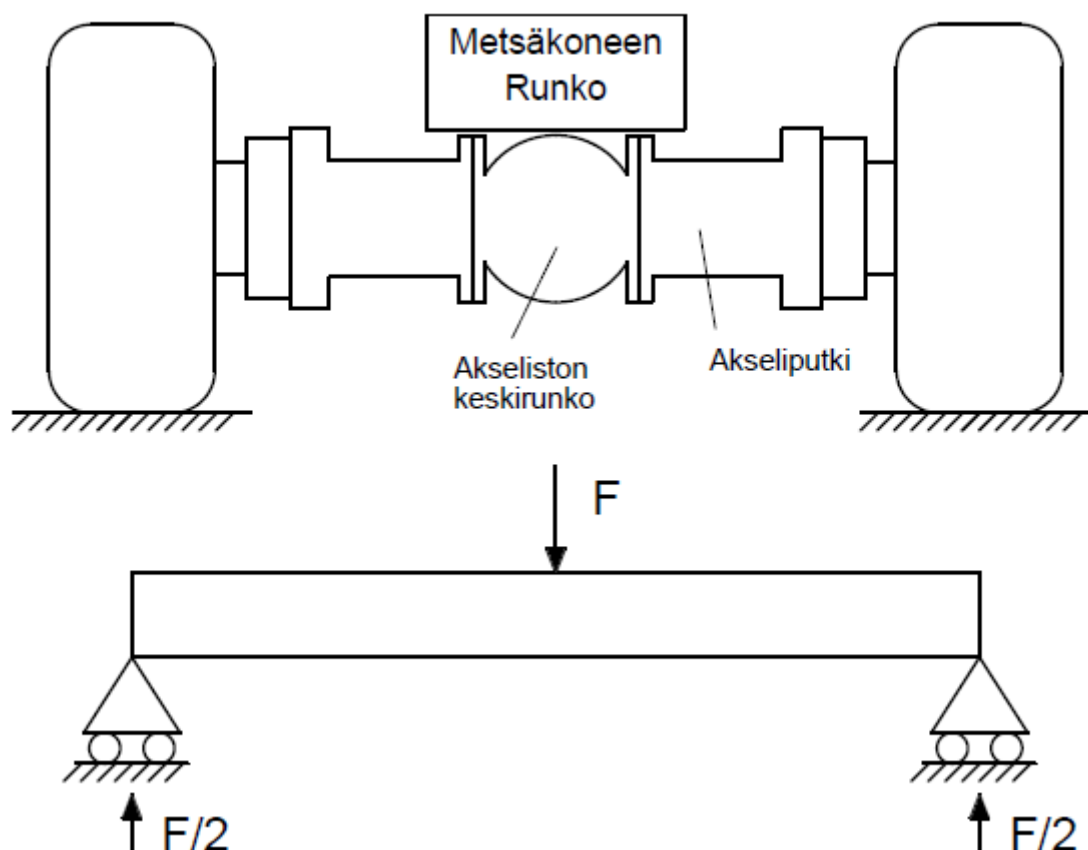


Metsäkoneen akseliston esijännitys kestävyuden parantamiseksi

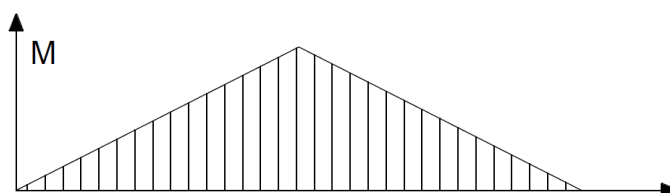
Metsäkoneen akselisto ja sen kuormitus voidaan yksinkertaistaa lujuusopillisesti taivutetuksi palkiksi kuvan 1 mukaisesti. Voima F muodostuu metsäkoneen omasta ja kuorman painosta ja sen suuruus myös vaihtelee ajettaessa epätasaisessa maastossa. Yksinkertaisessa oletuksessa akseli on symmetrinen ja tukireaktiot ovat siten $F/2$, jotta akselisto ja sitä kuvaava palkki olisivat staattisesti tasapainossa.



Kuva 1.

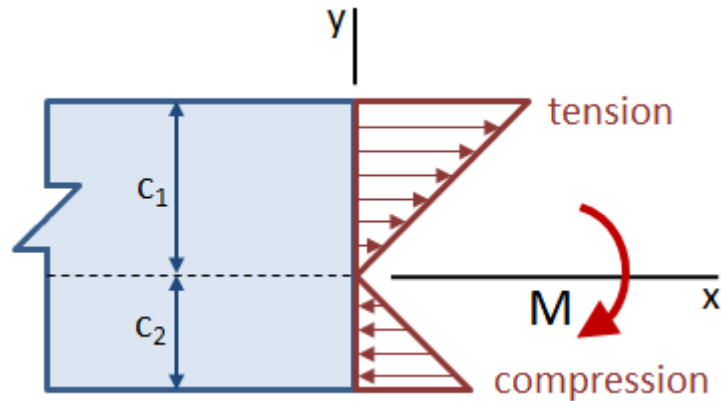
Palkkiteorian mukaisesti rakenteessa vaikuttavat sisäiset voimasuureet taivutusmomentti M ja leikkausvoima V . Kun palkkimaisia teräsrakenteita lujuuslasketaan on taivutusmomentti yleensäkin merkittävämpi kuormitus kuin leikkausvoima, joten tarkastellaan sitä.

Kuvassa 2 on esitetty kuvan 1 mukaisen taivutetun palkin taivutusmomenttikuvaaja. Taivutusmomentin maksimiarvo on palkin keskellä, eli voima F kohdalla. Tukireaktioiden ($F/2$) kohdalla taivutusmomentti on nolla, koska metsäkoneen renkaan ja maaston välinen kosketuspinta ei juurikaan pysty muodostamaan momenttia tarkastelusuunnassa.



Kuva 2.

Palkkiteorian mukaisesti taivutusmomentti aiheuttaa rakenteeseen jännityksiä. Yksinkertaisimmillaan jännitykset jakaantuvat tasaisesti profiilin poikkileikkaukseen siten, että toiselle pinnalle muodostuu puristusjännitystä ja toiselle vetojännitystä ja ne muuttuvat poikkipinnan yli lineaarisesti (ks. kuva 3). Kuvan 1 mukaisessa kuormitusilanteessa palkin yläpinta on puristuksella ja alapinta vedolla. Jännityksen yksikkö on $\text{N}/\text{mm}^2 = \text{MPa}$, eli se kuvaa kuormituksen jakautumista pinta-alaa kohden. Kuvassa 3 on esimerkki taivutetun palkin sisäisestä jännitystilasta.



Kuva 3.

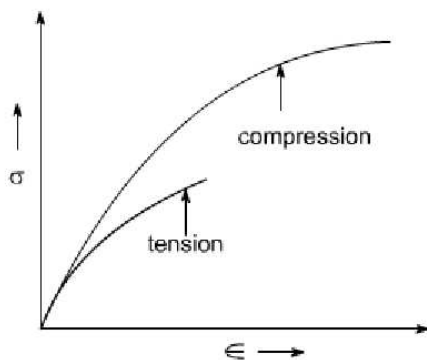
Jännityksen suuruus taivutetussa palkissa määräytyy seuraavan yhtälön mukaisesti.

$$\sigma_c = \frac{M * c}{I}$$

Jossa σ_c on taivutusjännitys etäisyydellä c neutraaliakselista. M taivutusmomentti tarkasteltavassa poikkileikkauksessa ja I on profiilin jäyhyys, eli ns. "geometrisen jäykkyys". Lujuusteknisesti taivutusjännitys σ_c ei saa ylittää materiaalille ominaisia lujuusarvoja, koska rakenne vaurioituu muuten.

Metsäkoneen akseliston osat on valmistettu valuraudasta, mikä on myöskin ongelmallinen materiaali lujuusteknisesti, koska sillä ei ole juurikaan plastista muodonmuutoskykyä ja sillä on eri suuruiset veto- ja puristusjännityksen kestävyysarvot kuvan 4 mukaisesti.

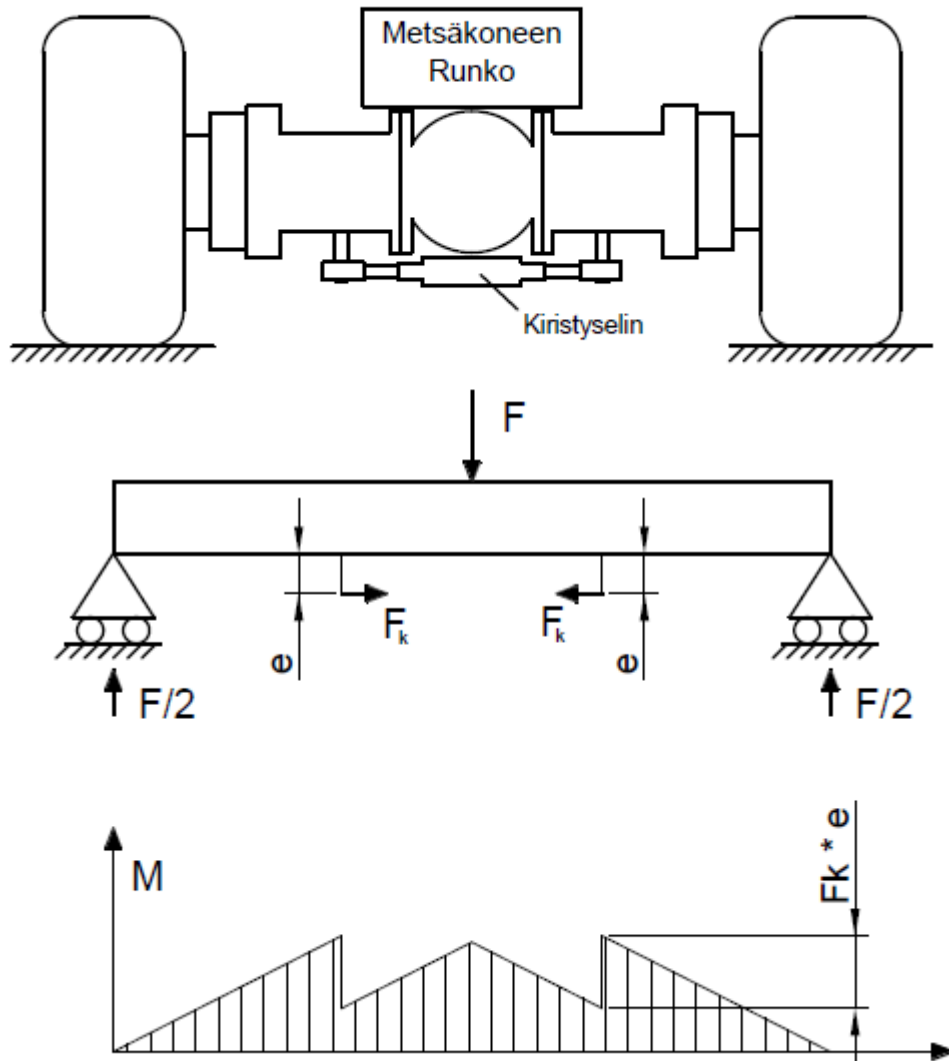
Compressive vs. tensile strength



| Material | Tensile strength (MPa) | Compressive strength (MPa) |
|--------------------------|------------------------|----------------------------|
| steel | 500 | 500 |
| cast iron | 170 | 550 |
| concrete | 2 | 20 |
| marble | - | 80 |
| wood (parallel to grain) | 40 | 35 |
| bone | 130 | 170 |

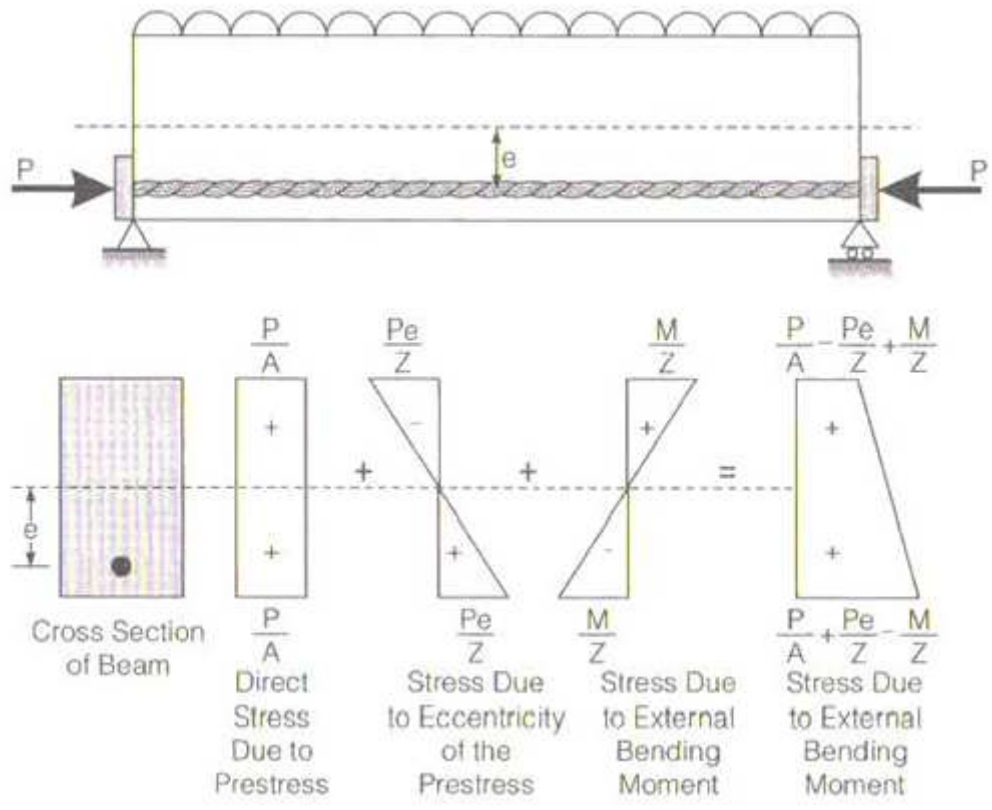
Kuva 4.

Akseliston kestävyyttä voidaan parantaa sen esijännittämisellä, eli lisäämällä kiristyselin kuvan 5 mukaisesti. Kiristyselin aiheuttaa rakenteeseen uuden kuormittavan voiman F_k etäisyydelle e . Tästä muodostuu ns. kippimomentti $F_k * e$, mikä kyseisessä kuormitustilanteessa pienentää taivutusmomenttia esijännitettyllä alueella. Aiemman taivutusteorian yhtälön perusteella taivutusjännitykset pienentyvät myöskin, koska taivutusmomentti pienenee.



Kuva 5.

Esijännittäminen lisää kuitenkin esijännitetylle alueelle puristavan voiman F_k , mikä aiheuttaa myös rakenteeseen pituussuuntaisen puristusjännitystilän. Tämä taas superponoituu rakenteen muihin jännitystiloihin kuvan 6 esittämällä tavalla. Kuvassa 6 puristusjännitys on esitetty positiivisena (+) ja vetojännitys negatiivisena (-). Pituussuuntainen tasainen puristusjännitystila on P/A , kippimomentin aiheuttama taivutusjännitysjaakauma on Pe/Z ja alkuperäisen kuormituksen F aiheuttaman taivutusmomentin aiheuttama taivutusjännitysjaakauma on M/Z . Näiden summa on esitetty oikealla, josta nähdään, että sopivalla esijännityksen arvolla poikkipinnan yli vaikuttava jakauma on kokonaan puristusta, mikä olikin kuvan 4 osoittamalla tavalla valuraudalle huomattavasti edullisempi kuormitus kuin veto.



Kuva 6.