] = \begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{yx} & \sigma_{yy} & \sigma_{yz} \\ \sigma_{zx} & \sigma_{zy} & \sigma_{zz} \end{bmatrix}.$$

Napetostne vektorje zapišemo z enačbami

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\sigma}_x &= \sigma_{xx}\,\boldsymbol{e}_x + \sigma_{xy}\,\boldsymbol{e}_y + \sigma_{xz}\,\boldsymbol{e}_z, \\ \boldsymbol{\sigma}_y &= \sigma_{yx}\,\boldsymbol{e}_x + \sigma_{yy}\,\boldsymbol{e}_y + \sigma_{yz}\,\boldsymbol{e}_z, \\ \boldsymbol{\sigma}_z &= \sigma_{zx}\,\boldsymbol{e}_x + \sigma_{zy}\,\boldsymbol{e}_y + \sigma_{zz}\,\boldsymbol{e}_z. \end{aligned}$$

Fizikalni pomen od nič različnih komponent je razviden iz slike 1.

Tenzor napetosti v običajni bazi $\{\boldsymbol{e}_x, \boldsymbol{e}_y, \boldsymbol{e}_z\}$ predstavimo z matriko

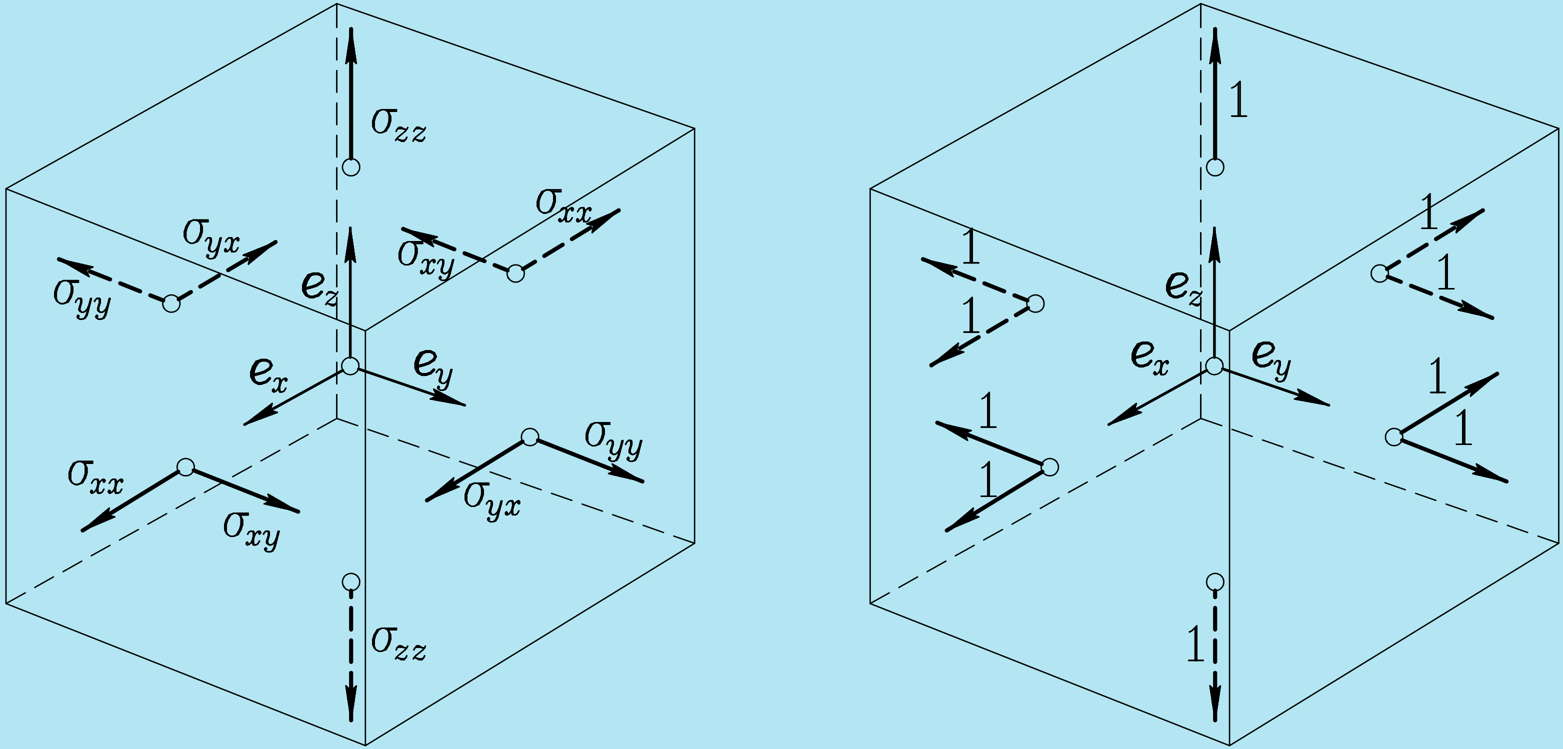
$$[\sigma_{ij}] = \begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{yx} & \sigma_{yy} & \sigma_{yz} \\ \sigma_{zx} & \sigma_{zy} & \sigma_{zz} \end{bmatrix}.$$

Napetostne vektorje zapišemo z enačbami

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\sigma}_x &= \sigma_{xx}\,\boldsymbol{e}_x + \sigma_{xy}\,\boldsymbol{e}_y + \sigma_{xz}\,\boldsymbol{e}_z, \\ \boldsymbol{\sigma}_y &= \sigma_{yx}\,\boldsymbol{e}_x + \sigma_{yy}\,\boldsymbol{e}_y + \sigma_{yz}\,\boldsymbol{e}_z, \\ \boldsymbol{\sigma}_z &= \sigma_{zx}\,\boldsymbol{e}_x + \sigma_{zy}\,\boldsymbol{e}_y + \sigma_{zz}\,\boldsymbol{e}_z. \end{aligned}$$

Fizikalni pomen od nič različnih komponent je razviden iz slike 1. Prikazane napetosti dejanko pripadajo točki v središču kocke, na elementarni kocki smo jih narisali le zaradi preglednosti.

Fizikalni pomen od nič različnih komponent tenzorja napetosti v bazi $\{\boldsymbol{e}_x, \boldsymbol{e}_y, \boldsymbol{e}_z\}$. Leva slika prikazuje smeri delovanja komponent tenzorja napetosti v izbrani bazi, desna pa dejansko napetostno stanje.



Slika 1

Tenzor napetosti v novi bazi $\{\boldsymbol{e}_\xi, \boldsymbol{e}_\eta, \boldsymbol{e}_\zeta\}$ predstavimo z matriko

$$[\sigma_{\alpha\beta}] = \begin{bmatrix} \sigma_{\xi\xi} & \sigma_{\xi\eta} & \sigma_{\xi\zeta} \\ \sigma_{\eta\xi} & \sigma_{\eta\eta} & \sigma_{\eta\zeta} \\ \sigma_{\zeta\xi} & \sigma_{\zeta\eta} & \sigma_{\zeta\zeta} \end{bmatrix} .$$

Tenzor napetosti v novi bazi $\{\boldsymbol{e}_\xi, \boldsymbol{e}_\eta, \boldsymbol{e}_\zeta\}$ predstavimo z matriko

$$[\sigma_{\alpha\beta}] = \begin{bmatrix} \sigma_{\xi\xi} & \sigma_{\xi\eta} & \sigma_{\xi\zeta} \\ \sigma_{\eta\xi} & \sigma_{\eta\eta} & \sigma_{\eta\zeta} \\ \sigma_{\zeta\xi} & \sigma_{\zeta\eta} & \sigma_{\zeta\zeta} \end{bmatrix} .$$

Napetostne vektorje zapišemo z enačbami

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\sigma}_\xi &= \sigma_{\xi\xi}\,\boldsymbol{e}_\xi + \sigma_{\xi\eta}\,\boldsymbol{e}_\eta + \sigma_{\xi\zeta}\,\boldsymbol{e}_\zeta, \\ \boldsymbol{\sigma}_\eta &= \sigma_{\eta\xi}\,\boldsymbol{e}_\xi + \sigma_{\eta\eta}\,\boldsymbol{e}_\eta + \sigma_{\eta\zeta}\,\boldsymbol{e}_\zeta, \\ \boldsymbol{\sigma}_\zeta &= \sigma_{\zeta\xi}\,\boldsymbol{e}_\xi + \sigma_{\zeta\eta}\,\boldsymbol{e}_\eta + \sigma_{\zeta\zeta}\,\boldsymbol{e}_\zeta. \end{aligned}$$

Tenzor napetosti v novi bazi $\{\boldsymbol{e}_\xi, \boldsymbol{e}_\eta, \boldsymbol{e}_\zeta\}$ predstavimo z matriko

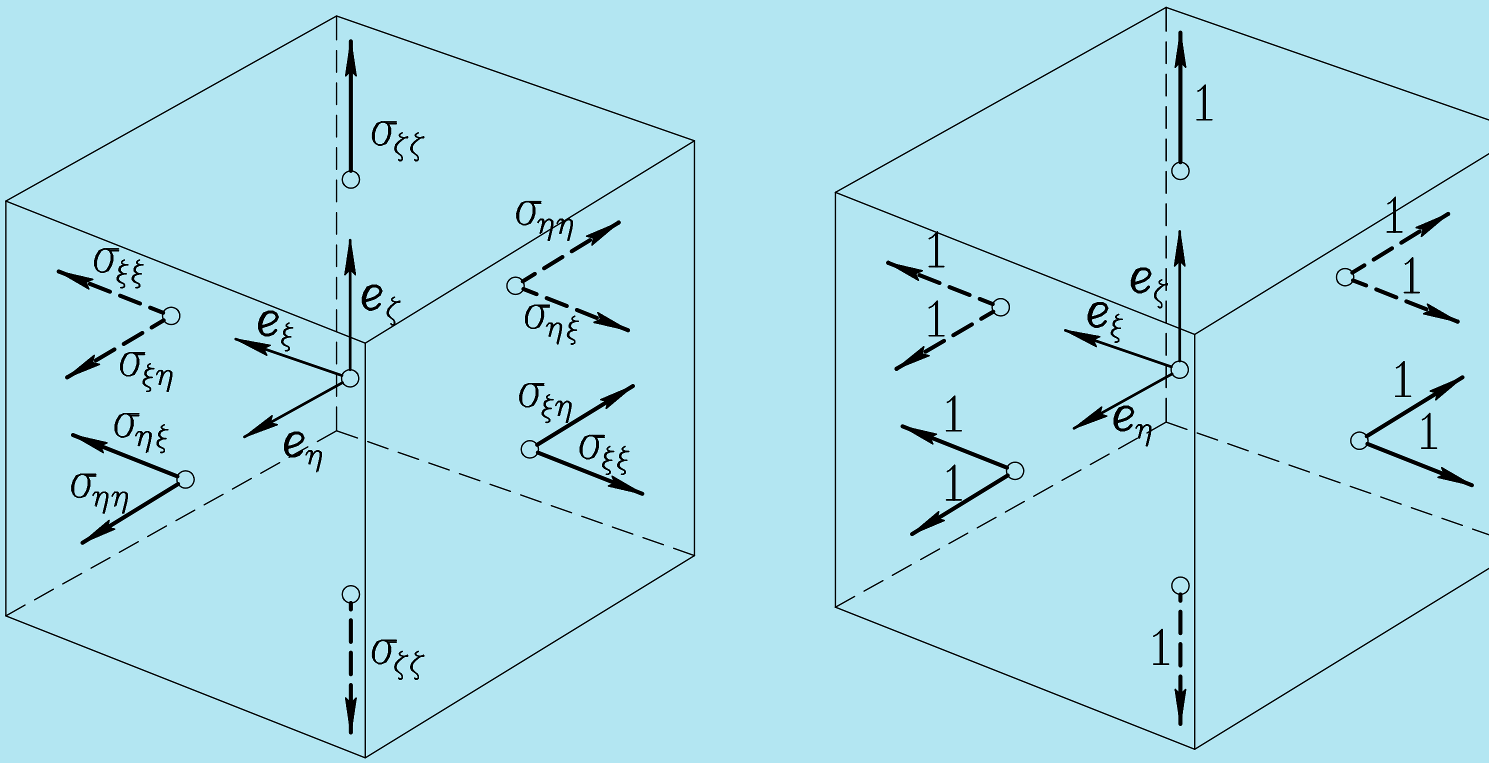
$$[\sigma_{\alpha\beta}] = \begin{bmatrix} \sigma_{\xi\xi} & \sigma_{\xi\eta} & \sigma_{\xi\zeta} \\ \sigma_{\eta\xi} & \sigma_{\eta\eta} & \sigma_{\eta\zeta} \\ \sigma_{\zeta\xi} & \sigma_{\zeta\eta} & \sigma_{\zeta\zeta} \end{bmatrix} .$$

Napetostne vektorje zapišemo z enačbami

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\sigma}_\xi &= \sigma_{\xi\xi}\, \boldsymbol{e}_\xi + \sigma_{\xi\eta}\, \boldsymbol{e}_\eta + \sigma_{\xi\zeta}\, \boldsymbol{e}_\zeta, \\ \boldsymbol{\sigma}_\eta &= \sigma_{\eta\xi}\, \boldsymbol{e}_\xi + \sigma_{\eta\eta}\, \boldsymbol{e}_\eta + \sigma_{\eta\zeta}\, \boldsymbol{e}_\zeta, \\ \boldsymbol{\sigma}_\zeta &= \sigma_{\zeta\xi}\, \boldsymbol{e}_\xi + \sigma_{\zeta\eta}\, \boldsymbol{e}_\eta + \sigma_{\zeta\zeta}\, \boldsymbol{e}_\zeta. \end{aligned}$$

Fizikalni pomen od nič različnih komponent je tako razviden iz slike 2.

Fizikalni pomen od nič različnih komponent tenzorja napetosti v bazi $\{\boldsymbol{e}_\xi, \boldsymbol{e}_\eta, \boldsymbol{e}_\zeta\}$. Leva slika prikazuje smeri delovanja komponent tenzorja napetosti v izbrani bazi, desna pa dejansko napetostno stanje.



Slika 2

Iz slike 2 lahko s primerjavo leve in desne kocke preberemo komponente tenzorja napetosti v novi bazi.

$$[\sigma_{\alpha\beta}] = \begin{bmatrix} \sigma_{\xi\xi} & \sigma_{\xi\eta} & \sigma_{\xi\zeta} \\ \sigma_{\eta\xi} & \sigma_{\eta\eta} & \sigma_{\eta\zeta} \\ \sigma_{\zeta\xi} & \sigma_{\zeta\eta} & \sigma_{\zeta\zeta} \end{bmatrix}$$

Iz slike 2 lahko s primerjavo leve in desne kocke preberemo komponente tenzorja napetosti v novi bazi.

$$[\sigma_{\alpha\beta}] = \begin{bmatrix} \sigma_{\xi\xi} & \sigma_{\xi\eta} & \sigma_{\xi\zeta} \\ \sigma_{\eta\xi} & \sigma_{\eta\eta} & \sigma_{\eta\zeta} \\ \sigma_{\zeta\xi} & \sigma_{\zeta\eta} & \sigma_{\zeta\zeta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} .$$

Iz slike 2 lahko s primerjavo leve in desne kocke preberemo komponente tenzorja napetosti v novi bazi.

$$[\sigma_{\alpha\beta}] = \begin{bmatrix} \sigma_{\xi\xi} & \sigma_{\xi\eta} & \sigma_{\xi\zeta} \\ \sigma_{\eta\xi} & \sigma_{\eta\eta} & \sigma_{\eta\zeta} \\ \sigma_{\zeta\xi} & \sigma_{\zeta\eta} & \sigma_{\zeta\zeta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Napetostne vektorje potem zapišemo z enačbami

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\sigma}_\xi &= 1\,\boldsymbol{e}_\xi + 1\,\boldsymbol{e}_\eta, \\ \boldsymbol{\sigma}_\eta &= 1\,\boldsymbol{e}_\xi + 1\,\boldsymbol{e}_\eta, \\ \boldsymbol{\sigma}_\zeta &= 1\,\boldsymbol{e}_\zeta. \end{aligned}$$

Iz slike 2 lahko s primerjavo leve in desne kocke preberemo komponente tenzorja napetosti v novi bazi.

$$[\sigma_{\alpha\beta}] = \begin{bmatrix} \sigma_{\xi\xi} & \sigma_{\xi\eta} & \sigma_{\xi\zeta} \\ \sigma_{\eta\xi} & \sigma_{\eta\eta} & \sigma_{\eta\zeta} \\ \sigma_{\zeta\xi} & \sigma_{\zeta\eta} & \sigma_{\zeta\zeta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} .$$

Napetostne vektorje potem zapišemo z enačbami

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\sigma}_\xi &= 1\,\boldsymbol{e}_\xi + 1\,\boldsymbol{e}_\eta, \\ \boldsymbol{\sigma}_\eta &= 1\,\boldsymbol{e}_\xi + 1\,\boldsymbol{e}_\eta, \\ \boldsymbol{\sigma}_\zeta &= 1\,\boldsymbol{e}_\zeta. \end{aligned}$$

Zaradi enostavnih zvez med baznimi vektorji, smo lahko rezultat preprosto prebrali iz slike 2.

Iz slike 2 lahko s primerjavo leve in desne kocke preberemo komponente tenzorja napetosti v novi bazi.

$$[\sigma_{\alpha\beta}] = \begin{bmatrix} \sigma_{\xi\xi} & \sigma_{\xi\eta} & \sigma_{\xi\zeta} \\ \sigma_{\eta\xi} & \sigma_{\eta\eta} & \sigma_{\eta\zeta} \\ \sigma_{\zeta\xi} & \sigma_{\zeta\eta} & \sigma_{\zeta\zeta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Napetostne vektorje potem zapišemo z enačbami

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\sigma}_\xi &= 1\,\boldsymbol{e}_\xi + 1\,\boldsymbol{e}_\eta, \\ \boldsymbol{\sigma}_\eta &= 1\,\boldsymbol{e}_\xi + 1\,\boldsymbol{e}_\eta, \\ \boldsymbol{\sigma}_\zeta &= 1\,\boldsymbol{e}_\zeta. \end{aligned}$$

Zaradi enostavnih zvez med baznimi vektorji, smo lahko rezultat preprosto prebrali iz slike 2.
V nadaljevanju bomo do istega rezultata prišli še z izračunom.

Komponente tenzorja napetosti v novi bazi so s komponentami tenzorja napetosti v stari bazi povezane z enačbami

$$\sigma_{\alpha\beta} = \sum_{i\in\{x,y,z\}} \sum_{j\in\{x,y,z\}} e_{\alpha\, i}\, e_{\beta\, j}\, \sigma_{ij}, \quad \alpha, \beta \in \{\xi, \eta, \zeta\}. \tag{1}$$

Komponente tenzorja napetosti v novi bazi so s komponentami tenzorja napetosti v stari bazi povezane z enačbami

$$\sigma_{\alpha\beta} = \sum_{i\in\{x,y,z\}} \sum_{j\in\{x,y,z\}} e_{\alpha\, i}\, e_{\beta\, j}\, \sigma_{ij}, \quad \alpha, \beta \in \{\xi, \eta, \zeta\}. \tag{1}$$

Najprej izračunamo koeficiente

Komponente tenzorja napetosti v novi bazi so s komponentami tenzorja napetosti v stari bazi povezane z enačbami

$$\sigma_{\alpha\beta} = \sum_{i\in\{x,y,z\}} \sum_{j\in\{x,y,z\}} e_{\alpha\, i}\, e_{\beta\, j}\, \sigma_{ij}, \quad \alpha, \beta \in \{\xi, \eta, \zeta\}. \tag{1}$$

Najprej izračunamo koeficiente

$$e_{\xi\, x} \;=\; e_{x\, \xi} = \boldsymbol{e}_\xi \cdot \boldsymbol{e}_x = -\boldsymbol{e}_y \cdot \boldsymbol{e}_x = 0,$$

Komponente tenzorja napetosti v novi bazi so s komponentami tenzorja napetosti v stari bazi povezane z enačbami

$$\sigma_{\alpha\beta} = \sum_{i\in\{x,y,z\}} \sum_{j\in\{x,y,z\}} e_{\alpha\, i}\, e_{\beta\, j}\, \sigma_{ij}, \qquad \alpha, \beta \in \{\xi, \eta, \zeta\}. \tag{1}$$

Najprej izračunamo koeficiente

$$\begin{aligned} e_{\xi\, x} &= e_{x\, \xi} = \boldsymbol{e}_\xi \cdot \boldsymbol{e}_x = -\boldsymbol{e}_y \cdot \boldsymbol{e}_x = 0, \\ e_{\xi\, y} &= e_{y\, \xi} = \boldsymbol{e}_\xi \cdot \boldsymbol{e}_y = -\boldsymbol{e}_y \cdot \boldsymbol{e}_y = -1, \end{aligned}$$

Komponente tenzorja napetosti v novi bazi so s komponentami tenzorja napetosti v stari bazi povezane z enačbami

$$\sigma_{\alpha\beta} = \sum_{i\in\{x,y,z\}} \sum_{j\in\{x,y,z\}} e_{\alpha\, i}\, e_{\beta\, j}\, \sigma_{ij}, \quad \alpha, \beta \in \{\xi, \eta, \zeta\}. \tag{1}$$

Najprej izračunamo koeficiente

$$\begin{aligned}
e_{\xi\, x} &= e_{x\,\xi} = \boldsymbol{e}_\xi \cdot \boldsymbol{e}_x = -\boldsymbol{e}_y \cdot \boldsymbol{e}_x = 0, \\
e_{\xi\, y} &= e_{y\,\xi} = \boldsymbol{e}_\xi \cdot \boldsymbol{e}_y = -\boldsymbol{e}_y \cdot \boldsymbol{e}_y = -1, \\
e_{\xi\, z} &= e_{z\,\xi} = \boldsymbol{e}_\xi \cdot \boldsymbol{e}_z = -\boldsymbol{e}_y \cdot \boldsymbol{e}_z = 0,
\end{aligned}$$

Komponente tenzorja napetosti v novi bazi so s komponentami tenzorja napetosti v stari bazi povezane z enačbami

$$\sigma_{\alpha\beta} = \sum_{i\in\{x,y,z\}} \sum_{j\in\{x,y,z\}} e_{\alpha\, i}\, e_{\beta\, j}\, \sigma_{ij}, \quad \alpha, \beta \in \{\xi, \eta, \zeta\}. \tag{1}$$

Najprej izračunamo koeficiente

$$\begin{aligned}
e_{\xi\, x} &= e_{x\,\xi} = \boldsymbol{e}_\xi \cdot \boldsymbol{e}_x = -\boldsymbol{e}_y \cdot \boldsymbol{e}_x = 0,\\
e_{\xi\, y} &= e_{y\,\xi} = \boldsymbol{e}_\xi \cdot \boldsymbol{e}_y = -\boldsymbol{e}_y \cdot \boldsymbol{e}_y = -1,\\
e_{\xi\, z} &= e_{z\,\xi} = \boldsymbol{e}_\xi \cdot \boldsymbol{e}_z = -\boldsymbol{e}_y \cdot \boldsymbol{e}_z = 0,\\
e_{\eta\, x} &= e_{x\,\eta} = \boldsymbol{e}_\eta \cdot \boldsymbol{e}_x = \boldsymbol{e}_x \cdot \boldsymbol{e}_x = 1,
\end{aligned}$$

Komponente tenzorja napetosti v novi bazi so s komponentami tenzorja napetosti v stari bazi povezane z enačbami

$$\sigma_{\alpha\beta} = \sum_{i\in\{x,y,z\}} \sum_{j\in\{x,y,z\}} e_{\alpha\, i}\, e_{\beta\, j}\, \sigma_{ij}, \quad \alpha, \beta \in \{\xi, \eta, \zeta\}. \tag{1}$$

Najprej izračunamo koeficiente

$$\begin{aligned}
e_{\xi\, x} &= e_{x\, \xi} = \boldsymbol{e}_\xi \cdot \boldsymbol{e}_x = -\boldsymbol{e}_y \cdot \boldsymbol{e}_x = 0,\\
e_{\xi\, y} &= e_{y\, \xi} = \boldsymbol{e}_\xi \cdot \boldsymbol{e}_y = -\boldsymbol{e}_y \cdot \boldsymbol{e}_y = -1,\\
e_{\xi\, z} &= e_{z\, \xi} = \boldsymbol{e}_\xi \cdot \boldsymbol{e}_z = -\boldsymbol{e}_y \cdot \boldsymbol{e}_z = 0,\\
e_{\eta\, x} &= e_{x\, \eta} = \boldsymbol{e}_\eta \cdot \boldsymbol{e}_x = \boldsymbol{e}_x \cdot \boldsymbol{e}_x = 1,\\
e_{\eta\, y} &= e_{y\, \eta} = \boldsymbol{e}_\eta \cdot \boldsymbol{e}_y = \boldsymbol{e}_x \cdot \boldsymbol{e}_y = 0,
\end{aligned}$$

Komponente tenzorja napetosti v novi bazi so s komponentami tenzorja napetosti v stari bazi povezane z enačbami

$$\sigma_{\alpha\beta} = \sum_{i\in\{x,y,z\}} \sum_{j\in\{x,y,z\}} e_{\alpha\, i}\, e_{\beta\, j}\, \sigma_{ij}, \quad \alpha, \beta \in \{\xi, \eta, \zeta\}. \tag{1}$$

Najprej izračunamo koeficiente

$$\begin{aligned}
e_{\xi\, x} &= e_{x\,\xi} = \boldsymbol{e}_\xi \cdot \boldsymbol{e}_x = -\boldsymbol{e}_y \cdot \boldsymbol{e}_x = 0, \\
e_{\xi\, y} &= e_{y\,\xi} = \boldsymbol{e}_\xi \cdot \boldsymbol{e}_y = -\boldsymbol{e}_y \cdot \boldsymbol{e}_y = -1, \\
e_{\xi\, z} &= e_{z\,\xi} = \boldsymbol{e}_\xi \cdot \boldsymbol{e}_z = -\boldsymbol{e}_y \cdot \boldsymbol{e}_z = 0, \\
e_{\eta\, x} &= e_{x\,\eta} = \boldsymbol{e}_\eta \cdot \boldsymbol{e}_x = \boldsymbol{e}_x \cdot \boldsymbol{e}_x = 1, \\
e_{\eta\, y} &= e_{y\,\eta} = \boldsymbol{e}_\eta \cdot \boldsymbol{e}_y = \boldsymbol{e}_x \cdot \boldsymbol{e}_y = 0, \\
e_{\eta\, z} &= e_{z\,\eta} = \boldsymbol{e}_\eta \cdot \boldsymbol{e}_z = \boldsymbol{e}_x \cdot \boldsymbol{e}_z = 0,
\end{aligned}$$

Komponente tenzorja napetosti v novi bazi so s komponentami tenzorja napetosti v stari bazi povezane z enačbami

$$\sigma_{\alpha\beta} = \sum_{i\in\{x,y,z\}} \sum_{j\in\{x,y,z\}} e_{\alpha\, i}\, e_{\beta\, j}\, \sigma_{ij}, \quad \alpha, \beta \in \{\xi, \eta, \zeta\}. \tag{1}$$

Najprej izračunamo koeficiente

$$\begin{aligned}
e_{\xi\, x} &= e_{x\, \xi} = \boldsymbol{e}_\xi \cdot \boldsymbol{e}_x = -\boldsymbol{e}_y \cdot \boldsymbol{e}_x = 0, \\
e_{\xi\, y} &= e_{y\, \xi} = \boldsymbol{e}_\xi \cdot \boldsymbol{e}_y = -\boldsymbol{e}_y \cdot \boldsymbol{e}_y = -1, \\
e_{\xi\, z} &= e_{z\, \xi} = \boldsymbol{e}_\xi \cdot \boldsymbol{e}_z = -\boldsymbol{e}_y \cdot \boldsymbol{e}_z = 0, \\
e_{\eta\, x} &= e_{x\, \eta} = \boldsymbol{e}_\eta \cdot \boldsymbol{e}_x = \boldsymbol{e}_x \cdot \boldsymbol{e}_x = 1, \\
e_{\eta\, y} &= e_{y\, \eta} = \boldsymbol{e}_\eta \cdot \boldsymbol{e}_y = \boldsymbol{e}_x \cdot \boldsymbol{e}_y = 0, \\
e_{\eta\, z} &= e_{z\, \eta} = \boldsymbol{e}_\eta \cdot \boldsymbol{e}_z = \boldsymbol{e}_x \cdot \boldsymbol{e}_z = 0, \\
e_{\zeta\, x} &= e_{x\, \zeta} = \boldsymbol{e}_\zeta \cdot \boldsymbol{e}_x = \boldsymbol{e}_z \cdot \boldsymbol{e}_x = 0,
\end{aligned}$$

Komponente tenzorja napetosti v novi bazi so s komponentami tenzorja napetosti v stari bazi povezane z enačbami

$$\sigma_{\alpha\beta} = \sum_{i\in\{x,y,z\}} \sum_{j\in\{x,y,z\}} e_{\alpha\, i}\, e_{\beta\, j}\, \sigma_{ij}, \quad \alpha, \beta \in \{\xi, \eta, \zeta\}. \tag{1}$$

Najprej izračunamo koeficiente

$$\begin{aligned}
e_{\xi\, x} &= e_{x\,\xi} = \boldsymbol{e}_\xi \cdot \boldsymbol{e}_x = -\boldsymbol{e}_y \cdot \boldsymbol{e}_x = 0,\\
e_{\xi\, y} &= e_{y\,\xi} = \boldsymbol{e}_\xi \cdot \boldsymbol{e}_y = -\boldsymbol{e}_y \cdot \boldsymbol{e}_y = -1,\\
e_{\xi\, z} &= e_{z\,\xi} = \boldsymbol{e}_\xi \cdot \boldsymbol{e}_z = -\boldsymbol{e}_y \cdot \boldsymbol{e}_z = 0,\\
e_{\eta\, x} &= e_{x\,\eta} = \boldsymbol{e}_\eta \cdot \boldsymbol{e}_x = \boldsymbol{e}_x \cdot \boldsymbol{e}_x = 1,\\
e_{\eta\, y} &= e_{y\,\eta} = \boldsymbol{e}_\eta \cdot \boldsymbol{e}_y = \boldsymbol{e}_x \cdot \boldsymbol{e}_y = 0,\\
e_{\eta\, z} &= e_{z\,\eta} = \boldsymbol{e}_\eta \cdot \boldsymbol{e}_z = \boldsymbol{e}_x \cdot \boldsymbol{e}_z = 0,\\
e_{\zeta\, x} &= e_{x\,\zeta} = \boldsymbol{e}_\zeta \cdot \boldsymbol{e}_x = \boldsymbol{e}_z \cdot \boldsymbol{e}_x = 0,\\
e_{\zeta\, y} &= e_{y\,\zeta} = \boldsymbol{e}_\zeta \cdot \boldsymbol{e}_y = \boldsymbol{e}_z \cdot \boldsymbol{e}_y = 0,
\end{aligned}$$

$$e_{\zeta\,z} \;=\; e_{z\,\zeta} = \boldsymbol{e}_\zeta \cdot \boldsymbol{e}_z = \boldsymbol{e}_z \cdot \boldsymbol{e}_z = 1.$$

$$e_{\zeta\, z} \;=\; e_{z\,\zeta} = \boldsymbol{e}_\zeta \cdot \boldsymbol{e}_z = \boldsymbol{e}_z \cdot \boldsymbol{e}_z = 1.$$

Potem pa še komponente tenzorja $\sigma_{\alpha\beta}$.

$$e_{\zeta\, z} \;=\; e_{z\, \zeta} = \boldsymbol{e}_\zeta \cdot \boldsymbol{e}_z = \boldsymbol{e}_z \cdot \boldsymbol{e}_z = 1.$$

Potem pa še komponente tenzorja $\sigma_{\alpha\beta}$.

Najprej diagonalne.

$$e_{\zeta\, z} \;=\; e_{z\,\zeta} = \boldsymbol{e}_\zeta \cdot \boldsymbol{e}_z = \boldsymbol{e}_z \cdot \boldsymbol{e}_z = 1.$$

Potem pa še komponente tenzorja $\sigma_{\alpha\beta}$.

Najprej diagonalne.

$$\begin{aligned}\sigma_{\xi\,\xi} \;&=\; e_{\xi\,x}^2\,\sigma_{xx} + e_{\xi\,y}^2\,\sigma_{yy} + e_{\xi\,z}^2\,\sigma_{zz} + \\ &+\; 2\,e_{\xi\,x}\,e_{\xi\,y}\,\sigma_{xy} + 2\,e_{\xi\,x}\,e_{\xi\,z}\,\sigma_{xz} + 2\,e_{\xi\,y}\,e_{\xi\,z}\,\sigma_{yz} =\end{aligned}$$

$$e_{\zeta\, z} \;=\; e_{z\, \zeta} = \boldsymbol{e}_\zeta \cdot \boldsymbol{e}_z = \boldsymbol{e}_z \cdot \boldsymbol{e}_z = 1.$$

Potem pa še komponente tenzorja $\sigma_{\alpha\beta}$.
Najprej diagonalne.

$$\begin{aligned}
\sigma_{\xi\,\xi} \;&=\; e^2_{\xi\, x}\, \sigma_{xx} + e^2_{\xi\, y}\, \sigma_{yy} + e^2_{\xi\, z}\, \sigma_{zz} + \\
&+\; 2\, e_{\xi\, x}\, e_{\xi\, y}\, \sigma_{xy} + 2\, e_{\xi\, x}\, e_{\xi\, z}\, \sigma_{xz} + 2\, e_{\xi\, y}\, e_{\xi\, z}\, \sigma_{yz} = \\
&=\; e^2_{\xi\, y}\, \sigma_{yy} = 1,
\end{aligned}$$

$$e_{\zeta\, z} \;=\; e_{z\,\zeta} = \boldsymbol{e}_\zeta \cdot \boldsymbol{e}_z = \boldsymbol{e}_z \cdot \boldsymbol{e}_z = 1.$$

Potem pa še komponente tenzorja $\sigma_{\alpha\beta}$.

Najprej diagonalne.

$$\begin{aligned}
\sigma_{\xi\,\xi} \;&=\; e^2_{\xi\,x}\,\sigma_{xx} + e^2_{\xi\,y}\,\sigma_{yy} + e^2_{\xi\,z}\,\sigma_{zz} + \\
&+\; 2\,e_{\xi\,x}\,e_{\xi\,y}\,\sigma_{xy} + 2\,e_{\xi\,x}\,e_{\xi\,z}\,\sigma_{xz} + 2\,e_{\xi\,y}\,e_{\xi\,z}\,\sigma_{yz} = \\
&=\; e^2_{\xi\,y}\,\sigma_{yy} = 1, \\
\sigma_{\eta\,\eta} \;&=\; e^2_{\eta\,x}\,\sigma_{xx} + e^2_{\eta\,y}\,\sigma_{yy} + e^2_{\eta\,z}\,\sigma_{zz} + \\
&+\; 2\,e_{\eta\,x}\,e_{\eta\,y}\,\sigma_{xy} + 2\,e_{\eta\,x}\,e_{\eta\,z}\,\sigma_{xz} + 2\,e_{\eta\,y}\,e_{\eta\,z}\,\sigma_{yz} =
\end{aligned}$$

$$e_{\zeta\, z} \;=\; e_{z\,\zeta} = \boldsymbol{e}_\zeta \cdot \boldsymbol{e}_z = \boldsymbol{e}_z \cdot \boldsymbol{e}_z = 1.$$

Potem pa še komponente tenzorja $\sigma_{\alpha\beta}$.

Najprej diagonalne.

$$\begin{aligned}
\sigma_{\xi\,\xi} &= e^2_{\xi\,x}\,\sigma_{xx} + e^2_{\xi\,y}\,\sigma_{yy} + e^2_{\xi\,z}\,\sigma_{zz} + \\
&+ 2\,e_{\xi\,x}\,e_{\xi\,y}\,\sigma_{xy} + 2\,e_{\xi\,x}\,e_{\xi\,z}\,\sigma_{xz} + 2\,e_{\xi\,y}\,e_{\xi\,z}\,\sigma_{yz} = \\
&= e^2_{\xi\,y}\,\sigma_{yy} = 1, \\
\sigma_{\eta\,\eta} &= e^2_{\eta\,x}\,\sigma_{xx} + e^2_{\eta\,y}\,\sigma_{yy} + e^2_{\eta\,z}\,\sigma_{zz} + \\
&+ 2\,e_{\eta\,x}\,e_{\eta\,y}\,\sigma_{xy} + 2\,e_{\eta\,x}\,e_{\eta\,z}\,\sigma_{xz} + 2\,e_{\eta\,y}\,e_{\eta\,z}\,\sigma_{yz} = \\
&= e^2_{\eta\,x}\,\sigma_{xx} = 1,
\end{aligned}$$

$$e_{\zeta\, z} \;=\; e_{z\,\zeta} = \boldsymbol{e}_\zeta \cdot \boldsymbol{e}_z = \boldsymbol{e}_z \cdot \boldsymbol{e}_z = 1.$$

Potem pa še komponente tenzorja $\sigma_{\alpha\beta}$.
Najprej diagonalne.

$$\begin{aligned}
\sigma_{\xi\,\xi} \;&=\; e_{\xi\,x}^2\,\sigma_{xx} + e_{\xi\,y}^2\,\sigma_{yy} + e_{\xi\,z}^2\,\sigma_{zz} + \\
&+\; 2\,e_{\xi\,x}\,e_{\xi\,y}\,\sigma_{xy} + 2\,e_{\xi\,x}\,e_{\xi\,z}\,\sigma_{xz} + 2\,e_{\xi\,y}\,e_{\xi\,z}\,\sigma_{yz} = \\
&=\; e_{\xi\,y}^2\,\sigma_{yy} = 1, \\
\sigma_{\eta\,\eta} \;&=\; e_{\eta\,x}^2\,\sigma_{xx} + e_{\eta\,y}^2\,\sigma_{yy} + e_{\eta\,z}^2\,\sigma_{zz} + \\
&+\; 2\,e_{\eta\,x}\,e_{\eta\,y}\,\sigma_{xy} + 2\,e_{\eta\,x}\,e_{\eta\,z}\,\sigma_{xz} + 2\,e_{\eta\,y}\,e_{\eta\,z}\,\sigma_{yz} = \\
&=\; e_{\eta\,x}^2\,\sigma_{xx} = 1, \\
\sigma_{\zeta\,\zeta} \;&=\; e_{\zeta\,x}^2\,\sigma_{xx} + e_{\zeta\,y}^2\,\sigma_{yy} + e_{\zeta\,z}^2\,\sigma_{zz} + \\
&+\; 2\,e_{\zeta\,x}\,e_{\zeta\,y}\,\sigma_{xy} + 2\,e_{\zeta\,x}\,e_{\zeta\,z}\,\sigma_{xz} + 2\,e_{\zeta\,y}\,e_{\zeta\,z}\,\sigma_{yz} =
\end{aligned}$$

$$e_{\zeta\,z} \;=\; e_{z\,\zeta} = \boldsymbol{e}_\zeta \cdot \boldsymbol{e}_z = \boldsymbol{e}_z \cdot \boldsymbol{e}_z = 1.$$

Potem pa še komponente tenzorja $\sigma_{\alpha\beta}$.

Najprej diagonalne.

$$\begin{aligned}
\sigma_{\xi\,\xi} \;&=\; e^2_{\xi\,x}\,\sigma_{xx} + e^2_{\xi\,y}\,\sigma_{yy} + e^2_{\xi\,z}\,\sigma_{zz} + \\
&+\; 2\,e_{\xi\,x}\,e_{\xi\,y}\,\sigma_{xy} + 2\,e_{\xi\,x}\,e_{\xi\,z}\,\sigma_{xz} + 2\,e_{\xi\,y}\,e_{\xi\,z}\,\sigma_{yz} = \\
&=\; e^2_{\xi\,y}\,\sigma_{yy} = 1, \\
\sigma_{\eta\,\eta} \;&=\; e^2_{\eta\,x}\,\sigma_{xx} + e^2_{\eta\,y}\,\sigma_{yy} + e^2_{\eta\,z}\,\sigma_{zz} + \\
&+\; 2\,e_{\eta\,x}\,e_{\eta\,y}\,\sigma_{xy} + 2\,e_{\eta\,x}\,e_{\eta\,z}\,\sigma_{xz} + 2\,e_{\eta\,y}\,e_{\eta\,z}\,\sigma_{yz} = \\
&=\; e^2_{\eta\,x}\,\sigma_{xx} = 1, \\
\sigma_{\zeta\,\zeta} \;&=\; e^2_{\zeta\,x}\,\sigma_{xx} + e^2_{\zeta\,y}\,\sigma_{yy} + e^2_{\zeta\,z}\,\sigma_{zz} + \\
&+\; 2\,e_{\zeta\,x}\,e_{\zeta\,y}\,\sigma_{xy} + 2\,e_{\zeta\,x}\,e_{\zeta\,z}\,\sigma_{xz} + 2\,e_{\zeta\,y}\,e_{\zeta\,z}\,\sigma_{yz} = \\
&=\; e^2_{\zeta\,z}\,\sigma_{zz} = 1.
\end{aligned}$$

Nato izven diagonalne.

$$\begin{aligned}
\sigma_{\xi\,\eta} &= e_{\xi\,x}\,e_{\eta\,x}\,\sigma_{xx} + e_{\xi\,x}\,e_{\eta\,y}\,\sigma_{xy} + e_{\xi\,x}\,e_{\eta\,z}\,\sigma_{xz} + \\
&+ e_{\xi\,y}\,e_{\eta\,x}\,\sigma_{yx} + e_{\xi\,y}\,e_{\eta\,y}\,\sigma_{yy} + e_{\xi\,y}\,e_{\eta\,z}\,\sigma_{yz} + \\
&+ e_{\xi\,z}\,e_{\eta\,x}\,\sigma_{zx} + e_{\xi\,z}\,e_{\eta\,y}\,\sigma_{zy} + e_{\xi\,z}\,e_{\eta\,z}\,\sigma_{zz} =
\end{aligned}$$

Nato izven diagonalne.

$$
\begin{aligned}
\sigma_{\xi\,\eta} &= e_{\xi\,x}\,e_{\eta\,x}\,\sigma_{xx} + e_{\xi\,x}\,e_{\eta\,y}\,\sigma_{xy} + e_{\xi\,x}\,e_{\eta\,z}\,\sigma_{xz} + \\
&+ e_{\xi\,y}\,e_{\eta\,x}\,\sigma_{yx} + e_{\xi\,y}\,e_{\eta\,y}\,\sigma_{yy} + e_{\xi\,y}\,e_{\eta\,z}\,\sigma_{yz} + \\
&+ e_{\xi\,z}\,e_{\eta\,x}\,\sigma_{zx} + e_{\xi\,z}\,e_{\eta\,y}\,\sigma_{zy} + e_{\xi\,z}\,e_{\eta\,z}\,\sigma_{zz} = \\
&= e_{\xi\,y}\,e_{\eta\,x}\,\sigma_{yx} = 1,
\end{aligned}
$$

Nato izven diagonalne.

$$\begin{aligned}
\sigma_{\xi\,\eta} &= e_{\xi\,x}\,e_{\eta\,x}\,\sigma_{xx} + e_{\xi\,x}\,e_{\eta\,y}\,\sigma_{xy} + e_{\xi\,x}\,e_{\eta\,z}\,\sigma_{xz} + \\
&+ e_{\xi\,y}\,e_{\eta\,x}\,\sigma_{yx} + e_{\xi\,y}\,e_{\eta\,y}\,\sigma_{yy} + e_{\xi\,y}\,e_{\eta\,z}\,\sigma_{yz} + \\
&+ e_{\xi\,z}\,e_{\eta\,x}\,\sigma_{zx} + e_{\xi\,z}\,e_{\eta\,y}\,\sigma_{zy} + e_{\xi\,z}\,e_{\eta\,z}\,\sigma_{zz} = \\
&= e_{\xi\,y}\,e_{\eta\,x}\,\sigma_{yx} = 1, \\
\sigma_{\xi\,\zeta} &= e_{\xi\,x}\,e_{\zeta\,x}\,\sigma_{xx} + e_{\xi\,x}\,e_{\zeta\,y}\,\sigma_{xy} + e_{\xi\,x}\,e_{\zeta\,z}\,\sigma_{xz} + \\
&+ e_{\xi\,y}\,e_{\zeta\,x}\,\sigma_{yx} + e_{\xi\,y}\,e_{\zeta\,y}\,\sigma_{yy} + e_{\xi\,y}\,e_{\zeta\,z}\,\sigma_{yz} + \\
&+ e_{\xi\,z}\,e_{\zeta\,x}\,\sigma_{zx} + e_{\xi\,z}\,e_{\zeta\,y}\,\sigma_{zy} + e_{\xi\,z}\,e_{\zeta\,z}\,\sigma_{zz} =
\end{aligned}$$

Nato izven diagonalne.

$$
\begin{aligned}
\sigma_{\xi\,\eta} &= e_{\xi\,x}\, e_{\eta\,x}\, \sigma_{xx} + e_{\xi\,x}\, e_{\eta\,y}\, \sigma_{xy} + e_{\xi\,x}\, e_{\eta\,z}\, \sigma_{xz} + \\
&+ e_{\xi\,y}\, e_{\eta\,x}\, \sigma_{yx} + e_{\xi\,y}\, e_{\eta\,y}\, \sigma_{yy} + e_{\xi\,y}\, e_{\eta\,z}\, \sigma_{yz} + \\
&+ e_{\xi\,z}\, e_{\eta\,x}\, \sigma_{zx} + e_{\xi\,z}\, e_{\eta\,y}\, \sigma_{zy} + e_{\xi\,z}\, e_{\eta\,z}\, \sigma_{zz} = \\
&= e_{\xi\,y}\, e_{\eta\,x}\, \sigma_{yx} = 1, \\
\sigma_{\xi\,\zeta} &= e_{\xi\,x}\, e_{\zeta\,x}\, \sigma_{xx} + e_{\xi\,x}\, e_{\zeta\,y}\, \sigma_{xy} + e_{\xi\,x}\, e_{\zeta\,z}\, \sigma_{xz} + \\
&+ e_{\xi\,y}\, e_{\zeta\,x}\, \sigma_{yx} + e_{\xi\,y}\, e_{\zeta\,y}\, \sigma_{yy} + e_{\xi\,y}\, e_{\zeta\,z}\, \sigma_{yz} + \\
&+ e_{\xi\,z}\, e_{\zeta\,x}\, \sigma_{zx} + e_{\xi\,z}\, e_{\zeta\,y}\, \sigma_{zy} + e_{\xi\,z}\, e_{\zeta\,z}\, \sigma_{zz} = \\
&= 0,
\end{aligned}
$$

Nato izven diagonalne.

$$
\begin{aligned}
\sigma_{\xi\,\eta} &= e_{\xi\,x}\,e_{\eta\,x}\,\sigma_{xx} + e_{\xi\,x}\,e_{\eta\,y}\,\sigma_{xy} + e_{\xi\,x}\,e_{\eta\,z}\,\sigma_{xz} + \\
&+ e_{\xi\,y}\,e_{\eta\,x}\,\sigma_{yx} + e_{\xi\,y}\,e_{\eta\,y}\,\sigma_{yy} + e_{\xi\,y}\,e_{\eta\,z}\,\sigma_{yz} + \\
&+ e_{\xi\,z}\,e_{\eta\,x}\,\sigma_{zx} + e_{\xi\,z}\,e_{\eta\,y}\,\sigma_{zy} + e_{\xi\,z}\,e_{\eta\,z}\,\sigma_{zz} = \\
&= e_{\xi\,y}\,e_{\eta\,x}\,\sigma_{yx} = 1, \\
\sigma_{\xi\,\zeta} &= e_{\xi\,x}\,e_{\zeta\,x}\,\sigma_{xx} + e_{\xi\,x}\,e_{\zeta\,y}\,\sigma_{xy} + e_{\xi\,x}\,e_{\zeta\,z}\,\sigma_{xz} + \\
&+ e_{\xi\,y}\,e_{\zeta\,x}\,\sigma_{yx} + e_{\xi\,y}\,e_{\zeta\,y}\,\sigma_{yy} + e_{\xi\,y}\,e_{\zeta\,z}\,\sigma_{yz} + \\
&+ e_{\xi\,z}\,e_{\zeta\,x}\,\sigma_{zx} + e_{\xi\,z}\,e_{\zeta\,y}\,\sigma_{zy} + e_{\xi\,z}\,e_{\zeta\,z}\,\sigma_{zz} = \\
&= 0, \\
\sigma_{\eta\,\zeta} &= e_{\eta\,x}\,e_{\zeta\,x}\,\sigma_{xx} + e_{\eta\,x}\,e_{\zeta\,y}\,\sigma_{xy} + e_{\eta\,x}\,e_{\zeta\,z}\,\sigma_{xz} + \\
&+ e_{\eta\,y}\,e_{\zeta\,x}\,\sigma_{yx} + e_{\eta\,y}\,e_{\zeta\,y}\,\sigma_{yy} + e_{\eta\,y}\,e_{\zeta\,z}\,\sigma_{yz} + \\
&+ e_{\eta\,z}\,e_{\zeta\,x}\,\sigma_{zx} + e_{\eta\,z}\,e_{\zeta\,y}\,\sigma_{zy} + e_{\eta\,z}\,e_{\zeta\,z}\,\sigma_{zz} =
\end{aligned}
$$

Nato izven diagonalne.

$$\begin{aligned}
\sigma_{\xi\,\eta} &= e_{\xi\,x}\,e_{\eta\,x}\,\sigma_{xx} + e_{\xi\,x}\,e_{\eta\,y}\,\sigma_{xy} + e_{\xi\,x}\,e_{\eta\,z}\,\sigma_{xz} + \\
&+ e_{\xi\,y}\,e_{\eta\,x}\,\sigma_{yx} + e_{\xi\,y}\,e_{\eta\,y}\,\sigma_{yy} + e_{\xi\,y}\,e_{\eta\,z}\,\sigma_{yz} + \\
&+ e_{\xi\,z}\,e_{\eta\,x}\,\sigma_{zx} + e_{\xi\,z}\,e_{\eta\,y}\,\sigma_{zy} + e_{\xi\,z}\,e_{\eta\,z}\,\sigma_{zz} = \\
&= e_{\xi\,y}\,e_{\eta\,x}\,\sigma_{yx} = 1, \\
\sigma_{\xi\,\zeta} &= e_{\xi\,x}\,e_{\zeta\,x}\,\sigma_{xx} + e_{\xi\,x}\,e_{\zeta\,y}\,\sigma_{xy} + e_{\xi\,x}\,e_{\zeta\,z}\,\sigma_{xz} + \\
&+ e_{\xi\,y}\,e_{\zeta\,x}\,\sigma_{yx} + e_{\xi\,y}\,e_{\zeta\,y}\,\sigma_{yy} + e_{\xi\,y}\,e_{\zeta\,z}\,\sigma_{yz} + \\
&+ e_{\xi\,z}\,e_{\zeta\,x}\,\sigma_{zx} + e_{\xi\,z}\,e_{\zeta\,y}\,\sigma_{zy} + e_{\xi\,z}\,e_{\zeta\,z}\,\sigma_{zz} = \\
&= 0, \\
\sigma_{\eta\,\zeta} &= e_{\eta\,x}\,e_{\zeta\,x}\,\sigma_{xx} + e_{\eta\,x}\,e_{\zeta\,y}\,\sigma_{xy} + e_{\eta\,x}\,e_{\zeta\,z}\,\sigma_{xz} + \\
&+ e_{\eta\,y}\,e_{\zeta\,x}\,\sigma_{yx} + e_{\eta\,y}\,e_{\zeta\,y}\,\sigma_{yy} + e_{\eta\,y}\,e_{\zeta\,z}\,\sigma_{yz} + \\
&+ e_{\eta\,z}\,e_{\zeta\,x}\,\sigma_{zx} + e_{\eta\,z}\,e_{\zeta\,y}\,\sigma_{zy} + e_{\eta\,z}\,e_{\zeta\,z}\,\sigma_{zz} = \\
&= 0.
\end{aligned}$$

Upoštevamo simetrijo tenzorja in dobljene rezultate povežemo v končni rezultat

$$[\sigma_{\alpha\beta}] = \begin{bmatrix} \sigma_{\xi\xi} & \sigma_{\xi\eta} & \sigma_{\xi\zeta} \\ \sigma_{\eta\xi} & \sigma_{\eta\eta} & \sigma_{\eta\zeta} \\ \sigma_{\zeta\xi} & \sigma_{\zeta\eta} & \sigma_{\zeta\zeta} \end{bmatrix}$$

Upoštevamo simetrijo tenzorja in dobljene rezultate povežemo v končni rezultat

$$[\sigma_{\alpha\beta}] = \begin{bmatrix} \sigma_{\xi\xi} & \sigma_{\xi\eta} & \sigma_{\xi\zeta} \\ \sigma_{\eta\xi} & \sigma_{\eta\eta} & \sigma_{\eta\zeta} \\ \sigma_{\zeta\xi} & \sigma_{\zeta\eta} & \sigma_{\zeta\zeta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} .$$

Do istega rezultata lahko pridemo tudi na drug način.

Do istega rezultata lahko pridemo tudi na drug način.

Tvorimo transformacijsko matriko smernih kosinusov

$$[T] = \begin{bmatrix} e_{\xi\,x} & e_{\eta\,x} & e_{\zeta\,x} \\ e_{\xi\,y} & e_{\eta\,y} & e_{\zeta\,y} \\ e_{\xi\,z} & e_{\eta\,z} & e_{\zeta\,z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{e}_\xi & \boldsymbol{e}_\eta & \boldsymbol{e}_\zeta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Do istega rezultata lahko pridemo tudi na drug način.

Tvorimo transformacijsko matriko smernih kosinusov

$$[T] = \begin{bmatrix} e_{\xi\,x} & e_{\eta\,x} & e_{\zeta\,x} \\ e_{\xi\,y} & e_{\eta\,y} & e_{\zeta\,y} \\ e_{\xi\,z} & e_{\eta\,z} & e_{\zeta\,z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{e}_\xi & \boldsymbol{e}_\eta & \boldsymbol{e}_\zeta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Uporabimo dogovor o seštevanju in enačbe (1) prepišemo v obliko

$$[\sigma_{ij}] = [T]\,[\sigma_{\alpha\beta}]\,[T]^T, \qquad [\sigma_{\alpha\beta}] = [T]^T\,[\sigma_{ij}]\,[T],$$

Do istega rezultata lahko pridemo tudi na drug način.

Tvorimo transformacijsko matriko smernih kosinusov

$$[T] = \begin{bmatrix} e_{\xi\, x} & e_{\eta\, x} & e_{\zeta\, x} \\ e_{\xi\, y} & e_{\eta\, y} & e_{\zeta\, y} \\ e_{\xi\, z} & e_{\eta\, z} & e_{\zeta\, z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{e}_\xi & \boldsymbol{e}_\eta & \boldsymbol{e}_\zeta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Uporabimo dogovor o seštevanju in enačbe (1) prepišemo v obliko

$$[\sigma_{ij}] = [T]\,[\sigma_{\alpha\beta}]\,[T]^T, \qquad [\sigma_{\alpha\beta}] = [T]^T\,[\sigma_{ij}]\,[T],$$

Kratek izračun da

$$[\sigma_{\alpha\beta}] = [T]^T\,[\sigma_{ij}]\,[T] =$$

Do istega rezultata lahko pridemo tudi na drug način.

Tvorimo transformacijsko matriko smernih kosinusov

$$[T] = \begin{bmatrix} e_{\xi\, x} & e_{\eta\, x} & e_{\zeta\, x} \\ e_{\xi\, y} & e_{\eta\, y} & e_{\zeta\, y} \\ e_{\xi\, z} & e_{\eta\, z} & e_{\zeta\, z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{e}_\xi & \boldsymbol{e}_\eta & \boldsymbol{e}_\zeta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Uporabimo dogovor o seštevanju in enačbe (1) prepišemo v obliko

$$[\sigma_{ij}] = [T]\,[\sigma_{\alpha\beta}]\,[T]^T, \qquad [\sigma_{\alpha\beta}] = [T]^T\,[\sigma_{ij}]\,[T],$$

Kratek izračun da

$$[\sigma_{\alpha\beta}] = [T]^T\,[\sigma_{ij}]\,[T] = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} =$$

Do istega rezultata lahko pridemo tudi na drug način.

Tvorimo transformacijsko matriko smernih kosinusov

$$[T] = \begin{bmatrix} e_{\xi\, x} & e_{\eta\, x} & e_{\zeta\, x} \\ e_{\xi\, y} & e_{\eta\, y} & e_{\zeta\, y} \\ e_{\xi\, z} & e_{\eta\, z} & e_{\zeta\, z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{e}_\xi & \boldsymbol{e}_\eta & \boldsymbol{e}_\zeta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Uporabimo dogovor o seštevanju in enačbe (1) prepišemo v obliko

$$[\sigma_{ij}] = [T]\,[\sigma_{\alpha\beta}]\,[T]^T, \qquad [\sigma_{\alpha\beta}] = [T]^T\,[\sigma_{ij}]\,[T],$$

Kratek izračun da

$$[\sigma_{\alpha\beta}] = [T]^T\,[\sigma_{ij}]\,[T] = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Naloga 9

Naloga 9

Tenzor napetosti v kartezijskem koordinatnem sistemu (x, y, z) v bazi $\{\boldsymbol{e}_x, \boldsymbol{e}_y, \boldsymbol{e}_z\}$ opišemo z matriko

$$[\sigma_{ij}] = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Naloga 9

Tenzor napetosti v kartezijskem koordinatnem sistemu (x, y, z) v bazi $\{\boldsymbol{e}_x, \boldsymbol{e}_y, \boldsymbol{e}_z\}$ opišemo z matriko

$$[\sigma_{ij}] = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Pokaži, da obstaja takšna baza $\{\boldsymbol{e}_\xi, \boldsymbol{e}_\eta, \boldsymbol{e}_\zeta\}$ v kateri lahko tenzor predstavimo z matriko

$$[\sigma_{\alpha\beta}] = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Naloga 9

Tenzor napetosti v kartezijskem koordinatnem sistemu (x, y, z) v bazi $\{\boldsymbol{e}_x, \boldsymbol{e}_y, \boldsymbol{e}_z\}$ opišemo z matriko

$$[\sigma_{ij}] = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Pokaži, da obstaja takšna baza $\{\boldsymbol{e}_\xi, \boldsymbol{e}_\eta, \boldsymbol{e}_\zeta\}$ v kateri lahko tenzor predstavimo z matriko

$$[\sigma_{\alpha\beta}] = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Najdi transfomacijsko rotacijsko matriko $[T]$, ki zadošča enačbama

$$[\sigma_{ij}] = [T]\,[\sigma_{\alpha\beta}]\,[T]^T, \qquad [\sigma_{\alpha\beta}] = [T]^T\,[\sigma_{ij}]\,[T].$$

Najdi transfomacijsko rotacijsko matriko $[T]$, ki zadošča enačbama

$$[\sigma_{ij}] = [T]\,[\sigma_{\alpha\beta}]\,[T]^T, \qquad [\sigma_{\alpha\beta}] = [T]^T\,[\sigma_{ij}]\,[T].$$

Pod imenom *rotacijska matrika* označimo matriko $[T]$ reda 3×3 z determinanto 1, za katero velja $[T]^T\,[T] = [I]$.

Najdi transfomacijsko rotacijsko matriko $[T]$, ki zadošča enačbama

$$[\sigma_{ij}] = [T]\,[\sigma_{\alpha\beta}]\,[T]^T, \qquad [\sigma_{\alpha\beta}] = [T]^T\,[\sigma_{ij}]\,[T].$$

Pod imenom *rotacijska matrika* označimo matriko $[T]$ reda 3×3 z determinanto 1, za katero velja $[T]^T\,[T] = [I]$.
Zakaj izmed vseh transformacijskih matrik iščemo ravno rotacijsko matriko?

Najdi transfomacijsko rotacijsko matriko $[T]$, ki zadošča enačbama

$$[\sigma_{ij}] = [T]\,[\sigma_{\alpha\beta}]\,[T]^T, \qquad [\sigma_{\alpha\beta}] = [T]^T\,[\sigma_{ij}]\,[T].$$

Pod imenom *rotacijska matrika* označimo matriko $[T]$ reda 3×3 z determinanto 1, za katero velja $[T]^T\,[T] = [I]$.
Zakaj izmed vseh transformacijskih matrik iščemo ravno rotacijsko matriko? Zato, ker ta podaja operator rotacije (v izbrani bazi, pogosto v stari bazi), ki staro bazo preprosto zarotira v novo bazo.

Najdi transfomacijsko rotacijsko matriko $[T]$, ki zadošča enačbama

$$[\sigma_{ij}] = [T]\,[\sigma_{\alpha\beta}]\,[T]^T, \qquad [\sigma_{\alpha\beta}] = [T]^T\,[\sigma_{ij}]\,[T].$$

Pod imenom *rotacijska matrika* označimo matriko $[T]$ reda 3×3 z determinanto 1, za katero velja $[T]^T\,[T] = [I]$.
Zakaj izmed vseh transformacijskih matrik iščemo ravno rotacijsko matriko? Zato, ker ta podaja operator rotacije (v izbrani bazi, pogosto v stari bazi), ki staro bazo preprosto zarotira v novo bazo. Ali takšna matrika obstaja?

Najdi transfomacijsko rotacijsko matriko $[T]$, ki zadošča enačbama

$$[\sigma_{ij}] = [T]\,[\sigma_{\alpha\beta}]\,[T]^T, \qquad [\sigma_{\alpha\beta}] = [T]^T\,[\sigma_{ij}]\,[T].$$

Pod imenom *rotacijska matrika* označimo matriko $[T]$ reda 3×3 z determinanto 1, za katero velja $[T]^T\,[T] = [I]$.
Zakaj izmed vseh transformacijskih matrik iščemo ravno rotacijsko matriko? Zato, ker ta podaja operator rotacije (v izbrani bazi, pogosto v stari bazi), ki staro bazo preprosto zarotira v novo bazo. Ali takšna matrika obstaja? Ne vedno.

Najdi transfomacijsko rotacijsko matriko $[T]$, ki zadošča enačbama

$$[\sigma_{ij}] = [T]\,[\sigma_{\alpha\beta}]\,[T]^T, \qquad [\sigma_{\alpha\beta}] = [T]^T\,[\sigma_{ij}]\,[T].$$

Pod imenom *rotacijska matrika* označimo matriko $[T]$ reda 3×3 z determinanto 1, za katero velja $[T]^T\,[T] = [I]$.
Zakaj izmed vseh transformacijskih matrik iščemo ravno rotacijsko matriko? Zato, ker ta podaja operator rotacije (v izbrani bazi, pogosto v stari bazi), ki staro bazo preprosto zarotira v novo bazo. Ali takšna matrika obstaja? Ne vedno. Velja pa.

Najdi transfomacijsko rotacijsko matriko $[T]$, ki zadošča enačbama

$$[\sigma_{ij}] = [T]\,[\sigma_{\alpha\beta}]\,[T]^T, \qquad [\sigma_{\alpha\beta}] = [T]^T\,[\sigma_{ij}]\,[T].$$

Pod imenom *rotacijska matrika* označimo matriko $[T]$ reda 3×3 z determinanto 1, za katero velja $[T]^T\,[T] = [I]$.

Zakaj izmed vseh transformacijskih matrik iščemo ravno rotacijsko matriko? Zato, ker ta podaja operator rotacije (v izbrani bazi, pogosto v stari bazi), ki staro bazo preprosto zarotira v novo bazo. Ali takšna matrika obstaja? Ne vedno. Velja pa.

V neprazni množici transformacijskih matrik, ki zadoščajo gornji enačbi, lahko vedno najdemo tudi rotacijsko matriko.

Izračunamo invariante obeh matrik in dobimo

$$I_1^{[\sigma_{ij}]} = 3,$$

Izračunamo invariante obeh matrik in dobimo

$$
\begin{aligned}
I_1^{[\sigma_{ij}]} &= 3, \\
I_2^{[\sigma_{ij}]} &= 2,
\end{aligned}
$$

Izračunamo invariante obeh matrik in dobimo

$$
\begin{aligned}
I_1^{[\sigma_{ij}]} &= 3, \\
I_2^{[\sigma_{ij}]} &= 2, \\
I_3^{[\sigma_{ij}]} &= 0,
\end{aligned}
$$

Izračunamo invariante obeh matrik in dobimo

$$
\begin{aligned}
I_1^{[\sigma_{ij}]} &= 3, \\
I_2^{[\sigma_{ij}]} &= 2, \\
I_3^{[\sigma_{ij}]} &= 0, \\
I_1^{[\sigma_{\alpha\beta}]} &= 3,
\end{aligned}
$$

Izračunamo invariante obeh matrik in dobimo

$$
\begin{aligned}
I_1^{[\sigma_{ij}]} &= 3, \\
I_2^{[\sigma_{ij}]} &= 2, \\
I_3^{[\sigma_{ij}]} &= 0, \\
I_1^{[\sigma_{\alpha\beta}]} &= 3, \\
I_2^{[\sigma_{\alpha\beta}]} &= 2,
\end{aligned}
$$

Izračunamo invariante obeh matrik in dobimo

$$
\begin{aligned}
I_1^{[\sigma_{ij}]} &= 3, \\
I_2^{[\sigma_{ij}]} &= 2, \\
I_3^{[\sigma_{ij}]} &= 0, \\
I_1^{[\sigma_{\alpha\beta}]} &= 3, \\
I_2^{[\sigma_{\alpha\beta}]} &= 2, \\
I_3^{[\sigma_{\alpha\beta}]} &= 0.
\end{aligned}
$$

Izračunamo invariante obeh matrik in dobimo

$$
\begin{aligned}
I_1^{[\sigma_{ij}]} &= 3, \\
I_2^{[\sigma_{ij}]} &= 2, \\
I_3^{[\sigma_{ij}]} &= 0, \\
I_1^{[\sigma_{\alpha\beta}]} &= 3, \\
I_2^{[\sigma_{\alpha\beta}]} &= 2, \\
I_3^{[\sigma_{\alpha\beta}]} &= 0.
\end{aligned}
$$

Ker so invariante obeh matrik enake, takšna rotacijska matrika $[T]$ obstaja.

Izračunamo invariante obeh matrik in dobimo

$$
\begin{aligned}
I_1^{[\sigma_{ij}]} &= 3, \\
I_2^{[\sigma_{ij}]} &= 2, \\
I_3^{[\sigma_{ij}]} &= 0, \\
I_1^{[\sigma_{\alpha\beta}]} &= 3, \\
I_2^{[\sigma_{\alpha\beta}]} &= 2, \\
I_3^{[\sigma_{\alpha\beta}]} &= 0.
\end{aligned}
$$

Ker so invariante obeh matrik enake, takšna rotacijska matrika $[T]$ obstaja. Karakteristična polinoma obeh matrik se seveda ujemata.

Izračunamo invariante obeh matrik in dobimo

$$\begin{aligned}
I_1^{[\sigma_{ij}]} &= 3, \\
I_2^{[\sigma_{ij}]} &= 2, \\
I_3^{[\sigma_{ij}]} &= 0, \\
I_1^{[\sigma_{\alpha\beta}]} &= 3, \\
I_2^{[\sigma_{\alpha\beta}]} &= 2, \\
I_3^{[\sigma_{\alpha\beta}]} &= 0.
\end{aligned}$$

Ker so invariante obeh matrik enake, takšna rotacijska matrika $[T]$ obstaja. Karakteristična polinoma obeh matrik se seveda ujemata.

$$p_{[\sigma_{ij}]}(\lambda) = -\lambda^3 + 3\,\lambda^2 - 2\,\lambda,$$

Izračunamo invariante obeh matrik in dobimo

$$
\begin{aligned}
I_1^{[\sigma_{ij}]} &= 3, \\
I_2^{[\sigma_{ij}]} &= 2, \\
I_3^{[\sigma_{ij}]} &= 0, \\
I_1^{[\sigma_{\alpha\beta}]} &= 3, \\
I_2^{[\sigma_{\alpha\beta}]} &= 2, \\
I_3^{[\sigma_{\alpha\beta}]} &= 0.
\end{aligned}
$$

Ker so invariante obeh matrik enake, takšna rotacijska matrika $[T]$ obstaja. Karakteristična polinoma obeh matrik se seveda ujemata.

$$
\begin{aligned}
p_{[\sigma_{ij}]}(\lambda) &= -\lambda^3 + 3\,\lambda^2 - 2\,\lambda, \\
p_{[\sigma_{\alpha\beta}]}(\lambda) &= -\lambda^3 + 3\,\lambda^2 - 2\,\lambda.
\end{aligned}
$$

Izračunamo pripadajoče lastne vrednosti in lastne vektorje matrike $[\sigma_{ij}]$.

Izračunamo pripadajoče lastne vrednosti in lastne vektorje matrike $[\sigma_{ij}]$.
Lastne vrednosti so ničle karakterističnega polinoma:

Izračunamo pripadajoče lastne vrednosti in lastne vektorje matrike $[\sigma_{ij}]$. Lastne vrednosti so ničle karakterističnega polinoma: $\lambda_1 = 0$, $\lambda_2 = 1$ in $\lambda_3 = 2$.

Izračunamo pripadajoče lastne vrednosti in lastne vektorje matrike $[\sigma_{ij}]$. Lastne vrednosti so ničle karakterističnega polinoma: $\lambda_1 = 0$, $\lambda_2 = 1$ in $\lambda_3 = 2$. Lastne vektorje izračunamo iz enačb

$$[\sigma_{ij}]\,\boldsymbol{u}_1 = \lambda_1\,\boldsymbol{u}_1, \tag{2a}$$

$$[\sigma_{ij}]\,\boldsymbol{u}_2 = \lambda_2\,\boldsymbol{u}_2, \tag{2b}$$

$$[\sigma_{ij}]\,\boldsymbol{u}_3 = \lambda_3\,\boldsymbol{u}_3. \tag{2c}$$

Izračunamo pripadajoče lastne vrednosti in lastne vektorje matrike $[\sigma_{ij}]$. Lastne vrednosti so ničle karakterističnega polinoma: $\lambda_1 = 0$, $\lambda_2 = 1$ in $\lambda_3 = 2$. Lastne vektorje izračunamo iz enačb

$$[\sigma_{ij}]\,\boldsymbol{u}_1 = \lambda_1\,\boldsymbol{u}_1, \tag{2a}$$

$$[\sigma_{ij}]\,\boldsymbol{u}_2 = \lambda_2\,\boldsymbol{u}_2, \tag{2b}$$

$$[\sigma_{ij}]\,\boldsymbol{u}_3 = \lambda_3\,\boldsymbol{u}_3. \tag{2c}$$

Lastne vektorje načeloma lahko množimo s poljubim od nič različim realnim številom, vendar jih pred nadaljnjim izračunom raje normiramo.

Izračunamo pripadajoče lastne vrednosti in lastne vektorje matrike $[\sigma_{ij}]$. Lastne vrednosti so ničle karakterističnega polinoma: $\lambda_1 = 0$, $\lambda_2 = 1$ in $\lambda_3 = 2$. Lastne vektorje izračunamo iz enačb

$$[\sigma_{ij}]\, \boldsymbol{u}_1 \;=\; \lambda_1\, \boldsymbol{u}_1, \tag{2a}$$

$$[\sigma_{ij}]\, \boldsymbol{u}_2 \;=\; \lambda_2\, \boldsymbol{u}_2, \tag{2b}$$

$$[\sigma_{ij}]\, \boldsymbol{u}_3 \;=\; \lambda_3\, \boldsymbol{u}_3. \tag{2c}$$

Lastne vektorje načeloma lahko množimo s poljubim od nič različim realnim številom, vendar jih pred nadaljnjim izračunom raje normiramo. Po normiranju dobimo

$$\boldsymbol{u}_1 = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 \end{bmatrix},$$

Izračunamo pripadajoče lastne vrednosti in lastne vektorje matrike $[\sigma_{ij}]$. Lastne vrednosti so ničle karakterističnega polinoma: $\lambda_1 = 0$, $\lambda_2 = 1$ in $\lambda_3 = 2$. Lastne vektorje izračunamo iz enačb

$$[\sigma_{ij}]\,\boldsymbol{u}_1 = \lambda_1\,\boldsymbol{u}_1, \tag{2a}$$

$$[\sigma_{ij}]\,\boldsymbol{u}_2 = \lambda_2\,\boldsymbol{u}_2, \tag{2b}$$

$$[\sigma_{ij}]\,\boldsymbol{u}_3 = \lambda_3\,\boldsymbol{u}_3. \tag{2c}$$

Lastne vektorje načeloma lahko množimo s poljubim od nič različim realnim številom, vendar jih pred nadaljnjim izračunom raje normiramo. Po normiranju dobimo

$$\boldsymbol{u}_1 = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{u}_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix},$$

Izračunamo pripadajoče lastne vrednosti in lastne vektorje matrike $[\sigma_{ij}]$. Lastne vrednosti so ničle karakterističnega polinoma: $\lambda_1 = 0$, $\lambda_2 = 1$ in $\lambda_3 = 2$. Lastne vektorje izračunamo iz enačb

$$[\sigma_{ij}]\, \boldsymbol{u}_1 = \lambda_1\, \boldsymbol{u}_1, \tag{2a}$$

$$[\sigma_{ij}]\, \boldsymbol{u}_2 = \lambda_2\, \boldsymbol{u}_2, \tag{2b}$$

$$[\sigma_{ij}]\, \boldsymbol{u}_3 = \lambda_3\, \boldsymbol{u}_3. \tag{2c}$$

Lastne vektorje načeloma lahko množimo s poljubim od nič različim realnim številom, vendar jih pred nadaljnjim izračunom raje normiramo. Po normiranju dobimo

$$\boldsymbol{u}_1 = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{u}_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{u}_3 = \begin{bmatrix} -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Z uvedbo matrik

$$[U] = \left[\boldsymbol{u}_1 \;\; \boldsymbol{u}_2 \;\; \boldsymbol{u}_3\right]$$

Z uvedbo matrik

$$[U] = \begin{bmatrix} \boldsymbol{u}_1 & \boldsymbol{u}_2 & \boldsymbol{u}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix},$$

Z uvedbo matrik

$$[U] = \begin{bmatrix} \boldsymbol{u}_1 & \boldsymbol{u}_2 & \boldsymbol{u}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \qquad [D] = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_3 \end{bmatrix}$$

Z uvedbo matrik

$$[U] = \begin{bmatrix} \boldsymbol{u}_1 & \boldsymbol{u}_2 & \boldsymbol{u}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \qquad [D] = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

Z uvedbo matrik

$$[U] = \begin{bmatrix} \boldsymbol{u}_1 & \boldsymbol{u}_2 & \boldsymbol{u}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \qquad [D] = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

enačbe (2a)–(2c) zapišemo z eno samo matrično enačbo

Z uvedbo matrik

$$[U] = \begin{bmatrix} \boldsymbol{u}_1 & \boldsymbol{u}_2 & \boldsymbol{u}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \qquad [D] = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

enačbe (2a)–(2c) zapišemo z eno samo matrično enačbo

$$[\sigma_{ij}]\,[U] = [U]\,[D]. \tag{3}$$

Z uvedbo matrik

$$[U] = \begin{bmatrix} \boldsymbol{u}_1 & \boldsymbol{u}_2 & \boldsymbol{u}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \qquad [D] = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

enačbe (2a)–(2c) zapišemo z eno samo matrično enačbo

$$[\sigma_{ij}]\,[U] = [U]\,[D]. \tag{3}$$

Ker so lastni vektorji simetrične matrike, ki pripadajo različnim lastnim vrednostim, paroma ortogonalni, je matrika $[U]$ ortogonalna (zanjo velja $[U]^T\,[U] = [I]$).

Z uvedbo matrik

$$[U] = \begin{bmatrix} \boldsymbol{u}_1 & \boldsymbol{u}_2 & \boldsymbol{u}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \qquad [D] = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

enačbe (2a)–(2c) zapišemo z eno samo matrično enačbo

$$[\sigma_{ij}]\,[U] = [U]\,[D]. \tag{3}$$

Ker so lastni vektorji simetrične matrike, ki pripadajo različnim lastnim vrednostim, paroma ortogonalni, je matrika $[U]$ ortogonalna (zanjo velja $[U]^T\,[U] = [I]$). Izračunamo še determinanto matrike $[U]$.

Z uvedbo matrik

$$[U] = \begin{bmatrix} \boldsymbol{u}_1 & \boldsymbol{u}_2 & \boldsymbol{u}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \qquad [D] = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

enačbe (2a)–(2c) zapišemo z eno samo matrično enačbo

$$[\sigma_{ij}]\,[U] = [U]\,[D]. \tag{3}$$

Ker so lastni vektorji simetrične matrike, ki pripadajo različnim lastnim vrednostim, paroma ortogonalni, je matrika $[U]$ ortogonalna (zanjo velja $[U]^T\,[U] = [I]$). Izračunamo še determinanto matrike $[U]$. Ker je ta enaka -1, matrika ni rotacijska.

Z uvedbo matrik

$$[U] = \begin{bmatrix} \boldsymbol{u}_1 & \boldsymbol{u}_2 & \boldsymbol{u}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \qquad [D] = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

enačbe (2a)–(2c) zapišemo z eno samo matrično enačbo

$$[\sigma_{ij}]\,[U] = [U]\,[D]. \tag{3}$$

Ker so lastni vektorji simetrične matrike, ki pripadajo različnim lastnim vrednostim, paroma ortogonalni, je matrika $[U]$ ortogonalna (zanjo velja $[U]^T\,[U] = [I]$). Izračunamo še determinanto matrike $[U]$. Ker je ta enaka -1, matrika ni rotacijska. Zadnji stolpec (ali zadnji lastni vektor) pomnožimo z -1, da dobimo rotacijsko matriko

$$[U] = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

Z uvedbo matrik

$$[U] = \begin{bmatrix} \boldsymbol{u}_1 & \boldsymbol{u}_2 & \boldsymbol{u}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \qquad [D] = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

enačbe (2a)–(2c) zapišemo z eno samo matrično enačbo

$$[\sigma_{ij}]\,[U] = [U]\,[D]. \tag{3}$$

Ker so lastni vektorji simetrične matrike, ki pripadajo različnim lastnim vrednostim, paroma ortogonalni, je matrika $[U]$ ortogonalna (zanjo velja $[U]^T\,[U] = [I]$). Izračunamo še determinanto matrike $[U]$. Ker je ta enaka -1, matrika ni rotacijska. Zadnji stolpec (ali zadnji lastni vektor) pomnožimo z -1, da dobimo rotacijsko matriko

$$[U] = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}. \tag{4}$$

Izračunamo pripadajoče lastne vrednosti in lastne vektorje matrike $[\sigma_{\alpha\beta}]$.

Izračunamo pripadajoče lastne vrednosti in lastne vektorje matrike $[\sigma_{\alpha\beta}]$. Podobno kot v prvem primeru, nalogo zapišemo z enačbo

$$[\sigma_{\alpha\beta}]\,[V] = [V]\,[D] \tag{5}$$

Izračunamo pripadajoče lastne vrednosti in lastne vektorje matrike $[\sigma_{\alpha\beta}]$. Podobno kot v prvem primeru, nalogo zapišemo z enačbo

$$[\sigma_{\alpha\beta}]\,[V] = [V]\,[D] \tag{5}$$

in dobimo

$$[V] = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix},$$

Izračunamo pripadajoče lastne vrednosti in lastne vektorje matrike $[\sigma_{\alpha\beta}]$. Podobno kot v prvem primeru, nalogo zapišemo z enačbo

$$[\sigma_{\alpha\beta}]\,[V] = [V]\,[D] \tag{5}$$

in dobimo

$$[V] = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}, \qquad [D] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

Izračunamo pripadajoče lastne vrednosti in lastne vektorje matrike $[\sigma_{\alpha\beta}]$. Podobno kot v prvem primeru, nalogo zapišemo z enačbo

$$[\sigma_{\alpha\beta}]\,[V] = [V]\,[D] \tag{5}$$

in dobimo

$$[V] = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}, \qquad [D] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

Matrika $[V]$ je, podobno kot matrika $[U]$, tudi ortogonalna.

Izračunamo pripadajoče lastne vrednosti in lastne vektorje matrike $[\sigma_{\alpha\beta}]$. Podobno kot v prvem primeru, nalogo zapišemo z enačbo

$$[\sigma_{\alpha\beta}]\,[V] = [V]\,[D] \tag{5}$$

in dobimo

$$[V] = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}, \qquad [D] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

Matrika $[V]$ je, podobno kot matrika $[U]$, tudi ortogonalna. Izračunamo še determinanto matrike $[V]$.

Izračunamo pripadajoče lastne vrednosti in lastne vektorje matrike $[\sigma_{\alpha\beta}]$. Podobno kot v prvem primeru, nalogo zapišemo z enačbo

$$[\sigma_{\alpha\beta}]\,[V] = [V]\,[D] \tag{5}$$

in dobimo

$$[V] = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}, \qquad [D] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

Matrika $[V]$ je, podobno kot matrika $[U]$, tudi ortogonalna. Izračunamo še determinanto matrike $[V]$. Ker je ta enaka $+1$, je matrika tudi rotacijska.

Zvezo med matrikama $[\sigma_{\alpha\beta}]$ in $[\sigma_{ij}]$ dobimo iz enačb (3) in (5).

Zvezo med matrikama $[\sigma_{\alpha\beta}]$ in $[\sigma_{ij}]$ dobimo iz enačb (3) in (5). Najprej iz enačbe (3) izrazimo matriko $[D]$, nato to matriko vnesemo v enačbo (5). Po množenju enačbe (5) z leve z matriko $[V]^{-1} = [V]^T$ dobimo

$$\begin{aligned} [\sigma_{\alpha\beta}] &= [V]\,[D]\,[V]^T \\ &= [V]\,[U]^T\,[\sigma_{ij}]\,[U]\,[V]^T \end{aligned}$$

Zvezo med matrikama $[\sigma_{\alpha\beta}]$ in $[\sigma_{ij}]$ dobimo iz enačb (3) in (5). Najprej iz enačbe (3) izrazimo matriko $[D]$, nato to matriko vnesemo v enačbo (5). Po množenju enačbe (5) z leve z matriko $[V]^{-1} = [V]^T$ dobimo

$$
\begin{aligned}
[\sigma_{\alpha\beta}] &= [V]\,[D]\,[V]^T \\
&= [V]\,[U]^T\,[\sigma_{ij}]\,[U]\,[V]^T \\
&= [T]^T\,[\sigma_{ij}]\,[T].
\end{aligned}
$$

Zvezo med matrikama $[\sigma_{\alpha\beta}]$ in $[\sigma_{ij}]$ dobimo iz enačb (3) in (5). Najprej iz enačbe (3) izrazimo matriko $[D]$, nato to matriko vnesemo v enačbo (5). Po množenju enačbe (5) z leve z matriko $[V]^{-1} = [V]^T$ dobimo

$$\begin{aligned}
[\sigma_{\alpha\beta}] &= [V]\,[D]\,[V]^T \\
&= [V]\,[U]^T\,[\sigma_{ij}]\,[U]\,[V]^T \\
&= [T]^T\,[\sigma_{ij}]\,[T].
\end{aligned}$$

Opazimo, da matriko $[T]$ lahko zapišemo z enačbo

$$[T] = [U]\,[V]^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \tag{6}$$

Zvezo med matrikama $[\sigma_{\alpha\beta}]$ in $[\sigma_{ij}]$ dobimo iz enačb (3) in (5). Najprej iz enačbe (3) izrazimo matriko $[D]$, nato to matriko vnesemo v enačbo (5). Po množenju enačbe (5) z leve z matriko $[V]^{-1} = [V]^T$ dobimo

$$\begin{aligned} [\sigma_{\alpha\beta}] &= [V]\,[D]\,[V]^T \\ &= [V]\,[U]^T\,[\sigma_{ij}]\,[U]\,[V]^T \\ &= [T]^T\,[\sigma_{ij}]\,[T]. \end{aligned}$$

Opazimo, da matriko $[T]$ lahko zapišemo z enačbo

$$[T] = [U]\,[V]^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \tag{6}$$

Ker sta bili matriki $[U]$ in $[V]$ rotacijski, je tudi matrika $[T]$ rotacijska.

Zvezo med matrikama $[\sigma_{\alpha\beta}]$ in $[\sigma_{ij}]$ dobimo iz enačb (3) in (5). Najprej iz enačbe (3) izrazimo matriko $[D]$, nato to matriko vnesemo v enačbo (5). Po množenju enačbe (5) z leve z matriko $[V]^{-1} = [V]^T$ dobimo

$$\begin{aligned}
[\sigma_{\alpha\beta}] &= [V]\,[D]\,[V]^T \\
&= [V]\,[U]^T\,[\sigma_{ij}]\,[U]\,[V]^T \\
&= [T]^T\,[\sigma_{ij}]\,[T].
\end{aligned}$$

Opazimo, da matriko $[T]$ lahko zapišemo z enačbo

$$[T] = [U]\,[V]^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \tag{6}$$

Ker sta bili matriki $[U]$ in $[V]$ rotacijski, je tudi matrika $[T]$ rotacijska. Iz matrike $[T]$ po stolpcih preberemo $\boldsymbol{e}_\xi = \boldsymbol{e}_x$, $\boldsymbol{e}_\eta = -\boldsymbol{e}_y$, $\boldsymbol{e}_\zeta = -\boldsymbol{e}_z$.

Namesto matrike $[V]$ lahko izberemo tudi matriko

$$[V] = \begin{bmatrix} -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

Namesto matrike $[V]$ lahko izberemo tudi matriko

$$[V] = \begin{bmatrix} -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

Matrika $[T]$ se potem glasi

$$[T] = [U]\,[V]^T = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \tag{7}$$

Namesto matrike $[V]$ lahko izberemo tudi matriko

$$[V] = \begin{bmatrix} -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

Matrika $[T]$ se potem glasi

$$[T] = [U]\,[V]^T = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \tag{7}$$

Iz matrike $[T]$ po stolpcih preberemo $\boldsymbol{e}_\xi = -\boldsymbol{e}_y$, $\boldsymbol{e}_\eta = \boldsymbol{e}_x$, $\boldsymbol{e}_\zeta = \boldsymbol{e}_z$.

Namesto matrike $[V]$ lahko izberemo tudi matriko

$$[V] = \begin{bmatrix} -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

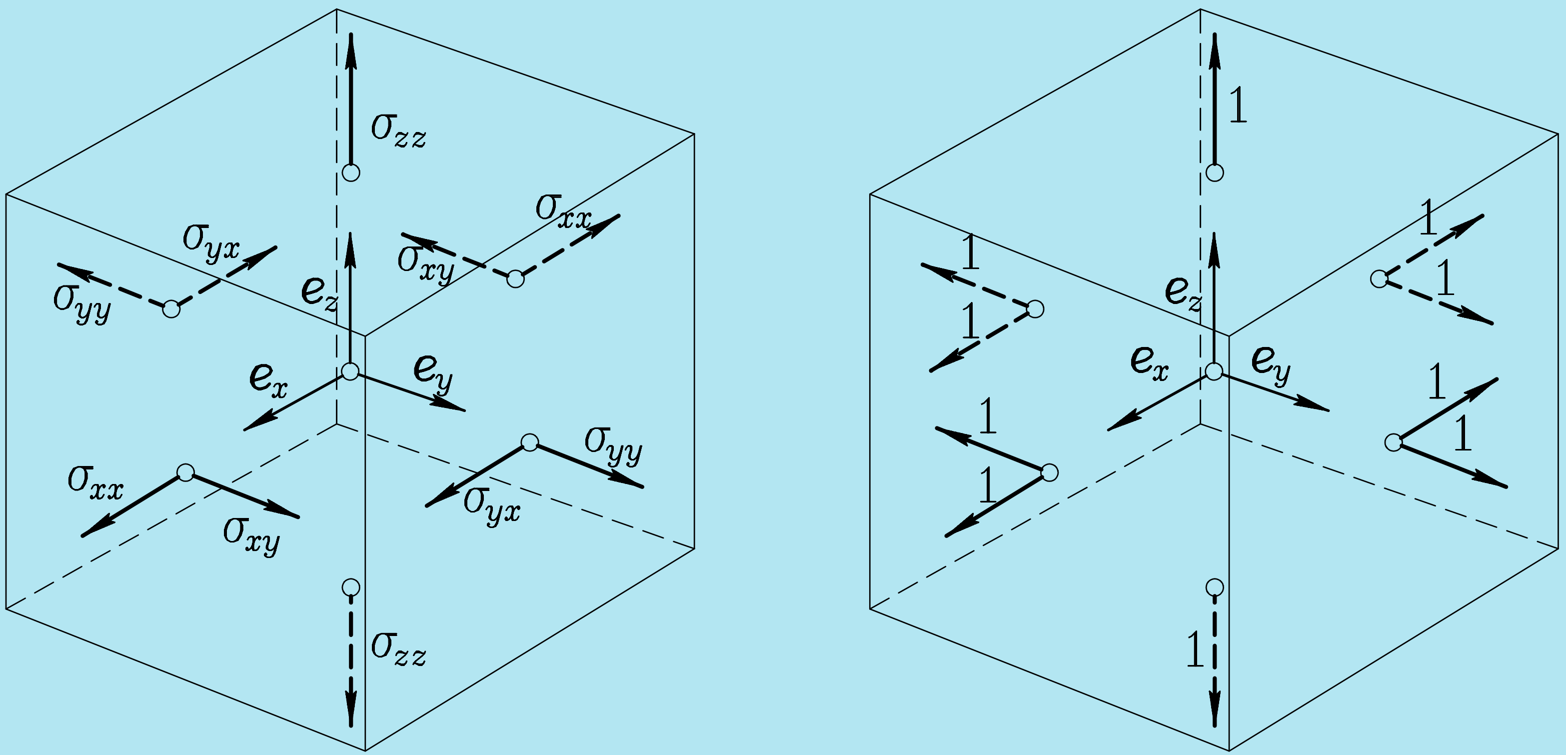
Matrika $[T]$ se potem glasi

$$[T] = [U]\,[V]^T = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \tag{7}$$

Iz matrike $[T]$ po stolpcih preberemo $\boldsymbol{e}_\xi = -\boldsymbol{e}_y$, $\boldsymbol{e}_\eta = \boldsymbol{e}_x$, $\boldsymbol{e}_\zeta = \boldsymbol{e}_z$. Vidimo, da obstaja več transformacijskih rotacijskih matrik $[T]$, ki zadoščajo enačbi

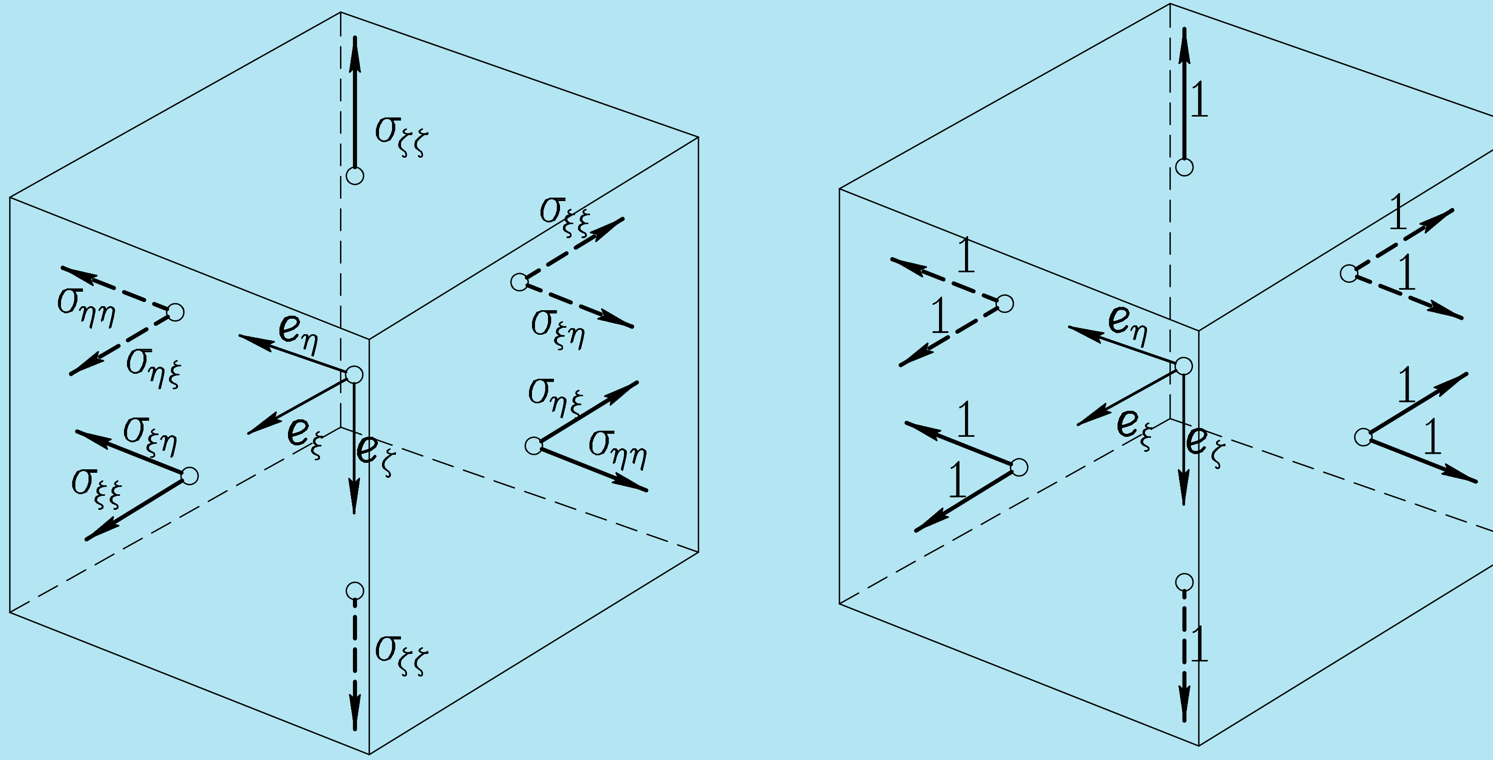
$$[\sigma_{\alpha\beta}] = [T]^T\,[\sigma_{ij}]\,[T].$$

Prikaz neničnih komponent napetostnega tenzorja v bazi $\{\boldsymbol{e}_x, \boldsymbol{e}_y, \boldsymbol{e}_z\}$.



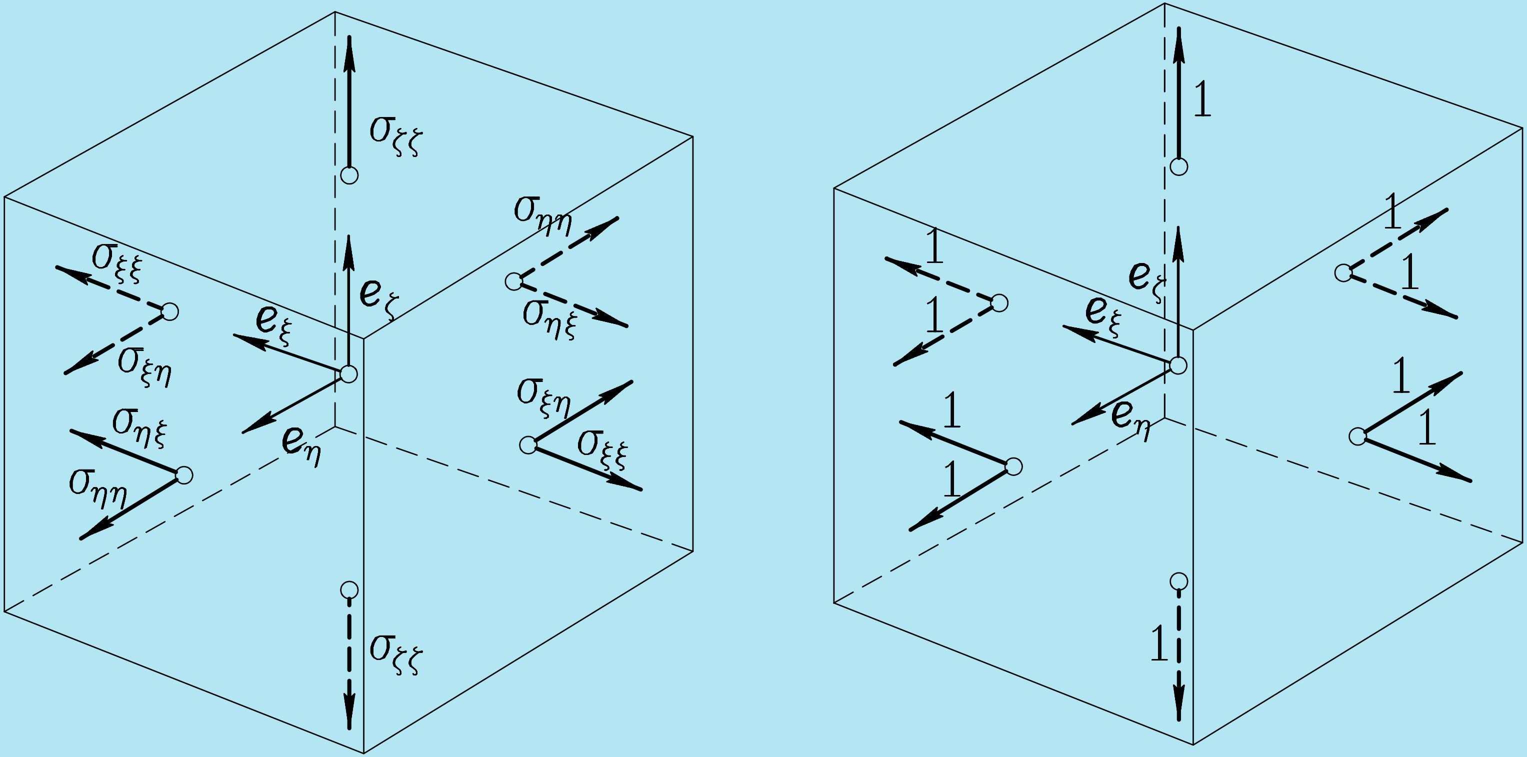
Slika 3

Prikaz neničnih komponent napetostnega tenzorja v bazi $\{\boldsymbol{e}_\xi, \boldsymbol{e}_\eta, \boldsymbol{e}_\zeta\}$, dobljeni z rotacijo baze $\{\boldsymbol{e}_x, \boldsymbol{e}_y, \boldsymbol{e}_z\}$ (podane z rotacijsko matriko v enačbi (6)) okrog osi $\boldsymbol{e}_x = \boldsymbol{e}_\xi$ za kot 180°.



Slika 4

Prikaz neničnih komponent napetostnega tenzorja v bazi $\{\boldsymbol{e}_\xi, \boldsymbol{e}_\eta, \boldsymbol{e}_\zeta\}$, dobljeni z rotacijo baze $\{\boldsymbol{e}_x, \boldsymbol{e}_y, \boldsymbol{e}_z\}$ (podane z rotacijsko matriko v enačbi (7)) okrog osi $\boldsymbol{e}_z = \boldsymbol{e}_\zeta$ za kot $-90°$.



Slika 5