

 Rakennustyömaa |  Sisätilat |  Huonekalut ja sisustaminen |  Rakentaminen

Lastulevykäsikirja



KOSKISEN

Koskisen Lastulevykäsikirja

1. Yleistä

Koskisen on vuonna 1909 perustettu yhtiö. Koskisen Oy tunnetaan mekaanisen metsäteollisuuden tuotteiden valmistajana. Koskisen Oy on Suomessa ainoa lastulevyn valmistaja ja kapasiteetti on noin 100 000 m³.

Lastulevyn raaka-aineet ovat sivutuotteita sahalta ja vaneritehtaalta, puupuru ja koivuviuluhake ja kaikki puuraaka-aineet saadaan samalla tontilla olevilta sahalta ja vaneritehtaalta. Tukki ostetaan n. 100 km säteeltä Järvelästä ja se on sertifioitua puuta. Lastulevyssä ei käytetä kierrätysmateriaalia, koska sivutuotteita on riittävästi käytössä ja tuloksena on puhdas ja vaalea levy.

Lastulevyt valmistetaan puulastuista ja liimasta puristamalla. Tasopuristamalla valmistettavissa levyissä lastut ovat pääasiassa pinnan suuntaisia. Levyn pintoihin molemmin puolin sirotellaan hienoin puuaines ja keskelle jää karkeampi lastu. Pintakerroksen lastut ovat pienempiä ja ohuempia kuin keskikerroksen lastut, joten lastulevyn pinta on tiiviimpi ja tiheämpi kuin levyn keskusta. Linjalla voidaan tehdä useita eri laatuja käyttökohteen mukaan optimoiden.

2. Lastulevyn käyttö

Perusominaisuuksiltaan lastulevy on verrattavissa puuhun. Lisäksi sillä on valmistustavasta johtuvia etuja kuten ei syynsuuntaa, se on tasa-aineinen ja sillä on tason eri suunnassa samanlainen lujuus, lisäksi levyn eläminen tason suunnassa on vähäistä (puuinfon sivut).

2.1 Lastulevyn käyttökohteet

Lastulevyä käytetään yleisesti rakentamisessa kuten seinissä ja lattioissa ja huonekaluissa esim. komerot ja keittiökalusteet. Levyä voidaan valmistaa useita paksuuksia lähes portaattomasti 3-50 mm ja niitä voidaan tehdä lujuudeltaan erilaisia. Käyttökohteen mukaan valitaan sopiva levyn lujuusluokka.

On tärkeää käytön kannalta valita oikean tyyppinen levy oikeaan kohteeseen. Alla olevassa listassa on esitetty esimerkkejä käyttökohteeseen sopivasta lujuusluokasta.

- Perusominaisuuksiltaan lastulevy on verrattavissa puuhun.

Hyödynnämme puun kokonaisvaltaisesti



- 1 Hankimme laadukkaan raakamateriaalimme suoraan yksityisiltä metsänomistajilta.
- 2 Valmistamme hakkuutähteistä ja tehtaiden sivutuotteista bioenergiaa.
- 3 Sahatavaramme päätuotteet ovat perinteinen sahatavara ja jatkojalostettu höylätavara.
- 4 Meillä vanerituotteet valmistetaan uusiutuvasta raaka-aineesta, suomalaisesta koivusta.
- 5 Laadukkaan lastulevyämme valmistuksessa käytämme omien yksiköidemme tuotannoista syntyviä raaka-aineiden sivuvirtoja.

P1

Peruslevyalaatu soveltuu mm. sisäseiniin ja ovien sisuksiin

P2

Yleisin peruslevyalaatu. Melamiinipinnoitettuna lastulevynä esim keittiökaluusteet, huonekalut

P2Mr

Keittiökaluusteet, kylpyhuoneen kalusteet

P4

Lattialevyt

P5

Väriltään vihertävä

- Kosteisiin tiloihin
- Korjaus- ja lisärakentamisessa; kellarit ja ullakot
- Asuntojen märkätilojen kalusteissa; kylpyhuone, pesuhuone ja WC
- Loma-asunnoissa; lattiat ja sisäkatot
- Maataloudessa; tuotantorakennukset, autotallit, varastot ja katokset
- Valutöissä; kertamuottilevynä

P6

Lattialevyt

P7

Vaativaan käyttöön

Lastulevyjen käyttökohteet ovat sisätilat tai katetut tilat. P5-lastulevy on liimattu liimalla, joka kestää hieman paremmin kosteutta, mutta sitä ei ole tarkoitettu suoraan ulkokäyttöön.

Märkätilojen kalusteilla voi olla hyvinkin laaja kosteusolosuhde riippuen esimerkiksi siitä onko kylpytiloissa sauna vai ei ja miten roiskevettä pääsee kalusteisiin.

Yleensä märkätiloilla tarkoitetaan huonetilaa, jonka lattiapinta joutuu käyttötarkoituksen vuoksi vedelle alttiiksi ja jonka seinäpinnoille voi roiskua tai tiivistyä vettä (esim. kylpyhuone, suihkuhuone, sauna). Lastulevyä ei pidä käyttää sellaisten märkätilojen rakenteissa, joissa veden käyttö on jatkuvaa, kuten esim. suihku- ja pesutilat. Roiskevedelle alttiit lattiat ja seinät on rakennettava aina ehdottomasti vesitiiviiksi, ettei vesi turmele rakenteita. (RT-kortti, 2007)

Vakiolastulevyä paremmin kosteutta kestävä lastulevyt ovat tarkoitettuja käytettäväksi RIL 120 mukaisessa kosteusluokassa 2. Myös tehtaalla valmiiksi melamiinikalvolla pinnoitetut P2Mr- ja P5-luokan levyt soveltuvat seinien sisäverhoilulevyksi.

- On tärkeää käytön kannalta valita oikean tyyppinen levy oikeaan kohteeseen.

2.2 Lastulevyn käyttöolosuhteet

Lastulevy on tarkoitettu kuivien tilojen levyksi. Taulukossa 1 on esitetty kosteusluokat, jotka ovat jaoteltu RIL 120 mukaan (RIL 120 – 2004).

Luokka	Nimitys	Suhteellisen kosteuden RH kuukausikeskiarvo
1	sisäkuiva	RH < 0,6
2	ulokuiva	0,6 ≤ RH < 0,8
3	kostea	0,8 ≤ RH < 0,95
4	märkä	0,95 ≤ RH

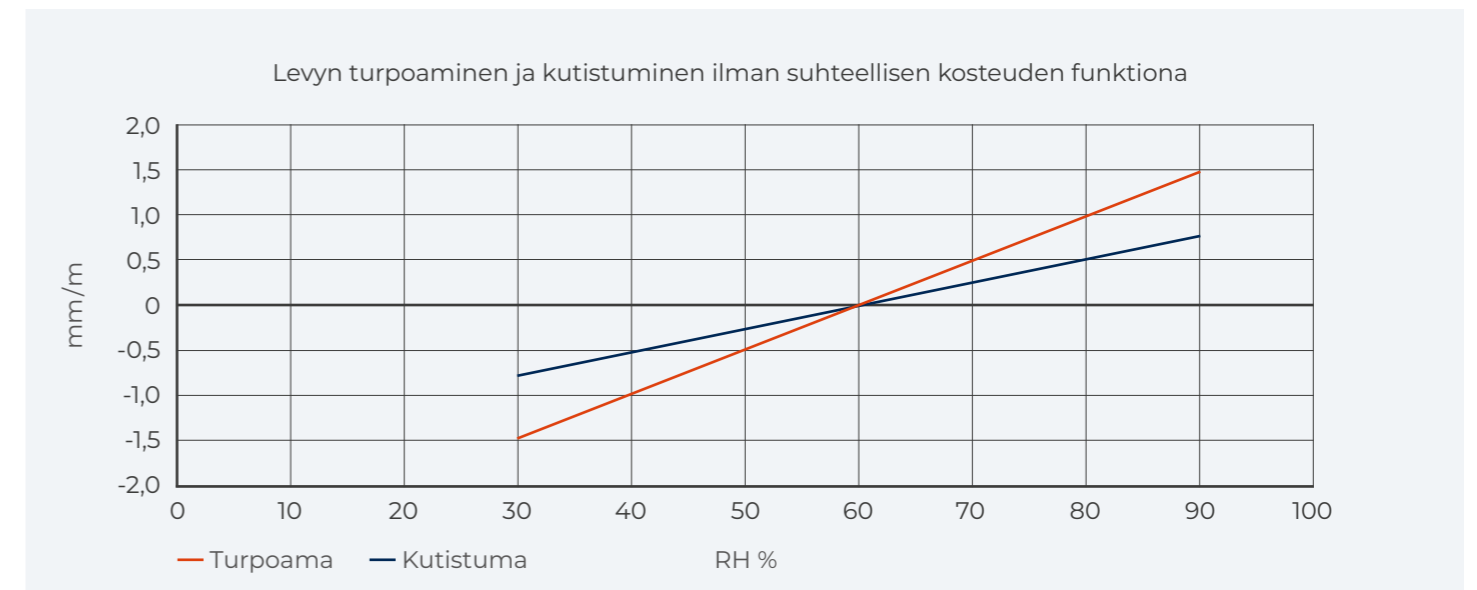
Taulukko 1. Käyttökosteusluokat jaoteltuna RIL 120 mukaan.

2.3 Lastulevyn kosteus

Lastulevyn toimituskosteus on 3-7 %, varastointikosteus vaikuttaa levyn kosteuteen taulukon 2 mukaisesti:

Suhteellinen ilmankosteus (%)	Lastulevyn kosteus
20	4
30	6
40	7
50	8
60	9
70	11
80	12
90	15

Taulukko 2. Suhteellinen ilmankosteus % +20°C. Lastulevyn tasapainokosteus eri ilmankosteuksissa.



Kuva 1. Levyn mittamuutokset ilmankosteuden funktiona.

3. Koskisen lastulevyjen tekniset ominaisuudet

3.1 Levymitat

Lastulevy tuotantolinjan mitat mahdollistavat tiettyjen levymittojen valmistamisen. Taulukossa 3 on esitetty vakiomitat.

PINNOITETUT	
8-32 mm	1830 x 2750 mm
Paksummat levyt 40 mm:iin asti	1830 x 2630 mm
PINNOITTAMATTOMAT	
KoskiPan	1220 x 2630 mm 1290 x 3045 mm 1530 / 1830 x 2630 mm
KoskiFloor	600 x 1800 / 2400 mm 1200 x 1800 / 2400 mm
PAKSUUS	
3 – 50 mm	

Taulukko 3. Lastulevyn vakiomitat.

3.2 Toleranssit

Lastulevyn mittojen toleranssit on esitetty taulukoissa 4 ja 5.

Standardivaatimus EN 324-1 (mm)	
PERUSLEVY	
Pituus	+/-5
Leveys	+/-5
Hiomattoman levyn paksuus	-0,3 /+1,7
Hiotun levyn paksuus	+/-0,3
PONTTAUS	
Pituus	+/-5
Leveys	+/-5
MÄÄRÄMITTASAHAUS (Palakoko min 250x250 mm)	
Pituus	+/-5
Leveys	+/-5
LISTOITUS *	
Leveys	+/-5

* Listoituksen koot: Max 1200 x 2750 mm kahden sivun listoitus. Neljän sivun listoitus max. 1200 x 2500 mm. Minimi koko 220 x 220 mm

Taulukko 4. Lastulevyn toleranssit tehtaan ja standardin mukaan

Standardivaatimus EN 324-1 (mm)	
PERUSLEVY	
Reunan suoruus	1,5
Suorakulmaisuus	2
PONTTAUS	
Reunan suoruus	1,5
Suorakulmaisuus	2
MÄÄRÄMITTASAHAUS	
Reunan suoruus	1,5
Suorakulmaisuus	2
Ristimitta	–

Taulukko 5. Lastulevyn suoruus- ja suorakulmaisuustoleranssit.

3.3 Lastulevyn pintalaadut

Laatua A käytetään yleensä maalattuna ja melamiinipinnoitettuna levynä ja laatu B soveltuu mm. laminointiin.

Virhe	Laatu A	Laatu B
Hiontajuova	Sallitaan vähäinen, ei kuitenkaan käteen tuntuva	Sallitaan
Puhkihionta	Ei sallita	Ei sallita
Pinnan läpi-kuultavaa keskilastua	Saa näkyä reunoilla ja satunnaisesti muualla	Sallitaan kohtuullisessa määrin
Hiomaton kohta	Ei sallita	Sallitaan vähäisessä määrin
Pinnan karheus	Sallitaan vähäistä karheutta	Sallitaan huomattavaa karheutta
Reunavika	Sallitaan särmissä satunnaisesti vähäisiä lohkeamia, jotka eivät vähennä levyn käyttöarvoa	Sallitaan särmissä vähäisiä lohkeamia ja poikkeavuutta syrjän tiiviyessä
Liima- ja pölyläikät	Sallitaan vähäisessä määrin, kunhan ne eivät vähennä levyn käyttöarvoa	Sallitaan, kunhan ne eivät ulotu levyn läpi
Kuoripilkut	Sallitaan pieniä kuoripilkkuja	Sallitaan
Tikut	Sallitaan joitain yksittäisiä tikkumaisia lastuja	Sallitaan
Vieraat esineet	Ei sallita	Ei sallita
Painaumat	Ei sallita	Sallitaan
Tahrat	Ei sallita	Sallitaan, kunhan eivät vähennä levyn käyttöarvoa

Taulukko 6. Koskisen lastulevyn pintalaadun määritelmät.

4. Lastulevyn lujuusluokat

Lastulevyt on luokiteltu eri luokkiin perustuen taivutuslujuuksiin sekä kosteusturpoamavaatimuksiin. Mitä suurempi luokka sitä suurempi lujuus ja sitä vaativampi käyttökohde, jossa tarvitaan lujuudeltaan kestävä levy.

Taulukossa 8 on esitetty eri luokat, ja näille luokille asetetut vaatimukset EN 312 mukaan. Lastulevyt, jotka on tarkoitettu käytettäväksi rakennuskäytössä, ominaisuudet ja vaatimustenmukaisuus on määritelty SFS – EN 13986 + A1 standardissa.

Taulukossa 7 on esitetty Koskisen lastulevyn tavoitetiheydet eri lujuusluokissa ja toleranssi on +/- 10%

Paksuus / tyyppi	P1	P2	P4	P6	P2Mr	P5	P7
4 - 6	810	830	835	850	830	850	890
7 - 13	720	750	755	770	750	770	810
14 - 20	670	700	705	730	700	720	755
21 - 25	650	685	655	700	685	670	770
26 - 32	600	650	645	690	650	660	-
33 - 40	550	620	595	680	620	610	-
41 - 50	490	510	545	600	510	560	-

Taulukko 7. Koskisen lastulevyn tavoitetiheydet eri lujuusluokissa.

Taivutuslujuus N/mm² (EN 310)

Paksuus / tyyppi	P1	P2	P4	P6	P2Mr	P5	P7
> 4-6	11,5	12,0	16,0	20,0	12,0	19,0	21,0
> 6-13	10,5	11,0	16,0	20,0	11,0	18,0	22,0
> 13-20	10,0	11,0	15,0	18,0	11,0	16,0	20,0
> 20-25	10,0	10,5	13,0	16,0	10,5	14,0	18,5
> 25-32	8,5	9,5	11,0	15,0	9,5	12,0	17,0
> 32-40	7,0	8,5	9,0	14,0	8,5	10,0	16,0
> 40	5,5	7,0	7,0	12,0	7,0	9,0	15,0

Paksuusturpoama 24 h vesiliotuksessa % (EN 317)

Paksuus / tyyppi	P1	P2	P4	P6	P2Mr	P5	P7
> 4-6	EI STD	EI STD	21	16	14	14	10
> 6-10	-	-	19	16	13	13	10
> 10-13	-	-	16	16	11	11	10
> 13-20	-	-	15	15	10	10	10
> 20-25	-	-	15	15	10	10	10
> 25-32	-	-	15	15	10	10	10
> 32-40	-	-	14	14	9	9	9
> 40	-	-	14	14	9	9	9

Taulukko 8. Tiivistelmä lastulevyn standardivaatimuksista EN 312:2010

Poikittaisvetolujuus N/mm² (EN 319)

Paksuus / tyyppi	P1	P2	P4	P6	P2Mr	P5	P7
> 4-6	0,31	0,45	0,45	0,65	0,45	0,45	0,75
> 6-13	0,28	0,40	0,40	0,60	0,40	0,45	0,75
> 13-20	0,24	0,35	0,35	0,50	0,35	0,45	0,70
> 20-25	0,20	0,30	0,30	0,40	0,30	0,40	0,65
> 25-32	0,17	0,25	0,25	0,35	0,25	0,35	0,60
> 32-40	0,14	0,20	0,20	0,30	0,20	0,30	0,55
> 40	0,14	0,20	0,20	0,25	0,20	0,25	0,50

Poikittaisvetolujuus kosteusrasituskokeen jälkeen N/mm² (EN 321)

Paksuus / tyyppi	P1	P2	P4	P6	P2Mr	P5	P7
> 4-6	EI STD	EI STD	EI STD	EI STD	EI STD	0,30	0,44
> 6-10	-	-	-	-	-	0,25	0,41
> 10-13	-	-	-	-	-	0,25	0,41
> 13-20	-	-	-	-	-	0,22	0,36
> 20-25	-	-	-	-	-	0,20	0,33
> 25-32	-	-	-	-	-	0,17	0,28
> 32-40	-	-	-	-	-	0,15	0,25
> 40	-	-	-	-	-	0,12	0,20

Taivutuskimmomoduli N/mm² (EN 310)

Paksuus / tyyppi	P1	P2	P4	P6	P2Mr	P5	P7
> 4-6	EI STD	1950	2200	2900	1950	2450	3100
> 6-13	-	1800	2300	3150	1800	2550	3350
> 13-20	-	1600	2300	3000	1600	2400	3100
> 20-25	-	1500	2050	2550	1500	2150	2900
> 25-32	-	1350	1850	2400	1350	1900	2800
> 32-40	-	1200	1500	2200	1200	1700	2600
> 40	-	1050	1200	2050	1050	1550	2400

Paksuusturpoama kosteusrasituskokeen jälkeen % (EN 321)

Paksuus / tyyppi	P1	P2	P4	P6	P2Mr	P5	P7
> 4-6	EI STD	EI STD	EI STD	EI STD	EI STD	12	11
> 6-10	-	-	-	-	-	12	11
> 10-13	-	-	-	-	-	12	11
> 13-20	-	-	-	-	-	12	11
> 20-25	-	-	-	-	-	11	10
> 25-32	-	-	-	-	-	10	9
> 32-40	-	-	-	-	-	9	8
> 40	-	-	-	-	-	9	8

5. Pinnoitteet ja erikoistuotteet

Lastulevyä voidaan pinnoittaa useilla erilaisilla pinnoitteilla mm. kuumapuristettavilla melamiini- tai fenoli-kalvoilla. Valikoimissa on useita pintamuotoja. Levyn pintaan voidaan myös liimata laminaatteja ja muovipinnoitteita. Pinnoite valitaan käyttökohteen ja asiakasvaatimusten mukaan.

Nettisivuilta löytyvät vakiopinnoitteet ja värimallit. Tuotenimi KoskiMel käsittää melamiinipintaiset kalustelevyt.

Räätälöidyt erikoislevyt tehdään tuotenimellä KoskiPro, jonka ominaisuus määräytyy asiakkaan vaatimusten mukaan esim keveys. KoskiPro voidaan pinnoittaa erilaisilla pinnoitteilla kuten esimerkiksi melamiineilla, fenoli-pinnoitteilla ja liimattavilla pinnoitteilla.

[KoskiMel ▶](#)
[KoskiLam ▶](#)
[KoskiPro ▶](#)


6. Mitoitus – Lattiat

Lattialevyjen mitoituksen avuksi on laadittu laskennalliset arvot, joita voi käyttää mitoituksen apuna lastulevyjen lujuusluokille P5 ja P6. Laskennan perusteet on esitetty ohessa. Arvot on simuloitu ja ohjeellisia, lisäksi on syytä selvittää paikalliset ohjeet ja rakennusmääräykset.

Lastulevyjen lujuusarvoihin vaikuttavat levyjen tiheys ja kosteus sekä kuormituksen kesto aika. Ohuiden levyjen lujuus on tavallisesti suurempi kuin paksujen, koska niissä tiheän pintakerroksen suhteellinen osuus on suurempi kuin paksuissa levyissä. Koska taulukossa 4 esitetyt lastulevyjen lujuusarvot määritetään lyhytaikaisen staattisten kokeiden perusteella, niitä ei sellaisenaan voi käyttää mitoitusperusteena. Kantavien rakenteiden mitoituksessa käytettävät ominaislujuudet ja kimmomoduulit on esitetty julkaisussa SFS EN 12369-1 Puupohjaiset levyt. Karakteristiset rakennesuunnitteluarvot. Osa 1.

6.1 Tasainen kuorma

Tasainen kuorma vaikuttaa muuttumattomana koko tukivälille. Levyn pituuden oletetaan olevan ääretön toiseen suuntaan ja tukivälin L suuruinen toiseen suuntaan. Näin ollen tasaisen kuorman tapaus voidaan yksinkertaistaa palkkiteoriaan, josta levyn äärettömän sivun mitta supistuu laskelmista pois.

6.1.1 Taipuma yksiaukkoinen

Yksiaukkoisen palkin taipuma voidaan johtaa palkkiteoriasta. Tasaisesti kuormitetulle palkille suurin taipuma sijaitsee palkin keskellä ja voidaan määrittää kaavan 1 mukaisesti:

$$V_{\max.1\text{-aukkoinen}} = \frac{5qL^4}{384EI} = \frac{5q_{\text{pinta}}bL^4}{384E\frac{b^3}{12}} = \frac{5q_{\text{pinta}}L^4}{32Et^3}$$

q_{pinta} = pintakuorma

L = tukiväli

E = keskimääräinen kimmokerroin

t = levyn paksuus

6.1.2 Taipuma kaksiaukkoinen

Kaksiaukkoiselle, tasaisella kuormalla kuormitetulle palkille taipuman maksimi saadaan kaavasta 2:

$$V_{\max.2\text{-aukkoinen}} = \frac{qL^4}{185EI} = \frac{q_{\text{pinta}}bL^4}{185E\frac{b^3}{12}} = \frac{12q_{\text{pinta}}L^4}{185Et^3}$$

Näin ollen kaksiaukkoisen tapauksen taipumat voidaan johtaa yksiaukkoisen taipumataulukosta kertomalla ne luvulla:

$$\frac{V_{\max.1\text{-aukkoinen}}}{V_{\max.2\text{-aukkoinen}}} = \frac{384}{925}$$

6.2 Kapasiteetti

6.2.1 Kapasiteetti yksiaukkoinen

Yksiaukkoisen palkin kestävyys voidaan tasaisella kuormituksella niin ikään johtaa suoraan palkkiteoriasta. Määrävänä tapauksena pidetään taivutuskestävyyttä. Maksimimomentti tasaisella kuormituksella yksinkertaisesti tuetulle palkille saadaan kaavalla 3:

$$M_{\max} = \frac{qL^2}{8} = \frac{q_{\text{pinta}}bL^2}{8}$$

Taivutusjännitys on kaavan 4 mukaisesti:

$$\sigma_t = \frac{M}{I} y = \frac{\left(\frac{q_{\text{pinta}}bL^2}{8}\right) t}{\left(\frac{bt^3}{12}\right) 2} = \frac{3q_{\text{pinta}}L^2}{4t^2}$$

Ja kun tiedetään levyn taivutuslujuus, saadaan sallittu pintakuorma johdettua kaavan 5 mukaisesti:

$$q_{\text{pinta.kapasiteetti.1-aukkoinen}} = \frac{4f_t t^2}{3L^2}$$

Yksiaukkoisella palkilla leikkauskestävyys ei muodostu määräväksi.

6.2.2 Kapasiteetti kaksiaukkoinen

Kaksiaukkoisella tapauksella maksimimomentti pysyy samana kuin yksiaukkoisella, joten kapasiteetti taivutuksen suhteen on sama kuin yksiaukkoisesti tuetulla palkilla. Momentin maksimi esiintyy keskimmäisen tuen kohdalla.

Paksuilla ainevahvuuksilla ja lyhyillä tukiväleillä leikkauslujuus voi kaksiaukkoisessa tapauksessa muodostua määräväksi. Käytännössä tasaisella kuormituksella näin tapahtuu sekä P5 että P6-levyllä paksuimmalla laskelmissa käytetyllä ainevahvuudella $t = 38$ mm yhdessä lyhimmillä tukivälin $L = 300$ mm kanssa.

Suurin leikkausvoima kaksiaukkoisessa tasaisesti kuormitetussa palkissa on palkin keskituella, ja sen suuruus saadaan kaavalla 6:

$$V_{\max} = \frac{5}{8} qL$$

Leikkauskestävyys voidaan todentaa leikkausjännityksen ja leikkauslujuuden kautta. Leikkauskestävyyttä laskettaessa otetaan huomioon, että rakenne on taivutettu, jolloin standardin EN 1995-1-1 mukaisesti laatan tehollisenä leveytenä käytetään arvoa $2/3$ kohdan 6.1.7(2) osoittamalla tavalla. Lopputuloksena saadaan kaava 7:

$$T = \frac{V_{\max}}{\frac{2}{3} A} \rightarrow q_{\text{leikkaus.kapasiteetti.2-aukkoinen}} = \frac{16f_t t}{15L}$$

Kaksiaukkoisen tasaisesti kuormitetun palkin kapasiteettia määritettäessä käytetään pienempää kaavoista (5) ja (7) saatavaa arvoa.

6.3. Pistekuorma

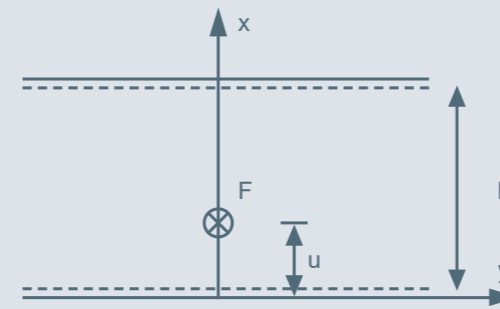
Pistekuorman oletetaan vaikuttavan tukivälien keskelle. Levyn pituuden oletetaan olevan ääretön toiseen suuntaan ja tukivälin L suuruinen toiseen suuntaan.

6.3.1 Taipuma pistekuormalla – yksiaukkoinen

Yksiaukkoisen palkin taipuma voidaan johtaa levykenttäteoriasta. Vapaasti vastakkaisilta sivuiltaan tuetulle, äärettömälle laattakaistalle on voimassa taipuman yhtälö (kaava 8):

$$v(x,y) = \frac{Fa^2}{2\pi^3 D} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^3} \sin(\alpha_n u) \sin(\alpha_n x) [(1 + \alpha_n y)e^{-\alpha_n y}]$$

$$\text{missä } D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \text{ ja } \alpha_n = n \frac{\pi}{L}$$



Missä tässä tapauksessa $x = u = L/2$ ja $y=0$. Tällöin tukivälin keskellä olevan voiman aiheuttama taipuma voiman kohdalla on kaavan 9 mukaisesti:

$$V_{\max} = v\left(\frac{L}{2}, 0\right) = \frac{Fa^2}{2\pi^3 D} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^3} \sin\left(n \frac{\pi}{2}\right) \sin\left(n \frac{\pi}{2}\right)$$

Sinilausekkeiden tulo on parametrissa n riippuen joko 0 (parillinen n) tai 1 (pariton n). Näin ollen voidaan muodostaa yhtälö:

$$V_{\max} = v\left(\frac{L}{2}, 0\right) = \frac{Fa^2}{2\pi^3 D} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^3} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n)^3}$$

Eli kaikkien positiivisten kokonaislukujen summasta poistetaan parillisten lukujen summa, koska parillisella n :llä summaa kertova sinifunktio palauttaa arvon 0.

Summan $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^3}$ tulos on Apéryn luku, jonka likiarvo on 1,2025. Vastaavasti summan $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n)^3}$ on tulos on $1/8$ Apéryn luvusta, jolloin voidaan kirjoittaa taipuman arvo lopulliseen muotoonsa kaavalla 10:

$$V_{\max} = v\left(\frac{L}{2}, 0\right) = \frac{Fa^2}{2\pi^3 D} \left(\frac{7}{8} * 1,2025\right) = \frac{6FL^2 (1-\nu^2)}{\pi^3 Et^3} \left(\frac{7}{8} * 1,2025\right)$$

6.3.2 Taipuma – kaksiaukkoinen

Kaksiaukkoisen laatan taipuma ei ole analyttisesti helposti ratkaistavissa, joten laskennassa hyödynne tään RFEM elementtilaskentaohjelmistoa, jolla määritetään kaksiaukkoisen laatan suhteellinen taipuma yksiaukkoiseen verrattuna. Validin tuloksen saamiseksi mallinnetaan kaksi laattaa sekä yksi- että kaksiaukkoisena:

- Tukiväli 500 mm, pitkä sivu 10 m, voima keskellä laattaa
- Tukiväli 1200 mm, pitkä sivu 10 m, voima keskellä laattaa

Molemmista tapauksista huomataan, että taipuman maksimien suhde yksi- ja kaksiaukkoisen laatan välillä on 0,599... eli se pysyy vakiona tukivälistä riippumatta.

→ 2-aukkoinen palkin taipuma voidaan laskea yksiaukkoisen palkin tuloksista, kertomalla se luvulla 0,6 kaavan 11 mukaisesti:

$$V_{\max, 2\text{-aukkoinen}} = V\left(\frac{L}{2}, 0\right) = 0,6 \cdot \frac{Fa^2}{2\pi^3 D} \left(\frac{7}{8} \cdot 1,2025\right) = \frac{3}{5} \frac{6FL^2(1-\nu^2)}{\pi^3 Et^3} \left(\frac{7}{8} \cdot 1,2025\right)$$

Kapasiteetti on määritetty palkkiteorialla, jossa palkin eli levykentän leveytenä käytetään ekvivalenttia leveyttä, joka määritetään lähtötietona toimitettujen VTT:n taulukoitujen kapasiteettituloksien pohjalta. Ekvivalentin leveyden toimivuus, eli sen muodostamien taivutusjännitysten vastaavuus pistekuormalla ja laatalla todenneetaan ANSYS -laskentaohjelmiston avulla.

Yksiaukkoiselle, keskeltä pistekuormitetulle palkille maksimimomentti määritetään kaavalla 12:

$$M_{\max} = \frac{FL}{4}$$

Ja taivutusjännitys kaavalla 13:

$$\sigma_t = \frac{M_{\max}}{I} y = \frac{\left(\frac{FL}{4}\right)}{\left(\frac{bt^3}{12}\right)} \frac{t}{2} = \frac{3FL}{2bt^2}$$

, missä leveytenä b tulee käyttää määritettyä ekvivalenttia leveyttä b_{ekv} . Pistekuormakapasiteetti saadaan levyn taivutuslujuuden suhteen määritettyä ratkaisemalla kaavasta 12 voima, ja korvaamalla taivutusjännitys taivutuslujuudella, jonka tuloksena saadaan kaava 14:

$$F = \frac{2b_{ekv} f_t t^2}{3L}$$

Ekvivalentti leveys on laskettu takaperin lähtötietona saaduista taulukoista siten, että tiedetään tukivälin pituus L ja pistekuormakapasiteetti F, jonka jälkeen ratkaistaan ekvivalentti leveys b kaavalla 15:

$$b_{ekv} = \frac{3FL}{2f_t t^2}$$

Taulukoimalla b_{ekv} :n arvoja eri tukivälien pituuksilla, huomataan ekvivalentin leveyden riippuvan lineaarisesti tukivälin pituudesta. Ekvivalenttia leveyttä voidaan kohdullisen tarkasti arvioida kaavalla 16:

$$b_{ekv} = \frac{16}{25} L + 140 \text{ mm}$$

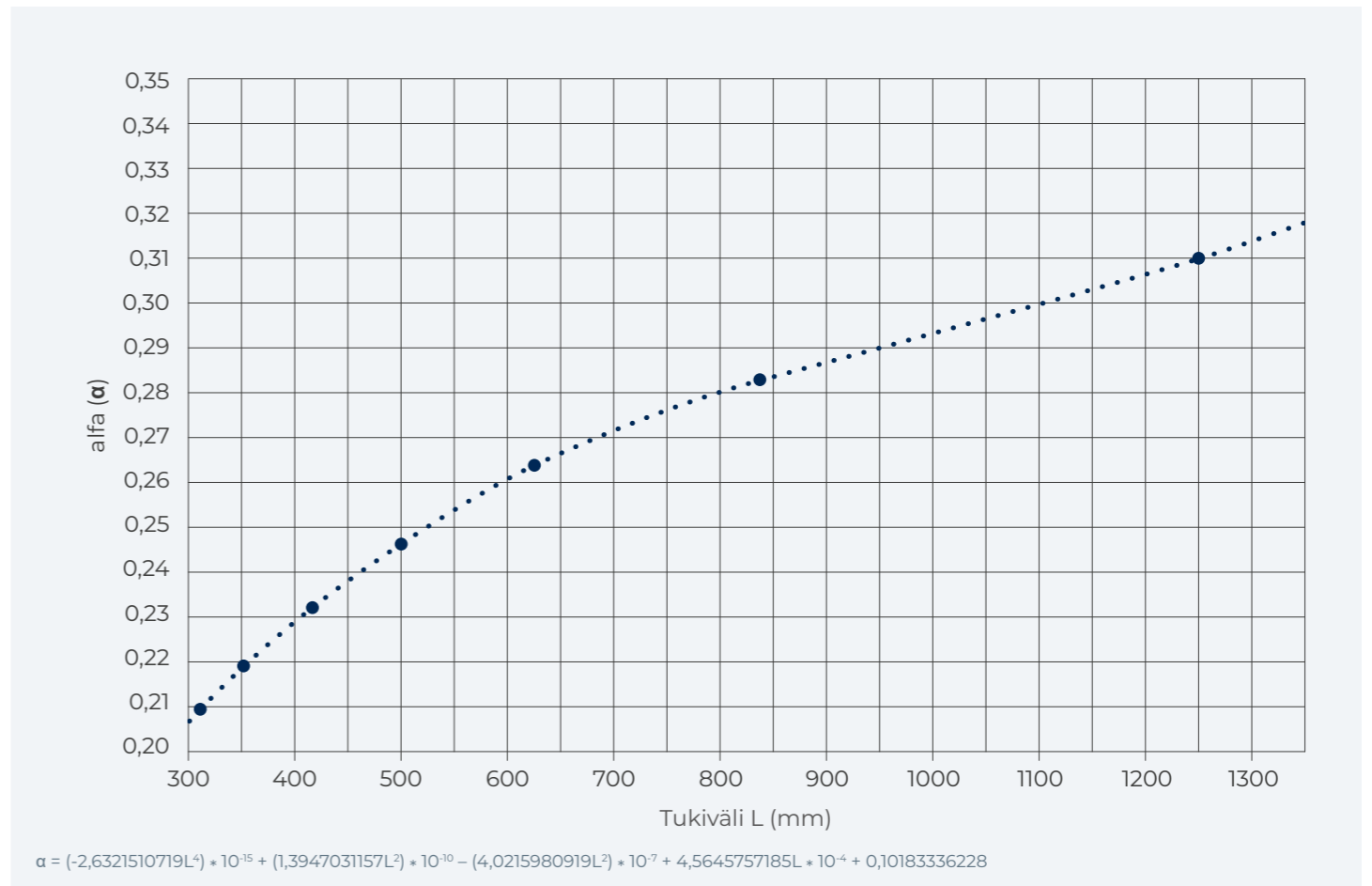
Nyt kapasiteettitaulukot voidaan muodostaa palkkiteorian mukaisella kaavalla 13, käyttämällä kaavan 16 mukaan määritettyä ekvivalenttia leveyttä.

6.3.3 Kapasiteetti – kaksiaukkoinen

Moniaukkoisen laatan pistekuormakestävyys voidaan laskea kaavalla 17 taivutukselle:

$$F = \frac{f_t t^2}{6\alpha}$$

, missä α voidaan ilmaista tukivälin 300 mm – 1200 mm riittävällä tarkkuudella kaavalla 18, kun pistekuorman leveys on 50 mm.



Paksuilla ainevahvuuksilla ja lyhyillä tukiväleillä leikkauslujuus voi kaksiaukkoisessa tapauksessa muodostua määrääväksi. Käytännössä pistekuormituksella näin tapahtuu sekä P5 että P6-levyllä paksuimmalla laskelmassa käytetyllä ainevahvuudella $t = 38$ mm sekä lyhimmällä tukivälillä $L = 300$ mm, sekä P5-levyllä myös paksuimman ainevahvuuden tukivälillä $L = 350$ mm.

Suurin leikkausvoima paikallisesti kuormitetussa laatas-
sa on paikallinen pistekuorma F (kaava 19)

$$V_{\max} = F$$

Leikkauskestävyys voidaan todentaa leikkausjännityksen ja leikkajäykkyyden kautta. Paikallisesti kuormitusleveydeltä c (50 mm) rasitetulle laatalle saadaan leikkausjännityksen kautta pistevoimakestävyydelle kaava 20:

$$T = \frac{F}{4ct} \rightarrow F_{\text{leikkaus.kapasiteetti.2-aukkoinen}} = 4cf_v t$$

Kaksiaukkoisen pistekuormitetun palkin kapasiteettia määritettäessä käytetään pienempää kaavoista (17) ja (20) saatavaa arvoa.

6.4 Käyttö- ja aikaluokkien mukaiset yhdistelykertoimet

Käyttökohteen olosuhteet tulee ottaa myös huomioon mitoitusarvoja käytettäessä.

6.4.1 Taipumat

Käyttöluokka (kosteusolosuhteet) ja kuorman aikaluokka otetaan huomioon kasvattamalla luvuissa 1.1 ja 1.2 määritettyjä taipumia standardin SFS EN 1995-1-1 mukaisilla kertoimilla. Taipuman tapauksessa tulee taipumaa suurentaa kaavan 21 mukaisella kertoimella:

$$k_{\text{taipuma}} = (1 + k_{\text{def}} \Psi_2)$$

, missä k_{def} määritellään standardissa SFS EN 1995-1-1 taulukossa 3.2. Eurokoodi ei ota kantaa kuorman aikaluokkiin taipumien yhteydessä, vaan käsittelee niitä alkeiskuormitustapausten (esim. lumikuorma, hyötykuorma, pysyvä kuorma) mukaisesti. Näin ollen määritetään kerroin Ψ_2 käänteisesti lähtötietona toimitetusta raportista*, jolloin tulokset pysyvät vertailukelpoisina lisätyillä ainevahvuuksilla.

Käyttöluokka	k_{def}
Käyttöluokka 1 (lämmitetty)	2,25
Käyttöluokka 2 (lämmittämätön)	3,00

Kuorman aikaluokka	Ψ_2
Pysyvä kuorma	1
Pitkäaikainen kuorma	2/3
Keskipitkä kuorma	1/3
Lyhytaikainen kuorma	2/15

Kertoimelle k_{def} käytetään P5 lastulevyn arvoja, koska P6 levylle kertoimia k_{mod} ei ole määritetty standardissa kaikissa käyttöluokissa. Tämä on konservatiivinen oletus.

6.4.2. Kapasiteetti

Käyttöluokka (kosteusolosuhteet) ja kuorman aikaluokka otetaan huomioon pienentämällä luvuissa 1.1 ja 1.2 määritettyjä kestävyksiä standardin SFS EN 1995-1-1 mukaisella kertoimella k_{mod} . Lisäksi otetaan huomioon materiaalin osavarmuus $\gamma_M = 1,3$ sekä kuorman osavarmuus $\gamma_Q = 1,5$. Kestävyyden tapauksessa tulee kapasiteettia pienentää kaavan 22 mukaisella kertoimella:

$$k_{\text{kestävyys}} = \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_M \gamma_Q}$$

, missä k_{mod} määritellään standardissa SFS EN 1995-1-1 taulukossa 3.1.

Käyttöluokka → Kuorman aikaluokka ↓	k_{mod} Käyttöluokka 1 (lämmitetty)	Käyttöluokka 2 (lämmittämätön)
Pysyvä kuorma	0,30	0,20
Pitkäaikainen kuorma	0,45	0,30
Keskipitkä kuorma	0,65	0,45
Lyhytaikainen kuorma	0,85	0,60

Kertoimelle k_{mod} käytetään P5 lastulevyn arvoja, koska P6 levylle kertoimia k_{mod} ei ole määritetty standardissa kaikissa käyttöluokissa. Tämä on konservatiivinen oletus. Lisäksi säilytetään vertailukelpoisuus lähtötietona toimitettuihin referenssitaulukoihin*

- Käyttökohteen olosuhteet
- tulee ottaa myös huomioon mitoitusarvoja käytettäessä.

7. Mitoitustaulukot

Taulukko 8: Taipuma, kun laatalalla on jatkuva pintakuorma $q = 1 \text{ kN/m}^2$. P5 levy, jatkuva kuormitus, yksiaukkoinen

L (mm) → t (mm) ↓	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200
18	0,066	0,122	0,208	0,333	0,507	0,743	1,052	1,449	1,949	2,569	3,325	4,238	5,327	6,613	8,119	9,868	11,887	14,2	16,835
22	0,04	0,073	0,125	0,201	0,306	0,448	0,634	0,873	1,174	1,548	2,004	2,553	3,209	3,984	4,891	5,945	7,161	8,555	10,143
25	0,027	0,05	0,085	0,137	0,208	0,305	0,432	0,595	0,8	1,055	1,365	1,74	2,187	2,715	3,333	4,052	4,88	5,83	6,912
30	0,018	0,033	0,057	0,091	0,139	0,204	0,288	0,397	0,534	0,704	0,912	1,162	1,46	1,813	2,226	2,705	3,259	3,893	4,615
38	0,01	0,018	0,03	0,049	0,074	0,109	0,154	0,212	0,285	0,375	0,486	0,619	0,778	0,966	1,186	1,442	1,737	2,075	2,46

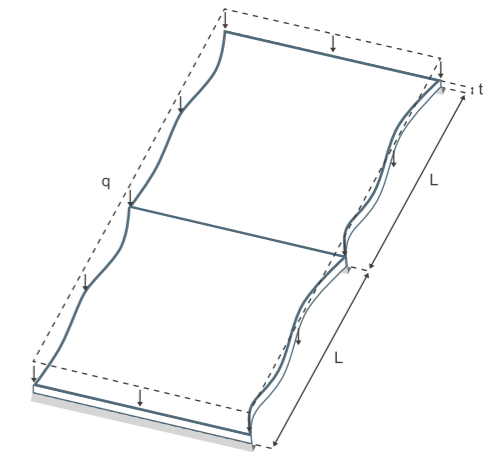
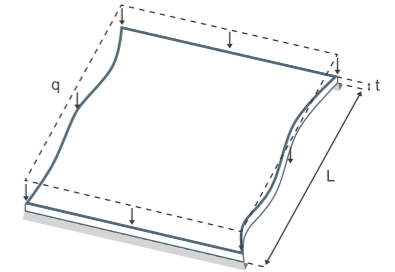
Taulukko 9: Taipuma, kun laatalalla on jatkuva pintakuorma $q = 1 \text{ kN/m}^2$. P5 levy, jatkuva kuormitus, kaksiaukkoinen

L (mm) → t (mm) ↓	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200
18	0,027	0,051	0,086	0,138	0,211	0,308	0,437	0,602	0,809	1,066	1,381	1,759	2,211	2,745	3,37	4,097	4,935	5,895	6,989
22	0,016	0,03	0,052	0,083	0,127	0,186	0,263	0,362	0,488	0,642	0,832	1,06	1,332	1,654	2,031	2,468	2,973	3,551	4,211
25	0,011	0,021	0,035	0,057	0,086	0,127	0,179	0,247	0,332	0,438	0,567	0,722	0,908	1,127	1,384	1,682	2,026	2,42	2,869
30	0,007	0,014	0,024	0,038	0,058	0,085	0,12	0,165	0,222	0,292	0,378	0,482	0,606	0,753	0,924	1,123	1,353	1,616	1,916
38	0,004	0,007	0,013	0,02	0,031	0,045	0,064	0,088	0,118	0,156	0,202	0,257	0,323	0,401	0,493	0,599	0,721	0,861	1,021

Kuorman aikaluokka	Pysyvä	Pitkäaikainen	Keskipitkä	Lyhytaikainen
Käyttöluokka 1 (lämmitetty)	3,25	2,50	1,75	1,30
Käyttöluokka 2 (lämmittämätön)	4,00	3,00	2,00	1,40

Eri kuorman käyttö- ja aikaluokissa tarvittavat taipumat saadaan kertomalla yllä olevan taulukon arvot luokkien mukaan seuraavilla arvoilla:

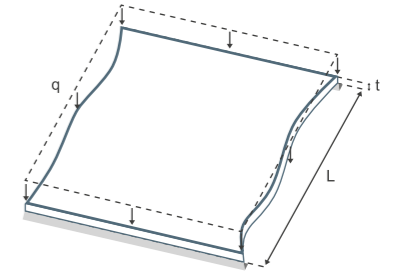
P5-levy



P5-levy

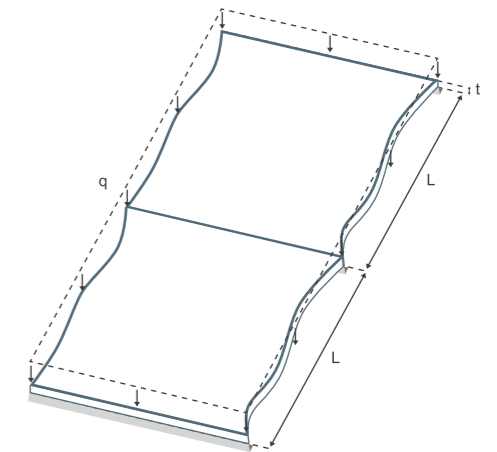
Taulukko 10: OMINAISKAPASITEETTI, kun laatalta on jatkuva pintakuorma [kN/m²] (P5 levy, jatkuva kuormitus, yksiaukkoinen) ($\gamma_M = 1$ $\gamma_Q = 1$)

L (mm) → t (mm) ↓	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200
18	63,84	46,9	35,91	28,37	22,98	18,99	15,96	13,6	11,73	10,21	8,98	7,95	7,09	6,37	5,75	5,21	4,75	4,34	3,99
22	83,89	61,64	47,19	37,29	30,2	24,96	20,97	17,87	15,41	13,42	11,8	10,45	9,32	8,37	7,55	6,85	6,24	5,71	5,24
25	108,33	79,59	60,94	48,15	39	32,23	27,08	23,08	19,9	17,33	15,23	13,49	12,04	10,8	9,75	8,84	8,06	7,37	6,77
30	133,33	97,96	75	59,26	48	39,67	33,33	28,4	24,49	21,33	18,75	16,61	14,81	13,3	12	10,88	9,92	9,07	8,33
38	177,56	130,45	99,88	78,91	63,92	52,83	44,39	37,82	32,61	28,41	24,97	22,12	19,73	17,71	15,98	14,49	13,21	12,08	11,1



Taulukko 11: OMINAISKAPASITEETTI, kun laatalta on jatkuva pintakuorma [kN/m²] (P5 levy, jatkuva kuormitus, kaksiaukkoinen) ($\gamma_M = 1$ $\gamma_Q = 1$)

L (mm) → t (mm) ↓	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200
18	63,84	46,9	35,91	28,37	22,98	18,99	15,96	13,6	11,73	10,21	8,98	7,95	7,09	6,37	5,75	5,21	4,75	4,34	3,99
22	83,89	61,64	47,19	37,29	30,2	24,96	20,97	17,87	15,41	13,42	11,8	10,45	9,32	8,37	7,55	6,85	6,24	5,71	5,24
25	108,33	79,59	60,94	48,15	39	32,23	27,08	23,08	19,9	17,33	15,23	13,49	12,04	10,8	9,75	8,84	8,06	7,37	6,77
30	133,33	97,96	75	59,26	48	39,67	33,33	28,4	24,49	21,33	18,75	16,61	14,81	13,3	12	10,88	9,92	9,07	8,33
38	162,13	130,45	99,88	78,91	63,92	52,83	44,39	37,82	32,61	28,41	24,97	22,12	19,73	17,71	15,98	14,49	13,21	12,08	11,1



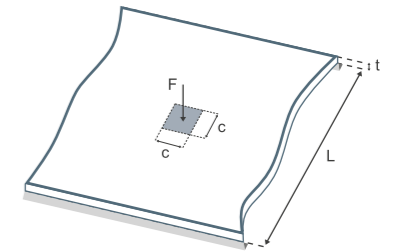
Kuorman aikaluokka	Pysyvä	Pitkäaikainen	Keskipitkä	Lyhytaikainen	Hetkellinen
Käyttöluokka 1 (lämmitetty)	0,15	0,23	0,33	0,44	0,56
Käyttöluokka 2 (lämmittämätön)	0,10	0,15	0,23	0,31	0,41

Eri kuorman käyttö- ja aikaluokissa tarvittavat kestävyudet saadaan kertomalla yllä olevien taulukkojen arvot luokkien seuraavilla arvoilla (sis. $\gamma_M = 1,3$ ja $\gamma_Q = 1,5$):

P5-levy

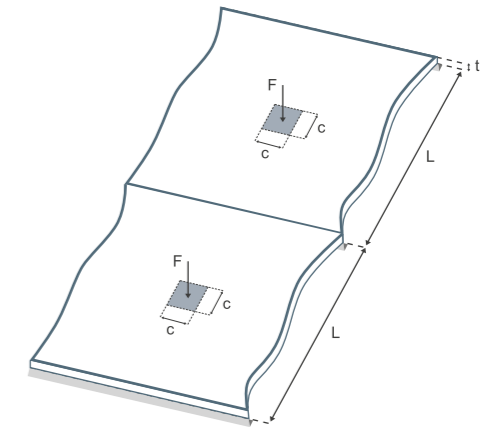
Taulukko 12: TAIPUMA, kun laatala on pistekuorma tukivälin keskellä, $F = 1 \text{ kN}$ [mm]. (P5 levy, pistekuormitus $c = 50 \text{ mm}$, yksiaukkoinen)

L (mm) → t (mm) ↓	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200
18	0,951	1,295	1,691	2,141	2,643	3,198	3,806	4,466	5,18	5,946	6,766	7,638	8,563	9,541	10,571	11,655	12,791	13,98	15,223
22	0,573	0,78	1,019	1,29	1,592	1,927	2,293	2,691	3,121	3,583	4,076	4,602	5,159	5,748	6,369	7,022	7,706	8,423	9,171
25	0,391	0,532	0,694	0,879	1,085	1,313	1,562	1,834	2,127	2,441	2,778	3,136	3,516	3,917	4,34	4,785	5,252	5,74	6,25
30	0,261	0,355	0,464	0,587	0,725	0,877	1,043	1,224	1,42	1,63	1,855	2,094	2,348	2,616	2,898	3,195	3,507	3,833	4,173
38	0,139	0,189	0,247	0,313	0,386	0,467	0,556	0,653	0,757	0,869	0,989	1,116	1,251	1,394	1,545	1,703	1,869	2,043	2,225



Taulukko 13: TAIPUMA, kun laatala on pistekuorma tukivälin keskellä, $F = 1 \text{ kN}$ [mm]. (P5 levy, pistekuormitus $c = 50 \text{ mm}$, kaksiaukkoinen)

L (mm) → t (mm) ↓	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200
18	0,571	0,777	1,015	1,284	1,586	1,919	2,283	2,68	3,108	3,568	4,059	4,583	5,138	5,724	6,343	6,993	7,675	8,388	9,134
22	0,344	0,468	0,611	0,774	0,955	1,156	1,376	1,615	1,872	2,15	2,446	2,761	3,095	3,449	3,821	4,213	4,624	5,054	5,503
25	0,234	0,319	0,417	0,527	0,651	0,788	0,937	1,1	1,276	1,465	1,667	1,882	2,109	2,35	2,604	2,871	3,151	3,444	3,75
30	0,157	0,213	0,278	0,352	0,435	0,526	0,626	0,735	0,852	0,978	1,113	1,256	1,409	1,569	1,739	1,917	2,104	2,3	2,504
38	0,083	0,114	0,148	0,188	0,232	0,28	0,334	0,392	0,454	0,521	0,593	0,67	0,751	0,837	0,927	1,022	1,122	1,226	1,335



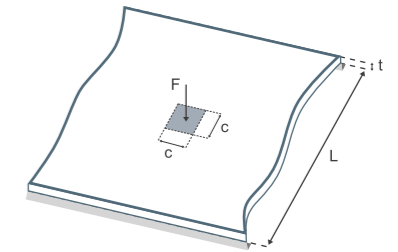
Kuorman aikaluokka	Pysyvä	Pitkäaikainen	Keskipitkä	Lyhytaikainen
Käyttöluokka 1 (lämmitetty)	3,25	2,50	1,75	1,30
Käyttöluokka 2 (lämmittämätön)	4,00	3,00	2,00	1,40

Eri kuorman käyttö- ja aikaluokissa tarvittavat taipumat saadaan kertomalla yllä olevan taulukon arvot luokkien mukaan seuraavilla arvoilla:

P5-levy

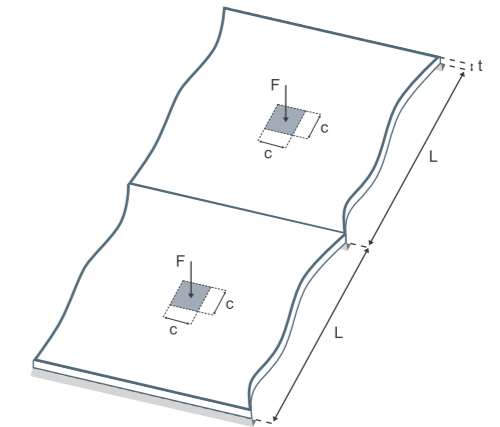
Taulukko 14: OMINAISKAPASITEETTI, kun laatalta on pistekuorma tukivälin keskellä [kN] (P5 levy, pistekuormitus $c = 50$ mm, yksiaukkoinen) ($\gamma_M = \gamma_Q = 1$)

L (mm) → t (mm) ↓	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200
18	3,18	2,99	2,84	2,73	2,64	2,57	2,51	2,46	2,41	2,37	2,34	2,31	2,29	2,26	2,24	2,22	2,2	2,19	2,17
22	4,18	3,93	3,74	3,59	3,47	3,38	3,3	3,23	3,17	3,12	3,08	3,04	3	2,97	2,94	2,92	2,9	2,88	2,86
25	5,4	5,07	4,83	4,64	4,49	4,36	4,26	4,17	4,1	4,03	3,97	3,92	3,88	3,84	3,8	3,77	3,74	3,71	3,69
30	6,64	6,24	5,94	5,71	5,52	5,37	5,24	5,13	5,04	4,96	4,89	4,83	4,77	4,72	4,68	4,64	4,6	4,57	4,54
38	8,84	8,31	7,91	7,6	7,35	7,15	6,98	6,83	6,71	6,61	6,51	6,43	6,36	6,29	6,23	6,18	6,13	6,09	6,05



Taulukko 15: OMINAISKAPASITEETTI, kun laatalta on pistekuorma tukivälin keskellä [kN] (P5 levy, pistekuormitus $c = 50$ mm, kaksiaukkoinen) ($\gamma_M = \gamma_Q = 1$)

L (mm) → t (mm) ↓	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200
18	3,48	3,29	3,14	3,01	2,91	2,83	2,75	2,7	2,65	2,6	2,57	2,53	2,5	2,48	2,45	2,43	2,4	2,37	2,35
22	4,57	4,32	4,12	3,96	3,82	3,71	3,62	3,54	3,48	3,42	3,37	3,33	3,29	3,26	3,22	3,19	3,16	3,12	3,08
25	5,91	5,58	5,32	5,11	4,94	4,79	4,67	4,57	4,49	4,42	4,35	4,3	4,25	4,2	4,16	4,12	4,07	4,03	3,98
30	7,27	6,87	6,55	6,29	6,08	5,9	5,75	5,63	5,52	5,44	5,36	5,29	5,23	5,17	5,12	5,07	5,01	4,96	4,9
38	9,12	9,12	8,73	8,38	8,09	7,86	7,66	7,5	7,36	7,24	7,14	7,04	6,96	6,89	6,82	6,75	6,68	6,61	6,53



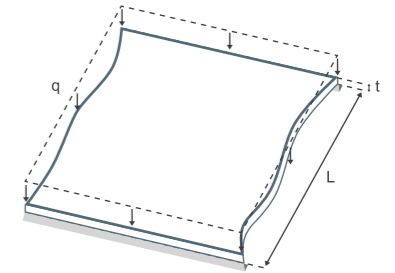
Kuorman aikaluokka	Pysyvä	Pitkäaikainen	Keskipitkä	Lyhytaikainen	Hetkellinen
Käyttöluokka 1 (lämmitetty)	0,15	0,23	0,33	0,44	0,56
Käyttöluokka 2 (lämmittämätön)	0,10	0,15	0,23	0,31	0,41

Eri kuorman käyttö- ja aikaluokissa tarvittavat kestävyudet saadaan kertomalla yllä olevien taulukkojen arvot luokkien seuraavilla arvoilla (sis. $\gamma_M = 1,3$ ja $\gamma_Q = 1,5$):

P6-levy

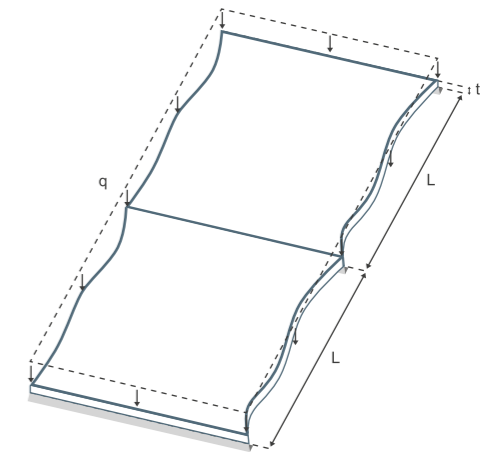
Taulukko 16: TAIPUMA, kun laatala on jatkuva pintakuorma $q = 1 \text{ kN/m}^2$ [mm]. (P6 levy, jatkuva kuormitus, yksiaukkoinen)

L (mm) → t (mm) ↓	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200
18	0,053	0,098	0,167	0,268	0,408	0,598	0,847	1,166	1,569	2,068	2,677	3,411	4,287	5,322	6,535	7,943	9,567	11,429	13,55
22	0,034	0,063	0,107	0,172	0,262	0,384	0,543	0,748	1,007	1,327	1,717	2,189	2,751	3,415	4,193	5,096	6,138	7,333	8,694
25	0,023	0,043	0,073	0,117	0,179	0,261	0,37	0,51	0,686	0,904	1,17	1,491	1,875	2,327	2,857	3,473	4,183	4,997	5,925
30	0,014	0,026	0,045	0,072	0,11	0,16	0,227	0,313	0,421	0,555	0,718	0,915	1,151	1,428	1,754	2,132	2,568	3,067	3,636
38	0,007	0,014	0,024	0,038	0,057	0,084	0,119	0,164	0,221	0,291	0,376	0,479	0,603	0,748	0,919	1,117	1,345	1,607	1,905



Taulukko 17: TAIPUMA, kun laatala on jatkuva pintakuorma $q = 1 \text{ kN/m}^2$ [mm]. (P6 levy, jatkuva kuormitus, kaksiaukkoinen)

L (mm) → t (mm) ↓	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200
18	0,022	0,041	0,069	0,111	0,17	0,248	0,352	0,484	0,651	0,858	1,111	1,416	1,78	2,21	2,713	3,297	3,972	4,745	5,625
22	0,014	0,026	0,045	0,071	0,109	0,159	0,226	0,311	0,418	0,551	0,713	0,909	1,142	1,418	1,74	2,116	2,548	3,044	3,609
25	0,01	0,018	0,03	0,049	0,074	0,109	0,154	0,212	0,285	0,375	0,486	0,619	0,778	0,966	1,186	1,442	1,737	2,074	2,459
30	0,006	0,011	0,019	0,03	0,046	0,067	0,094	0,13	0,175	0,23	0,298	0,38	0,478	0,593	0,728	0,885	1,066	1,273	1,51
38	0,003	0,006	0,01	0,016	0,024	0,035	0,049	0,068	0,092	0,121	0,156	0,199	0,25	0,311	0,381	0,464	0,558	0,667	0,791



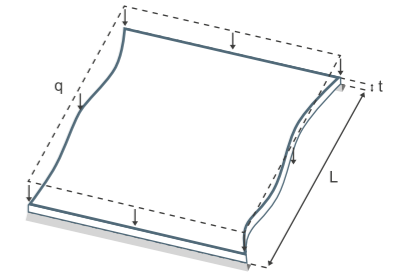
Kuorman aikaluokka	Pysyvä	Pitkäaikainen	Keskipitkä	Lyhytaikainen
Käyttöluokka 1 (lämmitetty)	3,25	2,50	1,75	1,30
Käyttöluokka 2 (lämmittämätön)	4,00	3,00	2,00	1,40

Eri kuorman käyttö- ja aikaluokissa tarvittavat taipumat saadaan kertomalla yllä olevan taulukon arvot luokkien mukaan seuraavilla arvoilla:

P6-levy

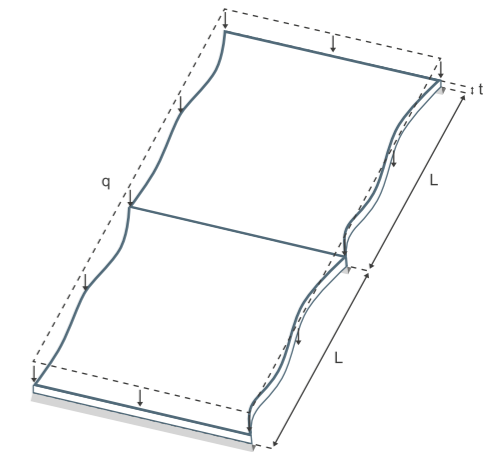
Taulukko 18: OMINAISKAPASITEETTI, kun laatalta on jatkuva pintakuorma [kN/m²] (P6 levy, jatkuva kuormitus, yksiaukkoinen) ($\gamma_M = 1$ $\gamma_Q = 1$)

L (mm) → t (mm) ↓	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200
18	72	52,9	40,5	32	25,92	21,42	18	15,34	13,22	11,52	10,13	8,97	8	7,18	6,48	5,88	5,36	4,9	4,5
22	95,37	70,06	53,64	42,38	34,33	28,37	23,84	20,31	17,52	15,26	13,41	11,88	10,6	9,51	8,58	7,78	7,09	6,49	5,96
25	123,15	90,48	69,27	54,73	44,33	36,64	30,79	26,23	22,62	19,7	17,32	15,34	13,68	12,28	11,08	10,05	9,16	8,38	7,7
30	166,67	122,45	93,75	74,07	60	49,59	41,67	35,5	30,61	26,67	23,44	20,76	18,52	16,62	15	13,61	12,4	11,34	10,42
38	250,29	183,89	140,79	111,24	90,11	74,47	62,57	53,32	45,97	40,05	35,2	31,18	27,81	24,96	22,53	20,43	18,62	17,03	15,64



Taulukko 19: OMINAISKAPASITEETTI, kun laatalta on jatkuva pintakuorma [kN/m²] (P6 levy, jatkuva kuormitus, kaksiaukkoinen) ($\gamma_M = 1$ $\gamma_Q = 1$)

L (mm) → t (mm) ↓	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200
18	72	52,9	40,5	32	25,92	21,42	18	15,34	13,22	11,52	10,13	8,97	8	7,18	6,48	5,88	5,36	4,9	4,5
22	95,37	70,06	53,64	42,38	34,33	28,37	23,84	20,31	17,52	15,26	13,41	11,88	10,6	9,51	8,58	7,78	7,09	6,49	5,96
25	123,15	90,48	69,27	54,73	44,33	36,64	30,79	26,23	22,62	19,7	17,32	15,34	13,68	12,28	11,08	10,05	9,16	8,38	7,7
30	166,67	122,45	93,75	74,07	60	49,59	41,67	35,5	30,61	26,67	23,44	20,76	18,52	16,62	15	13,61	12,4	11,34	10,42
38	229,69	183,89	140,79	111,24	90,11	74,47	62,57	53,32	45,97	40,05	35,2	31,18	27,81	24,96	22,53	20,43	18,62	17,03	15,64



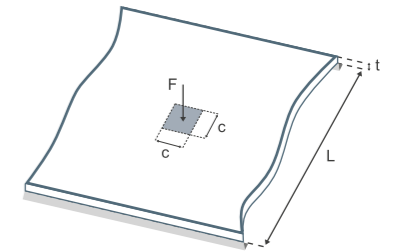
Kuorman aikaluokka	Pysyvä	Pitkäaikainen	Keskipitkä	Lyhytaikainen	Hetkellinen
Käyttöluokka 1 (lämmitetty)	0,15	0,23	0,33	0,44	0,56
Käyttöluokka 2 (lämmittämätön)	0,10	0,15	0,23	0,31	0,41

Eri kuorman käyttö- ja aikaluokissa tarvittavat kestävyudet saadaan kertomalla yllä olevien taulukkojen arvot luokkien seuraavilla arvoilla (sis. $\gamma_M = 1,3$ ja $\gamma_Q = 1,5$):

P6-levy

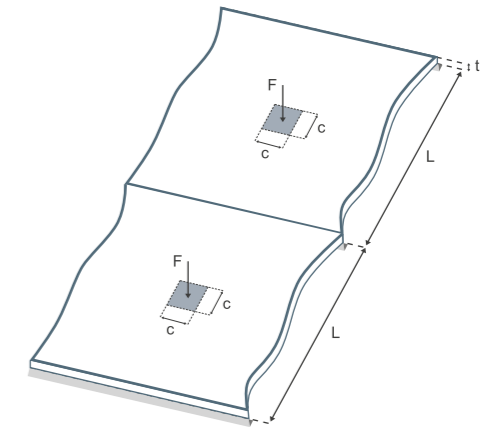
Taulukko 20: TAIPUMA, kun laatalta on pistekuorma tukivälin keskellä, $F = 1 \text{ kN [mm]}$. (P6 levy, pistekuormitus $c = 50 \text{ mm}$, yksiaukkoinen)

L (mm) → t (mm) ↓	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200
18	0,766	1,042	1,361	1,723	2,127	2,574	3,063	3,595	4,169	4,786	5,445	6,147	6,892	7,679	8,509	9,381	10,295	11,253	12,252
22	0,491	0,669	0,873	1,105	1,365	1,651	1,965	2,306	2,675	3,071	3,494	3,944	4,422	4,927	5,459	6,019	6,606	7,22	7,861
25	0,335	0,456	0,595	0,753	0,93	1,125	1,339	1,572	1,823	2,093	2,381	2,688	3,013	3,358	3,72	4,102	4,501	4,92	5,357
30	0,206	0,28	0,365	0,462	0,571	0,691	0,822	0,965	1,119	1,284	1,461	1,65	1,85	2,061	2,283	2,517	2,763	3,02	3,288
38	0,108	0,147	0,191	0,242	0,299	0,362	0,431	0,505	0,586	0,673	0,765	0,864	0,969	1,079	1,196	1,319	1,447	1,582	1,722



Taulukko 21: TAIPUMA, kun laatalta on pistekuorma tukivälin keskellä, $F = 1 \text{ kN [mm]}$. (P6 levy, pistekuormitus $c = 50 \text{ mm}$, kaksiaukkoinen)

L (mm) → t (mm) ↓	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200
18	0,459	0,625	0,817	1,034	1,276	1,544	1,838	2,157	2,502	2,872	3,267	3,688	4,135	4,607	5,105	5,628	6,177	6,752	7,351
22	0,295	0,401	0,524	0,663	0,819	0,991	1,179	1,384	1,605	1,842	2,096	2,367	2,653	2,956	3,275	3,611	3,963	4,332	4,717
25	0,201	0,273	0,357	0,452	0,558	0,675	0,804	0,943	1,094	1,256	1,429	1,613	1,808	2,015	2,232	2,461	2,701	2,952	3,214
30	0,123	0,168	0,219	0,277	0,343	0,414	0,493	0,579	0,671	0,771	0,877	0,99	1,11	1,236	1,37	1,51	1,658	1,812	1,973
38	0,065	0,088	0,115	0,145	0,179	0,217	0,258	0,303	0,352	0,404	0,459	0,518	0,581	0,648	0,718	0,791	0,868	0,949	1,033



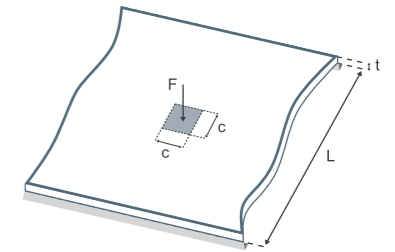
Kuorman aikaluokka	Pysyvä	Pitkäaikainen	Keskipitkä	Lyhytaikainen
Käyttöluokka 1 (lämmitetty)	3,25	2,50	1,75	1,30
Käyttöluokka 2 (lämmittämätön)	4,00	3,00	2,00	1,40

Eri kuorman käyttö- ja aikaluokissa tarvittavat taipumat saadaan kertomalla yllä olevan taulukon arvot luokkien mukaan seuraavilla arvoilla:

P6-levy

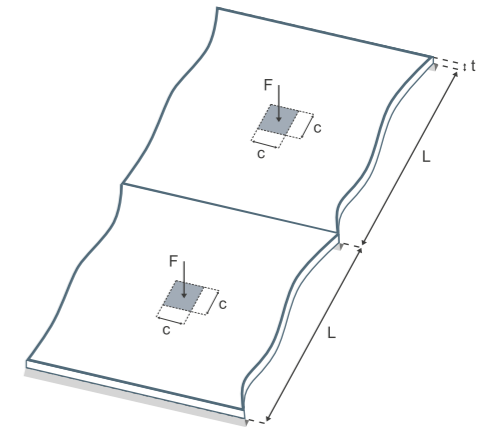
Taulukko 22: OMINAISKAPASITEETTI, kun laatalta on pistekuorma tukivälin keskellä [kN] (P6 levy, pistekuormitus $c = 50$ mm, yksiaukkoinen) ($\gamma_M = \gamma_Q = 1$)

L (mm) → t (mm) ↓	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200
18	3,59	3,37	3,21	3,08	2,98	2,9	2,83	2,77	2,72	2,68	2,64	2,61	2,58	2,55	2,53	2,51	2,49	2,47	2,45
22	4,75	4,46	4,25	4,08	3,95	3,84	3,75	3,67	3,6	3,55	3,5	3,45	3,41	3,38	3,35	3,32	3,29	3,27	3,25
25	6,13	5,76	5,49	5,27	5,1	4,96	4,84	4,74	4,66	4,58	4,52	4,46	4,41	4,36	4,32	4,29	4,25	4,22	4,19
30	8,3	7,8	7,43	7,13	6,9	6,71	6,55	6,42	6,3	6,2	6,11	6,04	5,97	5,91	5,85	5,8	5,75	5,71	5,68
38	12,46	11,71	11,15	10,71	10,36	10,08	9,84	9,63	9,46	9,31	9,18	9,06	8,96	8,87	8,79	8,71	8,64	8,58	8,52



Taulukko 23: OMINAISKAPASITEETTI, kun laatalta on pistekuorma tukivälin keskellä [kN] (P6 levy, pistekuormitus $c = 50$ mm, kaksiaukkoinen) ($\gamma_M = \gamma_Q = 1$)

L (mm) → t (mm) ↓	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200
18	3,93	3,71	3,54	3,4	3,28	3,19	3,11	3,04	2,98	2,94	2,89	2,86	2,82	2,79	2,76	2,74	2,71	2,68	2,65
22	5,2	4,92	4,69	4,5	4,35	4,22	4,12	4,03	3,95	3,89	3,83	3,78	3,74	3,7	3,66	3,62	3,59	3,55	3,51
25	6,71	6,35	6,05	5,81	5,61	5,45	5,31	5,2	5,1	5,02	4,95	4,89	4,83	4,78	4,73	4,68	4,63	4,58	4,53
30	9,09	8,59	8,19	7,86	7,6	7,38	7,19	7,04	6,91	6,79	6,7	6,61	6,54	6,47	6,4	6,33	6,27	6,2	6,13
38	12,92	12,9	12,3	11,81	11,41	11,08	10,8	10,57	10,37	10,2	10,06	9,93	9,82	9,71	9,61	9,51	9,41	9,31	9,2



Kuorman aikaluokka	Pysyvä	Pitkäaikainen	Keskipitkä	Lyhytaikainen	Hetkellinen
Käyttöluokka 1 (lämmitetty)	0,15	0,23	0,33	0,44	0,56
Käyttöluokka 2 (lämmittämätön)	0,10	0,15	0,23	0,31	0,41

Eri kuorman käyttö- ja aikaluokissa tarvittavat kestävyudet saadaan kertomalla yllä olevien taulukkojen arvot luokkien seuraavilla arvoilla (sis. $\gamma_M = 1,3$ ja $\gamma_Q = 1,5$):

8. Emission

8.1 Lastulevyn liimaus

Vakiolastulevyissä liimana käytetään pääasiassa urea-formaldehydiliimaa. Liiman määrä lastulevyssä valmistusvaiheessa on n. 10 %. Liiman sisältämä formaldehydi vapautuu suurimmaksi osaksi kuumapuristuksen aikana, mutta osa jää tuotteeseen ja vapautuu ajan myötä. Formaldehydin määrä puulevyssä on tärkeä kriteeri, kun valitaan levyjä eri käyttökohteisiin ja eri markkinat vaativat emissioluokiltaan erilaisia tuotteita. Esimerkiksi Yhdysvaltojen ja Japanin markkinat ovat vaatineet perinteisesti hyvin matalia formaldehydipäästöjä.



8.2 Formaldehydi ja emission

Valmiin tuotteen formaldehydi emission seurataan säännöllisesti laadunvalvonnassa ja siihen on useita testimenetelmiä ja luokitusrajoja. Tehtaan laadunvalvonnassa käytetään perforaattimenetelmäksi kutsuttua uuttomenetelmää (EN 120; EN 12460-5), jolla formaldehydin määrä saadaan yksikkönä mg/100 g näytettä. Tulos redusoidaan 6,5 % vakiokosteuteen näytepalassa.

Lastulevyt ovat CE-merkittyjä, ja ne täyttävät sen mukaisen päästöluokan E1, jonka raja-arvona on 8 mg/100 g näytettä kohti (SFS-EN 13986 + A1 Puulevyt rakennuskäytössä vaatimustenmukaisuuden arviointi ja merkintä). Käytännössä E1 luokan lastulevyt alittavat rajan 8 mg/100 g näytettä selvästi. Vertailun vuoksi voidaan mainita, että luonnonpuusta on mitattu vastaavia arvoja 3...10 mg/100 g.

Puulevyn formaldehydiemission voidaan myös vähentää pinnoittamalla tai maalaamalla levyt.

Tuotannossa on myös tuotteita, joiden formaldehydi emission on E1 rajaa matalampia. Niin sanottu E05 tarkoittaa E1 rajan puolittamista eli 4 mg/100 g. Tätä ei ole vielä standardisoitu, eikä siten virallista CE-merkinnän mukaista emission ole vahvistettu.

Lisäksi tuotevalikoimassa on TSCA-sertifioitu lastulevy, jonka emissionpitoisuus on sertifioitu EPA (US Environmental Protection Agency) TSCA Title VI (Toxic Substances Control Act) mukaisesti. Tämän emissiontason lastulevyllä on saatu ULEF status, jolloin tuotteen formaldehydipäästö on alle 0,05 ppm. Tämä lastulevy on kaikkein alhaisin formaldehydiemissioniltaan.

Taulukkoon 24. on kerätty emissionoiden mittausmenetelmät ja raja-arvot.

Liimauksen emissioluokka	Mittausmenetelmä	Formaldehydi-pitoisuuden raja-arvot
E1 Standardiliimaus	Perforaattimenetelmä EN 120; EN 12460-5	8 mg/100 g näytettä
E05**	Perforaattimenetelmä EN 120; EN 12460-5	Virallista raja-arvoa ei ole, mutta E1 puolittaminen tarkoittaa 4 mg/100 g näytettä
TSCA** (CARB Phase 2) ULEF	Tehtaan laadunvalvonta EN 120; EN 12460-5	0,05 ppm

** ei lujuusluokassa P5 ja P7

Taulukko 24. Formaldehydin mittausmenetelmiä puulevyistä.

8.3 M1 sisäilmaluokitus

Materiaalien valinnalla voidaan vaikuttaa rakennusten sisäilman laatuun. Rakennusmateriaalien päästöluokitus M1-merkki kertoo vähäpäästöisyydestä.

M1- luokitus asettaa raja-arvot materiaalien ja kalusteiden orgaanisten haihtuvien yhdisteiden (TVOC), formaldehydin ja ammoniakkin päästöille, lisäksi arvioidaan tuotteen haju.

M1 luokitus on KoskiLam tuotteella.

9. Lastulevyn termiset ominaisuudet

9.1 Termiset ominaisuudet

9.1.1 Lämmönjohtavuus

Lastulevyn lämmönjohtavuus on riippuvainen levyn kosteudesta

$$\lambda_{10} = 0,13 \text{ W/mK}$$

$$\lambda_n = 0,14 \text{ W/mK (SRakMK/C4)}$$

9.1.2 Vesihöyrynläpäisevyys

$$3 \dots 7 \times 10^{-12} \text{ kg / msPa (Dick Björkholz: Lämpö ja kosteus)}$$

9.1.3 Ilman läpäisevyys

$$10 \dots 25 \times 10^{-9} \text{ m}^2 / \text{sPa (RT 22-10517)}$$

10. Paloluokka

CE merkinnän mukaan lastulevy, jota käytetään seinissä ja katoissa on paloluokassa D-s2,d0, jos tiheys on yli 400 kg/m³ ja paksuus vähintään 9 mm. Koskisen Oy ei käytä palonsuoja-aineita lastulevyyn, jolla voisi parantaa palo-ominaisuuksia.

Pinnoittamaton lastulevy samoilla kriteereillä (CE merkinnän) (tiheys 400 kg/m³ ja paksuus yli 9 mm) lattialastulevy täyttää Dfl-s0 luokan EN 13501 mukaan.

Melamiini- tai fenolipinnoitettu lattialastulevy täyttää paloluokan Bfl-s1 paksuuksissa 12-38 mm/EN 13501-1.

Puulevy hiiltyy n 1 mm/min.

11. Ääneneristys

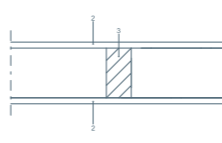
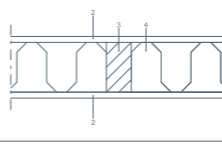
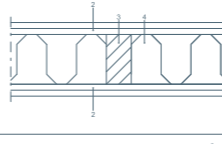
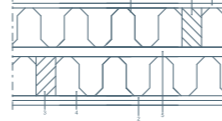
12 – 18 mm:n lastulevyjen ääneneristävyys on 24 – 29 dB. Lastulevyä voidaan käyttää matalia ääniä vaimentavana värähtelevänä pintana sekä osana muissa ääntä vaimentavissa rakenteissa. Äänenvaimennuskykyä voidaan parantaa rei'ityksellä tai urituksella. Taulukossa 27 on esitetty lastulevyn mitattuja äänieristetuloksia.

KoskiWall, 8 mm	Rw 27 dB
KoskiPro Light, 32 mm	Rw 31 dB

Taulukko 25. Lastulevyn mitatut äänieristysarvot, ilmaääneneristysluku Rw ISO 717-1:2013 mukaan.

Mineraalivilla levyjen välissä parantaa rakenteen ääneneristävyttä 5 – 8 dB. Paras ääneneristävyys saavutetaan kaksirunkoisella rakenteella. Mikäli levyverhouksena käytetään riittävän paksua ja painavaa lastulevyä tai kahta levyä päällekkäin sekä käytetään mineraalivillaneristystä, voidaan ilmaääneneristävyttä parantaa 55..60 dB:iin saakka.

Taulukossa 26 on esitetty erilaisten yhdistelmärakenteiden ilmaääneneristävyys arvoja. (RT R-37294)

Tyyppi Nro	Rakenne	Levyt 2 (min)	Runko 3 (min)	Mineraalivilla 4	Ilmarako 5	Ilmaääneneristävyys Rw (laboratorio-arvo)	Ilmaääneneristävyys Rw (rakennuksessa mitattu arvo)
1		1 x 12 mm	70 mm				32 db
		1 x 12 mm	100 mm				35 db
2		1 x 12 mm	70 mm	70 mm			40 db
		1 x 12 mm	100 mm	100 mm			43 db
3		2 x 10 mm	70 mm	70 mm			45 db
		2 x 10 mm	100 mm	100 mm		49 db	48 db
4		2 x 10 mm	70 mm	70 mm	20 mm	59 db	56 db
		2 x 10 mm	70 mm	70 mm	60 mm	59 db	58 db

Taulukko 26. Ilmaääneneristys.



12. Asennusohjeet

12.1 Lattiat

Oheisista linkeistä löydät asennusohjeet Koskisen lattialastulevyille.

[KoskiFloor asennusohje ▶](#)

[KoskiFloor Tandem asennusohje ▶](#)

12.2 Seinät

Oheisista linkistä löydät asennusohjeet Koskisen seinälevyille.

[KoskiWall asennusohje ▶](#)

13. Käyttöohjeet

13.1 Työstö

Lastulevyä voidaan sahata, porata ja jyrsiä kaikilla puun työstämiseen sopivilla työkaluilla. Terät tylsyvät jonkin verran nopeammin kuin puuta työstettäessä. Siksi suurempia levymääriä työstettäessä suositellaan käytettäväksi kovametalliteriä. Paras työstöjälki saadaan hyvin teroitetuilla työvälineillä ja suurilla leikkuunopeuksilla.

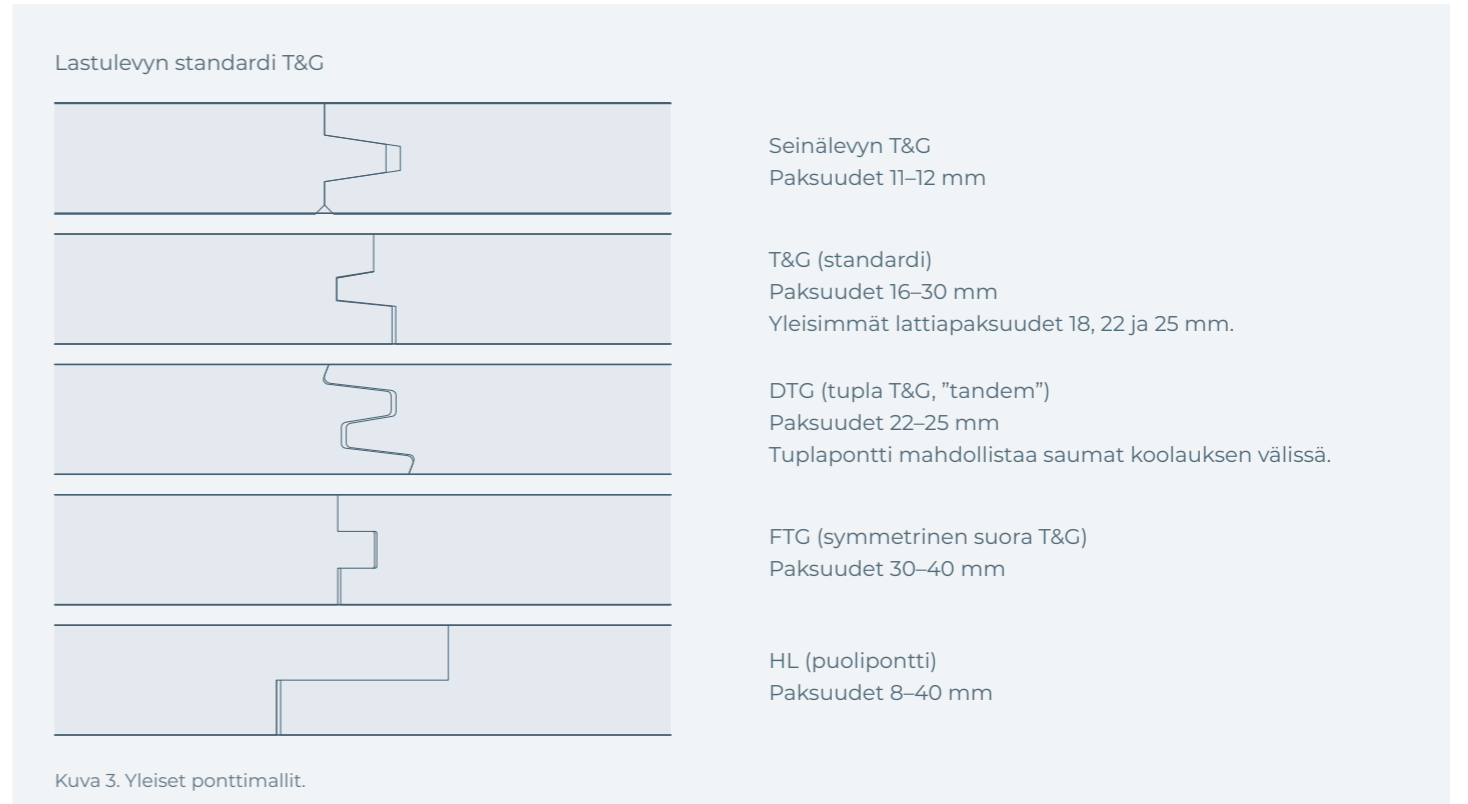
Lastulevyä voi hankkia myös valmiiksi työstettynä esim. pontit levyyn. Kuvassa 3 on esitetty yleiset ponttimallit.

13.2 Liimattavuus

Lastulevyjen liimattavuus on hyvä. Yleensä voidaan käyttää samoja liimoja kuin puun liimauksessa. Vähän vettä sisältävät, sakeat liimat ovat suositeltavia. Liimaa ei saa ohentaa vedellä.

13.3 Pintakäsittely

Lastulevy voidaan maalata, tapetoida, viiluttaa tai päällystää muilla pinnoitteilla. Lastulevyn tiivis ja yhtenäinen pinta muodostaa tasaisen alustan maalille ja ohuille pinnoitteille. Lastulevyt voidaan maalata kaikilla puun pintakäsittelyyn tarkoitetuilla maaleilla. Maalien ohentamista vedellä tulee välttää. Korkealaatuiseen maalipintaan pyrittäessä on levyt ensin maalattava pohjamaalilla tai käytettävä tehtaalla pohjamaalattua tai maalauskalvolla pinnoitettua levyä.



13.4 Varastointi, käsittely ja kuljetus

Levyt suojataan kuljetuksen ja varastoinnin ajaksi kastumiselta, likaantumiselta, maakosketukselta, kolhiintumiselta ja naarmuuntumiselta. Levyt varastoidaan lappeellaan suoralle alustalle. Tarvittaessa käytetään aluspuita, jotka ovat noin 0,5 m:n etäisyydellä toisistaan. Levypino peitetään suojalevyllä.

Lastulevyjä tulee ilmastoida 5...7 vuorokautta ennen asennusta mahdollisimman lähellä lopullisia kosteus- ja lämpötilaolosuhteita.

13.5 Hävitys

Mikäli levyt ovat ehjiä ja kuivia, voidaan lastulevyjä ta-pauskohtaisesti harkiten käyttää uudelleen. Uusiokäyttö onkin suositeltavin tapa lastulevyjen "hävittämiseksi". Koska lastulevyt ovat pääasiassa puhdasta luonnonpuuta, ne voidaan hävittää (paikallisten ympäristöviranomaisten ohjeiden mukaan) kompostoimalla, toimittamalla kaatopaikalle tai polttamalla yli 800 °C lämpötilassa muun puumateriaalin seassa.

14. Lastulevyn ympäristönäkökohdat

Lastulevy on suurimmalta osaltaan puulevy, 90 % sisältää puuta eli saha- ja vaneriteollisuuden sivutuotetta. Lastulevy on siis hiilivarasto, puun sisältämä hiili säilyy levyssä niin kauan kuin levy on käytössä ja ennen kuin se hävitetään esim energiaksi hyödyntämällä. Lastulevy sitoo puun hiilen paljon kauemmin kuin muut puutuotteet kuten kartonki ja paperi.

Pinnoitetulle melamiinilastulevylle ja pinnoittamattomalle lastulevylle on laskettu keskimääräinen hiilijalanjälki. Lastulevyn sisältämä hiili kompensoi päästöt ja lastulevy toimii hiilinieluna. Hiilijalanjäljen laskelmat löytyvät Koskisen Oy:n nettisivuilta.

EPD KoskiMel ▶

EPD KoskiPan ▶

Lähteet

1. Puurakenteiden suunnitteluohjeet, RIL 120-2004, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto r.y.
2. <https://puuinfo.fi/tuotteet/puulevyt/muut-levyt/>
3. SFS-EN 310 (20.09.1993) Wood-based panels. Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength
4. SFS-EN 312; (07.03.2011); Particleboards. Specifications
5. SFS-EN 317 (2009.1993) Particleboards and fibreboards. Determination of swelling in thickness after immersion in water
6. SFS-EN 319(20.09.1993) Particleboards and fibreboards. Determination of tensile strength perpendicular to plane of the board
7. SFS-EN 321 (21.01.2002) Wood-based panels. Determination of moisture resistance under cyclic test conditions
8. SFS-EN 324-1 (20.09.1993) Wood-based panels. Determination of dimensions of boards. Part 1: Determination of thickness, width and length
9. SFS-EN 717-1 (08.11.2004) Wood-based panels. Determination of formaldehyde release. Part 1: Formaldehyde emission by the chamber method
10. SFS-EN 1995-1-1 + A1 + A2 + AC (16.06.2014) Eurokoodi 5. Puurakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt
11. SFS-EN 12369-1 Wood-based panels. Characteristic values for structural design. Part 1: OSB, particleboards and fibreboards
12. SFS-EN 12460-3:2020. Wood-based panels. Determination of formaldehyde release. Part 3. Gas analysis method (ISO 12460-3:2020)
13. SFS-EN ISO 12460-5 (18.12.2015) Wood-based panels. Determination of formaldehyde release. Part 5: Extraction method (called the perforator method)
14. SFS-EN 13986 + A1 (27.04.2015) Puulevyt rakennuskäytössä. Ominaisuudet, vaatimustenmukaisuuden arviointi ja merkintä
15. RT T-37294 puu – ja puukuitulevyt



KOSKISEN

Laadusta tekijä tunnetaan.

Koskisen | Tehdastie 2 | 16600 Järvelä
p. 020 553 31 | sales.finland@koskisen.com

[koskisen.fi](https://www.koskisen.fi)