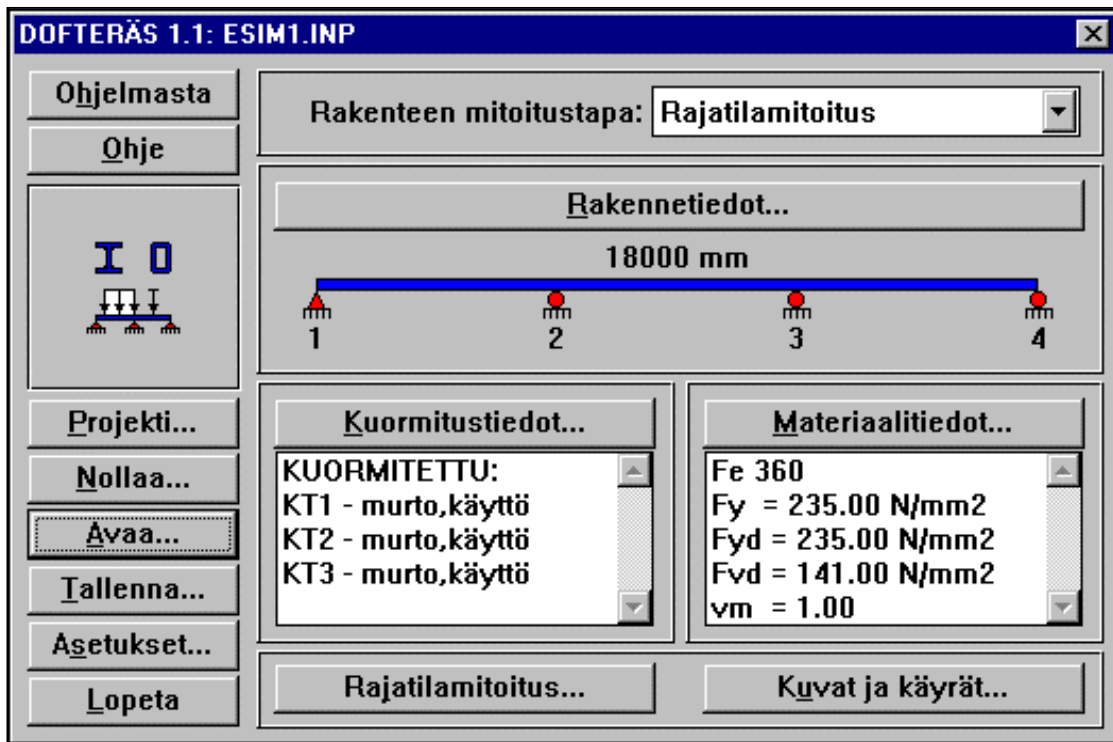


DOFTERÄS versio 1.1



Teräspalkkien ja -pilareiden mitoitusohjelma

D.O.F. tech Oy
1998

1 Yleistä DOFTERÄS 1.1 Teräsrakenteet-ohjelmasta

DOFTERÄS-ohjelman esittelyversio on vapaasti kopioitavissa ja levitettävissä. Ohjelma toimii esittelyversiona, mikäli sille ei ole syötetty salasanaa. Esittelyversion tunnistaa ikkunan otsikon sanasta "DEMO". Esittelyversiossa rakenteen pituutta ei voi muuttaa. Esittelyversion päivitys rekisteröidyksi ohjelmaksi tapahtuu toimittamalla ohjelman käynnistykseen yhteydessä ilmoittama tunnussana D.O.F. tech Oy:lle. Tunnussanan vastineeksi D.O.F. tech Oy luovuttaa salasanan. Saatu salasana on tietokonekohtainen, joten se ei toimi kuin tietokoneessa, josta D.O.F. tech Oy:lle toimitettu tunnussana on peräisin. Lisätietoja salasanasta ja sopimusehdoista saat *Ohjelmasta...* painikkeesta ohjelman käynnistettyäsi.

DOFTERÄS-ohjelman mukana tulee DOFPROF-ohjelma, jolla generoidaan DOFTERÄS-ohjelman käyttämiä poikkileikkauksia/poikkileikkauskirjastoja.

DOFTERÄS -ohjelman rekisteröimättömän version käyttö ammattimaisesti on kielletty.
DOFTERÄS -ohjelman jälleenmyynti on kielletty.

2 DOFTERÄS 1.1 Teräsrakenteet -ohjelman tärkeimmät tiedostot

dofteras.exe	=	DOFTERÄS 1.1 Teräsrakenteet-ohjelma.
dofteras.hlp	=	Ohjelman käyttämä ohjetiedosto.
dofteras.txt	=	Tietoja ohjelmasta ja sen asennuksesta.
terasrek.txt	=	Rekisteröintikaavake postin kautta. Voi tulostuksen jälkeen käyttää DOFTERÄS-ohjelman vaihtoehtoisena rekisteröintitapana puhelinrekisteröinnille.

3 DOFTERÄS-ohjelman asennus

Tämä asennusohje kelpaa kaikille D.O.F. tech Oy:n tuotteille. On suositeltavaa asentaa kaikki levykkeiden ohjelmat kovalevyille. Ohjelmat asennetaan Window's-ympäristöön seuraavasti (suluissa toiminnot Windows 3.1 ympäristössä):

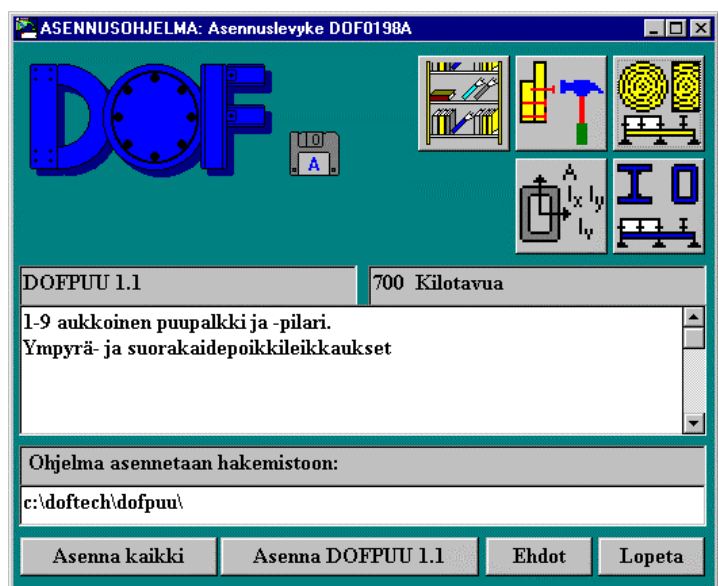
1. Käynnistä Windows.
2. Aseta ensimmäinen asennuslevyke levykeasemaan. Esimerkissä asema "a:".
3. Käynnistä "Suorita"-komento "Käynnistä"-valikosta (Järjestelmänhallinnan "Tiedosto"-valikosta).
4. Kirjoita käsky "a:\asenna" ja paina "OK".

5. Asenna-ohjelma käynnistyy →

6. Kuvapainikkeista voit vaihtaa aktiivista ohjelmaa. Kaikki levykkeen ohjelmat näkyvät kuvakkeina.

7. "Asenna kaikki"-painikkeesta ohjelma asentaa kaikki levykkeen ohjelmat osoittamaasi hakemistoon. Suositeltavaa on asentaa kaikki ohjelmat, vaikka et niitä vielä rekisteröisikään.

8. Vaihtoehtoisesti voit asentaa vain DOFTERÄS-ohjelman (asennuslevykkeeltä DOF0298 A).



DOFTERÄS aktivoidaan valitsemalla kuvapainike ->



Aktivoidun ohjelman (esim. DOFTERÄS:n) voi asentaa "Asenna DOFTERÄS 1.1"- painikkeella.

9. Kun viimeinen ohjelma on asennettu sammuta asennusohjelma painikkeesta "Lopeta".

10. Jos asennus on onnistunut, ohjelma kysyy "Luodaanko pikakuvakkeet?". Jos vastaat myöntävästi, löydät asennettujen ohjelmien kuvakkeet "Käynnistä"-valikon "Ohjelmista." Jos vastaat kielteisesti, joudut luomaan kuvakkeet käsin.

11. Jos sinulla on muita asennuslevykeitä, asenna uusi levyke asemaan "a:" ja jatka kohdasta 3.

4 DOFTERÄS Teräsrakenteet-ohjelman käyttö

DOFTERÄS-ohjelma on tarkoitettu yksinkertaisten teräspilari- ja teräspalkkirakenteiden mitoitusohjelmaksi. Ohjelma on käytännöllinen seuraavissa tilanteissa:

- Rakenteen käsinlaskenta on liian aikaa vievää.
- Monipuolisempien ohjelmistojen käyttö tuntuu liian raskaalta rakenteen kokoon nähden.
- Halutaan nopea tarkistus omille käsinlaskelmille.
- Käytettävän poikkileikkauksen laskentatietoja ei ole saatavilla.
- Halutaan mitoittaa sama rakenne useille eri poikkileikkaustyyppi-vaihtoehdoille, esimerkiksi HEA-, IPE- tai kotelopoikkileikkauksille.

DOFTERÄS-ohjelma käynnistetään kappaleessa 3. esitetyillä tavoilla. Mikäli samanaikaisesti halutaan käsitellä useita rakenteita, voi ohjelman käynnistää useita kertoja rinnakkain.

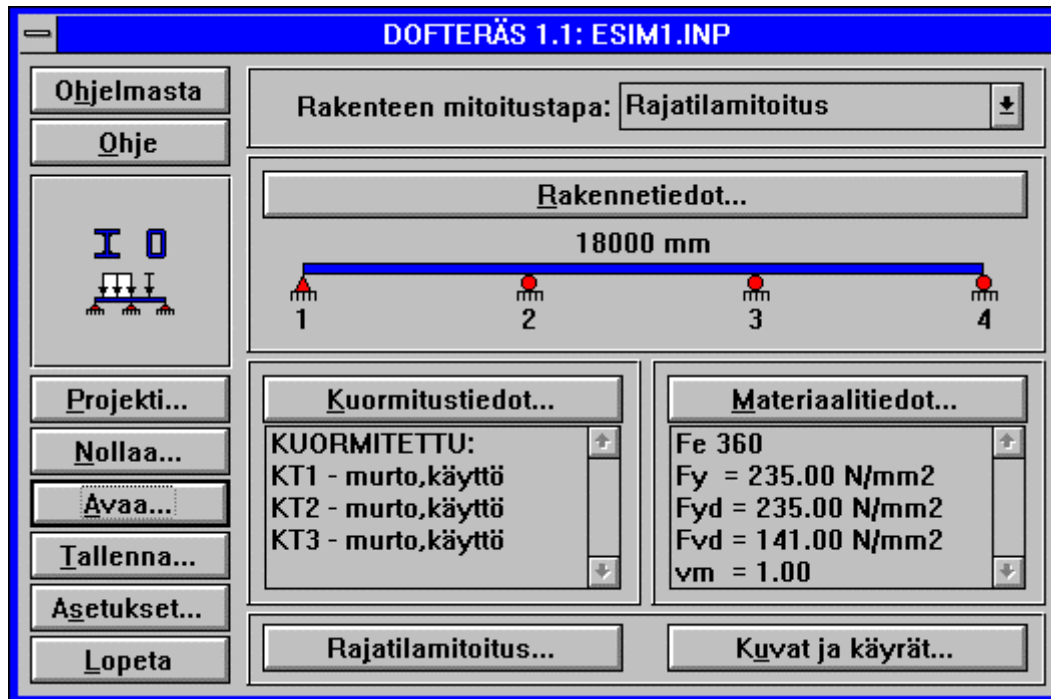
Käyttöohjeen liitteenä on mitoitus esimerkki, joka hahmottaa DOFTERÄS-ohjelman käyttöä. Mikäli teet ohjelmassa valintoja väärin, kommentoi ohjelma sinulle toimintaohjein. Koeajamalla DOFTERÄS-ohjelmaa opit parhaiten.

5 DOFTERÄS-ohjelman määrittely- ja toimintaikkunat

Ohjelman käyttö perustuu syöttötieto- ja mitoitusikkunoihin, joiden toiminta on selvitetty kappaleissa 5.1 - 5.10.

5.1 Ohjelman pääikkuna

Ohjelman käynnistämisen jälkeen aukeaa pääikkuna, jossa on otsikko: **DOFTERÄS 1.1 Teräsrakenteet**. Mikäli käytössä on esittelyversio, mainitaan otsikossa lisäsana **DEMO**. Pääikkunassa näkyvät yksinkertaiset tiedot aktiivisena olevasta rakenteesta, materiaalista ja kuormista. Tarkemmat tiedot näkyvät edellämainittujen tietojen syöttötietoikkunoissa. Syöttötietoikkunoihin pääsee pääikkunan painikkeista. Seuraavalla sivulla on kuva pääikkunasta ja lyhyet selvitykset sen painikkeista.



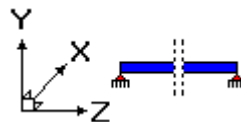
Pääikkunan painikkeet:

- Ohjelmasta** Ohjelmasta-painikkeesta saadaan näkyviin ikkuna, joka kertoo yleistietoja DOFTERÄS-ohjelmasta sekä sopimusehdoista.
- Ohje** Ohje-painikkeesta saadaan näkyviin DOFTERÄS-ohjelman ohjeet.
- Projekti...** Projekti -painikkeesta lisätään/muokataan projektiin/rakenteeseen liittyvää oheistietoa/kommentteja.
- Nollaa...** Nollaa-painikkeesta nollataan lähtötiedot.
- Avaa...** Avaa -painikkeesta voidaan avata aikaisemmin tallennettu lähtötiedosto.
- Tallenna...** Tallenna -painikkeesta voidaan tallentaa lähtötiedot.
- Asetukset...** Asetukset -painikkeesta muutetaan ohjelman asetuksia, kts kappale 5.10.
- Lopeta** Lopeta-painikkeesta lopetetaan ohjelman toiminta.
- Rakennetiedot...** Rakennetiedot-painikkeesta siirrytään määrittelemään rakenteen pituus ja tuenta. Kts. kappale 5.2 **Rakennetiedot-ikkuna**. Pääikkunassa näkyvät rakenteen aktiivinen pituus ja tuenta.
- Kuormitustiedot...** Kuormitustiedot-painikkeesta siirrytään määrittelemään kuormitustiedot. Pääikkunassa näkyy päätiedot kuormituksista. Kts. kappale 5.3 **Kuormitustiedot-ikkuna**.
- Materiaalitiedot...** Materiaalitiedot-painikkeesta siirrytään määrittelemään rakenteen materiaalin ominaisuudet. Kts. kappale 5.4 **Materiaalitiedot-ikkuna**. Pääikkunassa näkyvät rakenteen aktiiviset f_y , f_d , f_{vd} ja vm .
- Rajatilamitoitus...** Rajatilamitoitus...-painikkeesta siirrytään mitoittamaan materiaali-, rakenne- ja kuormitustiedoissa määritelty rakenne rajatilamitoituksen mukaisesti. Kts. kappale 5.5 **Rajatilamitoitus-ikkuna**.
- Kuvat ja käyrät...** Kuvat ja käyrät...-painikkeella siirrytään graafiseen tulosten tarkasteluun. Kts. 5.6 **Kuvat ja käyrät-ikkuna**.

5.2 Rakennetiedot-ikkuna

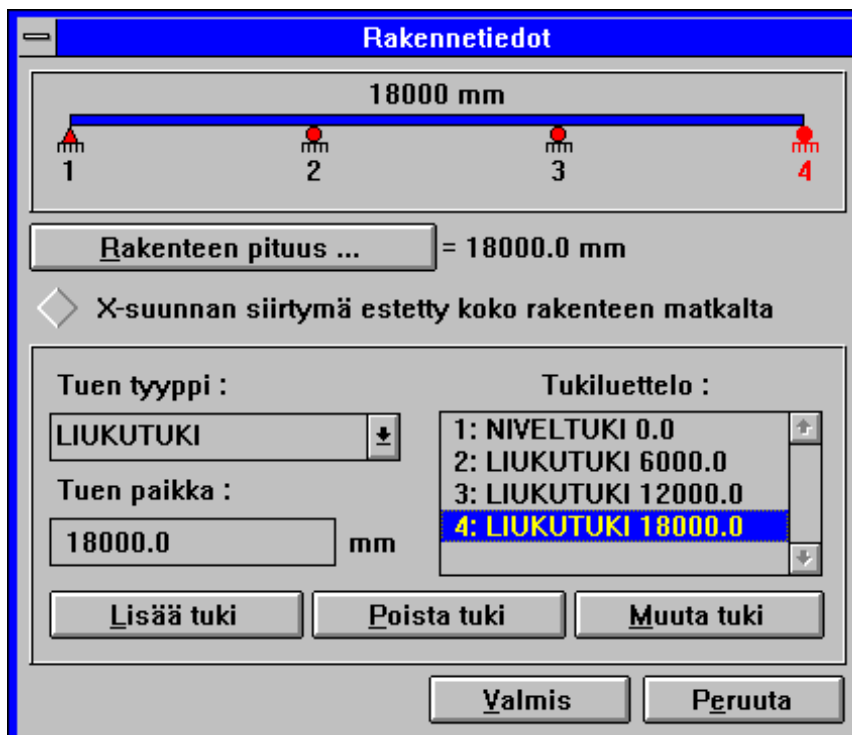
Rakennetiedot-ikkunaan siirrytään pääikkunasta *Rakennetiedot*-painikkeesta. Ikkunassa määritellään rakenteen pituus ja tuennat. Rakenteeseen voi lisätä (max 10 kpl) seuraavia tuentoja:

Tukityyppi:	Tuetut vapausasteet / suunnat
Niveltuki	(X, Y, Z, RZ)
Jäykkätuki	(X, Y, Z, RX, RY, RZ)
Liikutuki	(X, Y, RZ)



Tuentoja voi lisäksi jälkeen muuttaa tai poistaa. Muutos tai poisto koskee aina aktiivista tukea, joka näkyy kuva-alueessa punaisella ja jonka arvot ovat syöttöruuduissa. Tukien minimiväli on 10 mm.

Rakenteen voi erillisten tukien lisäksi tukea koko matkalta X-suunnassa. Tämä valinta poistaa rakenteesta X-suunnan kuormitukset eikä niitä voi lisätä ennen kuin em. tuenta on poistettu.



Rakennetiedot -ikkunan painikkeet ja syöttöruudut:

Rakenteen pituus... *Rakenteen pituus...*-painikkeesta päästään muuttamaan rakenteen pituutta.

X-suunnan siirtymä estetty koko rakenteen matkalta-painikkeesta ohjelma nolaa X-suunnan kuormitukset ja laskee rakenteen sivuunsiirtymättömänä.

Lisää tuki *Lisää tuki*-painikkeesta lisätään syöttöruuduissa määritelty tuki.

Poista tuki *Poista tuki*-painikkeesta poistetaan aktiivinen tuki.

Muuta tuki *Muuta tuki*-painike muuttaa aktiivisen tuen syöttöruutujen arvojen mukaiseksi.

Valmis *Valmis*-painikkeesta hyväksytään muutokset ja palataan pääikkunaan.

Peruuta *Peruuta*-painikkeesta perutaan muutokset ja palataan pääikkunaan.

Tuen tyyppi- ja **Tuen paikka**-syöttöruudut määrittelevät aktiivisen tuen tiedot.

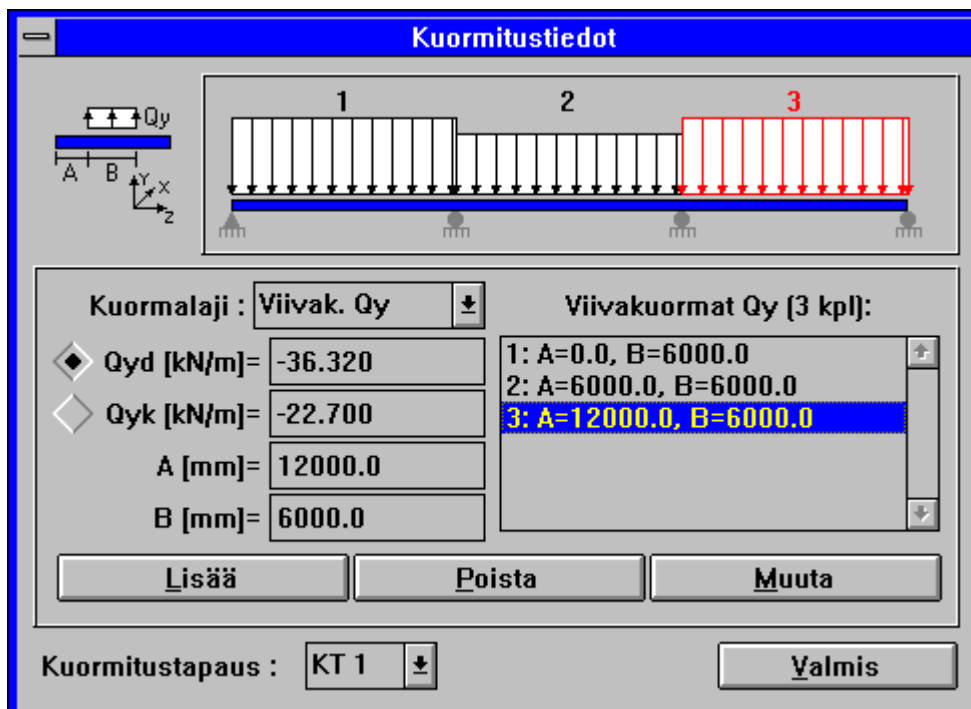
5.3 Kuormitustiedot-ikkuna

Kuormitustiedot-ikkunaan siirrytään pääikkunan *Kuormitustiedot*-painikkeesta.

Rakennetta voi kuormittaa 3:lla eri kuormitustapauksella, joissa jokaisessa voi olla rajoittamaton määrä viivakuormia, pistevoimia ja pistemomentteja. Kuormia voi antaa X-, Y- ja Z-suunnissa, mutta Z-suunnassa voi määrittellä vain pistevoimia.

Kuormitustiedot-ikkunan kuva-alueessa näkyy joko murto- tai käyttörajatilan kuormat. Näkyvää kuormitusvaihtoehtoa voi vaihtaa syöttöruutujen vasemmalla puolella olevista painikkeista.

Kuormien lisäys, muutos ja poisto tapahtuu aina aktiiviselle kuormitustapaukselle. Aktiivista kuormitustapausta voi vaihtaa *Kuormitustapaus*-listasta. Vastaavasti kuormia käsitellään ryhmittäin, jolloin kuva-alueessa näkyy vain aktiivisen kuormalajin kuormat. Aktiivista kuormalajia voi vaihtaa *Kuormalaji*-listasta.



***Kuormitustiedot* -ikkunan painikkeet ja syöttöruudut:**

- Lisää*** *Lisää*-painike lisää syöttöruuduissa määritellyn kuorman aktiiviseen kuormitustapaukseen.
- Poista*** *Poista*-painike poistaa aktiivisen kuorman aktiivisesta kuormitustapauksesta.
- Muuta*** *Muuta*-painike muuttaa aktiivisen kuorman syöttöruutujen arvojen mukaiseksi.
- Valmis*** *Valmis*-painikkeesta palataan pääikkunaan.
- Kuormalaji:*** *Kuormalaji*:-valikosta valitaan aktiivinen kuormalaji.
- Kuormitustapaus:*** *Kuormitustapaus*:-valikosta valitaan aktiivinen kuormitustapaus.

Kuormien syöttöruuduissa määritellään lisättävän/muutettavan kuorman murto- ja käyttörajatilan arvo sekä kuorman paikka, kts. kappaleet **5.3.1-5.3.3**.

5.3.1 Pistevoimat

Valitsemalla *kuormalaji*-listasta pistevoima (F_y , F_x tai F_z), voidaan syöttää aktiiviseen kuormitustapaukseen uusia pistevoimia. Olemassaolevat pistevoimat listautuvat syöttöruutujen oikealle puolelle ja niiden arvoja voi tarkistaa valitsemalla listasta halutun pistevoiman aktiiviseksi. Aktiivisen pistevoiman tiedot näkyvät syöttöruudussa ja kuorma näkyy kuva-alueessa punaisena.

Pistevoimille syötetään seuraavat tiedot:

- Fd** = Pistevoiman arvo murtorajatilassa.
- Fk** = Pistevoiman arvo käyttörajatilassa.
- A** = Pistevoiman etäisyys palkin/pilarin alkupäästä.

5.3.2 Pistementit

Valitsemalla *kuormalaji*-listasta pistementti (M_x tai M_y), voidaan syöttää aktiiviseen kuormitustapaukseen uusia pistementtejä. Olemassaolevat pistementit listautuvat syöttöruutujen oikealle puolelle ja niiden arvoja voi tarkistaa valitsemalla listasta halutun pistementin aktiiviseksi. Aktiivisen pistementin tiedot näkyvät syöttöruudussa ja kuorma näkyy kuva-alueessa punaisena.

Pistementeille syötetään seuraavat tiedot:

- Md** = Pistementin arvo murtorajatilassa.
- Mk** = Pistementin arvo käyttörajatilassa.
- A** = Pistementin etäisyys palkin/pilarin alkupäästä.

5.3.3 Viivakuormat

Valitsemalla *kuormalaji*-listasta viivakuorma (Q_y , tai Q_x), voidaan syöttää aktiiviseen kuormitustapaukseen uusia viivakuormia. Olemassaolevat viivakuormat listautuvat syöttöruutujen oikealle puolelle ja niiden arvoja voi tarkistaa valitsemalla listasta halutun viivakuorman aktiiviseksi. Aktiivisen viivakuorman tiedot näkyvät syöttöruudussa ja kuorma näkyy kuva-alueessa punaisena.

Viivakuormille syötetään seuraavat tiedot:

- Qd** = Viivakuorman arvo murtorajatilassa.
- Qk** = Viivakuorman arvo käyttörajatilassa.
- A** = Viivakuorman alkupisteen etäisyys palkin/pilarin alkupäästä.
- B** = Viivakuorman pituus.

5.4 Materiaalitiedot-ikkuna

Materiaalitiedot-ikkunaan siirrytään pääikkunasta *Materiaalitiedot*-painikkeesta. Oletusmateriaalina käytetään terästä Fe360. Ikkunassa määritellään rakenteen materiaalin seuraavat ominaisuudet:

vm	= Materiaalin osavarmuuskerroin	oletus = 1.0
Materiaalinimi	= Materiaalin nimi, jota käytetään tulostuksessa	
E	= Kimmokerroin/Youngin vakio	oletus = 210 000 N/mm ²
v	= Suppeumakerroin/Poisson'in vakio	oletus = 0.3
Tiheys	= Materiaalin tiheys	oletus = 7850.0 kg/m ³
f_y	= Myötölujuus	oletus = 235.0 N/mm ²
f_d	= Laskentalujuus (veto/puristus)	oletus = 235.0 N/mm ²
f_{vd}	= Laskentalujuus (leikkaus)	oletus = 141.0 N/mm ²

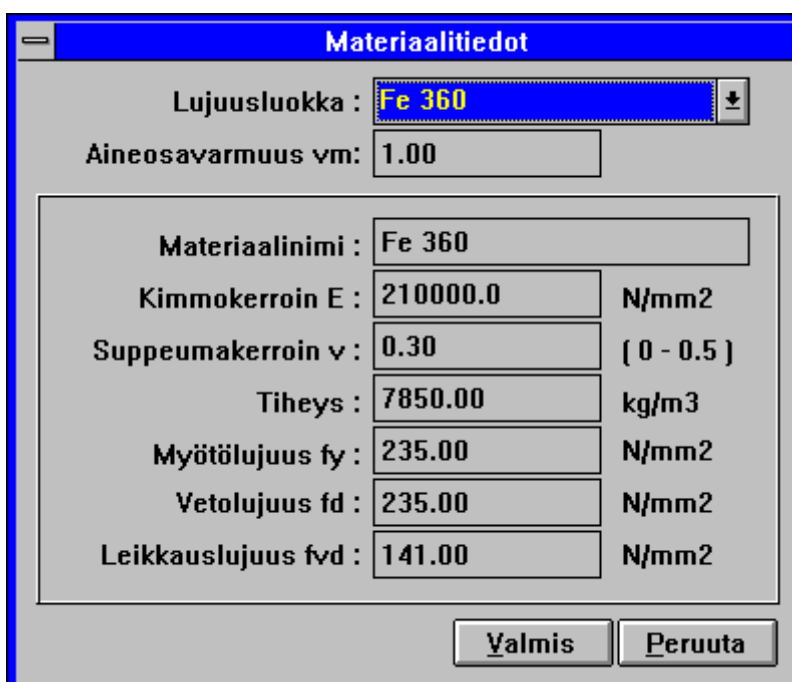
Materiaalitiedot-ikkunassa on myös lista esimääritetyille teräsmateriaaleille (*lujuusluokka*-lista). Valittaessa joku listan vaihtoehtoista ohjelma laskee valitun materiaalin laskentalujuudet myötölujuudesta ja osavarmuuskertoimesta vm seuraavasti:

$$f_d = f_y/vm \quad \text{ja} \quad f_{vd} = 0.6 \cdot f_d.$$

Lisäksi E:n, v:n ja tiheyden arvot palautuvat oletusarvoiksi.

Poistuttaessa *Materiaalitiedot*-ikkunasta aktiiviseksi jäävät näkyvät arvot. Mikäli materiaaliarvoja on muokattu käsin syöttämällä ja f_d sekä f_{vd} eroavat ylläolevien kaavojen tuloksista, ohjelma kysyy säilytetäänkö poikkeavat arvot vai muutetaanko arvot kaavojen mukaisiksi.

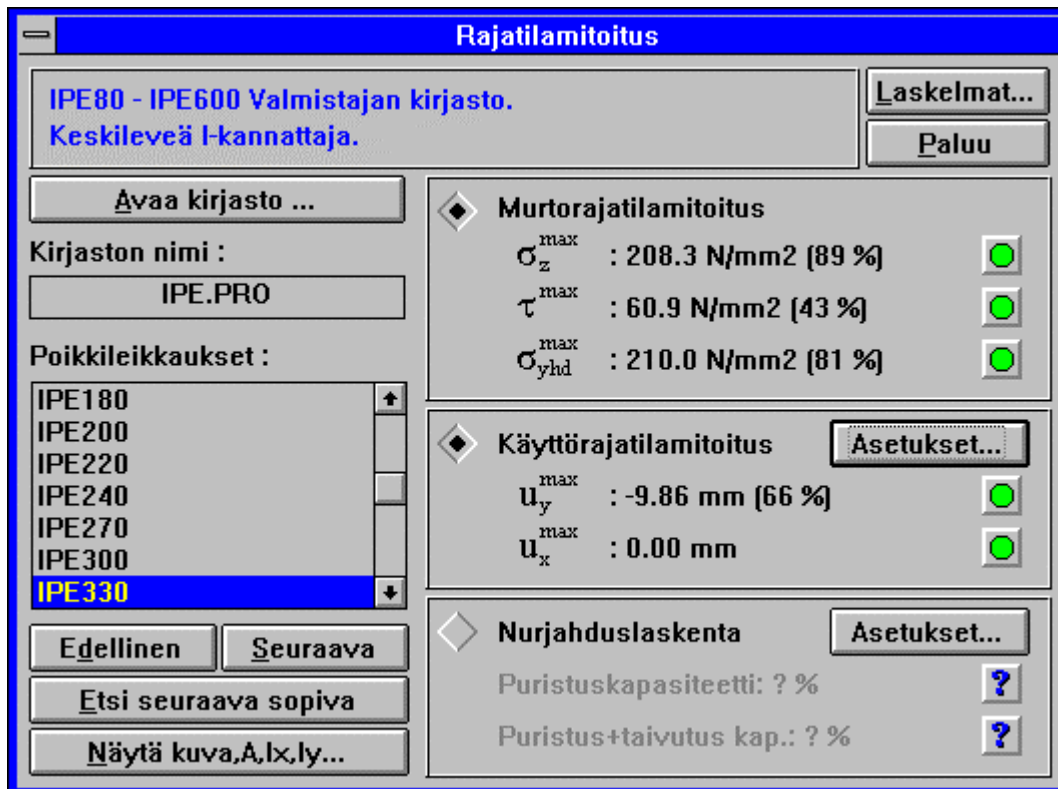
Ohjelma ei ota huomioon poikkileikkausluokan vaikutusta laskennassa. Tästä johtuen poikkileikkausluokka 4:n yhteydessä on käyttäjän pienennettävä f_y :n, f_d :n ja f_{vd} :n arvoja RakMk B7:n kohdan 4.6.4 *Lommuhduslaskelmat, kun ylikriittistä tilaa ei käytetä hyväksi* mukaisesti (RakMk B7, 1988).



5.5 Rajatilamitoitus-ikkuna

Rajatilamitoitus-ikkunaan siirrytään pääikkunan *Rajatilamitoitus*-painikkeesta. RakMk B7:n mukainen mitoitus suoritetaan jokaisella tuella sekä tasavälein 51:ssä kohtaa rakennetta. Sopivaa poikkileikkausta etsittäessä voi mitoituksessa olla aktiivisena alla olevat mitoitus-osiot:

- Murtorajatilamitoitus (jännitystarkastelu), kts kappale 6.1
- Käyttörajatilatarkastelu (siirtymätarkastelu) , kts kappale 6.2
- Nurjahduslaskenta (tasonurjahdustarkastelu) , kts kappale 6.3



Rajatilamitoitus -ikkunan painikkeet ja valintaikkunat:

Avaa kirjasto...	<i>Avaa kirjasto...</i> -painike avaa poikkileikkauskirjaston mitoitettavaksi.
Edellinen	<i>Edellinen</i> -painike vaihtaa edellisen poikkileikkauksen aktiiviseksi.
Seuraava	<i>Seuraava</i> -painike vaihtaa seuraavan poikkileikkauksen aktiiviseksi.
Etsi seuraava sopiva	<i>Etsi seuraava sopiva</i> -painike etsii poikkileikkauslistasta seuraavan mitoitusehdot täyttävän poikkileikkauksen.
Näytä kuva, A, I_x, I_y	<i>Näytä kuva, A, I_x, I_y</i> -painike näyttää tietoja aktiivisesta poikkileikkauksesta (A, I _x , I _y ...), kts kappale 5.9 Poikkileikkaussuureet-ikkuna .
Laskelmat...	<i>Laskelmat...</i> -painikkeesta siirrytään tallentamaan mitoitustulokset, kts 5.7 .
Paluu	<i>Paluu</i> -painikkeesta palataan pääikkunaan.
Poikkileikkaukset:	<i>Poikkileikkaukset:</i> -luettelossa näkyy avatun poikkileikkauskirjaston poikkileikkausvalikoima.

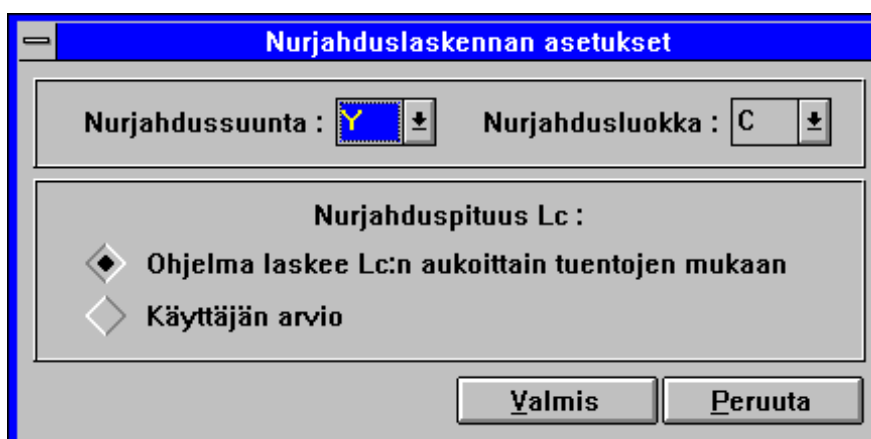
Esimerkki mitoitustapahtuman kulusta:

1. Jos poikkileikkauskirjasto ei ole avattu, avataan se valitsemalla painike *Avaa kirjasto* ja etsimällä halutun poikkileikkausryhmän kirjasto, esim IPE.PRO. Ohjelma poimii kirjastosta vain ohutseinäiset poikkileikkaukset tarkastelua varten *Poikkileikkaukset*-selausikkunaan. Tämän jälkeen ohjelma laskee ensimmäiselle poikkileikkaukselle mitoitustulokset sekä syyttää värilamput sen mukaan, onko tulos hyväksyttävä.
2. Etsitään sopiva poikkileikkaus. Vihreä lamppu ilmoittaa hyväksyttävästä tuloksesta, punainen kielletyistä. Käyttäjä voi valita laskettavan poikkileikkauksen käyttämällä *Edellinen-* ja *Seuraava-*painikkeita tai valitsemalla poikkileikkauksen hiirellä. Valitsemalla *Etsi seuraava sopiva*-painike ohjelma hakee luettelosta seuraavan poikkileikkauksen, joka toteuttaa mitoitusehdot.
3. Kun hyväksyttävä poikkileikkaus on löytynyt, voi käyttäjä tallentaa mitoitustulokset tiedostoon tulostamista varten. Tämä tapahtuu valitsemalla painike *Lasketmat*. Tällöin ohjelma siirtyy *tulosten tallennus ja katselu*-ikkunaan, kts. kappale 5.7

Käyttörajtila-alueen *Asetukset...*-painikkeesta siirrytään *Käyttörajatilamitoituksen asetukset*-ikkunaan, jossa asetetaan käyttörajatilan sallitut siirtymät.



Vastaavasti *Nurjahduslaskenta*-alueen *Asetukset...*-painikkeella siirrytään *Nurjahduslaskennan asetukset*-ikkunaan, jossa määritellään nurjahduslaskentaan liittyviä tietoja.

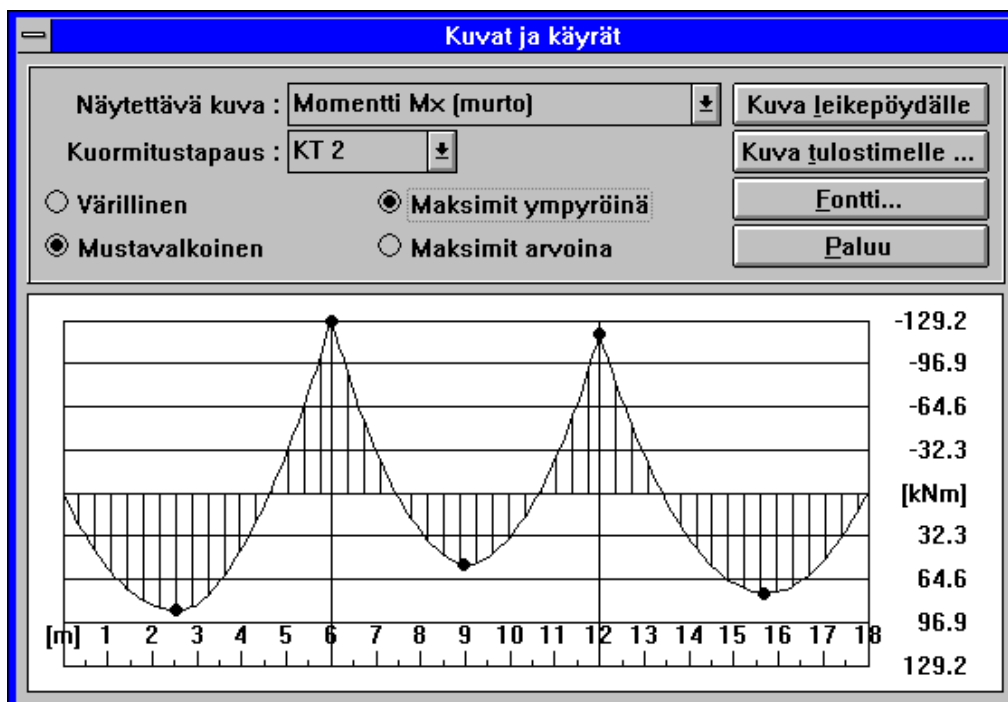


5.6 Kuvat ja käyrät-ikkuna

Kuvat ja käyrät-ikkunassa voidaan tarkastella graafisesti seuraavat tiedot:

- Rakennekuva
- Tukireaktiot
- Leikkausvoimakäyrät (V_y tai V_x)
- Siirtymäkäyrät (U_y tai U_x)
- Kuormituskuvat (X-, Y- ja Z-suunnassa)
- Momenttikäyrät (M_x tai M_y)
- Normaalivoimakuvio (N_z)

Aktiivisena näkyvän kuvan voi siirtää Window's:n leikepöydälle tai tulostaa suoraan tulostimelle. Tehtaessa mitoitusdokumenttia kannattaa ensin tulostaa mitoitus tulokset tiedostoon *Rajatilamitoitus*-ikkunasta ja siirtää sen jälkeen kuvat samaan dokumenttiin leikepöydän kautta, kts. liite 1:n tulostus.



Kuvat ja käyrät -ikkunan painikkeet:

<i>Kuva leikepöydälle</i>	<i>Kuva leikepöydälle</i> -painike siirtää aktiivisen kuvan leikepöydälle.
<i>Kuva tulostimelle...</i>	<i>Kuva tulostimelle...</i> -painike tulostaa aktiivisen kuvan tulostimelle.
<i>Fontti...</i>	<i>Fontti</i> -painikkeesta voi vaihtaa kuvaikkunan tekstin tekstityyppiä.
<i>Paluu</i>	<i>Paluu</i> -painikkeesta palataan ohjelman pääikkunaan.
<i>Värillinen</i>	<i>Värillinen</i> -painike vaihtaa kuvan värilliseksi.
<i>Mustavalkoinen</i>	<i>Mustavalkoinen</i> -painike vaihtaa kuvan mustavalkoiseksi.
<i>Juokseva numerointi</i>	<i>Juokseva numerointi</i> -painike näyttää kuormiin liittyvänä tekstinä juoksevan numeroinnin, joka on vastaava kuin tulostiedostossa (vain kuormituskuvilla).
<i>Kuorma-arvot</i>	<i>Kuorma-arvot</i> -painike näyttää kuormiin liittyvänä tekstinä kuormien itseisarvon (vain kuormituskuvilla).
<i>Maksimit ympyröinä</i>	<i>Maksimit ympyröinä</i> -painike näyttää aukkojen maksimi- ja minimiarvojen paikat ympyrällä (vain käyrillä).
<i>Maksimit arvoina</i>	<i>Maksimit arvoina</i> -painike näyttää aukkojen maksimi- ja minimiarvot lukuarvoina, jos $0.0 < \text{lukuarvo} < \text{maksimiarvo}$ (vain käyrillä).

5.7 Tulosten tallennus ja katselu-ikkuna

Tulosten tallennus ja katselu-ikkunaan päästään *Rajatilamitoitus*-ikkunan *Laskelmat*-painikkeesta. Tiedostoon voi tallentaa seuraavat tiedot:

- Rakennetiedot
- Poikkileikkaustiedot
- Kuormitustiedot
- Tukireaktiot (murto)
- Tukireaktiot (käyttö)
- Maksimivoimasuureet
- Maksimijännitykset (Mikäli murtorajatila on mitoitettu)
- Maksimisiirtymät
- Mx ja Vy pisteittäin
- My ja Vx pisteittäin (Mikäli X-suunta aktiivinen)
- Nz pisteittäin (Mikäli Z-suunta aktiivinen)
- Nurjahduslaskelmat (Mikäli Z-suunta aktiivinen)
- Y-siirtymä pisteittäin
- X-siirtymä pisteittäin (Mikäli X-suunta aktiivinen)
- Projektitiedot (Mikäli annettu)



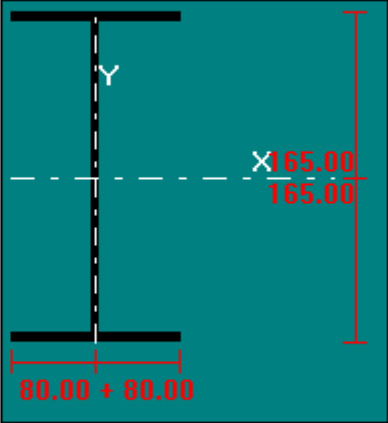
Tallennuksen onnistuttua ohjelma kysyy halutaanko katsella tulostiedostoa. Mikäli vastataan myöntävästi, ohjelma käynnistää oletuseditorin, johon tulostiedosto avataan automaattisesti. Tulostiedosto on ASCII-formaatissa, joten se pystytään avaamaan/tulostamaan lähes kaikilla tekstinkäsittelyohjelmilla. Tulostiedoston voi avata ja tulostaa myös ohjelman käytön jälkeen. Editori kannattaa sulkea ennen paluuta DOFTERÄS-ohjelmaan.

5.8 Poikkileikkaussuureet-ikkuna

Poikkileikkaussuureet-tarkasteluikkunaan päästään Näytä kuva,A,Ix,Iy,...-painiketta painamalla. Ikkunassa näkyy suunnittelijalle seuraavat mitoitusuureet:

- A = pinta-ala
- I_x = taivutusjäyhyys x-akselin ympäri
- I_y = taivutusjäyhyys y-akselin ympäri
- I_{xy} = tulomomentti xy-koordinaatiston suhteen
- alfa = pääkoordinaatiston kulma vastapäivään
- I_v = vääntöjäyhyys
- W_x = taivutusvastus x-akselin suhteen
- W_y = taivutusvastus y-akselin suhteen
- Paino = poikkileikkauksen metripaino

POIKKILEIKKAUS-SUUREET

A =	<input type="text" value="6.261000e+03"/>	[mm ²]	IPE330	
I _x =	<input type="text" value="1.176690e+08"/>	[mm ⁴]		
I _y =	<input type="text" value="7.881422e+06"/>	[mm ⁴]		
I _{xy} =	<input type="text" value="0.000000e+00"/>	[mm ⁴]		
alfa =	<input type="text" value="0.00"/>	[aste]		
I _v =	<input type="text" value="2.053990e+05"/>	[mm ⁴]		
W _x =	<input type="text" value="7.131460e+05"/>	[mm ³]		
W _y =	<input type="text" value="9.851800e+04"/>	[mm ³]		
Paino =	<input type="text" value="49.146"/>	[kg / m]		
				<input type="button" value="Taivutuskeskiö"/>
<input type="button" value="Edellinen"/>		<input type="button" value="Seuraava"/>		
<input type="button" value="Paluu"/>				

Poikkileikkaussuureet -ikkunan painikkeet:

Edellinen poikkileikkaus Vaihdetaan tutkittava poikkileikkaus mitoitusikkunan *Poikkileikkaukset:* listassa edellisenä olevaan poikkileikkaukseen.

Seuraava poikkileikkaus Vaihdetaan tutkittava poikkileikkaus mitoitusikkunan *Poikkileikkaukset:* listassa seuraavana olevaan poikkileikkaukseen.

Taivutuskeskiö Vaihdetaan poikkileikkausta esittävä kuva tilaan, missä voidaan tarkastella rakenteen osien paksuuksia. Yksittäisten osien paksuuksia voidaan selailla läpi >> painikkeella. Painike vaihtuu *Paksuudet*-nimiseksi. Sitä painamalla päästään takaisin tilaan, joka ilmoittaa taivutuskeskiön paikan.

paksuudet Lue kohta *Taivutuskeskiö*.

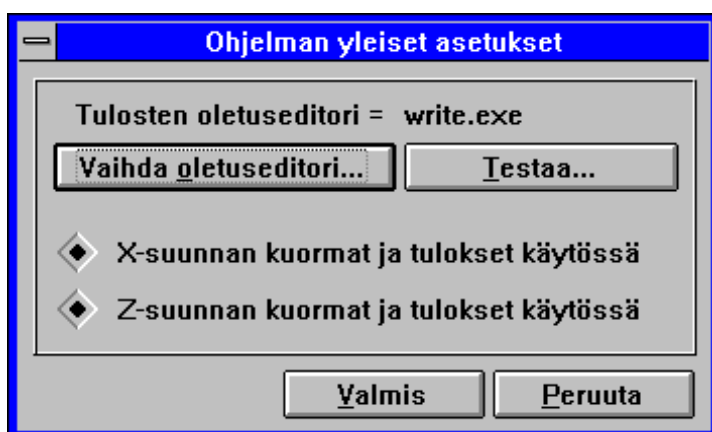
Paluu Palataan takaisin mitoitusikkunaan.

5.9 Ohjelman yleiset asetukset-ikkuna

Ohjelman yleiset asetukset-ikkunassa voidaan valita oletuseditori sekä testata sitä. Lisäksi ohjelmasta voi kytkeä toiminnasta X- ja Z-suunnan kuormitusyötön sekä vastaavien suuntien tulostarkastelun.

Oletuseditoriksi voi valita minkä tahansa Window's-ohjelman, joka pystyy avaamaan ASCII-tiedoston. Valittua oletuseditoria voi myös testata. Mikäli se osaa avata DOFTERAS.TST-tiedoston, kelpaa se ohjelman editoriksi. Oletuksena editori on WRITE.EXE.

Mikäli poistat X- tai Z-suunnan kuormitukset ja tulokset käytöstä, nollautuvat myös kaikki vastaavan suunnan kuormat. Oletuksena kaikki suunnat ovat aktiivisena.



Ohjelman yleiset asetukset -ikkunan painikkeet:

- Vaihda oletuseditori...** *Vaihda oletuseditori* -painikkeesta valitaan tuloksille editori, johon ohjelma haluttaessa avaa tulostiedoston.
- Testaa...** *Testaa...* -painikkeesta voidaan testata valittua oletuseditoria. Mikäli editoriin aukeaa *dofteras.tst*-tiedosto, kelpaa se oletuseditoriksi.
- Valmis** Hyväksytään muutokset ja palataan pääikkunaan.
- Peruuta** Perutaan muutokset ja palataan pääikkunaan.
- X-suunnan kuormat ja tulokset käytössä**- ja **Z-suunnan kuormat ja tulokset käytössä** -painikkeista saa kyseisen suunnan valintamahdollisuudet pois käytöstä. Tällöin X/Z-suunnan kuormat nollautuvat eikä niitä voi lisätä. Tämä on käyttökelpoista silloin kun tiedetään että ei ole X- tai Z-suunnan kuormituksia.

6 Laskentateoria

DOFTERÄS-ohjelman mitoitus koostuu murto- ja käyttörajatilatarkastelusta sekä nurjahdustarkastelusta. Mitoitus suoritetaan jokaisella tuella sekä 51:ssä kohtaa rakennetta, jotka sijaitsevat tasavälein. Ohjelma ei osaa tehdä kiepahdustarkastelua, lommahdustarkastelua eikä avaruusnurjahdustarkastelua. Mikäli em. tarkastelut on tarpeen, joutuu käyttäjä tarkistamaan ne erikseen RakMk B7:n mukaisesti.

Ohjelmalla voi tarkastella vain ohutseinäisiä poikkileikkauksia, joita teräspoikkileikkaukset pääasiassa ovat. Käytettäessä kirjastoja, joissa on ohutseinäisiä poikkileikkauksia sekä massiivipoikkileikkauksia sekaisin, poimii ohjelma vain ohutseinäiset poikkileikkaukset mitoitettaviksi.

Ohjelma ei ota huomioon poikkileikkausluokan vaikutusta laskennassa. Tästä johtuen poikkileikkausluokka 4:n yhteydessä on käyttäjän pienennettävä fy:n, fd:n ja fvd:n arvoja B7:n kohdan 4.6.4 *Lommahduslaskelmat, kun ylikriittistä tilaa ei käytetä hyväksi* mukaisesti (RakMk B7, 1988).

6.1 Murtorajatilan laskentateoria

Murtorajatilamitoituksessa ohjelma tarkistaa toteuttavatko valitun poikkileikkauksen jännitykset kappaleen 6.1.2 ehdot koko rakenteen matkalla. Laskentakuormat ovat *Kuormitustiedot*-ikkunan murtorajatilakuormia.

6.1.1 Rakenteen jännitysten laskenta

Jotta tarkastelukohdan jännitykset voitaisiin laskea, ratkaisee ohjelma ensin seuraavat voimasuureet rakenteen tarkastelupisteissä:

M_x = Momentti X-akselin ympäri,
 M_y = Momentti Y-akselin ympäri,
 V_x = Leikkausvoima X-suunnassa,
 V_y = Leikkausvoima Y-suunnassa,
 N = Puristava normaalivoima.

Näistä määritetään poikkileikkauksessa esiintyvien normaali-, leikkaus- ja yhdistettyjen jännitysten itseisarvojen maksimit.

Normaalijännitys lasketaan poikkileikkauksen pääsuunnissa (ellei X-suuntaa ole tuettu koko matkalta), jolloin tulos pätee myös epäsymmetrisille poikkileikkauksille. Normaalijännitystä laskettaessa oletetaan poikkileikkauksen pysyvän tasona teknisen taivutusteorian mukaisesti (Bernoullin hypoteesi). Normaalijännityksen laskennan teoriasta löytyy lisätietoa lähteistä:

1. Lujuusoppi II, Outinen Hannu, TTKK Opintomoniste 30, 1984.
2. The Mechanics of Solids And Structures, Reeds D.W.A, London Mcgraw-Hill, cop. 1990.

Leikkausjännitys lasketaan ohutseinämäisen poikkileikkauksen sääntöjen mukaan. Ohjelma laskee leikkausjännityksiä ohutseinäisille avo- ja kotelopoikkileikkauksille. Laskettavien poikkileikkausten

tulee olla yhtenäisiä. Mikäli poikkileikkaus koostuu erillisistä kappaleista tai se on tuntematon kotelo (ei suorakaide/ympyrä), ohjelma jättää leikkausjännityksen ja yhdistetyn jännityksen kohdan tarkistamatta (kysymysmerkki-ikoni).

Leikkausjännityksen arvo saadaan summaamalla X- ja Y-suunnan leikkausvoimien aiheuttamat leikkausjännitykset. Tämän ansiosta leikkausjännityksen tulos on todellinen myös kahteen suuntaan kuormitetulla palkilla/pilarilla. Leikkausjännityksen laskennan teoriasta löytyy lisätietoa lähteistä:

1. Lujuusoppi II, Outinen Hannu, TTKK Opintomoniste 30, 1984.
2. Lujuusoppi III, Outinen Hannu, TTKK Opintomoniste 65, 1983.
3. The Mechanics of Solids And Structures, Reeds D.W.A, London Mcgraw-Hill, cop. 1990.

6.1.2 Jännitysten mitoitus ehdot

Normaalijännitykselle σ_z tarkastetaan ehto

$$-1.0 * f_d \leq \sigma_z \leq f_d.$$

Leikkausjännitykselle τ tarkistetaan ehto

$$-1.0 * f_{vd} \leq \tau \leq f_{vd}.$$

Yhdistetylle jännitykselle σ_{yhd} tarkistetaan ehto

$$-1.1 * f_d \leq \sigma_{yhd} \leq 1.1 * f_d, \text{ Missä}$$

$$\sigma_{yhd} = \sqrt{\sigma^2 + 3 * \tau^2}.$$

Yhdistetyn jännityksen ehtolausekkeen kerroin 1.1 on voimassa, kun rakenteen suhteellinen muodonmuutos ei ylitä myötövenymää. Näin on, koska DOFTERÄS ohjelma laskee jännitykset kimmoteorian mukaan ja normaalijännityksen ehto rajoittaa venymän $\epsilon \leq \epsilon_y$.

6.2 Käyttörajatilan laskentateoria

Käyttörajatilamitoituksessa ohjelma tarkistaa, että rakenteen siirtymät X- ja Y-suunnissa eivät ylitä käyttäjän antamaa sallittua siirtymää. Laskentakuormat ovat *Kuormitustiedot*-ikkunan käyttörajatilakuormia.

Ohjelma laskee siirtymät pääsuunnissa (ellei X-suuntaa ole tuettu koko matkalta), joista ne muutetaan laskentakoordinaatistoon. Siirtymätulokset pätevät näin myös epäsymmetriselle poikkileikkaukselle (I_{xy} ei ole nolla). Epäsymmetrinen poikkileikkaus siirtyy molemmissa suunnissa, vaikka kuormitus olisikin vain toisessa suunnassa.

Siirtymiä laskettaessa ei oteta huomioon leikkausmuodonmuutoksen vaikutusta.

6.3 Nurjahduslaskennan laskentateoria

Nurjahdustarkastelussa ohjelma tarkistaa tasonurjahduksen halutussa suunnassa (X tai Y). Tarkkaan ottaen tasonurjahduskaavojen tulokset ovat voimassa vain silloin, kun toinen suunta on tuettu. Ohjelman nurjahdustarkastelu pätee lähinnä kaksoissymmetrisille poikkileikkauksille, kuten esim. HEA- tai IPE-poikkileikkaukset. Nurjahdustarkastelun kuormat ovat murtorajatilakuormia.

Nurjahduspituuden voi käyttäjä määrittellä itse, tai käyttää ohjelman laskemia oletusarvoja. Nurjahduspituuden oletusarvot ovat aukkojen tuennoista riippuen seuraavia:

jäykkätuki / jäykkätuki	$L_c = 0.6 * L_{aukko}$
jäykkätuki / niveltuki	$L_c = 0.8 * L_{aukko}$
jäykkätuki / vapaa pää	$L_c = 2.1 * L_{aukko}$
niveltuki / niveltuki	$L_c = 1.0 * L_{aukko}$

Tasonurjahduksessa varmistetaan, että seuraavat ehdot toteutuvat:

Geometrinen hoikkuus

$$\lambda_k = \frac{L_c}{i} \leq 250 B$$

Muunnettu hoikkuus

$$\bar{\lambda}_k = \frac{L_c}{\pi * i} * \sqrt{\frac{f_y}{E}} \leq 3.5 C$$

Murtorajatilän normaalivoima

$$N_d \leq N_{rc} D$$

Murtorajatilän normaalivoiman ja momentin yhteisvaikutus

$$\frac{N_d}{N_{rc}} + \frac{M_{\max}}{M_R} * \frac{1.0}{1.0 - \frac{N * N_{rc}}{N_R * N_{el}}} \leq 1.0 E$$

Kaavoissa olevat termit saadaan seuraavasti,

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

F

$$\alpha = 0.21(A), 0.34(B), 0.49(C), 0.76(D), \text{ suluissa nurjahdusluokka}$$

$$\beta = \frac{1 + \alpha * (\bar{\lambda}_k - 0.2) + (\bar{\lambda}_k)^2}{2.0 * (\bar{\lambda}_k)^2}$$

$$f_{ck} = (\beta - \sqrt{\beta^2 - 1 / (\bar{\lambda}_k)^2}) * f_y$$

$$N_r = f_d * A$$

$$N_{rc} = \frac{f_{ck} * N_r}{f_y}$$

$$N_{el} = \frac{N_r}{(\bar{\lambda}_k)^2}$$

$$M_R = W * f_d .$$

Mikäli muunnettu hoikkuus $\bar{\lambda}_k H < 0.2$, muuttuu tasonurjahduksen ehtolausekkeet muotoon,

$$\frac{N_d}{N_r} \leq 1.0, \frac{N_d}{N_r} + \frac{M_{\max}}{M_R} \leq 1.0 . I$$

Kyseisessä tapauksessa nurjahdusvaaraa ei ole. Muuttuneet ehtoyhtälöt tarkistavat vain, että maksimi puristusjännitys ei ylitä f_d -arvoa.

7 Vastuu

Ohjelman toimivuus on tarkistettu lukuisilla esimerkeillä ja käytännön rakenteilla. D.O.F. tech Oy ei kuitenkaan vastaa ohjelman mahdollisista virheistä tai käytöstä aiheutuneista välittömistä tai välillisistä vahingoista.

8 D.O.F. tech Oy:n yleistiedot

D.O.F. tech Oy on ohjelmatalo, jonka tuotteet liittyvät rakennusalan eri mitoitus- ja laskentaongelmiin.

Yrityksemme eri ohjelmat ovat keskenään yhteensopivia ja muodostavat tehokkaan suunnittelutyökalun minimikustannuksin ja -laitteistovaatimuksin.

Teemme ohjelmia myös mittatilaustyönä eri käytännön tarpeisiin. Ohjelmamme pyrkivät olemaan käyttäjäystävällisiä. Täten vastaamme kernaasti parannusehdotuksiin ja kysymyksiin, joita ohjelmamme herättävät.

D.O.F. tech Oy
PL 139
33721 Tampere

Puh: 0208 - 363 001

(Telen tavoitettavuusnumero, jonka puhelumaksut ovat tavallisen kaukopuhelun hintaisia.)

Liite 1 Laskentaesimerkki, 3-aukkoinen välipohjapalkki

Lähtötiedot:

Rakenneteräs = Fe360
 Palkin pituus = 18.0 m
 Välituet = 6.0 ja 12.0 m
 Sallittu siirtymä = $L / 400$ (15 mm)

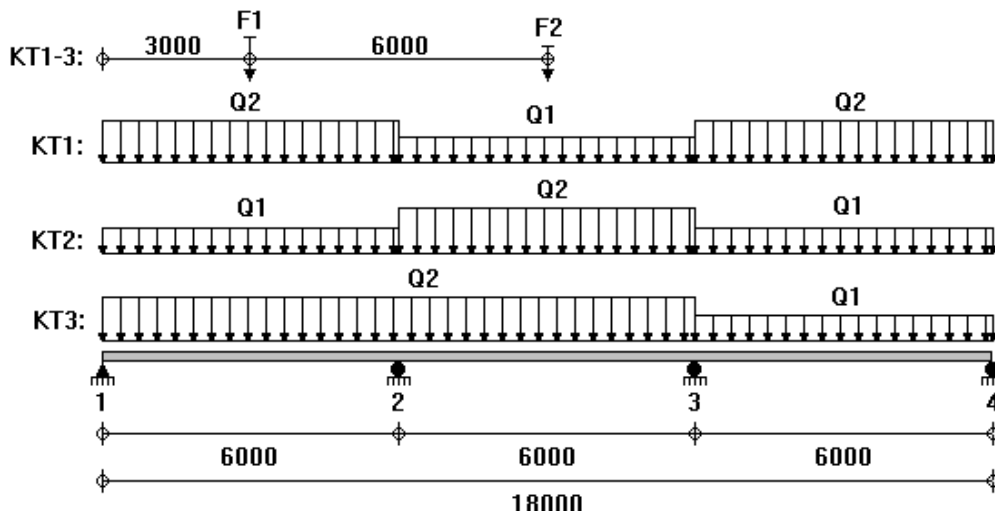
Viivakuormat [kN/m]:

Murto Käyttö
 Palkin omapaino: 0.800 0.500
 Välipohjan omapaino: 24.00 15.00
 Kiinteä hyötyk.: 3.456 2.160
 Liikkuva hyötyk.: 8.064 5.040

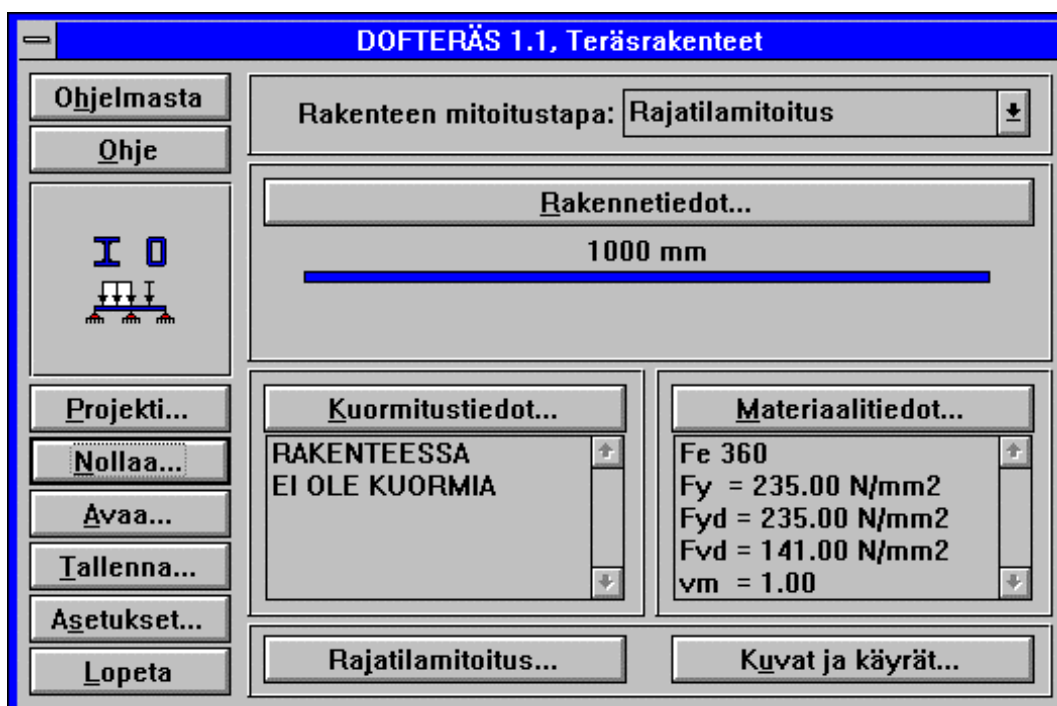
Kiinteät pistekuormat [kN]:

	Murto	Käyttö	Paikka
Pistekuorma F1 :	14.4	9.00	3.0 m
Pistekuorma F2 :	9.60	6.00	9.0 m

Omapainot + kiinteä hyötykuorma **Q1**:
 Murto = 28.26 kN, käyttö = 17.66 kN
 Omapainot + koko hyötykuorma **Q2**:
 Murto = 36.32 kN, käyttö = 22.70 kN



1. Käynnistetään ohjelma, kts kappale 3. Ohjelman pääikkuna on seuraavanlainen:



2. Valitaan *Materiaalitiedot*-painike, jolloin siirrytään *Materiaalitiedot*-ikkunaan.

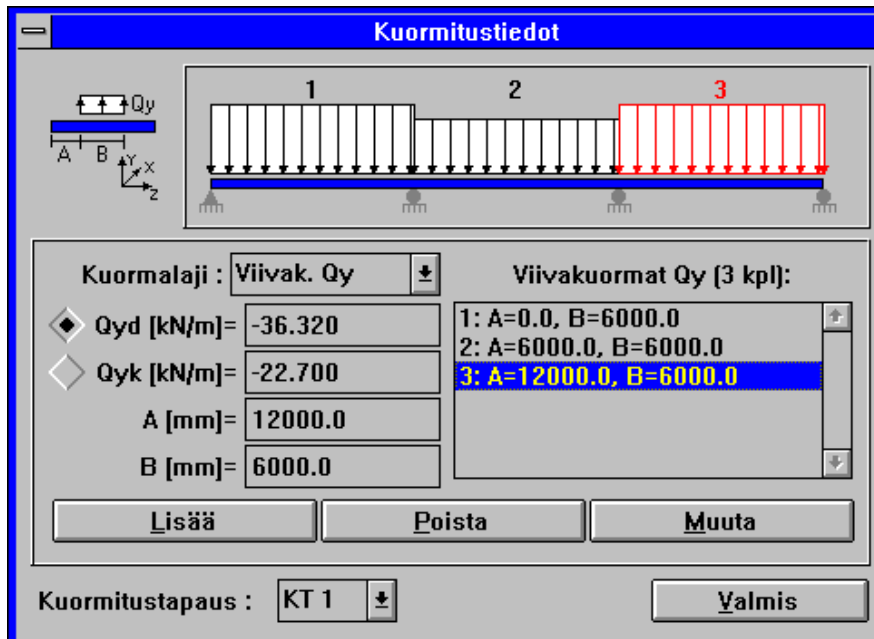
Oletusmateriaalina on Fe360, joten materiaalitietoja ei tarvitse muuttaa. Tavanomaisimpien teräslaatuojen arvot voi vaihtaa *Lujuusluokka*-listasta.

3. Valitsemalla *Valmis*-painike palataan takaisin pääikkunaan.

4. Valitaan *Rakennetiedot...*-painike, jolloin siirrytään *Rakennetiedot* -ikkunaan.

- Muutetaan rakenteen pituudeksi **18000.0** m *Rakenteen pituus...*-painikkeella.
 - Valitaan *Tuen tyyppi*-listasta aktiiviseksi tukityypiksi **NIVELTUKI**.
 - Syötetään *Tuen paikka*:-syöttöruutuun **0.0** mm ja valitaan *Lisää tuki*-painike.
 - Kuva-alueeseen ja *Tukiluettelo*:-listaan ilmestyy 1:n tuki. Lisätään samalla tavalla tuki kohtaan **6000.0** mm, **12000.0** mm ja **18000.0** mm.
 - Väli- ja lopputuki voi olla myös **LIUKUTUKI**-tyyppisiä.
5. Valitsemalla *Valmis*-painike palataan takaisin pääikkunaan.

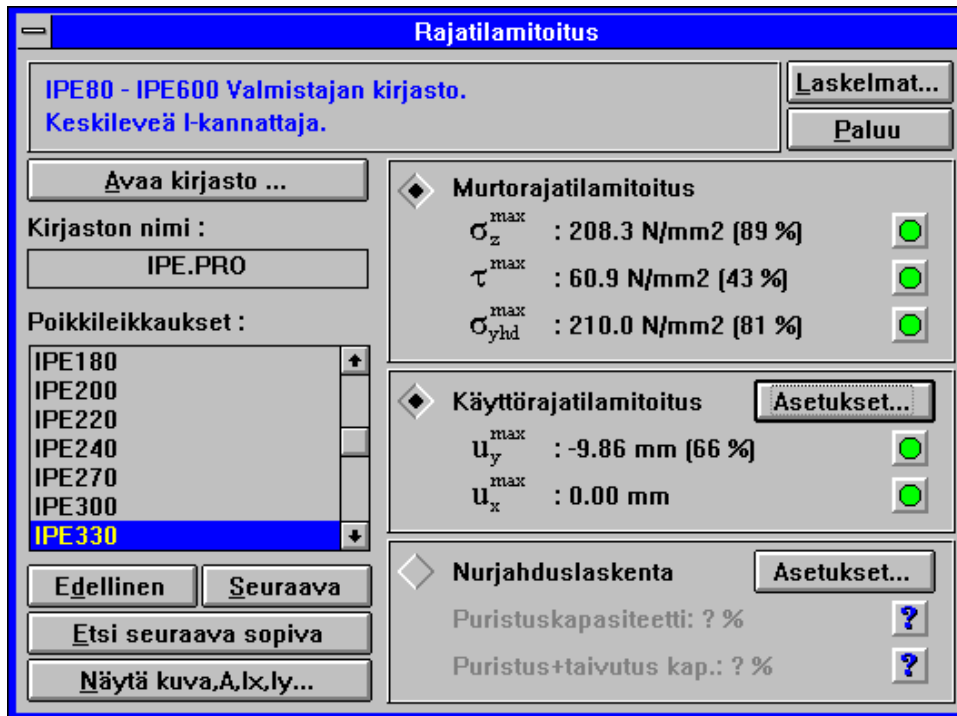
6. Valitaan *Kuormitustiedot...*-painike, jolloin siirrytään *Kuormitustiedot*-ikkunaan.



- Valitaan *Kuormalaji*-listasta syötettäväksi kuormaksi **Pistev. Fy** (ellei jo ole aktiivisena).
 - Syötetään F1:n arvot: Fyd [kN]=**-14.4**, Fyk [kN]=**-9.0** ja A [mm]= **3000.0**
 - Valitaan *Lisää*-painike, jolloin kuva-alueeseen ja *Pistevoimat Fy*-listaan ilmestyy F1-kuorma.
 - Lisätään vastaavasti F2-kuorma: Fyd [kN]= **-9.6**, Fyk [kN]= **-6.8** ja A [mm]= **9000.0**.
 - Vaihdetaan *Kuormalaji*-listasta syötettäväksi kuormaksi **Viivak. Qy**.
 - Syötetään ensimmäisen aukon koko viivakuorma, jolloin syöttötiedoiksi tulee:
Qyd [kN/m] = **-36.32**, Qyk [kN/m]= **-22.7**, A [mm]= **0.0** ja B [mm]= **6000.0**
 - Valitaan *Lisää*-painike, jolloin kuva-alueeseen ja *Viivakuormat Qy*-listaan ilmestyy aukon 1-kuorma.
 - Lisätään seuraavaksi aukon 3 viivakuorma. Muutetaan viivakuorman alkamiskohdaksi (A [mm]) **12000** mm, ja valitaan uudelleen *Lisää*-painike (muut arvot samat kuin aukossa 1).
- Viimeisenä syötetään aukon 2 kuorma, jonka syöttöarvot ovat:
Qyd [kN/m]= **-28.256**, Qyk [kN/m]= **-17.66**, A [mm]= **6000.0** ja B [mm] = **6000.0**
- Valitaan *Lisää*-painike, jolloin kuormitustapaus 1:n kuormat ovat valmiit.
- Syötetään vastaavasti kuormitustapaus 2:n ja 3:n kuormitukset. Aktiivista kuormitustapausta vaihdetaan *Kuormitustapaus*-listasta. näppärä tapa kopioida esim. edelliset pistekuormat muihin kuormitustapauksiin on valita KT1 aktiiviseksi ja valitsemalla kopioitava kuorma aktiiviseksi. Tämän jälkeen vaihdetaan haluttu kuormitustapaus (esim KT2) ja valitaan *lisää*- painike. Vastaavasti voi muiden kuormitustapausten kuormia ottaa ”pohjaksi” lisättäessä esim. samansuuruisia kuormaa eri paikkaan (muutetaan vain syöttöruutujen A ja B arvoja).

7. Valitsemalla *Valmis*-painike palataan takaisin pääikkunaan.

8. Valitaan *Rajatilamitoitus...*-painike, jolloin siirrytään *Rajatilamitoitus*-ikkunaan.



9. Avataan haluttu poikkileikkauskirjasto (tässä tapauksessa IPE.PRO) *Avaa kirjasto...*-painikkeesta. Tavallisesti poikkileikkauskirjastot sijaitsevat KIRJASTO-hakemistossa.
10. Valitaan Käyttöraajatilamitoituksen *Asetukset...*-painike ja muutetaan sallituksi siirtymäksi L/400. Mikäli haluttaisiin määrittää sallittu siirtymä millimetreissä, valittaisiin vaihtoehto *Kiinteä* ja syötettäisiin haluttu arvo. Mitoitusikkunaan palataan *Valmis*-painikkeesta.
11. Valitaan *Etsi seuraava sopiva*-painike, jolloin ohjelma hakee seuraavan mitoitus ehdot täyttävän poikkileikkauksen.
12. Tässä tapauksessa sopiva poikkileikkaus on IPE330. Koska mitoitus on valmis, siirrytään *Tulosten tallennus ja katselu* ikkunaan *Laskelmat...*-painikkeesta.
13. Valitaan halutut mitoitus tiedot ja valietaan *Tulosta tiedostoon....*-painike. Syötetään haluttu tulostiedoston nimi ja valitaan *OK* -painike.

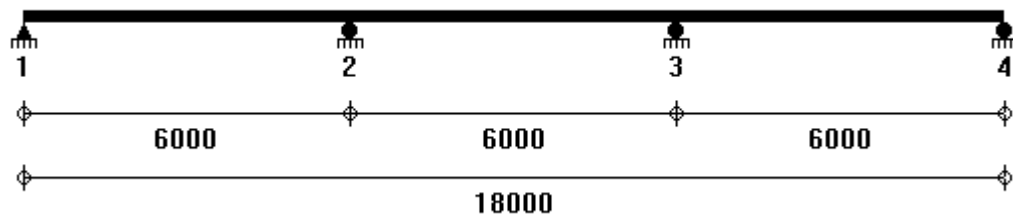


14. Tulostuksen jälkeen ohjelma kysyy halutaanko katsella tulostiedostoa, mikäli vastataan kyllä ohjelma avaa tuostiedoston oletuseditoriin (kts. kappale **5.9**). Tarkasteltavaan tulostiedostoon voi leikepöydän kautta siirtää *Kuvat ja käyrät*-ikkunassa näkyviä kuvia. Alla on äsken tehty tulostiedosto kuvilla täydennettynä. Tulostus on otettu vain kuormitustapaus 1:ltä, muiden kuormitustapausten tulokset olisivat vastaavanlaisia.

```
=====
DOFTERÄS versio 1.1                D.O.F. tech Oy.
Fri Oct 01 00:00:01 2001
C:\DOFTECH\DOFTERAS\ESIM1.TXT
=====
```

RAKENNETIEDOT

Rakennekuva



Pituus = 18000.0 mm

Tuennat:

T1: Nivelituki $z = 0.0$ mm

T2: Liukutuki $z = 6000.0$ mm

T3: Liukutuki $z = 12000.0$ mm

T4: Liukutuki $z = 18000.0$ mm

POIKKILEIKKAUSTIEDOT

```
=====
Valittu poikkileikkaus:    IPE330
A      = 6260.6             mm2
Ix     = 1.17669e+08        mm4
Iy     = 7.88142e+06        mm4
Iv     = 2.05399e+05        mm4
Wx     = 7.13146e+05        mm3
Wy     = 9.85178e+04        mm3
Paino  = 49.146            kg/m
=====
```

Materiaali: Fe 360

E = 210000.00 N/mm2

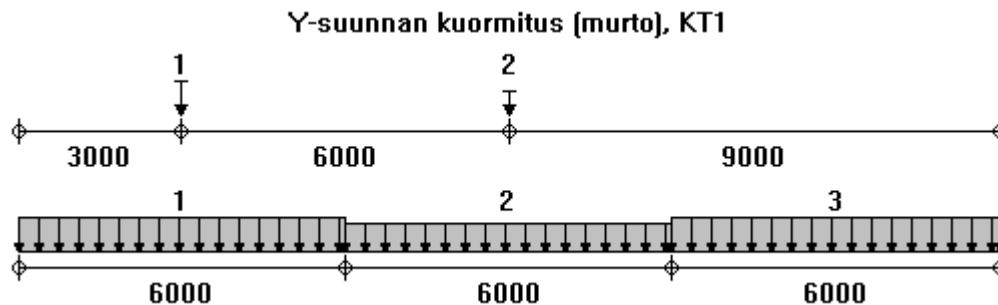
Fy = 235.00 N/mm2

Fd = 235.00 N/mm2

Fvd = 141.00 N/mm2

KUORMITUSTIEDOT

Kuormitustapaus 1:



Pistevoimat Fy:

Nro	A [mm]	Fyd [kN]	Fyk [kN]
1	3000	-14.400	-9.000
2	9000	-9.600	-6.000

Viivakuormat Qy:

Nro	A [mm]	B [mm]	Qyd [kN/m]	Qyk [kNm]
1	0	6000	-36.320	-22.700
2	6000	6000	-28.256	-17.660
3	12000	6000	-36.320	-22.700

TUKIREAKTIOT, MURTORAJATILA

Kuormitustapaus 1:

Tuki:	Fyd [kN]	Fzd [kN]
T1:	94.63	0.00
T2:	229.06	0.00
T3:	216.46	0.00
T4:	89.23	0.00

TUKIREAKTIOT, KÄYTTÖRAJATILA

Kuormitustapaus 1:

Tuki:	Fyk [kN]	Fzk [kN]
T1:	59.14	0.00
T2:	143.16	0.00
T3:	135.29	0.00
T4:	55.77	0.00

MAKSIMIVOIMASUUREET (murtorajatila)

Kuormitustapaus 1:

Vy_max = -137.69 kN z = 6000.0 mm
Mx_max = -129.20 kNm z = 6000.0 mm

=====

MAKSIMIJÄNNITYKSET (murtorajatila) (IPE330)

Materiaalin lujuusarvot:

Fy = 235.000 N/mm²
Fd = 235.000 N/mm²
Fvd = 141.000 N/mm²

Kuormitustapaus 1:

Normaalijännityksen maksimi:

+181.165 N/mm² (< Fd, OK)

Leikkausjännityksen maksimi:

+59.504 N/mm² (< Fvd, OK)

Yhdistetyn jännityksen maksimi:

+186.213 N/mm² (< 1.1*Fd, OK)

Kuormitustapaus 2:

Normaalijännityksen maksimi:

+181.165 N/mm² (< Fd, OK)

Leikkausjännityksen maksimi:

+49.939 N/mm² (< Fvd, OK)

Yhdistetyn jännityksen maksimi:

+182.456 N/mm² (< 1.1*Fd, OK)

Kuormitustapaus 3:

Normaalijännityksen maksimi:

+208.303 N/mm² (< Fd, OK)

Leikkausjännityksen maksimi:

+60.898 N/mm² (< Fvd, OK)

Yhdistetyn jännityksen maksimi:

+210.048 N/mm² (< 1.1*Fd, OK)

=====

MAKSIMISIIRTYMÄT (käyttörajatila) (IPE330)

Kuormitustapaus 1:

Aukko:	Uy_max [mm]	z [mm]
1	-9.86	2880.0
2	1.31	7440.0
3	-8.87	15240.0

Mx ja Vy (murtorajatila)

Kuormitustapaus 1:

z [mm]	Vyd [kN]	Mxd [kNm]	z [mm]	Vyd [kN]	Mxd [kNm]	z [mm]	Vyd [kN]	Mxd [kNm]
0.0	94.63	-0.00	6000.0	91.37	-129.20	12000.0	128.69	-118.40
360.0	81.55	31.71	6360.0	81.20	-98.14	12360.0	115.62	-74.42
720.0	68.48	58.72	6720.0	71.02	-70.74	12720.0	102.54	-35.15
1080.0	55.40	81.02	7080.0	60.85	-47.00	13080.0	89.47	-0.59
1440.0	42.33	98.61	7440.0	50.68	-26.92	13440.0	76.39	29.26
1800.0	29.25	111.49	7800.0	40.51	-10.51	13800.0	63.32	54.41
2160.0	16.18	119.67	8160.0	30.34	2.24	14160.0	50.24	74.85
2520.0	3.10	123.14	8520.0	20.16	11.33	14520.0	37.17	90.59
2880.0	-9.97	121.90	8880.0	9.99	16.76	14880.0	24.09	101.61
3240.0	-37.45	112.50	9240.0	-9.78	16.22	15240.0	11.02	107.93
3600.0	-50.52	96.66	9600.0	-19.95	10.87	15600.0	-2.06	109.54
3960.0	-63.60	76.12	9960.0	-30.13	1.85	15960.0	-15.13	106.45
4320.0	-76.68	50.87	10320.0	-40.30	-10.82	16320.0	-28.21	98.65
4680.0	-89.75	20.92	10680.0	-50.47	-27.16	16680.0	-41.28	86.14
5040.0	-102.83	-13.75	11040.0	-60.64	-47.16	17040.0	-54.36	68.92
5400.0	-115.90	-53.12	11400.0	-70.81	-70.82	17400.0	-67.44	47.00
5760.0	-128.98	-97.20	11760.0	-80.99	-98.15	17760.0	-80.51	20.37
6000.0	-137.69	-129.20	12000.0	-87.77	-118.40	18000.0	-89.23	-0.00

Y-SIIRTYMÄT (käyttörajatila) (IPE330)

Kuormitustapaus 1:

z [mm]	Uy [mm]	z [mm]	Uy [mm]	z [mm]	Uy [mm]
0.0	0.00	6000.0	0.00	12000.0	0.00
360.0	-2.08	6360.0	0.72	12360.0	-0.99
720.0	-4.05	6720.0	1.13	12720.0	-2.22
1080.0	-5.83	7080.0	1.29	13080.0	-3.58
1440.0	-7.35	7440.0	1.31	13440.0	-4.93
1800.0	-8.55	7800.0	1.23	13800.0	-6.19
2160.0	-9.38	8160.0	1.12	14160.0	-7.27
2520.0	-9.83	8520.0	1.02	14520.0	-8.11
2880.0	-9.86	8880.0	0.95	14880.0	-8.66
3240.0	-9.51	9240.0	0.93	15240.0	-8.87
3600.0	-8.78	9600.0	0.97	15600.0	-8.73
3960.0	-7.74	9960.0	1.04	15960.0	-8.23
4320.0	-6.45	10320.0	1.12	16320.0	-7.38
4680.0	-5.00	10680.0	1.16	16680.0	-6.21
5040.0	-3.47	11040.0	1.11	17040.0	-4.76
5400.0	-2.00	11400.0	0.90	17400.0	-3.09
5760.0	-0.70	11760.0	0.47	17760.0	-1.26
6000.0	0.00	12000.0	0.00	18000.0	0.00

Y-suunnan siirtymä [käyttö], KT1

