

Kennoharkkorakenteiden suunnitteluohjeen liitteet

Liite 1. Mitoitustaulukot

Liite 1.1 Seinäharkkojen puristuskestävyydestaulukot

Liite 1.2 Aukkopalkkien kuormitustaulukot

Liite 2. Laskentaesimerkit

Liite 2.1 Ikkunan ylityspalkki

Liite 2.2 Puristettu ulkoseinärakenne

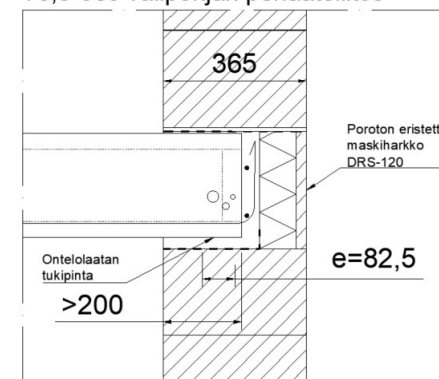
Liite 2.3 Puristettu ja taivutettu ulkoseinärakenne

Harkkotyyppi: Poroton T6,5-365

Ominaispuristuslujuus f_k	1,80 MPa
Osavarmuusluku γ_m	1,8
Mitoituspuristuslujuus f_d	1,00 MPa
Paksuus t ($=t_{eff}$)	365 mm
Seinän paino muurattuna	223,6 kg/m ²
Pitkäaikaiskimmokerroin $E_{long\ term}$	720 N/mm ²
Kuorman epäkeskisyyys e	82,5 mm

Laskentatapaus:

T6,5-365 välipohjan periaateliitos



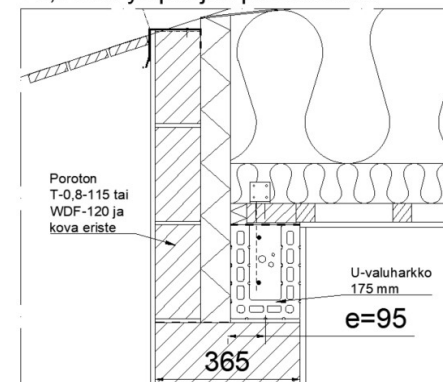
Seinän korkeus $t=t_{eff}$ [m]	Hoikkuusluku (tulee olla <27)	Kestävyyden pienennys- kerroin λ^*	termi u	termi A_1	Pienennyskerroin $\Phi_m = A_1 * e^{(u^2/2)}$	Normaalivoima- kapasiteetti seinän yläpäässä	Normaalivoima- kapasiteetti seinän alapäässä seinän paino huomioiden**
1,50	4,11	0,205	0,306	0,5	0,523	190,85 kN	187,70 kN
1,75	4,79	0,240	0,380	0,5	0,510	186,10 kN	182,31 kN
2,00	5,48	0,274	0,453	0,5	0,494	180,48 kN	176,07 kN
2,25	6,16	0,308	0,527	0,5	0,477	174,09 kN	169,05 kN
2,50	6,85	0,342	0,600	0,5	0,458	167,02 kN	161,35 kN
2,75	7,53	0,377	0,674	0,5	0,437	159,38 kN	153,07 kN
3,00	8,22	0,411	0,747	0,5	0,414	151,26 kN	144,32 kN
3,25	8,90	0,445	0,821	0,5	0,391	142,78 kN	135,21 kN
3,50	9,59	0,479	0,895	0,5	0,367	134,05 kN	125,85 kN
3,75	10,27	0,514	0,968	0,5	0,343	125,17 kN	116,35 kN
4,00	10,96	0,548	1,042	0,5	0,319	116,25 kN	106,80 kN
4,25	11,64	0,582	1,115	0,5	0,294	107,39 kN	97,30 kN
4,50	12,33	0,616	1,189	0,5	0,270	98,66 kN	87,94 kN
4,75	13,01	0,651	1,262	0,5	0,247	90,16 kN	78,81 kN
5,00	13,70	0,685	1,336	0,5	0,224	81,94 kN	69,96 kN

*Laskenta on tehty käyttäen pitkäaikaiskimmokerrointa viruman huomioimiseksi

**Laskenta tehty alimmalle harkkoriville, seinän oman painon laskennassa käytetty pysyvän kuorman varmuuskerrointa 1,15

Harkkotyyppi: Poroton T6,5-365

Ominaispuristuslujuus f_k	1,80 MPa
Osavarmuusluku γ_m	1,8
Mitoituspuristuslujuus f_d	1,00 MPa
Paksuus $t (=t_{eff})$	365 mm
Seinän paino muurattuna	223,6 kg/m ²
Pitkäaikaiskimmokerroin $E_{long term}$	720 N/mm ²
Kuorman epäkeskisyy s e	95,0 mm

Laskentatapa: T6,5-365 yläpohjan periaateliitos


Seinän korkeus $t=t_{eff}$ [m]	Hoikkuusluku (tulee olla <27)	Kestävyyden pienennys- kerroin λ^*	termi u	termi A_1	Pienennyskerroin $\Phi_m = A_1 * e^{-(u^2/2)}$	Normaalivoima- kapasiteetti seinän yläpäässä	Normaalivoima- kapasiteetti seinän alapäässä seinän paino huomioiden**
1,50	4,11	0,205	0,335	0,5	0,453	165,46 kN	162,30 kN
1,75	4,79	0,240	0,415	0,5	0,440	160,54 kN	156,75 kN
2,00	5,48	0,274	0,496	0,5	0,424	154,76 kN	150,34 kN
2,25	6,16	0,308	0,576	0,5	0,406	148,22 kN	143,18 kN
2,50	6,85	0,342	0,657	0,5	0,386	141,04 kN	135,37 kN
2,75	7,53	0,377	0,737	0,5	0,365	133,35 kN	127,04 kN
3,00	8,22	0,411	0,818	0,5	0,343	125,26 kN	118,32 kN
3,25	8,90	0,445	0,898	0,5	0,320	116,90 kN	109,33 kN
3,50	9,59	0,479	0,979	0,5	0,297	108,39 kN	100,20 kN
3,75	10,27	0,514	1,059	0,5	0,274	99,86 kN	91,03 kN
4,00	10,96	0,548	1,140	0,5	0,250	91,40 kN	81,94 kN
4,25	11,64	0,582	1,220	0,5	0,228	83,12 kN	73,03 kN
4,50	12,33	0,616	1,301	0,5	0,206	75,10 kN	64,38 kN
4,75	13,01	0,651	1,381	0,5	0,185	67,42 kN	56,06 kN
5,00	13,70	0,685	1,462	0,5	0,165	60,13 kN	48,15 kN

*Laskenta on tehty käyttäen pitkäaikaiskimmokerrointa viruman huomioimiseksi

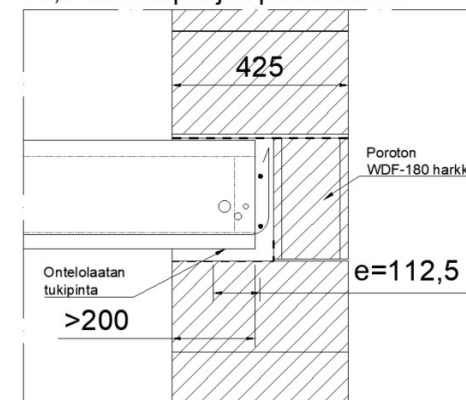
**Laskenta tehty alimmalle harkkoriville, seinän oman painon laskennassa käytetty pysyvän kuorman varmuuskerrointa 1,15

Harkkotyyppi: Poroton T6,5-425

Ominaispuristuslujuus f_k	1,80 MPa
Osavarmuusluku γ_m	1,8
Mitoituspuristuslujuus f_d	1,00 MPa
Paksuus t ($=t_{eff}$)	425 mm
Seinän paino muurattuna	261,4 kg/m ²
Pitkäaikaiskimmokerroin $E_{long\ term}$	720 N/mm ²
Kuorman epäkeskisyy s e	112,5 mm

Laskentatapaus:

T6,5-425 välipohjan periaateliitos



Seinän korkeus $t=t_{eff}$ [m]	Hoikkuusluku (tulee olla <27)	Kestävyyden pienennys- kerroin λ^*	termi u	termi A_1	Pienennyskerroin $\Phi_m = A_1 * e^{-(u^2/2)}$	Normaalivoima- kapasiteetti seinän yläpäässä	Normaalivoima- kapasiteetti seinän alapäässä seinän paino huomioiden**
1,50	3,53	0,176	0,270	0,5	0,454	192,84 kN	189,16 kN
1,75	4,12	0,206	0,340	0,5	0,444	188,77 kN	184,35 kN
2,00	4,71	0,235	0,410	0,5	0,433	183,88 kN	178,72 kN
2,25	5,29	0,265	0,480	0,5	0,419	178,24 kN	172,35 kN
2,50	5,88	0,294	0,550	0,5	0,405	171,94 kN	165,30 kN
2,75	6,47	0,324	0,620	0,5	0,388	165,04 kN	157,67 kN
3,00	7,06	0,353	0,690	0,5	0,371	157,65 kN	149,54 kN
3,25	7,65	0,382	0,760	0,5	0,353	149,85 kN	141,00 kN
3,50	8,24	0,412	0,830	0,5	0,334	141,74 kN	132,16 kN
3,75	8,82	0,441	0,900	0,5	0,314	133,42 kN	123,10 kN
4,00	9,41	0,471	0,970	0,5	0,294	124,97 kN	113,91 kN
4,25	10,00	0,500	1,040	0,5	0,274	116,49 kN	104,69 kN
4,50	10,59	0,529	1,110	0,5	0,254	108,05 kN	95,51 kN
4,75	11,18	0,559	1,180	0,5	0,235	99,73 kN	86,46 kN
5,00	11,76	0,588	1,250	0,5	0,216	91,60 kN	77,60 kN

*Laskenta on tehty käyttäen pitkäaikaiskimmokerrointa viruman huomioimiseksi

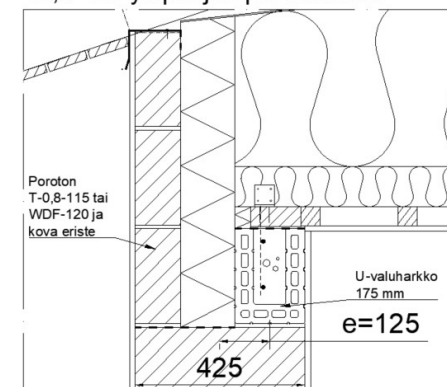
**Laskenta tehty alimmalle harkkoriville, seinän oman painon laskennassa käytetty pysyvän kuorman varmuuskerrointa 1,15

Harkkotyyppi: Poroton T6,5-425

Ominaispuristuslujuus f_k	1,80 MPa
Osavarmuusluku γ_m	1,8
Mitoituspuristuslujuus f_d	1,00 MPa
Paksuus t ($=t_{eff}$)	425 mm
Seinän paino muurattuna	261,4 kg/m ²
Pitkäaikaiskimmokerroin $E_{long term}$	720 N/mm ²
Kuorman epäkeskisyy s e	125,0 mm

Laskentatapaus:

T6,5-425 yläpohjan periaateliitos



Seinän korkeus $t=t_{eff}$ [m]	Hoikkuusluku (tulee olla <27)	Kestävyyden pienennys- kerroin λ^*	termi u	termi A_1	Pienennyskerroin $\Phi_m = A_1 * e^{-(u^2/2)}$	Normaalivoima- kapasiteetti seinän yläpäässä	Normaalivoima- kapasiteetti seinän alapäässä seinän paino huomioiden**
1,50	3,53	0,176	0,294	0,4	0,394	167,60 kN	163,91 kN
1,75	4,12	0,206	0,370	0,4	0,384	163,41 kN	158,98 kN
2,00	4,71	0,235	0,446	0,4	0,373	158,40 kN	153,24 kN
2,25	5,29	0,265	0,523	0,4	0,359	152,65 kN	146,76 kN
2,50	5,88	0,294	0,599	0,4	0,344	146,27 kN	139,63 kN
2,75	6,47	0,324	0,675	0,4	0,328	139,33 kN	131,96 kN
3,00	7,06	0,353	0,751	0,4	0,310	131,96 kN	123,85 kN
3,25	7,65	0,382	0,828	0,4	0,292	124,25 kN	115,41 kN
3,50	8,24	0,412	0,904	0,4	0,274	116,32 kN	106,74 kN
3,75	8,82	0,441	0,980	0,4	0,255	108,26 kN	97,94 kN
4,00	9,41	0,471	1,056	0,4	0,236	100,18 kN	89,12 kN
4,25	10,00	0,500	1,132	0,4	0,217	92,16 kN	80,37 kN
4,50	10,59	0,529	1,209	0,4	0,198	84,29 kN	71,76 kN
4,75	11,18	0,559	1,285	0,4	0,180	76,65 kN	63,38 kN
5,00	11,76	0,588	1,361	0,4	0,163	69,30 kN	55,29 kN

*Laskenta on tehty käyttäen pitkäaikaiskimmokerrointa viruman huomioimiseksi

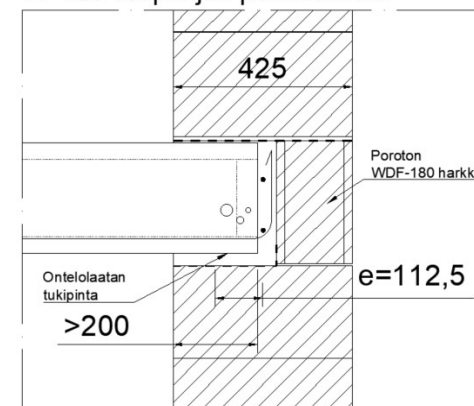
**Laskenta tehty alimmalle harkkoriville, seinän oman painon laskennassa käytetty pysyvän kuorman varmuuskerrointa 1,15

Harkkotyyppi: Poroton T7-425

Ominaispuristuslujuus f_k	1,80 MPa
Osavarmuusluku γ_m	1,8
Mitoituspuristuslujuus f_d	1,00 MPa
Paksuus t ($=t_{eff}$)	425 mm
Seinän paino muurattuna	304,6 kg/m ²
Pitkäaikaiskimmokerroin $E_{long\ term}$	720 N/mm ²
Kuorman epäkeskisyy s e	112,5 mm

Laskentatapaus:

T7-425 välipohjan periaateliitos



Seinän korkeus $t=t_{eff}$ [m]	Hoikkuusluku (tulee olla <27)	Kestävyyden pienennys- kerroin λ^*	termi u	termi A_1	Pienennyskerroin $\Phi_m = A_1 * e^{(u^2/2)}$	Normaalivoima- kapasiteetti seinän yläpäässä	Normaalivoima- kapasiteetti seinän alapäässä seinän paino huomioiden**
1,50	3,53	0,176	0,270	0,5	0,454	192,84 kN	188,55 kN
1,75	4,12	0,206	0,340	0,5	0,444	188,77 kN	183,62 kN
2,00	4,71	0,235	0,410	0,5	0,433	183,88 kN	177,87 kN
2,25	5,29	0,265	0,480	0,5	0,419	178,24 kN	171,37 kN
2,50	5,88	0,294	0,550	0,5	0,405	171,94 kN	164,20 kN
2,75	6,47	0,324	0,620	0,5	0,388	165,04 kN	156,45 kN
3,00	7,06	0,353	0,690	0,5	0,371	157,65 kN	148,20 kN
3,25	7,65	0,382	0,760	0,5	0,353	149,85 kN	139,54 kN
3,50	8,24	0,412	0,830	0,5	0,334	141,74 kN	130,58 kN
3,75	8,82	0,441	0,900	0,5	0,314	133,42 kN	121,39 kN
4,00	9,41	0,471	0,970	0,5	0,294	124,97 kN	112,09 kN
4,25	10,00	0,500	1,040	0,5	0,274	116,49 kN	102,74 kN
4,50	10,59	0,529	1,110	0,5	0,254	108,05 kN	93,44 kN
4,75	11,18	0,559	1,180	0,5	0,235	99,73 kN	84,27 kN
5,00	11,76	0,588	1,250	0,5	0,216	91,60 kN	75,28 kN

*Laskenta on tehty käyttäen pitkäaikaiskimmokerrointa viruman huomioimiseksi

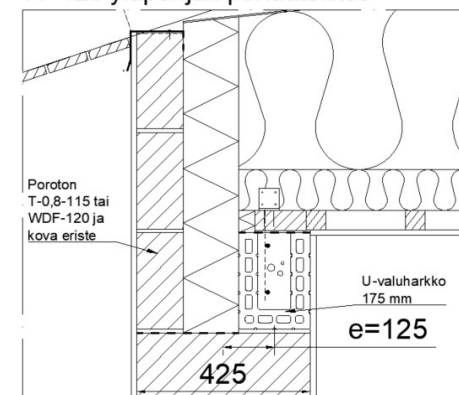
**Laskenta tehty alimmalle harkkoriville, seinän oman painon laskennassa käytetty pysyvän kuorman varmuuskerrointa 1,15

Harkkotyyppi: Poroton T7-425

Ominaispuristuslujuus f_k	1,80 MPa
Osavarmuusluku γ_m	1,8
Mitoituspuristuslujuus f_d	1,00 MPa
Paksuus t ($=t_{eff}$)	425 mm
Seinän paino muurattuna	304,6 kg/m ²
Pitkäaikaiskimmokerroin $E_{long\ term}$	720 N/mm ²
Kuorman epäkeskisyy s e	125,0 mm

Laskentatapaus:

T7-425 yläpohjan periaateliitos



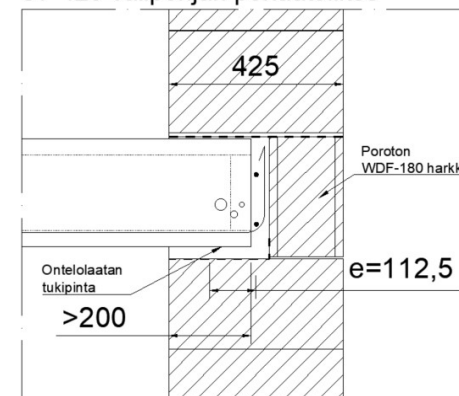
Seinän korkeus $t=t_{eff}$ [m]	Hoikkuusluku (tulee olla <27)	Kestävyyden pienennys- kerroin λ^*	termi u	termi A_1	Pienennyskerroin $\Phi_m = A_1 * e^{-(u^2/2)}$	Normaalivoima- kapasiteetti seinän yläpäässä	Normaalivoima- kapasiteetti seinän alapäässä seinän paino huomioiden**
1,50	3,53	0,176	0,294	0,4	0,394	167,60 kN	163,30 kN
1,75	4,12	0,206	0,370	0,4	0,384	163,41 kN	158,25 kN
2,00	4,71	0,235	0,446	0,4	0,373	158,40 kN	152,38 kN
2,25	5,29	0,265	0,523	0,4	0,359	152,65 kN	145,78 kN
2,50	5,88	0,294	0,599	0,4	0,344	146,27 kN	138,53 kN
2,75	6,47	0,324	0,675	0,4	0,328	139,33 kN	130,74 kN
3,00	7,06	0,353	0,751	0,4	0,310	131,96 kN	122,51 kN
3,25	7,65	0,382	0,828	0,4	0,292	124,25 kN	113,95 kN
3,50	8,24	0,412	0,904	0,4	0,274	116,32 kN	105,15 kN
3,75	8,82	0,441	0,980	0,4	0,255	108,26 kN	96,23 kN
4,00	9,41	0,471	1,056	0,4	0,236	100,18 kN	87,29 kN
4,25	10,00	0,500	1,132	0,4	0,217	92,16 kN	78,42 kN
4,50	10,59	0,529	1,209	0,4	0,198	84,29 kN	69,69 kN
4,75	11,18	0,559	1,285	0,4	0,180	76,65 kN	61,19 kN
5,00	11,76	0,588	1,361	0,4	0,163	69,30 kN	52,98 kN

*Laskenta on tehty käyttäen pitkäaikaiskimmokerrointa viruman huomioimiseksi

**Laskenta tehty alimmalle harkkoriville, seinän oman painon laskennassa käytetty pysyvän kuorman varmuuskerrointa 1,15

Harkkotyyppi: Poroton S7-425
Laskentatapaus: S7-425 välipohjan periaateliitos

Ominaispuristuslujuus f_k	2,30 MPa
Osavarmuusluku γ_m	1,8
Mitoituspuristuslujuus f_d	1,28 MPa
Paksuus t ($=t_{eff}$)	425 mm
Seinän paino muurattuna	327,0 kg/m ²
Pitkäaikaiskimmokerroin $E_{long\ term}$	920 N/mm ²
Kuorman epäkeskisyy s e	112,5 mm



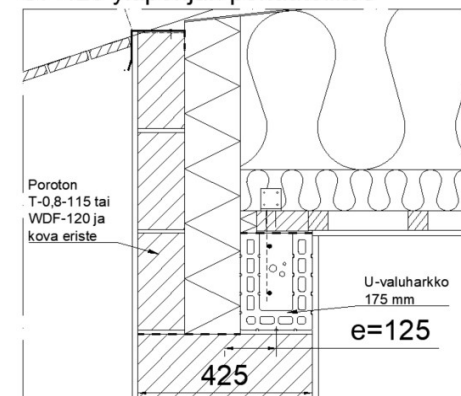
Seinän korkeus $t=t_{eff}$ [m]	Hoikkuusluku (tulee olla <27)	Kestävyyden pienennys- kerroin λ^*	termi u	termi A_1	Pienennyskerroin $\Phi_m = A_1 * e^{-(u^2/2)}$	Normaalivoima- kapasiteetti seinän yläpäässä	Normaalivoima- kapasiteetti seinän alapäässä seinän paino huomioiden**
1,50	3,53	0,176	0,270	0,5	0,454	246,41 kN	241,80 kN
1,75	4,12	0,206	0,340	0,5	0,444	241,21 kN	235,67 kN
2,00	4,71	0,235	0,410	0,5	0,433	234,96 kN	228,50 kN
2,25	5,29	0,265	0,480	0,5	0,419	227,76 kN	220,38 kN
2,50	5,88	0,294	0,550	0,5	0,405	219,70 kN	211,40 kN
2,75	6,47	0,324	0,620	0,5	0,388	210,89 kN	201,66 kN
3,00	7,06	0,353	0,690	0,5	0,371	201,44 kN	191,30 kN
3,25	7,65	0,382	0,760	0,5	0,353	191,48 kN	180,41 kN
3,50	8,24	0,412	0,830	0,5	0,334	181,12 kN	169,13 kN
3,75	8,82	0,441	0,900	0,5	0,314	170,48 kN	157,57 kN
4,00	9,41	0,471	0,970	0,5	0,294	159,69 kN	145,85 kN
4,25	10,00	0,500	1,040	0,5	0,274	148,84 kN	134,09 kN
4,50	10,59	0,529	1,110	0,5	0,254	138,06 kN	122,38 kN
4,75	11,18	0,559	1,180	0,5	0,235	127,43 kN	110,83 kN
5,00	11,76	0,588	1,250	0,5	0,216	117,05 kN	99,52 kN

*Laskenta on tehty käyttäen pitkäaikaiskimmokerrointa viruman huomioimiseksi

**Laskenta tehty alimmalle harkkoriville, seinän oman painon laskennassa käytetty pysyvän kuorman varmuuskerrointa 1,15

Harkkotyyppi: Poroton S7-425

Ominaispuristuslujuus f_k	2,30 MPa
Osavarmuusluku γ_m	1,8
Mitoituspuristuslujuus f_d	1,28 MPa
Paksuus t ($=t_{eff}$)	425 mm
Seinän paino muurattuna	327,0 kg/m ²
Pitkäaikaiskimmokerroin $E_{long term}$	920 N/mm ²
Kuorman epäkeskisyy s e	125,0 mm

Laskentatapaus:
S7-425 yläpohjan periaateliitos


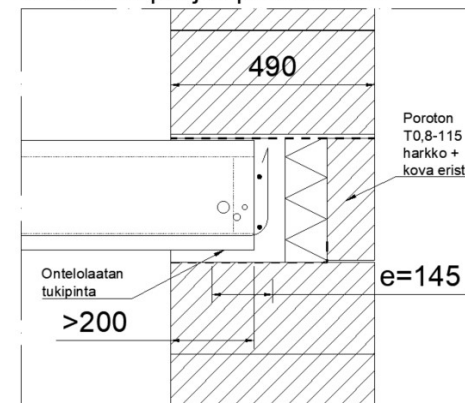
Seinän korkeus $t=t_{eff}$ [m]	Hoikkuusluku (tulee olla <27)	Kestävyyden pienennys- kerroin λ^*	termi u	termi A_1	Pienennyskerroin $\Phi_m = A_1 * e^{-(u^2/2)}$	Normaalivoima- kapasiteetti seinän yläpäässä	Normaalivoima- kapasiteetti seinän alapäässä seinän paino huomioiden**
1,50	3,53	0,176	0,294	0,4	0,394	214,15 kN	209,54 kN
1,75	4,12	0,206	0,370	0,4	0,384	208,80 kN	203,26 kN
2,00	4,71	0,235	0,446	0,4	0,373	202,40 kN	195,94 kN
2,25	5,29	0,265	0,523	0,4	0,359	195,06 kN	187,68 kN
2,50	5,88	0,294	0,599	0,4	0,344	186,90 kN	178,59 kN
2,75	6,47	0,324	0,675	0,4	0,328	178,04 kN	168,81 kN
3,00	7,06	0,353	0,751	0,4	0,310	168,62 kN	158,47 kN
3,25	7,65	0,382	0,828	0,4	0,292	158,77 kN	147,70 kN
3,50	8,24	0,412	0,904	0,4	0,274	148,63 kN	136,64 kN
3,75	8,82	0,441	0,980	0,4	0,255	138,34 kN	125,42 kN
4,00	9,41	0,471	1,056	0,4	0,236	128,01 kN	114,17 kN
4,25	10,00	0,500	1,132	0,4	0,217	117,76 kN	103,01 kN
4,50	10,59	0,529	1,209	0,4	0,198	107,71 kN	92,03 kN
4,75	11,18	0,559	1,285	0,4	0,180	97,95 kN	81,34 kN
5,00	11,76	0,588	1,361	0,4	0,163	88,55 kN	71,03 kN

*Laskenta on tehty käyttäen pitkäaikaiskimmokerrointa viruman huomioimiseksi

**Laskenta tehty alimmalle harkkoriville, seinän oman painon laskennassa käytetty pysyvän kuorman varmuuskerrointa 1,15

Harkkotyyppi: Poroton T7-490
Laskentatapaus: T7-490 välipohjan periaateliitos

Ominaispuristuslujuus f_k	1,30 MPa
Osavarmuusluku γ_m	1,8
Mitoituspuristuslujuus f_d	0,72 MPa
Paksuus t ($=t_{eff}$)	490 mm
Seinän paino muurattuna	350,4 kg/m ²
Pitkäaikaiskimmokerroin $E_{long term}$	520 N/mm ²
Kuorman epäkeskisyy s e	145,0 mm



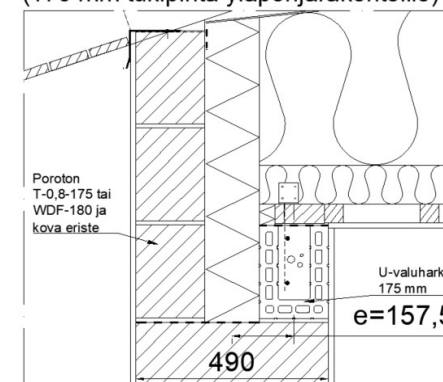
Seinän korkeus $t=t_{eff}$ [m]	Hoikkuusluku (tulee olla <27)	Kestävyyden pienennys- kerroin λ^*	termi u	termi A_1	Pienennyskerroin $\Phi_m = A_1 * e^{-(u^2/2)}$	Normaalivoima- kapasiteetti seinän yläpäässä	Normaalivoima- kapasiteetti seinän alapäässä seinän paino huomioiden**
1,50	3,06	0,153	0,235	0,4	0,397	140,52 kN	135,58 kN
1,75	3,57	0,179	0,301	0,4	0,390	138,04 kN	132,11 kN
2,00	4,08	0,204	0,368	0,4	0,381	135,01 kN	128,09 kN
2,25	4,59	0,230	0,434	0,4	0,371	131,46 kN	123,55 kN
2,50	5,10	0,255	0,501	0,4	0,360	127,44 kN	118,54 kN
2,75	5,61	0,281	0,567	0,4	0,348	122,99 kN	113,11 kN
3,00	6,12	0,306	0,634	0,4	0,334	118,18 kN	107,31 kN
3,25	6,63	0,332	0,700	0,4	0,319	113,06 kN	101,20 kN
3,50	7,14	0,357	0,766	0,4	0,304	107,68 kN	94,83 kN
3,75	7,65	0,383	0,833	0,4	0,289	102,11 kN	88,27 kN
4,00	8,16	0,408	0,899	0,4	0,272	96,39 kN	81,57 kN
4,25	8,67	0,434	0,966	0,4	0,256	90,60 kN	74,79 kN
4,50	9,18	0,459	1,032	0,4	0,240	84,78 kN	67,98 kN
4,75	9,69	0,485	1,099	0,4	0,223	78,98 kN	61,19 kN
5,00	10,20	0,510	1,165	0,4	0,207	73,26 kN	54,48 kN

*Laskenta on tehty käyttäen pitkäaikaiskimmokerrointa viruman huomioimiseksi

**Laskenta tehty alimmalle harkkoriville, seinän oman painon laskennassa käytetty pysyvän kuorman varmuuskerrointa 1,15

Harkkotyyppi: Poroton T7-490

Ominaispuristuslujuus f_k	1,30 MPa
Osavarmuusluku γ_m	1,8
Mitoituspuristuslujuus f_d	0,72 MPa
Paksuus t ($=t_{eff}$)	490 mm
Seinän paino muurattuna	350,4 kg/m ²
Pitkäaikaiskimmokerroin $E_{long term}$	520 N/mm ²
Kuorman epäkeskisyy s e	157,5 mm

Laskentatapaus: T7-490 yläpohjan periaateliitos
(175 mm tukipinta yläpohjarakenteille)


Seinän korkeus $t=t_{eff}$ [m]	Hoikkuusluku (tulee olla <27)	Kestävyyden pienennys- kerroin λ^*	termi u	termi A_1	Pienennyskerroin $\Phi_m = A_1 * e^{-(u^2/2)}$	Normaalivoima- kapasiteetti seinän yläpäässä	Normaalivoima- kapasiteetti seinän alapäässä seinän paino huomioiden**
1,50	3,06	0,153	0,254	0,4	0,346	122,36 kN	117,42 kN
1,75	3,57	0,179	0,327	0,4	0,339	119,83 kN	113,90 kN
2,00	4,08	0,204	0,399	0,4	0,330	116,74 kN	109,82 kN
2,25	4,59	0,230	0,471	0,4	0,320	113,14 kN	105,23 kN
2,50	5,10	0,255	0,543	0,4	0,308	109,08 kN	100,18 kN
2,75	5,61	0,281	0,615	0,4	0,296	104,62 kN	94,74 kN
3,00	6,12	0,306	0,687	0,4	0,282	99,83 kN	88,96 kN
3,25	6,63	0,332	0,759	0,4	0,268	94,76 kN	82,90 kN
3,50	7,14	0,357	0,831	0,4	0,253	89,48 kN	76,63 kN
3,75	7,65	0,383	0,903	0,4	0,238	84,06 kN	70,22 kN
4,00	8,16	0,408	0,975	0,4	0,222	78,56 kN	63,73 kN
4,25	8,67	0,434	1,047	0,4	0,206	73,03 kN	57,22 kN
4,50	9,18	0,459	1,119	0,4	0,191	67,55 kN	50,75 kN
4,75	9,69	0,485	1,191	0,4	0,176	62,15 kN	44,36 kN
5,00	10,20	0,510	1,264	0,4	0,161	56,89 kN	38,11 kN

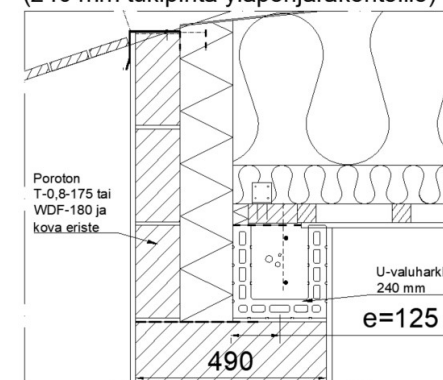
*Laskenta on tehty käyttäen pitkäaikaiskimmokerrointa viruman huomioimiseksi

**Laskenta tehty alimmalle harkkoriville, seinän oman painon laskennassa käytetty pysyvän kuorman varmuuskerrointa 1,15

Harkkotyyppi: Poroton T7-490

Ominaispuristuslujuus f_k	1,30 MPa
Osavarmuusluku γ_m	1,8
Mitoituspuristuslujuus f_d	0,72 MPa
Paksuus t ($=t_{eff}$)	490 mm
Seinän paino muurattuna	350,4 kg/m ²
Pitkäaikaiskimmokerroin $E_{long term}$	520 N/mm ²
Kuorman epäkeskisyy s e	125,0 mm

Laskentatapaus:

T7-490 yläpohjan periaateliitos
(240 mm tukipinta yläpohjarakenteille)


Seinän korkeus $t=t_{eff}$ [m]	Hoikkuusluku (tulee olla <27)	Kestävyyden pienennys- kerroin λ^*	termi u	termi A_1	Pienennyskerroin $\Phi_m = A_1 * e^{-(u^2/2)}$	Normaalivoima- kapasiteetti seinän yläpäässä	Normaalivoima- kapasiteetti seinän alapäässä seinän paino huomioiden**
1,50	3,06	0,153	0,209	0,5	0,479	169,60 kN	164,66 kN
1,75	3,57	0,179	0,268	0,5	0,473	167,23 kN	161,30 kN
2,00	4,08	0,204	0,327	0,5	0,464	164,31 kN	157,40 kN
2,25	4,59	0,230	0,386	0,5	0,455	160,89 kN	152,98 kN
2,50	5,10	0,255	0,445	0,5	0,444	156,98 kN	148,09 kN
2,75	5,61	0,281	0,504	0,5	0,431	152,64 kN	142,76 kN
3,00	6,12	0,306	0,563	0,5	0,418	147,90 kN	137,03 kN
3,25	6,63	0,332	0,623	0,5	0,404	142,80 kN	130,94 kN
3,50	7,14	0,357	0,682	0,5	0,388	137,40 kN	124,55 kN
3,75	7,65	0,383	0,741	0,5	0,372	131,74 kN	117,91 kN
4,00	8,16	0,408	0,800	0,5	0,356	125,88 kN	111,06 kN
4,25	8,67	0,434	0,859	0,5	0,339	119,86 kN	104,04 kN
4,50	9,18	0,459	0,918	0,5	0,321	113,72 kN	96,92 kN
4,75	9,69	0,485	0,977	0,5	0,304	107,53 kN	89,74 kN
5,00	10,20	0,510	1,036	0,5	0,286	101,32 kN	82,54 kN

*Laskenta on tehty käyttäen pitkäaikaiskimmokerrointa viruman huomioimiseksi

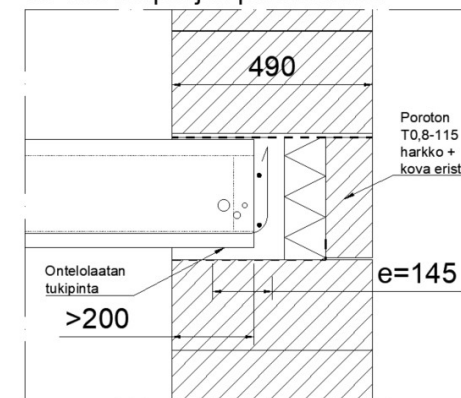
**Laskenta tehty alimmalle harkkoriville, seinän oman painon laskennassa käytetty pysyvän kuorman varmuuskerrointa 1,15

Harkkotyyppi: Poroton U8-490

Ominaispuristuslujuus f_k	2,30 MPa
Osavarmuusluku γ_m	1,8
Mitoituspuristuslujuus f_d	1,28 MPa
Paksuus t ($=t_{eff}$)	490 mm
Seinän paino muurattuna	299,2 kg/m ²
Pitkäaikaiskimmokerroin $E_{long\ term}$	920 N/mm ²
Kuorman epäkeskisyy s e	145,0 mm

Laskentatapa:

U8-490 välipohjan periaateliitos



Seinän korkeus $t=t_{eff}$ [m]	Hoikkuusluku (tulee olla <27)	Kestävyyden pienennys- kerroin λ^*	termi u	termi A_1	Pienennyskerroin $\Phi_m = A_1 * e^{-(u^2/2)}$	Normaalivoima- kapasiteetti seinän yläpäässä	Normaalivoima- kapasiteetti seinän alapäässä seinän paino huomioiden**
1,50	3,06	0,153	0,235	0,4	0,397	248,61 kN	244,40 kN
1,75	3,57	0,179	0,301	0,4	0,390	244,23 kN	239,16 kN
2,00	4,08	0,204	0,368	0,4	0,381	238,86 kN	232,95 kN
2,25	4,59	0,230	0,434	0,4	0,371	232,58 kN	225,83 kN
2,50	5,10	0,255	0,501	0,4	0,360	225,46 kN	217,87 kN
2,75	5,61	0,281	0,567	0,4	0,348	217,60 kN	209,17 kN
3,00	6,12	0,306	0,634	0,4	0,334	209,09 kN	199,81 kN
3,25	6,63	0,332	0,700	0,4	0,319	200,03 kN	189,90 kN
3,50	7,14	0,357	0,766	0,4	0,304	190,51 kN	179,54 kN
3,75	7,65	0,383	0,833	0,4	0,289	180,65 kN	168,84 kN
4,00	8,16	0,408	0,899	0,4	0,272	170,54 kN	157,89 kN
4,25	8,67	0,434	0,966	0,4	0,256	160,29 kN	146,79 kN
4,50	9,18	0,459	1,032	0,4	0,240	149,99 kN	135,65 kN
4,75	9,69	0,485	1,099	0,4	0,223	139,74 kN	124,55 kN
5,00	10,20	0,510	1,165	0,4	0,207	129,61 kN	113,57 kN

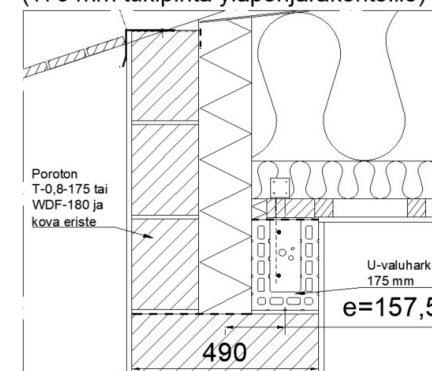
*Laskenta on tehty käyttäen pitkäaikaiskimmokerrointa viruman huomioimiseksi

**Laskenta tehty alimmalle harkkoriville, seinän oman painon laskennassa käytetty pysyvän kuorman varmuuskerrointa 1,15

Harkkotyyppi: Poroton U8-490

Ominaispuristuslujuus f_k	2,30 MPa
Osavarmuusluku γ_m	1,8
Mitoituspuristuslujuus f_d	1,28 MPa
Paksuus t ($=t_{eff}$)	490 mm
Seinän paino muurattuna	299,2 kg/m ²
Pitkäaikaiskimmokerroin $E_{long\ term}$	920 N/mm ²
Kuorman epäkeskisyy s e	157,5 mm

Laskentatapaus:

U8-490 yläpohjan periaateliitos
(175 mm tukipinta yläpohjarakenteille)


Seinän korkeus $t=t_{eff}$ [m]	Hoikkuusluku (tulee olla <27)	Kestävyyden pienennys- kerroin λ^*	termi u	termi A_1	Pienennyskerroin $\Phi_m = A_1 * e^{-(u^2/2)}$	Normaalivoima- kapasiteetti seinän yläpäässä	Normaalivoima- kapasiteetti seinän alapäässä seinän paino huomioiden**
1,50	3,06	0,153	0,254	0,4	0,346	216,49 kN	212,27 kN
1,75	3,57	0,179	0,327	0,4	0,339	212,00 kN	206,94 kN
2,00	4,08	0,204	0,399	0,4	0,330	206,53 kN	200,63 kN
2,25	4,59	0,230	0,471	0,4	0,320	200,16 kN	193,41 kN
2,50	5,10	0,255	0,543	0,4	0,308	192,98 kN	185,39 kN
2,75	5,61	0,281	0,615	0,4	0,296	185,10 kN	176,66 kN
3,00	6,12	0,306	0,687	0,4	0,282	176,62 kN	167,33 kN
3,25	6,63	0,332	0,759	0,4	0,268	167,65 kN	157,52 kN
3,50	7,14	0,357	0,831	0,4	0,253	158,31 kN	147,34 kN
3,75	7,65	0,383	0,903	0,4	0,238	148,72 kN	136,91 kN
4,00	8,16	0,408	0,975	0,4	0,222	138,99 kN	126,33 kN
4,25	8,67	0,434	1,047	0,4	0,206	129,22 kN	115,71 kN
4,50	9,18	0,459	1,119	0,4	0,191	119,51 kN	105,16 kN
4,75	9,69	0,485	1,191	0,4	0,176	109,96 kN	94,77 kN
5,00	10,20	0,510	1,264	0,4	0,161	100,65 kN	84,62 kN

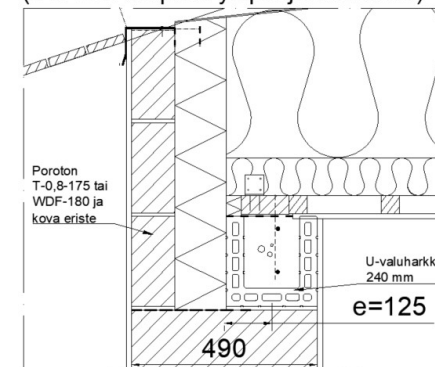
*Laskenta on tehty käyttäen pitkäaikaiskimmokerrointa viruman huomioimiseksi

**Laskenta tehty alimmalle harkkoriville, seinän oman painon laskennassa käytetty pysyvän kuorman varmuuskerrointa 1,15

Harkkotyyppi: Poroton U8-490

Ominaispuristuslujuus f_k	2,30 MPa
Osavarmuusluku γ_m	1,8
Mitoituspuristuslujuus f_d	1,28 MPa
Paksuus t ($=t_{eff}$)	490 mm
Seinän paino muurattuna	299,2 kg/m ²
Pitkäaikaiskimmokerroin $E_{long term}$	920 N/mm ²
Kuorman epäkeskisyyys e	125,0 mm

Laskentatapaus:

 U8-490 yläpohjan periaateliitos
(240 mm tukipinta yläpohjarakenteille)


Seinän korkeus $t=t_{eff}$ [m]	Hoikkuusluku (tulee olla <27)	Kestävyyden pienennys- kerroin λ^*	termi u	termi A_1	Pienennyskerroin $\Phi_m = A_1 * e^{-(u^2/2)}$	Normaalivoima- kapasiteetti seinän yläpäässä	Normaalivoima- kapasiteetti seinän alapäässä seinän paino huomioiden**
1,50	3,06	0,153	0,209	0,5	0,479	300,06 kN	295,84 kN
1,75	3,57	0,179	0,268	0,5	0,473	295,86 kN	290,80 kN
2,00	4,08	0,204	0,327	0,5	0,464	290,71 kN	284,80 kN
2,25	4,59	0,230	0,386	0,5	0,455	284,65 kN	277,89 kN
2,50	5,10	0,255	0,445	0,5	0,444	277,74 kN	270,14 kN
2,75	5,61	0,281	0,504	0,5	0,431	270,05 kN	261,61 kN
3,00	6,12	0,306	0,563	0,5	0,418	261,66 kN	252,38 kN
3,25	6,63	0,332	0,623	0,5	0,404	252,65 kN	242,52 kN
3,50	7,14	0,357	0,682	0,5	0,388	243,10 kN	232,13 kN
3,75	7,65	0,383	0,741	0,5	0,372	233,09 kN	221,27 kN
4,00	8,16	0,408	0,800	0,5	0,356	222,71 kN	210,05 kN
4,25	8,67	0,434	0,859	0,5	0,339	212,05 kN	198,55 kN
4,50	9,18	0,459	0,918	0,5	0,321	201,20 kN	186,86 kN
4,75	9,69	0,485	0,977	0,5	0,304	190,24 kN	175,05 kN
5,00	10,20	0,510	1,036	0,5	0,286	179,25 kN	163,22 kN

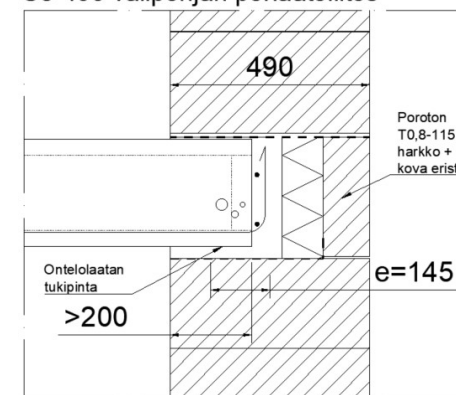
*Laskenta on tehty käyttäen pitkäaikaiskimmokerrointa viruman huomioimiseksi

**Laskenta tehty alimmalle harkkoriville, seinän oman painon laskennassa käytetty pysyvän kuorman varmuuskerrointa 1,15

Harkkotyyppi: Poroton S8-490
Laskentatapa:

S8-490 välipohjan periaateliitos

Ominaispuristuslujuus f_k	5,80 MPa
Osavarmuusluku γ_m	1,8
Mitoituspuristuslujuus f_d	3,22 MPa
Paksuus t ($=t_{eff}$)	490 mm
Seinän paino muurattuna	424,0 kg/m ²
Pitkäaikaiskimmokerroin $E_{long\ term}$	2320 N/mm ²
Kuorman epäkeskisyy s e	145,0 mm



Seinän korkeus $t=t_{eff}$ [m]	Hoikkuusluku (tulee olla <27)	Kestävyyden pienennys- kerroin λ^*	termi u	termi A_1	Pienennyskerroin $\Phi_m = A_1 * e^{-(u^2/2)}$	Normaalivoima- kapasiteetti seinän yläpäässä	Normaalivoima- kapasiteetti seinän alapäässä seinän paino huomioiden**
1,50	3,06	0,153	0,235	0,4	0,397	626,94 kN	620,96 kN
1,75	3,57	0,179	0,301	0,4	0,390	615,88 kN	608,70 kN
2,00	4,08	0,204	0,368	0,4	0,381	602,34 kN	593,97 kN
2,25	4,59	0,230	0,434	0,4	0,371	586,50 kN	576,93 kN
2,50	5,10	0,255	0,501	0,4	0,360	568,56 kN	557,80 kN
2,75	5,61	0,281	0,567	0,4	0,348	548,74 kN	536,78 kN
3,00	6,12	0,306	0,634	0,4	0,334	527,28 kN	514,12 kN
3,25	6,63	0,332	0,700	0,4	0,319	504,42 kN	490,07 kN
3,50	7,14	0,357	0,766	0,4	0,304	480,42 kN	464,88 kN
3,75	7,65	0,383	0,833	0,4	0,289	455,55 kN	438,81 kN
4,00	8,16	0,408	0,899	0,4	0,272	430,07 kN	412,13 kN
4,25	8,67	0,434	0,966	0,4	0,256	404,21 kN	385,08 kN
4,50	9,18	0,459	1,032	0,4	0,240	378,24 kN	357,91 kN
4,75	9,69	0,485	1,099	0,4	0,223	352,38 kN	330,85 kN
5,00	10,20	0,510	1,165	0,4	0,207	326,84 kN	304,11 kN

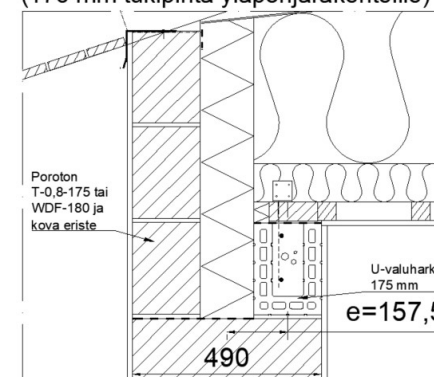
*Laskenta on tehty käyttäen pitkäaikaiskimmokerrointa viruman huomioimiseksi

**Laskenta tehty alimmalle harkkoriville, seinän oman painon laskennassa käytetty pysyvän kuorman varmuuskerrointa 1,15

Harkkotyyppi: Poroton S8-490

Ominaispuristuslujuus f_k	5,80 MPa
Osavarmuusluku γ_m	1,8
Mitoituspuristuslujuus f_d	3,22 MPa
Paksuus t ($=t_{eff}$)	490 mm
Seinän paino muurattuna	424,0 kg/m ²
Pitkäaikaiskimmokerroin $E_{long term}$	2320 N/mm ²
Kuorman epäkeskisyy s e	157,5 mm

Laskentatapaus:

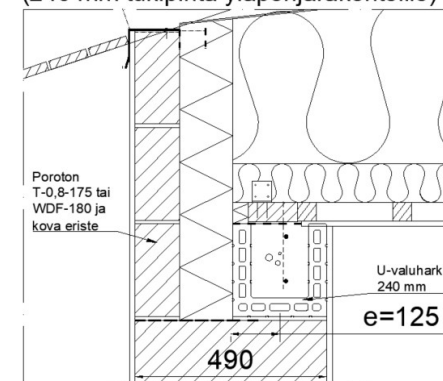
S8-490 yläpohjan periaateliitos
(175 mm tukipinta yläpohjarakenteille)


Seinän korkeus $t=t_{eff}$ [m]	Hoikkuusluku (tulee olla <27)	Kestävyyden pienennys- kerroin λ^*	termi u	termi A_1	Pienennyskerroin $\Phi_m = A_1 * e^{-(u^2/2)}$	Normaalivoima- kapasiteetti seinän yläpäässä	Normaalivoima- kapasiteetti seinän alapäässä seinän paino huomioiden**
1,50	3,06	0,153	0,254	0,4	0,346	545,93 kN	539,95 kN
1,75	3,57	0,179	0,327	0,4	0,339	534,61 kN	527,44 kN
2,00	4,08	0,204	0,399	0,4	0,330	520,82 kN	512,45 kN
2,25	4,59	0,230	0,471	0,4	0,320	504,76 kN	495,19 kN
2,50	5,10	0,255	0,543	0,4	0,308	486,66 kN	475,89 kN
2,75	5,61	0,281	0,615	0,4	0,296	466,77 kN	454,81 kN
3,00	6,12	0,306	0,687	0,4	0,282	445,38 kN	432,22 kN
3,25	6,63	0,332	0,759	0,4	0,268	422,76 kN	408,41 kN
3,50	7,14	0,357	0,831	0,4	0,253	399,22 kN	383,67 kN
3,75	7,65	0,383	0,903	0,4	0,238	375,03 kN	358,29 kN
4,00	8,16	0,408	0,975	0,4	0,222	350,48 kN	332,55 kN
4,25	8,67	0,434	1,047	0,4	0,206	325,85 kN	306,71 kN
4,50	9,18	0,459	1,119	0,4	0,191	301,37 kN	281,04 kN
4,75	9,69	0,485	1,191	0,4	0,176	277,29 kN	255,76 kN
5,00	10,20	0,510	1,264	0,4	0,161	253,81 kN	231,09 kN

* Laskenta on tehty käyttäen pitkäaikaiskimmokerrointa viruman huomioimiseksi

** Laskenta tehty alimmalle harkkoriville, seinän oman painon laskennassa käytetty pysyvän kuorman varmuuskerrointa 1,15

Harkkotyyppi: Poroton S8-490
Laskentatapaus:

 S8-490 yläpohjan periaateliitos
(240 mm tukipinta yläpohjarakenteille)


Ominaispuristuslujuus f_k	5,80 MPa
Osavarmuusluku γ_m	1,8
Mitoituspuristuslujuus f_d	3,22 MPa
Paksuus t ($=t_{eff}$)	490 mm
Seinän paino muurattuna	424,0 kg/m ²
Pitkäaikaiskimmokerroin $E_{long term}$	2320 N/mm ²
Kuorman epäkeskisyy s e	125,0 mm

Seinän korkeus $t=t_{eff}$ [m]	Hoikkuusluku (tulee olla <27)	Kestävyyden pienennys- kerroin λ^*	termi u	termi A_1	Pienennyskerroin $\Phi_m = A_1 * e^{-(u^2/2)}$	Normaalivoima- kapasiteetti seinän yläpäässä	Normaalivoima- kapasiteetti seinän alapäässä seinän paino huomioiden**
1,50	3,06	0,153	0,209	0,5	0,479	756,67 kN	750,69 kN
1,75	3,57	0,179	0,268	0,5	0,473	746,09 kN	738,92 kN
2,00	4,08	0,204	0,327	0,5	0,464	733,09 kN	724,72 kN
2,25	4,59	0,230	0,386	0,5	0,455	717,80 kN	708,24 kN
2,50	5,10	0,255	0,445	0,5	0,444	700,38 kN	689,62 kN
2,75	5,61	0,281	0,504	0,5	0,431	681,00 kN	669,04 kN
3,00	6,12	0,306	0,563	0,5	0,418	659,84 kN	646,69 kN
3,25	6,63	0,332	0,623	0,5	0,404	637,11 kN	622,76 kN
3,50	7,14	0,357	0,682	0,5	0,388	613,02 kN	597,48 kN
3,75	7,65	0,383	0,741	0,5	0,372	587,78 kN	571,04 kN
4,00	8,16	0,408	0,800	0,5	0,356	561,62 kN	543,68 kN
4,25	8,67	0,434	0,859	0,5	0,339	534,75 kN	515,61 kN
4,50	9,18	0,459	0,918	0,5	0,321	507,38 kN	487,05 kN
4,75	9,69	0,485	0,977	0,5	0,304	479,74 kN	458,22 kN
5,00	10,20	0,510	1,036	0,5	0,286	452,02 kN	429,30 kN

*Laskenta on tehty käyttäen pitkäaikaiskimmokerrointa viruman huomioimiseksi

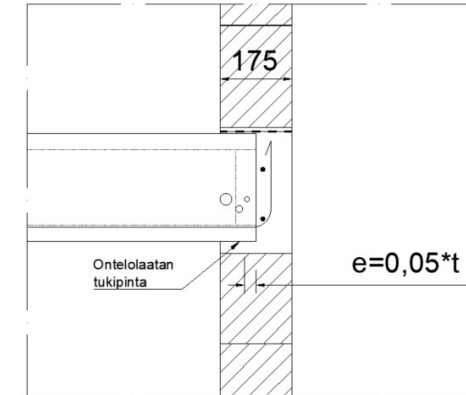
**Laskenta tehty alimmalle harkkoriville, seinän oman painon laskennassa käytetty pysyvän kuorman varmuuskerrointa 1,15

Harkkotyyppi: Poroton T0,8-175

Ominaispuristuslujuus f_k	3,70 MPa
Osavarmuusluku γ_m	1,8
Mitoituspuristuslujuus f_d	2,06 MPa
Paksuus t ($=t_{eff}$)	175 mm
Seinän paino muurattuna	138,8 kg/m ²
Pitkäaikaiskimmokerroin $E_{long\ term}$	1480 N/mm ²
Kuorman vähimmäisepäkeskisyys $e=0,05*t$	8,8 mm

Laskentatapaus:

T0,8-175 välipohjan periaateliitos



Seinän korkeus $t=t_{eff}$ [m]	Hoikkuusluku (tulee olla <27)	Kestävyyden pienennys- kerroin λ^*	termi u	termi A_1	Pienennyskerroin $\Phi_m = A_1 * e^{-(u^2/2)}$	Normaalivoima- kapasiteetti seinän yläpäässä	Normaalivoima- kapasiteetti seinän alapäässä seinän paino huomioiden**
1,50	8,57	0,429	0,544	0,9	0,776	279,16 kN	277,20 kN
1,75	10,00	0,500	0,651	0,9	0,728	261,97 kN	259,62 kN
2,00	11,43	0,571	0,757	0,9	0,676	243,07 kN	240,32 kN
2,25	12,86	0,643	0,864	0,9	0,620	222,99 kN	219,86 kN
2,50	14,29	0,714	0,970	0,9	0,562	202,27 kN	198,75 kN
2,75	15,71	0,786	1,076	0,9	0,504	181,42 kN	177,50 kN
3,00	17,14	0,857	1,183	0,9	0,447	160,88 kN	156,57 kN
3,25	18,57	0,929	1,289	0,9	0,392	141,06 kN	136,36 kN
3,50	20,00	1,000	1,395	0,9	0,340	122,29 kN	117,20 kN
3,75	21,43	1,071	1,502	0,9	0,291	104,83 kN	99,35 kN
4,00	22,86	1,143	1,608	0,9	0,247	88,85 kN	82,98 kN
4,25	24,29	1,214	1,714	0,9	0,207	74,46 kN	68,19 kN
4,50	25,71	1,286	1,821	0,9	0,172	61,69 kN	55,04 kN

*Laskenta on tehty käyttäen pitkäaikaiskimmokerrointa viruman huomioimiseksi

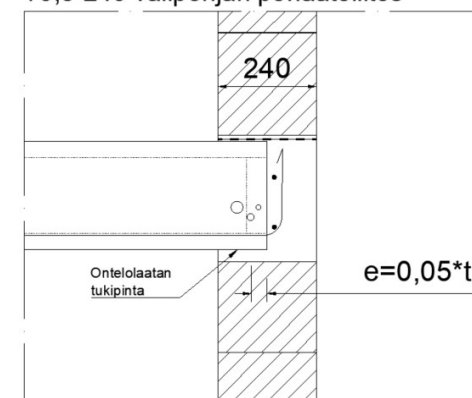
**Laskenta tehty alimmalle harkkoriville, seinän oman painon laskennassa käytetty pysyvän kuorman varmuuskerrointa 1,15

Harkkotyyppi: Poroton T0,8-240

Ominaispuristuslujuus f_k	3,70 MPa
Osavarmuusluku γ_m	1,8
Mitoituspuristuslujuus f_d	2,06 MPa
Paksuus t ($=t_{eff}$)	240 mm
Seinän paino muurattuna	188,0 kg/m ²
Pitkäaikaiskimmokerroin $E_{long\ term}$	1480 N/mm ²
Kuorman vähimmäisepäkeskisyys $e=0,05*t$	12,0 mm

Laskentatapaus:

T0,8-240 välipohjan periaateliitos



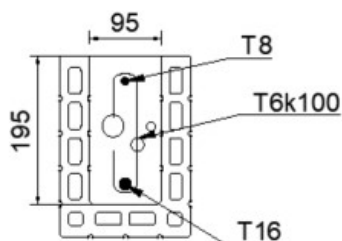
Seinän korkeus $t=t_{eff}$ [m]	Hoikkuusluku (tulee olla <27)	Kestävyyden pienennys- kerroin λ^*	termi u	termi A_1	Pienennyskerroin $\Phi_m = A_1 * e^{-(u^2/2)}$	Normaalivoima- kapasiteetti seinän yläpäässä	Normaalivoima- kapasiteetti seinän alapäässä seinän paino huomioiden**
1,50	6,25	0,313	0,372	0,9	0,840	414,39 kN	411,73 kN
1,75	7,29	0,365	0,449	0,9	0,814	401,40 kN	398,22 kN
2,00	8,33	0,417	0,527	0,9	0,783	386,50 kN	382,79 kN
2,25	9,38	0,469	0,604	0,9	0,750	369,91 kN	365,67 kN
2,50	10,42	0,521	0,682	0,9	0,713	351,92 kN	347,14 kN
2,75	11,46	0,573	0,759	0,9	0,675	332,79 kN	327,48 kN
3,00	12,50	0,625	0,837	0,9	0,634	312,81 kN	306,98 kN
3,25	13,54	0,677	0,914	0,9	0,592	292,27 kN	285,90 kN
3,50	14,58	0,729	0,992	0,9	0,550	271,44 kN	264,54 kN
3,75	15,63	0,781	1,070	0,9	0,508	250,58 kN	243,16 kN
4,00	16,67	0,833	1,147	0,9	0,466	229,94 kN	221,98 kN
4,25	17,71	0,885	1,225	0,9	0,425	209,73 kN	201,25 kN
4,50	18,75	0,938	1,302	0,9	0,385	190,15 kN	181,14 kN
4,75	19,79	0,990	1,380	0,9	0,347	171,37 kN	161,82 kN
5,00	20,83	1,042	1,457	0,9	0,311	153,51 kN	143,43 kN

*Laskenta on tehty käyttäen pitkäaikaiskimmokerrointa viruman huomioimiseksi

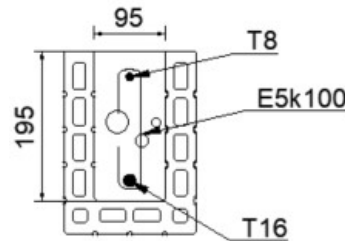
**Laskenta tehty alimmalle harkkoriville, seinän oman painon laskennassa käytetty pysyvän kuorman varmuuskerrointa 1,15

Harkkotyyppi: Poroton U-175

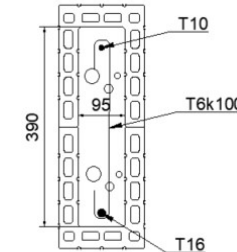
Laskentatapaus



Laskentatapaus



Laskentatapaus



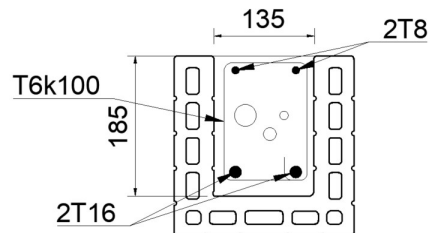
Rasitusluokka	X1 (sisätilaa vasten)	Rasitusluokka	XC3/XC4 (ulkotilaa vasten)	Rasitusluokka	X1 (sisätilaa vasten)
Valittu betoni	C25/30	Valittu betoni	C30/37	Valittu betoni	C25/30
Betonipeitepaksuus	25 mm	Betonipeitepaksuus	35 mm	Betonipeitepaksuus	25 mm
Pääteräkset	T16	Pääteräkset	T16	Pääteräkset	T16
Leikkausteräkset	T6 k100	Leikkausteräkset	E5 k100	Leikkausteräkset	T6 k100
Palkin paino metrille	0,70 kN/m	Palkin paino metrille	0,70 kN/m	Palkin paino metrille	1,40 kN/m
Valuosan korkeus	195 mm	Valuosan korkeus	195 mm	Valuosan korkeus	390 mm
Valuosan leveys	95 mm	Valuosan leveys	95 mm	Valuosan leveys	95 mm
$M_{Rd,max}$	10,7 kNm	$M_{Rd,max}$	10,4 kNm	$M_{Rd,max}$	27,8 kNm
$V_{Rd,max}$	25,4 kN	$V_{Rd,max}$	29,8 kN	$V_{Rd,max}$	83,6 kN
Aukon leveys [m]	Suurin sallittu kuorma [kN/m]**	Aukon leveys [m]	Suurin sallittu kuorma [kN/m]	Aukon leveys [m]	Suurin sallittu kuorma [kN/m]
1,00	49,9	1,00	58,8	1,00	165,4
1,25	39,8	1,25	46,9	1,25	132,0
1,50	33,0	1,50	36,3	1,50	97,1
1,75	27,3	1,75	26,4	1,75	70,8
2,00	20,7	2,00	20,0	2,00	53,7
2,25	16,1	2,25	15,6	2,25	42,1
2,50	12,9	2,50	12,5	2,50	33,7
2,75	10,5	2,75	10,1	2,75	27,5
3,00	8,7	3,00	8,4	3,00	22,8
3,25	7,2	3,25	7,0	3,25	19,1
3,50	6,1	3,50	5,9	3,50	16,2
3,75	5,2	3,75	5,0	3,75	13,9
4,00	4,5	4,00	4,3	4,00	12,0

*Laskenta on tehty murtorajatilassa ja pääteräsmäärä on optimoitu mahdollisimman lähelle tasapainoraidoitettua poikkileikkausta. Raidoitus A500HW = tunnus T, B600KX = tunnus E (ruostumaton). Käyttörajatilatakatelua ei ole tehty, palkkien taipuma tulee tarkistaa suunnittelussa.

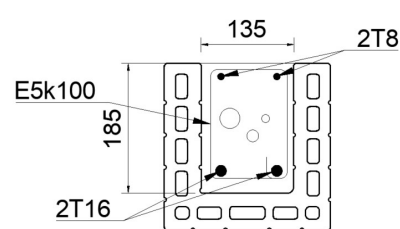
**Suurin sallittu kuorma on valittu jännevälille maksimitaivutusmomenttikapasiteetin ja maksimileikkausvoimakapasiteetin kautta, palkin omapaino huomioitu arvossa.

Harkkotyyppi: Poroton U-240

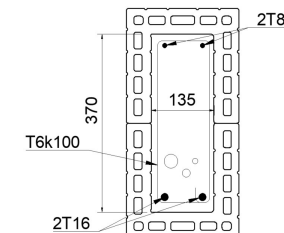
Laskentatapaus



Laskentatapaus



Laskentatapaus



Rasitusluokka	X1 (sisätilaa vasten)	Rasitusluokka	XC3/XC4 (ulkotilaa vasten)	Rasitusluokka	X1 (sisätilaa vasten)
Valittu betoni	C25/30	Valittu betoni	C30/37	Valittu betoni	C25/30
Betonipeitepaksuus	25 mm	Betonipeitepaksuus	35 mm	Betonipeitepaksuus	25 mm
Pääteräkset	2T16	Pääteräkset	2T16	Pääteräkset	2T16
Leikkausteräkset	T6 k100	Leikkausteräkset	E5 k100	Leikkausteräkset	T6 k100
Palkin paino metrille	0,86 kN/m	Palkin paino metrille	0,86 kN/m	Palkin paino metrille	1,72 kN/m
Valuosan korkeus	185 mm	Valuosan korkeus	185 mm	Valuosan korkeus	370 mm
Valuosan leveys	135 mm	Valuosan leveys	135 mm	Valuosan leveys	135 mm
$M_{Rd,max}$	17,5 kNm	$M_{Rd,max}$	17,3 kNm	$M_{Rd,max}$	49,8 kNm
$V_{Rd,max}$	39,3 kN	$V_{Rd,max}$	44,3 kN	$V_{Rd,max}$	78,8 kN
Aukon leveys [m]	Suurin sallittu kuorma [kN/m]**	Aukon leveys [m]	Suurin sallittu kuorma [kN/m]	Aukon leveys [m]	Suurin sallittu kuorma [kN/m]
1,00	77,5	1,00	87,6	1,00	155,6
1,25	61,7	1,25	69,8	1,25	124,1
1,50	51,3	1,50	58,0	1,50	103,1
1,75	43,8	1,75	44,0	1,75	88,0
2,00	33,9	2,00	33,4	2,00	76,8
2,25	26,5	2,25	26,1	2,25	68,0
2,50	21,2	2,50	20,9	2,50	61,0
2,75	17,3	2,75	17,1	2,75	50,7
3,00	14,4	3,00	14,2	3,00	42,3
3,25	12,1	3,25	11,9	3,25	35,7
3,50	10,2	3,50	10,1	3,50	30,5
3,75	8,8	3,75	8,6	3,75	26,3
4,00	7,6	4,00	7,4	4,00	22,9

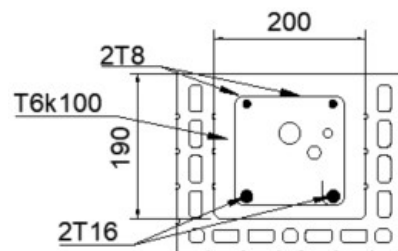
*Laskenta on tehty murtorajatilassa ja pääteräsmäärä on optimoitu mahdollisimman lähelle tasapainoraidoitettua poikkileikkausta. Raidoitus A500HW = tunnus T, B600KX = tunnus E (ruostumaton). Käyttörajatilatakatelua ei ole tehty, palkkien taipuma tulee tarkistaa suunnittelussa.

**Suurin sallittu kuorma on valittu jänneväliille maksimitaivutusmomenttikapasiteetin ja maksimileikkausvoimakapasiteetin kautta, palkin omapaino huomioitu arvossa.

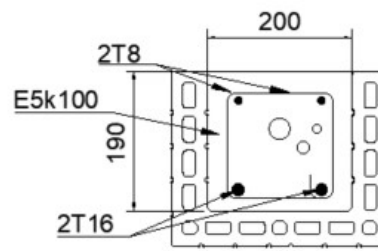
Liite 1.1: Aukkopalkkien kuormitustaulukot

Harkkotyyppi: Poroton U-300

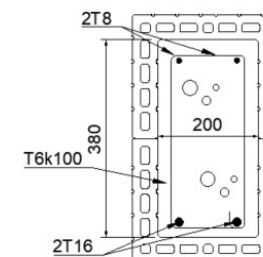
Laskentatapaus



Laskentatapaus



Laskentatapaus



Rasitusluokka	X1 (sisätilaa vasten)	Rasitusluokka	XC3/XC4 (ulkotilaa vasten)	Rasitusluokka	X1 (sisätilaa vasten)
Valittu betoni	C25/30	Valittu betoni	C30/37	Valittu betoni	C25/30
Betonipeitepaksuus	25 mm	Betonipeitepaksuus	35 mm	Betonipeitepaksuus	25 mm
Pääteräkset	2T16	Pääteräkset	2T16	Pääteräkset	2T16
Leikkausteräkset	T6 k100	Leikkausteräkset	E5 k100	Leikkausteräkset	T6 k100
Palkin paino metrille	1,31 kN/m	Palkin paino metrille	1,31 kN/m	Palkin paino metrille	2,62 kN/m
Valuosan korkeus	190 mm	Valuosan korkeus	190 mm	Valuosan korkeus	380 mm
Valuosan leveys	200 mm	Valuosan leveys	200 mm	Valuosan leveys	200 mm
$M_{Rd,max}$	21,0 kNm	$M_{Rd,max}$	20,3 kNm	$M_{Rd,max}$	54,2 kNm
$V_{Rd,max}$	68,7 kN	$V_{Rd,max}$	63,4 kN	$V_{Rd,max}$	175,4 kN
Aukon leveys [m]	Suurin sallittu kuorma [kN/m]**	Aukon leveys [m]	Suurin sallittu kuorma [kN/m]	Aukon leveys [m]	Suurin sallittu kuorma [kN/m]
1,00	135,7	1,00	125,1	1,00	347,4
1,25	105,7	1,25	99,7	1,25	274,1
1,50	72,9	1,50	70,5	1,50	189,3
1,75	53,1	1,75	51,3	1,75	138,1
2,00	40,2	2,00	38,8	2,00	104,9
2,25	31,4	2,25	30,3	2,25	82,2
2,50	25,1	2,50	24,2	2,50	65,9
2,75	20,4	2,75	19,7	2,75	53,9
3,00	16,9	3,00	16,3	3,00	44,7
3,25	14,1	3,25	13,6	3,25	37,6
3,50	11,9	3,50	11,5	3,50	31,9
3,75	10,1	3,75	9,7	3,75	27,3
4,00	8,7	4,00	8,3	4,00	23,6

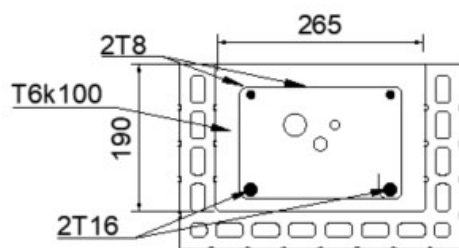
*Laskenta on tehty murtorajatilassa ja pääteräsmäärä on optimoitu mahdollisimman lähelle tasapainoraidoitettua poikkileikkausta. Raidoitus A500HW = tunnus T, B600KX = tunnus E (ruostumaton). Käyttörajatilatarkastelua ei ole tehty, palkkien taipuma tulee tarkistaa suunnittelussa.

**Suurin sallittu kuorma on valittu jänneväliille maksimitaivutusmomenttikapasiteetin ja maksimileikkausvoimakapasiteetin kautta, palkin omapaino huomioitu arvossa.

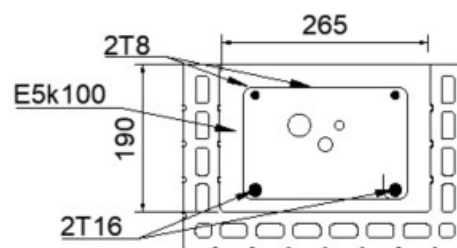
Liite 1.1: Aukkopalkkien kuormitustaulukot

Harkkotyyppi: Poroton U-365

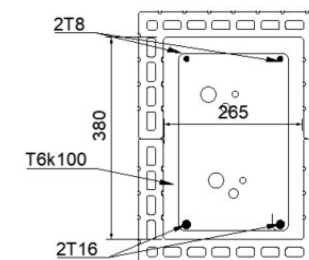
Laskentatapaus



Laskentatapaus



Laskentatapaus



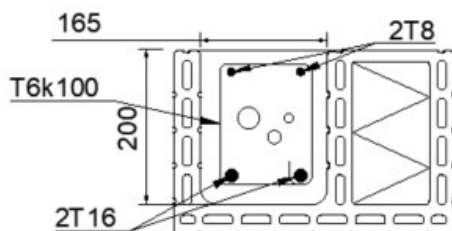
Rasitusluokka	X1 (sisätilaa vasten)	Rasitusluokka	XC3/XC4 (ulkotilaa vasten)	Rasitusluokka	X1 (sisätilaa vasten)
Valittu betoni	C25/30	Valittu betoni	C30/37	Valittu betoni	C25/30
Betonipeitepaksuus	25 mm	Betonipeitepaksuus	35 mm	Betonipeitepaksuus	25 mm
Pääteräkset	2T16	Pääteräkset	2T16	Pääteräkset	2T16
Leikkausteräkset	T6 k100	Leikkausteräkset	E5 k100	Leikkausteräkset	T6 k100
Palkin paino metrille	1,66 kN/m	Palkin paino metrille	1,66 kN/m	Palkin paino metrille	3,32 kN/m
Valuosan korkeus	190 mm	Valuosan korkeus	190 mm	Valuosan korkeus	380 mm
Valuosan leveys	265 mm	Valuosan leveys	265 mm	Valuosan leveys	265 mm
$M_{Rd,max}$	22,3 kNm	$M_{Rd,max}$	21,2 kNm	$M_{Rd,max}$	55,5 kNm
$V_{Rd,max}$	83,5 kN	$V_{Rd,max}$	94,0 kN	$V_{Rd,max}$	205,5 kN
Aukon leveys [m]	Suurin sallittu kuorma [kN/m]**	Aukon leveys [m]	Suurin sallittu kuorma [kN/m]	Aukon leveys [m]	Suurin sallittu kuorma [kN/m]
1,00	164,7	1,00	167,8	1,00	406,7
1,25	112,0	1,25	106,6	1,25	279,9
1,50	77,1	1,50	73,3	1,50	193,0
1,75	56,0	1,75	53,2	1,75	140,6
2,00	42,4	2,00	40,2	2,00	106,6
2,25	33,0	2,25	31,3	2,25	83,3
2,50	26,3	2,50	24,9	2,50	66,6
2,75	21,3	2,75	20,2	2,75	54,2
3,00	17,6	3,00	16,6	3,00	44,8
3,25	14,6	3,25	13,8	3,25	37,5
3,50	12,3	3,50	11,6	3,50	31,7
3,75	10,4	3,75	9,8	3,75	27,1
4,00	8,9	4,00	8,3	4,00	23,2

*Laskenta on tehty murtorajatilassa ja pääteräsmäärä on optimoitu mahdollisimman lähelle tasapainoraidoitettua poikkileikkausta. Raidoitus A500HW = tunnus T, B600KX = tunnus E (ruostumaton). Käyttörajatilataarkastelua ei ole tehty, palkkien taipuma tulee tarkistaa suunnittelussa.

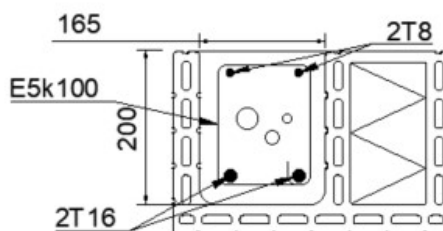
**Suurin sallittu kuorma on valittu jännevälille maksimitaivutusmomenttikapasiteetin ja maksimileikkausvoimakapasiteetin kautta, palkin omapaino huomioitu arvossa.

Harkkotyyppi: Poroton WU-365

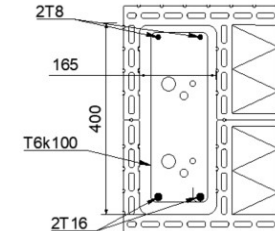
Laskentatapaus



Laskentatapaus



Laskentatapaus



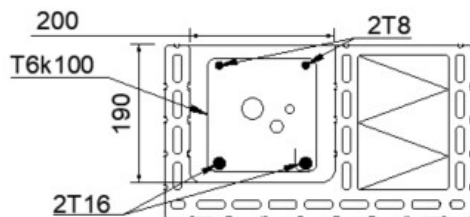
Rasitusluokka	X1 (sisätilaa vasten)	Rasitusluokka	XC3/XC4 (ulkotilaa vasten)	Rasitusluokka	X1 (sisätilaa vasten)
Valittu betoni	C25/30	Valittu betoni	C30/37	Valittu betoni	C25/30
Betonipeitepaksuus	25 mm	Betonipeitepaksuus	35 mm	Betonipeitepaksuus	25 mm
Pääteräket	2T16	Pääteräket	2T16	Pääteräket	2T16
Leikkausteräket	T6 k100	Leikkausteräket	E5 k100	Leikkausteräket	T6 k100
Palkin paino metrille	1,19 kN/m	Palkin paino metrille	1,19 kN/m	Palkin paino metrille	2,38 kN/m
Valuosan korkeus	200 mm	Valuosan korkeus	200 mm	Valuosan korkeus	400 mm
Valuosan leveys	165 mm	Valuosan leveys	165 mm	Valuosan leveys	165 mm
$M_{Rd,max}$	21,6 kNm	$M_{Rd,max}$	20,9 kNm	$M_{Rd,max}$	56,5 kNm
$V_{Rd,max}$	59,7 kN	$V_{Rd,max}$	66,4 kN	$V_{Rd,max}$	152,9 kN
Aukon leveys [m]	Suurin sallittu kuorma [kN/m]**	Aukon leveys [m]	Suurin sallittu kuorma [kN/m]	Aukon leveys [m]	Suurin sallittu kuorma [kN/m]
1,00	117,9	1,00	131,3	1,00	303,2
1,25	94,0	1,25	104,7	1,25	242,0
1,50	75,2	1,50	72,8	1,50	198,4
1,75	54,8	1,75	53,1	1,75	145,0
2,00	41,6	2,00	40,3	2,00	110,4
2,25	32,5	2,25	31,5	2,25	86,6
2,50	26,0	2,50	25,2	2,50	69,7
2,75	21,2	2,75	20,5	2,75	57,1
3,00	17,6	3,00	17,0	3,00	47,5
3,25	14,7	3,25	14,2	3,25	40,1
3,50	12,5	3,50	12,0	3,50	34,2
3,75	10,6	3,75	10,3	3,75	29,4
4,00	9,2	4,00	8,8	4,00	25,5

*Laskenta on tehty murtorajatilassa ja pääteräsmäärä on optimoitu mahdollisimman lähelle tasapainoraidoitettua poikkileikkausta. Raidoitus A500HW = tunnus T, B600KX = tunnus E (ruostumaton). Käyttörajatilataarkastelua ei ole tehty, palkkien taipuma tulee tarkistaa suunnittelussa.

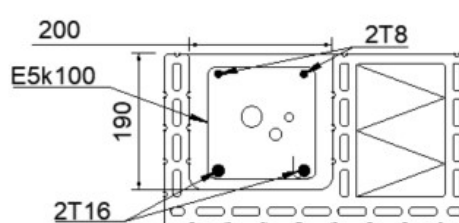
**Suurin sallittu kuorma on valittu jänneväliille maksimitaivutusmomenttikapasiteetin ja maksimileikkausvoimakapasiteetin kautta, palkin omapaino huomioitu arvossa.

Harkkotyyppi: Poroton WU-425

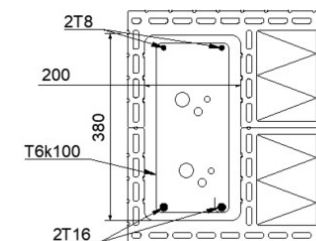
Laskentatapaus



Laskentatapaus



Laskentatapaus



Rasitusluokka	X1 (sisätilaa vasten)	Rasitusluokka	XC3/XC4 (ulkotilaa vasten)	Rasitusluokka	X1 (sisätilaa vasten)
Valittu betoni	C25/30	Valittu betoni	C30/37	Valittu betoni	C25/30
Betonipeitepaksuus	25 mm	Betonipeitepaksuus	35 mm	Betonipeitepaksuus	25 mm
Pääteräkset	2T16	Pääteräkset	2T16	Pääteräkset	2T16
Leikkausteräkset	T6 k100	Leikkausteräkset	E5 k100	Leikkausteräkset	T6 k100
Palkin paino metrille	1,39 kN/m	Palkin paino metrille	1,39 kN/m	Palkin paino metrille	2,78 kN/m
Valuosan korkeus	190 mm	Valuosan korkeus	190 mm	Valuosan korkeus	380 mm
Valuosan leveys	200 mm	Valuosan leveys	200 mm	Valuosan leveys	200 mm
$M_{Rd,max}$	21,0 kNm	$M_{Rd,max}$	20,3 kNm	$M_{Rd,max}$	54,2 kNm
$V_{Rd,max}$	68,7 kN	$V_{Rd,max}$	63,4 kN	$V_{Rd,max}$	175,4 kN
Aukon leveys [m]	Suurin sallittu kuorma [kN/m]**	Aukon leveys [m]	Suurin sallittu kuorma [kN/m]	Aukon leveys [m]	Suurin sallittu kuorma [kN/m]
1,00	135,6	1,00	125,0	1,00	347,2
1,25	105,6	1,25	99,6	1,25	273,9
1,50	72,8	1,50	70,4	1,50	189,1
1,75	53,0	1,75	51,2	1,75	137,9
2,00	40,1	2,00	38,7	2,00	104,7
2,25	31,3	2,25	30,2	2,25	82,0
2,50	25,0	2,50	24,1	2,50	65,7
2,75	20,3	2,75	19,6	2,75	53,7
3,00	16,8	3,00	16,2	3,00	44,5
3,25	14,0	3,25	13,5	3,25	37,4
3,50	11,8	3,50	11,4	3,50	31,7
3,75	10,0	3,75	9,6	3,75	27,1
4,00	8,6	4,00	8,2	4,00	23,4

*Laskenta on tehty murtorajatilassa ja pääteräsmäärä on optimoitu mahdollisimman lähelle tasapainoraidoitettua poikkileikkausta. Raidoitus A500HW = tunnus T, B600KX = tunnus E (ruostumaton). Käyttörajatilataarkastelua ei ole tehty, palkkien taipuma tulee tarkistaa suunnittelussa.

**Suurin sallittu kuorma on valittu jänneväliille maksimitaivutusmomenttikapasiteetin ja maksimileikkausvoimakapasiteetin kautta, palkin omapaino huomioitu arvossa.

LASKELMAT (EN-1992-1-2 mukaisesti betonipalkkeina)

Nämä laskelmat on suoritettu yksiaukkoiselle betonipalkille EN-1992-1 mukaisesti. Betonipalkki muodostuu Poroton-aukonylitysharkon kouruun.

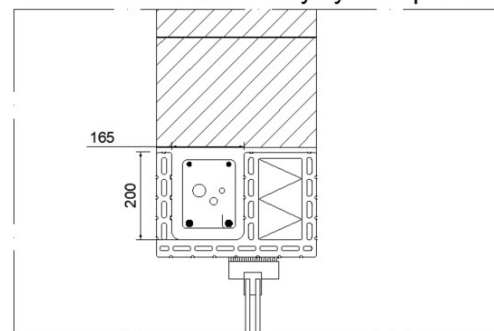
Kuormakerroin seuraamusluokassa CC2
Pysyvien kuormien osavarmuuskerroin
Muuttuvien kuormien osavarmuuskerroin

$$K_{FI} := 1$$

$$\gamma_{G.pitkä} := 1.35$$

$$\gamma_Q := 1.5$$

$$\gamma_{G.keskipitkä} := 1.15$$

Poroton WU-365 aukonylityksen periaate**Ylityspalkin mittatiedot - WU-palkki 365**

Palkin korkeus

$$h := 200 \text{ mm}$$

Jänneväli

$$l := 2000 \text{ mm}$$

Palkin leveys

$$b := 165 \text{ mm}$$

Materiaali- ja kuormitustiedot

Suunniteltu käyttöikä

$$50 \text{ vuotta}$$

Rasitusluokka (rakenne lämpimässä sisätilassa) XC1

Betoniterästen kimmokerroin

$$E_s := 200 \text{ GPa}$$

Betonin ominaispuristuslujuus C30/37

$$f_{ck} := 30 \text{ MPa}$$

Betoniteräksen osavarmuusluku

$$\gamma_s := 1.15$$

Betonin osavarmuusluku

$$\gamma_c := 1.5$$

Raudoituksen ominaisvetolujuus

$$f_{yk} := 500 \text{ MPa}$$

Leikkausraudoituksen ominaisvetolujuus

$$f_{yk.s} := 500 \text{ MPa}$$

Betonin pitkäaikaistekijöiden kertoimet

$$\alpha_{cc} := 0.85$$

$$\alpha_{ct} := 1.0$$

Raudoittamattoman betoni
pitkäaikaistekijöiden kertoimet

$$\alpha_{cc.pl} := 0.8 \cdot \alpha_{cc}$$

$$\alpha_{ct.pl} := 0.6 \cdot \alpha_{cc}$$

Betonin oma paino

$$\gamma_b := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Kuormitusleveys välipohjalta

$$L_{kuor} := 3.5 \text{ m}$$

Välipohjan omapaino (ontelolaatta 200
mm + 80 mm pintavalu)

$$g_{k.omap} := 4.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Hyötykuorma (sis. kevyet kalusteet)

$$q_{k.hyöty} := 2.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Taulukko E.1 |AC> Ohjeelliset minimilujuusluokat <AC|

	Taulukon 4.1 mukaiset rasitusluokat									
Korroosio										
	Karbonatisoitumisen vaikutuksista aiheutuva korroosio				Kloridien aiheuttama korroosio			Meriveden kloridien aiheuttama korroosio		
	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3
[AC> Ohjeellinen minimilujuusluokka <AC]	C20/25	C25/30	C30/37		C30/37		C35/45	C30/37	C35/45	
Betonin vaurioituminen										
	Ei riskiä	Jäädytys-sulatusrasitus				Kemiallinen rasitus				
	X0	XF1	XF2	XF3	XA1		XA2	XA3		
[AC> Ohjeellinen minimilujuusluokka <AC]	C12/15	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37			C35/45		

$$f_{ctm} := 0.3 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{\text{MPa}} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot \text{MPa}$$

$$f_{ctk} := 0.7 \cdot f_{ctm}$$

$$f_{cd} := \frac{\alpha_{cc} f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$f_{cd.pl} := \frac{\alpha_{cc.pl} f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$f_{ctd} := \frac{\alpha_{ct} f_{ctk}}{\gamma_c}$$

$$f_{ctd.pl} := \frac{\alpha_{ct.pl} f_{ctk}}{\gamma_c}$$

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

$$f_{yd.s} := \frac{f_{yk.s}}{\gamma_s}$$

$$f_{cm} := f_{ck} + 8 \text{ MPa}$$

Betonin keskimääräinen vetolujuus

$$f_{ctm} = 2.896 \text{ MPa}$$

Betoniterästen ominaismyötölujuus

$$f_{yd} = 434.8 \text{ MPa}$$

Betonin ominaisvetolujuus

$$f_{ctk} = 2.028 \text{ MPa}$$

Leikkausraudoituksen ominaismyötölujuus

$$f_{yd.s} = 434.8 \text{ MPa}$$

Betonin puristuslujuuden mitoitusarvo

$$f_{cd} = 17 \text{ MPa}$$

Betonin kimmokerroin

Raudoittamattoman bet. pur.lujuuden mitoitusarvo

$$f_{cd.pl} = 13.6 \text{ MPa}$$

Betonin vetolujuuden mitoitusarvo

$$f_{ctd} = 1.4 \text{ MPa}$$

Raudoittamattoman bet. vetolujuuden mitoitusarvo

$$f_{ctd.pl} = 0.69 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} := 22 \cdot \left(\frac{f_{cm} \cdot \frac{1}{\text{MPa}}}{10} \right)^{0.3} \cdot 1 \text{ GPa} = 32.837 \text{ GPa}$$

Betonin puristumurto

$$\varepsilon_{cu} := 0.0035$$

Betonin suojapeitepaksuus

Betonipeitteen vähimmäisarvo valitaan oheisen taulukon, rasitusluokan ja käytettävän betonin sekä raudituksen mukaan

Betonipeitteen vähimmäisarvo $c_{min} := 10 \text{ mm}$

Betonin suojapeite $c := c_{min} + 10 \text{ mm} = 20 \text{ mm}$

Taulukko 2. Betonipeitteen vähimmäisarvovaatimukset (suunniteltu käyttöikä 50 tai 100 vuotta)

Betonipeitteen vähimmäisarvovaatimus $c_{min,dur}$ (mm) eri ympäristöolosuhteissa							
Kriteeri	Rasitusluokka standardin SFS-EN 1992-1-1 taulukon 4.1 mukaan						
	X0	XC1	XC2	XC3, XC4	XD1, XS1	XD2, XS2	XD3, XS3
Betoniteräs	10	10	20	25	30	35	40
Jänneteräs	10	20	30	35	40	45	50
100 vuoden suunniteltu käyttöikä	+0	+0	+5	+5	+5	+5	+5

Huomautus 1. Tartuntajänteille, joiden pitkäaikainen jännitys käyttörajatilassa on korkeintaan 400 N/mm^2 , sovelletaan betoniteräkselle asetettuja vaatimuksia.

Huomautus 2. Betonipeitteen vähimmäisarvoa voidaan pienentää 5 mm, mikäli betonin lieeriölujuus on vähintään 10 MPa suurempi kuin säilyvyyden kannalta vaadittava vähimmäislieeriölujuus.

Huomautus 3. Betonipeitteen vähimmäisarvovaatimukset koskevat myös jänneterästen ankkureita ja valun asennettavia metalliosia ellei niitä ole korroosiosuojattu rasitusluokkaa vastaavasti.

Huomautus 4. Betonin säilyvyyden tulee myös muilta osin täyttää 100 vuoden käyttöikävaatimus, mikäli rakenteen suunniteltu käyttöikä on 100 vuotta

Mitoituskuormat

Pysyvät pystykuormat

Palkin omapaino metrilille (harkot mukana)

$$g_{k,palkki} := h \cdot b \cdot \gamma_b + \frac{(4 \cdot 0.09 \text{ kN})}{1 \text{ m}} = 1.185 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Kuormitusalueen omapaino
(Tarkasteluleveys)

$$g_{k,kuormitus} := g_{k,omap} \cdot L_{kuor} = 16.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Muuttuvat pystykuormat

Hyötykuorma tarkasteluleveydelle

$$q_{k,hyötytark} := q_{k,hyöty} \cdot L_{kuor} = 7 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Mitoittavat kuormat (murtorajatilassa)

Kuormitusyhdistelmät eri aikaluokissa

Pysyvät kuormat (pitkä aikaluokka)

$$P_{d,pitkä} := 1.35 \cdot (g_{k,palkki} + g_{k,kuormitus}) = 23.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Pysyvät + muuttuvat kuormat
(keskipitkä aikaluokka)

$$P_{d,kpitkä1} := 1.15 \cdot (g_{k,palkki} + g_{k,kuormitus}) + 1.5 \cdot q_{k,hyötytark} = 30.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Määrittävä yhdistelmä

$$P_d := \max(P_{d,pitkä}, P_{d,kpitkä1}) = 30.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Mitoittavat voimat

Maksimi taivutusmomentti (palkki):

$$M_{Ed} := \frac{P_d \cdot l^2}{8} = 15.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Maksimi leikkausvoima (palkki):

$$V_{d,max} := \frac{P_d \cdot l}{2} = 30.4 \text{ kN}$$

Laskenta

Palkin laskenta suoritetaan murtorajatilataarkasteluna EN-1992 mukaisesti taivutukselle ja leikkausvoimalle. Myös palkin taipuma tarkistetaan.

Rakenteellinen mitoitus murtorajatilassa

Betonipeite

$$c_{nom} := c = 20 \text{ mm}$$

Taivutuskestävyys:

Valitaan pääraudoitus

$$\phi_{pää} := 16 \text{ mm}$$

Valitun raudoituksen määrä

$$A_{s, val, kpl} := 2$$

Valitaan hakaraudoitus

$$\phi_{haka} := 6 \text{ mm}$$

Alustava jakoväli

$$s := \frac{L}{A_{s, val, kpl}} = 0.5 \text{ m}^2 \cdot \text{mm}$$

Valitun raudoitustangon PL

$$A_{s, taivutus} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_{pää}}{2} \right)^2 = 201.06 \text{ mm}^2$$

Palkin tehollinen korkeus

$$d_{eff} := h - c - \frac{\phi_{pää}}{2} - \phi_{haka} = 166 \text{ mm}$$

Mitoittava leikkausvoima etäisyyden tehollisen korkeuden päässä (palkki):

$$V_{Ed} := V_{d, max} \cdot \frac{\left(\frac{l}{2} - d_{eff} \right)}{\frac{l}{2}} = 25.3 \text{ kN}$$

Suhteellinen momentti

$$\mu := \frac{M_{Ed}}{b \cdot d_{eff}^2 \cdot f_{cd}} = 0.197$$

Yliraudoituksen tarkistus (tasapainotilan avulla)

$$\beta_{bd} := 0.8 \cdot \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \frac{f_{yd}}{E_s}} = 0.493 \quad \mu_{bd} := \beta_{bd} \cdot \left(1 - \frac{\beta_{bd}}{2} \right) = 0.372$$

Mekaaninen raudoitussuhde (puristuspinnan suhteellinen korkeus)

$$\omega := 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu} = 0.221 \quad \beta := \omega$$

$$\mu < \mu_{bd} = 1 \quad \text{OK !}$$

Tarvittava raudoitus pinta-alana

$$A_{s, vaad} := \omega \cdot b \cdot d_{eff} \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 236.58 \text{ mm}^2$$

Tarvittava raudoitus kappaleina

$$A_{s, vaad, kpl} := \frac{A_{s, vaad}}{A_{s, taivutus}} = 1.2$$

Valitun raudoituksen pinta-ala

$$A_{s, val} := A_{s, val, kpl} \cdot A_{s, taivutus} = 402 \text{ mm}^2$$

Tarvittava raudoituksen jakoväli

$$k_{jako, \phi taivutus} := \frac{1000 \text{ mm}}{A_{s, vaad, kpl}} = 850 \frac{\text{mm}}{1}$$

Vähimmäisraudoitus

$$A_{s, min1} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_{eff} = 41.254 \text{ mm}^2$$

$$A_{s, min2} := 0.0013 \cdot b \cdot d_{eff} = 35.607 \text{ mm}^2$$

$$A_{s, val} > \max(A_{s, min1}, A_{s, min2}) = 1$$

OK!

Taulukko 7. Tasapainoraidoitettujen poikkileikkauksen β_{bd} ja μ_{bd} .
(Betonirakenteiden suunnittelun oppikirja osa 1/by211, 97.)

Osavarmuus	$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$		$f_{yk} = 600 \text{ MPa}$		$f_{yk} = 700 \text{ MPa}$	
	β_{bd}	μ_{bd}	β_{bd}	μ_{bd}	β_{bd}	μ_{bd}
$\gamma_s = 1,15$	0,493	0,372	0,458	0,353	0,428	0,336
$\gamma_s = 1,10$	0,485	0,367	0,450	0,349	0,419	0,331

Valitun raudoituksen raudoitussuhde

$$\omega_{val} := \frac{A_{s, val}}{b \cdot d_{eff}} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = 0.3755$$

Valitun raudoituksen suhteellinen momentti

$$\mu_{val} := \omega_{val} \cdot \left(1 - \frac{\omega_{val}}{2} \right) = 0.305$$

Valitun raudoituksen taivutuskestävyys

$$M_{R, d, val} := \mu_{val} \cdot b \cdot d_{eff}^2 \cdot f_{cd} = 23.574 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Valitun raudoituksen käyttöaste

$$KA_{MRd} := \frac{M_{Ed}}{M_{R, d, val}} = 64.43\%$$

Palkin pääraudoitukseksi valitaan 2T16

Mitoitus leikkaukselle

Leikkausvoiman vaikutuksesta halkeilleen betonin lujuuden pienennyskerroin

$$\nu := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250 \text{ MPa}} \right) = 0.528$$

Leikkauskapasiteetin yläraja

$$V_{Rd,max,p} := 0.5 \cdot b \cdot d_{eff} \cdot \nu \cdot f_{cd} = 122.93 \text{ kN}$$

Leikkausraudoittamattoman poikkileikkauksen kestävyys

Kerroin k (tulee olla alle 2,0)

$$k := \min \left(2, \left(1 + \sqrt{\frac{200 \text{ mm}}{d_{eff}}} \right) \right) = 2$$

$$C_{Rd,c} := \frac{0.18}{\gamma_c} = 0.12$$

Mekaaninen raudoitussuhde (tulee olla alle 0,02) $\rho_1 := \frac{A_{s, val}}{b \cdot d_{eff}} = 0.015$

Leikkausraudoituskestävyys leikkausraudoittamattomana

$$V_{Rd,c} := C_{Rd,c} \cdot k \cdot \left(100 \cdot \rho_1 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{\text{MPa}} \right)^{\frac{1}{3}} \right) \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} \cdot b \cdot d_{eff} = 23.215 \text{ kN}$$

Leikkausraudoittamattoman poikkileikkauksen käyttöaste

$$KA_{V,Rd,c} := \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} = 109.133\% \quad \rightarrow \text{Palkki tarvitsee leikkausraudoituksen}$$

Palkin minimileikkausraudoituksen laskeminen

Minimileikkausraudoituksen raudoitussuhde

$$\rho_{w,min} := \frac{0.08 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot 1 \text{ MPa}}}{f_{yk,s}} = 0.0008764$$

Leikkausraudoituksen maksimijakoväli saadaan tehollisesta korkeudesta

$$s_{t,max} := 0.75 \cdot d_{eff} = 124.5 \text{ mm}$$

Tarvittava minimirauditus metriä kohden

$$A_{sw,min} := s_{t,max} \cdot b \cdot \rho_{w,min} = 18.003 \text{ mm}^2$$

Valitun leikkausraudoituksen pinta-ala $A_{sw,2x8} := 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{\phi_{haka}}{2} \right)^2 = 56.55 \text{ mm}^2$

Leikkausraudoituksen jakoväli minimileikkausraudoitussuhteen kautta

$$s_s := \frac{A_{sw,2x8}}{b \cdot \rho_{w,min}} = 391.073 \text{ mm}$$

Valitun minimileikkausraudoituksen leikkauskestävyys

$$V_{Rd,s,min} := \frac{A_{sw,2x8}}{s_{t,max}} \cdot z \cdot f_{yd,s} \cdot \cot(\theta) = 72.908 \text{ kN}$$

Minimileikkausraudoitetun poikkileikkauksen käyttöaste

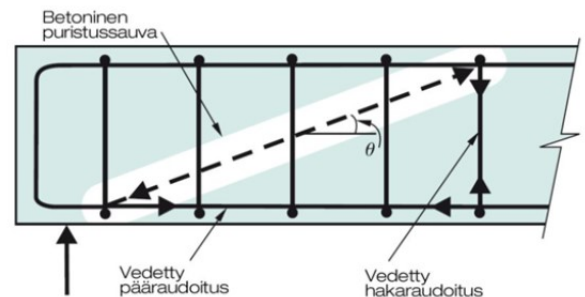
$$KA_{V,Rd,min} := \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s,min}} = 34.749\% \quad \rightarrow \text{Minimileikkausraudoitus T6k125 on riittävä}$$

Betonisen puristussauvan puristumurtokestävyys (leikkausvoimista)

$$V_{Rd,max} := \frac{\alpha_{cw} \cdot b \cdot z \cdot \nu_1 \cdot f_{cd}}{\cot(\theta) + \tan(\theta)} = 75.409 \text{ kN}$$

Kestävyys maksimileikkausvoimaa vastaan

$$KA_{V,Rd,max} := \frac{V_{d,max}}{V_{Rd,max}} = 40.284\% \quad \rightarrow \text{Poikkileikkaus kestää maksimileikkausvoiman}$$

**Laskennan yksinkertaistamiseksi**

Betonisen puristussauvan kulma

$$\theta := 21.8^\circ \quad \cot(\theta) = 2.5$$

Sisäinen momenttivarsi

$$z := \left(1 - \frac{\beta}{2} \right) \cdot d_{eff} = 147.665 \text{ mm}$$

Betonin lujuuden pienennyskerros ($f_{ck} < 60 \text{ MPa}$)

$$\nu_1 := 0.60 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250 \text{ MPa}} \right) = 0.528$$

Jännittämätön rakenne

$$\alpha_{cw} := 1$$

Taipumatarkastelu käyttörajatilassa

$$\text{Taipuman raja-arvo valitulla jännemittalla} \quad \frac{l}{250} = 8 \text{ mm}$$

Taipumatarkastelu tehdään tehollisen korkeuden ja jännemitan suhteena

$$\text{Valitun raudoituksen pinta-ala} \quad A_{s, val} = 402 \text{ mm}^2$$

$$\text{Murtorajatilanteen raudoitussuhde} \quad \rho := \frac{A_{s, val}}{d_{eff} \cdot b} = 0.0147$$

$$\text{Referenssiraudoitussuhde} \quad \rho_o := 10^{-3} \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot \frac{1}{\text{MPa}}} = 0.0055 \quad \text{Puristusraudoitussuhde} \quad \rho' := 0$$

Taulukko 7.4N Jännemitan ja tehollisen korkeuden perussuhteet teräsbetonirakennneosissa, joihin ei vaikuta puristavaa normaalivoimaa

Rakennejärjestelmä	K	Suuren jännityksen kuormittama betoni $\rho = 1,5 \%$	Pienen jännityksen kuormittama betoni $\rho = 0,5 \%$
Vapaasti tuettu palkki, vapaasti tuettu yhteen tai molempiin suuntiin kantava laatta	1,0	14	20
Jatkuvan palkin reunakenttä tai yhteen suuntaan kantavan jatkuvan laatan tai molempiin suuntiin kantavan laatan reunakenttä, kun laatta on yhden pitkän sivun yli jatkuva	1,3	18	26
Palkin tai yhteen suuntaan tai molempiin suuntiin kantavan laatan keskikenttä	1,5	20	30
Laatta, joka on pilarien varaan ilman palkkeja tuettu (pilarilaatta) (pitemmän jänteen perusteella)	1,2	17	24
Uloke	0,4	6	8

HUOM. 1 Esitetyt arvot on valittu siten, että ne ovat yleensä varmalla puolella, ja laskenta voi usein osoittaa, että hoikemmat rakenneosat ovat mahdollisia.

HUOM. 2 Molempiin suuntiin kantavilla laatoilla tarkistus suoritetaan lyhyemmän jänteen perusteella. Pilarilaatoilla valitaan pitempi jännemitta.

HUOM. 3 Pilarilaatoissa esitetyt rajat vastaavat lievempää rajoitusta kuin jänteen keskelle syntyvä taipuma, jonka suuruus on pilariväli jaettuna luvulla 250. Kokemus on osoittanut, että tämä on riittävää.

Rakennejärjestelmän
huomioiva kerroin $K := 1$

$$\text{Vaatimus } l/d \text{ suhteelle} \quad K \cdot \left(11 + 1.5 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot \frac{1}{\text{MPa}}} \cdot \frac{\rho_o}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12} \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot \frac{1}{\text{MPa}}} \cdot \sqrt{\frac{\rho'}{\rho_o}} \right) = 14.065$$

$$l/d \text{ suhde} \quad \frac{l}{d_{eff}} = 12.048$$

l/d suhde on suurempi kuin vaatimus, joten taipuma tulee tarkastaa

Taipumien laskennallinen tarkistus

Kuormitusyhdistelmien käyttörajatilan kuormitukset ja niiden aiheuttama taivutusmomentit aiheuttavat taipumaa

Taipuman laskennassa pitää määrittää virumaluku ja sitä kautta virumista aiheuttavien pitkäisaikaikuormien kokonaismuodonmuutos. Lisäksi huomioidaan halkeilu ja kutistumisen aiheuttama käyritysmä.

$$\text{Pysyvät kuormat (pitkä aikaluokka)} \quad P_{KRT, pitkä} := 1.0 \cdot (g_{k, palkki} + g_{k, kuormitus}) + 0.4 \cdot q_{k, hyötytark} = 20.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Pysyvät kuormat (lyhyt aikaluokka)} \quad P_{KRT, lyhyt} := 1.0 \cdot (g_{k, palkki} + g_{k, kuormitus}) + 1 \cdot q_{k, hyötytark} = 24.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Taivutusmomentit

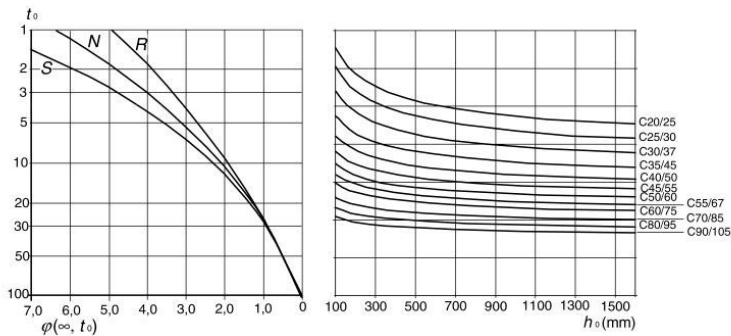
$$\text{Pysyvät kuormat (pitkä aikaluokka)} \quad M_{KRT, pitkä} := \frac{P_{KRT, pitkä} \cdot l^2}{8} = 10 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{Pysyvät kuormat (lyhyt aikaluokka)} \quad M_{KRT, lyhyt} := \frac{P_{KRT, lyhyt} \cdot l^2}{8} = 12.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Viruma ja virumaluku

Poikkileikkauksen muunnettu paksuus
(betoni pääsee kuivumaan joka suuntaan)

$$h_0 := \frac{h \cdot 2 \cdot b}{h \cdot 2 + 2 \cdot b} = 90.4 \text{ mm}$$

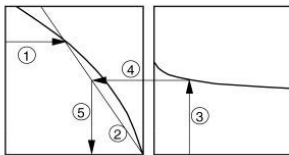


Virumaluku saadaan oheisesta kaaviosta kuormituksen alkuhetken, valitun betonin ja muunnetun paksuuden avulla, tarkastelussa kuormitus palkille on alkanut 14 vrk iässä.

Virumaluku

$$\varphi_{t,t0} := 2.1$$

a) sisätilat – suhteellinen kosteus = 50 %



HUOM.
– Käyrien 4 ja 5 välinen leikkauspiste voi olla myös pisteen 1 yläpuolella.
– Kun $t_0 > 100$, saavutetaan riittävä tarkkuus, kun oletetaan $t_0 = 100$
(ja käytetään tangenttiviivaa).

Lyhyt- ja pitkäaikaikuormien vaikutus

$$\eta := \frac{M_{KRT.pitkä}}{M_{KRT.lyhyt}}$$

Tehollinen kimmokerroin

$$E_{c,eff} := \frac{E_{cm}}{1 + \eta \cdot \varphi_{t,t0}} = 12 \text{ GPa}$$

Halkeamamomentti

Tarkistetaan kasvaako tarkastelumomentti niin suureksi, että poikkileikkaus halkeaa.

Kimmoinen taivutusvastus

$$W_e := \frac{b \cdot h^2}{6} = 1100000 \text{ mm}^3$$

Halkeamamomentti

$$M_{cr} := W_e \cdot f_{ctm} = 3.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Poikkileikkaus halkeaa, sillä halkeamamomentti on pienempi kuin rakenteeseen kohdistuva käyttörajan tilan suurempi momentti.

Lyhytaikainen tilanne määräävä

$$\beta := 0.5$$

Jakautumakerroin

$$\xi := 1 - \beta \cdot \frac{M_{cr}}{M_{KRT.lyhyt}} = 0.9$$

Poikkileikkauksen jäykkyyden laskenta

Kimmokerroinsuhde (raudoituksen kimmokerroin suhteessa betonin teholliseen kimmokertoimeen)

$$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{c,eff}} = 16.7$$

Vetorausitoituksen poikkileikkauksala

$$A_s := A_{s,val} = 402.1 \text{ mm}^2$$

Puristusraudoituksen poikkileikkauksala

$$A_{s2} := 0 \text{ mm}^2$$

Neutraaliakselin etäisyys puristetusta reunasta (halkeilematon tila)

$$x_u := \frac{\frac{b \cdot h^2}{2} + (\alpha_e - 1) \cdot (A_s \cdot d_{eff} + A_{s2} \cdot d_{eff})}{b \cdot h + (\alpha_e - 1) \cdot (A_s + A_{s2})} = 110.6 \text{ mm}$$

Neutraaliakselin etäisyys puristetusta reunasta (halkeilut tila)

$$x_c := \frac{\left((A_s \cdot \alpha_e + A_{s2} \cdot (\alpha_e - 1))^2 + 2 \cdot b \cdot (A_s \cdot d_{eff} \cdot \alpha_e + A_{s2} \cdot d_{eff} \cdot (\alpha_e - 1)) \right)^{0.5} - (A_s \cdot \alpha_e + A_{s2} \cdot (\alpha_e - 1))}{b} = 82.4 \text{ mm}$$

Jähyysmomentti (halkeilematon tila)

$$I_u := \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h \cdot \left(\frac{h}{2} - x_u \right)^2 + (\alpha_e - 1) \cdot (A_s \cdot (d_{eff} - x_u)^2 + A_{s2} \cdot (x_u - d_{eff})^2) = 133046640.7 \text{ mm}^4$$

Jähyysmomentti (halkeillut tila)

$$I_c := \frac{b \cdot x_c^3}{3} + \alpha_e \cdot A_s \cdot (d_{eff} - x_c)^2 + (\alpha_e - 1) \cdot A_{s2} \cdot (d_{eff} - x_c)^2 = 77619047.2 \text{ mm}^4$$

Kokonaiskutistuma

$$\varepsilon_{cs} := 0.00050$$

Taulukko 1. Betonin ominaisuudet

f_{ck}	MPa	20	25	30	35	40	50
$f_{cm} = (f_{ck} + 8)$	MPa	28	33	38	43	48	58
$f_{ctm} = (0,3 f_{ck}^{(2/3)} \leq C50/60 \text{ tai } 2,12 \ln(1 + (f_{cm}/10)) > C50/60)$	MPa	2,21	2,56	2,90	3,21	3,51	4,07
$E_{cm} = (22 [(f_{cm})/10]^{0.3})$	GPa	30,0	31,5	32,8	34,1	35,2	37,3
$\varepsilon_{cd,0}$ CEM luokka R, RH = 50 %	‰	0,746	0,706	0,668	0,632	0,598	0,536
$\varepsilon_{cd,0}$ CEM luokka R, RH = 80 %	‰	0,416	0,394	0,372	0,353	0,334	0,299
$\varepsilon_{cd,0}$ CEM luokka N, RH = 50 %	‰	0,544	0,512	0,482	0,454	0,428	0,379
$\varepsilon_{cd,0}$ CEM luokka N, RH = 80 %	‰	0,303	0,286	0,269	0,253	0,239	0,212
$\varepsilon_{cd,0}$ CEM luokka S, RH = 50 %	‰	0,441	0,413	0,387	0,363	0,340	0,298
$\varepsilon_{cd,0}$ CEM luokka S, RH = 80 %	‰	0,246	0,230	0,216	0,202	0,189	0,166
$\varepsilon_{ca}(\infty)$	‰	0,025	0,038	0,050	0,063	0,075	0,100

Raudoituksen staattinen momentti
(halkeilematon tila)

$$S_u := A_s \cdot (d_{eff} - x_u) - A_{s2} \cdot (x_u - d_{eff}) = 22285.1 \text{ mm}^3$$

Raudoituksen staattinen momentti
(halkeilut tila)

$$S_c := A_s \cdot (d_{eff} - x_c) - A_{s2} \cdot (x_c - d_{eff}) = 33613.1 \text{ mm}^3$$

Käyritysmien ja lopullisen taipuman laskeminen

Taivutusmomentin aiheuttama
käyritymä

$$r_M := \xi \cdot \frac{M_{KRT.lyhyt}}{E_{c,eff} \cdot I_c} + (1 - \xi) \cdot \frac{M_{KRT.lyhyt}}{E_{c,eff} \cdot I_u} = (1.2 \cdot 10^{-5}) \frac{1}{\text{mm}}$$

Kutistuman aiheuttama käyritymä

$$r_{cs} := \xi \cdot \varepsilon_{cs} \cdot \alpha_e \cdot \frac{S_c}{I_c} + (1 - \xi) \cdot \varepsilon_{cs} \cdot \alpha_e \cdot \frac{S_u}{I_u} = (3.3 \cdot 10^{-6}) \frac{1}{\text{mm}}$$

Kerroin K taivutusmomenttipinnalle

$$K := 0.104$$

Kokonaistaipuma

$$w := K \cdot l^2 \cdot (r_M + r_{cs}) = 6.5 \text{ mm}$$

Kokonaistaipuma jää alle suurimman sallitun taipuman

LASKELMAT (EN-1996-1-1 mukaisesti)

Nämä laskelmat on suoritettu harkkoseinälle EN-1996-1-1 mukaisesti.

Kuormakerroin seuraamusluokassa CC2

$$K_{FI} := 1$$

Pysyvien kuormien osavarmuuskerroin

$$\gamma_{G.pitkä} := 1.35$$

$$\gamma_{G.keskipitkä} := 1.15$$

Muuttuvien kuormien osavarmuuskerroin

$$\gamma_Q := 1.5$$

Seinän mittatiedot - Poroton T6,5-365

Seinän korkeus

$$h := 2500 \text{ mm}$$

Seinän paksuus

$$t := 365 \text{ mm}$$

Materiaali- ja kuormitustiedot

Harkon puristuslujuus

$$f_k := 1.8 \text{ MPa}$$

Harkkojen osavarmuusluku

$$\gamma_m := 1.8$$

Harkon mitoituspuristuslujuus

$$f_d := \frac{f_k}{\gamma_m} = 1 \text{ MPa}$$

Kerroin K_E lyhytaikaisen kimmokertoimen laskentaan (Suomen arvo)

$$K_E := 700$$

Lyhytaikainen kimmokerroin

$$E := K_E \cdot f_k = 1260 \text{ MPa}$$

$$\phi_\infty := 0.75$$

Pitkäaikainen kimmokerroin

$$E_{longtem} := \frac{E}{1 + \phi_\infty} = 720 \text{ MPa}$$

Harkon oma paino

$$\gamma_{harkko} := 6 \frac{kN}{m^3}$$

Kuormitusleveys välipohjalta

$$L_{kuor} := 3.5 \text{ m}$$

Välipohjan omapaino (ontelolaatta 200 mm + 80 mm pintavalu)

$$g_{k.omap} := 4.6 \frac{kN}{m^2}$$

Kuormituksen epäkeskisyyys

$$e_i := 82.5 \text{ mm}$$

Hyötykuorma (sis. kevyet kalusteet)

$$q_{k.hyöty} := 2.0 \frac{kN}{m^2}$$

Vähimmäisepäkeskisyyys

$$e_{min} := 0.05 \cdot t = 18.25 \text{ mm}$$

Mitoituskuormat**Pysyvät pystykuormat**

Seinän omapaino metrille

$$g_{k.seinä} := h \cdot t \cdot \gamma_{harkko} = 5.475 \frac{kN}{m}$$

Kuormitusalueen omapaino (Tarkasteluleveys)

$$g_{k.kuormitus} := g_{k.omap} \cdot L_{kuor} = 16.1 \frac{kN}{m}$$

Muuttuvat pystykuormat

Hyötykuorma tarkasteluleveydelle

$$q_{k.hyötytark} := q_{k.hyöty} \cdot L_{kuor} = 7 \frac{kN}{m}$$

Mitoittavat kuormat (murtorajatilassa)

Kuormitusyhdistelmät eri aikaluokissa

Pysyvät kuormat (pitkä aikaluokka)

$$P_{d.pitkä} := 1.35 \cdot g_{k.kuormitus} = 21.7 \frac{kN}{m}$$

Pysyvät + muuttuvat kuormat (keskipitkä aikaluokka)

$$P_{d.kpitkä1} := 1.15 \cdot g_{k.kuormitus} + 1.5 \cdot q_{k.hyötytark} = 29 \frac{kN}{m}$$

Seinästä tuleva kuorma (keskipitkä aikaluokka)

$$P_{seinä.kpitkä1} := 1.15 \cdot g_{k.seinä} = 6.3 \frac{kN}{m}$$

Määräävä yhdistelmä

$$P_d := \max(P_{d.pitkä}, P_{d.kpitkä1}) = 29 \frac{kN}{m}$$

Mitoittavat voimat

Mitoittava puristusvoima seinän yläpäässä

$$N_{1d} := P_d \cdot 1 \text{ m} = 29 \text{ kN}$$

Mitoittava puristusvoima seinän keskellä

$$N_{md} := P_d \cdot 1 \text{ m} + P_{seinä.kpitkä1} \cdot \frac{h}{2} = 36.9 \text{ kN}$$

Mitoittava puristusvoima seinän alapäässä

$$N_{2d} := P_d \cdot 1 \text{ m} + P_{seinä.kpitkä1} \cdot h = 44.8 \text{ kN}$$

Epäkeskisyydestä aiheutuva mitoittava momentti seinän yläpäässä

$$M_{1d} := N_{1d} \cdot e_i = 2.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Epäkeskisyydestä aiheutuva mitoittava momentti seinän keskellä

$$M_{md} := N_{md} \cdot e_i = 3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Epäkeskisyydestä aiheutuva mitoittava momentti seinän alapäässä

$$M_{2d} := N_{2d} \cdot e_i = 3.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Laskenta

Seinä laskenta suoritetaan murtorajatilatarkasteluna EN-1996-1 mukaisesti puristukselle ja oletetaan se päistään nivelöidyksi sauvaksi.

Tehollisen korkeuden pienennyskerroin

$$\rho_n := 1$$

Seinän tehollinen korkeus

$$h_{eff} := \rho_n \cdot h = 2500 \text{ mm}$$

Seinän hoikkuus

$$\lambda := \frac{h_{eff}}{t} = 6.849 < 27$$

Alkuepäkeskisyys

$$e_{init} := \frac{h_{eff}}{450} = 5.556 \text{ mm}$$

Rakenteellinen mitoitus murtorajatilassa

Puristuskestävyys seinän yläpäässä

Laskennallinen epäkeskisyys pienennyskerroimeen

$$e_{i1} := \frac{M_{1d}}{N_{1d}} + e_{init} = 88.056 \text{ mm}$$

Hoikkuuden ja epäkeskisyyden pienennyskerroin

$$\phi_1 := 1 - 2 \cdot \frac{e_{i1}}{t} = 0.518$$

Yläpään poikkileikkauksen normaalivoimakestävyys

$$N_{Rd1} := \phi_1 \cdot t \cdot f_d \cdot 1 \text{ m} = 188.889 \text{ kN}$$

Seinän puristuskapasiteetin käyttöaste

$$KA_{Rd1} := \frac{N_{1d}}{N_{Rd1}} = 15.361\%$$

--> Poikkileikkaus kestää mitoittavan puristusvoiman

Puristuskestävyys seinän keskiosassa

Laskennallinen epäkeskisyys pienennyskerroimeen

$$e_m := \frac{M_{md}}{N_{md}} + e_{init} = 88.056 \text{ mm}$$

Apu suureet pienennyskerroimen laskentaan

$$\lambda := \frac{h_{eff}}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_k}{E}} = 0.259$$

$$u := \frac{\lambda - 0.063}{0.73 - 1.17 \cdot \frac{e_m}{t}} = 0.437$$

$$A_1 := 1 - 2 \cdot \frac{e_m}{t} = 0.518$$

Hoikkuuden ja epäkeskisyyden pienennyskerroin

$$\phi_m := A_1 \cdot e^{\frac{-u^2}{2}} = 0.47$$

Yläpään poikkileikkauksen normaalivoimakestävyys

$$N_{Rdm} := \phi_m \cdot t \cdot f_d \cdot 1 \text{ m} = 171.651 \text{ kN}$$

Seinän puristuskapasiteetin käyttöaste

$$KA_{Rdm} := \frac{N_{md}}{N_{Rdm}} = 21.489\%$$

--> Poikkileikkaus kestää mitoittavan puristusvoiman

Puristuskestävyys seinän alapäässä

Laskennallinen epäkeskisyys pienennyskerroimeen

$$e_{i2} := \frac{M_{2d}}{N_{2d}} + e_{init} = 88.056 \text{ mm}$$

Hoikkuuden ja epäkeskisyyden pienennyskerroin

$$\phi_2 := 1 - 2 \cdot \frac{e_{i2}}{t} = 0.518$$

Yläpään poikkileikkauksen normaalivoimakestävyys

$$N_{Rd2} := \phi_1 \cdot t \cdot f_d \cdot 1 \text{ m} = 188.889 \text{ kN}$$

Seinän puristuskapasiteetin käyttöaste

$$KA_{Rd2} := \frac{N_{2d}}{N_{Rd2}} = 23.694\%$$

--> Poikkileikkaus kestää mitoittavan puristusvoiman

LASKELMAT (EN-1996-1-1 mukaisesti)

Nämä laskelmat on suoritettu harkkoseinälle EN-1996-1-1 mukaisesti.

Kuormakerroin seuraamusluokassa CC2	$K_{FI} := 1$	
Pysyvien kuormien osavarmuuskerroin	$\gamma_{G.pitkä} := 1.35$	$\gamma_{G.keskipitkä} := 1.15$
Muuttuvien kuormien osavarmuuskerroin	$\gamma_Q := 1.5$	
Harkkojen osavarmuusluku	$\gamma_m := 1.8$	

Seinän mittatiedot - Poroton T6,5-365

Seinän paksuus	$t := 365 \text{ mm}$
Seinän korkeus	$h := 3500 \text{ mm}$

Materiaali- ja kuormitustiedot

Harkon puristuslujuus	$f_k := 1.8 \text{ MPa}$	Seinän taivutuslujuus	$f_{xk1} := 0.15 \text{ MPa}$
Harkon mitoituspuristuslujuus	$f_d := \frac{f_k}{\gamma_m} = 1 \text{ MPa}$	Seinän mitoitustaivutuslujuus	$f_{xd1} := \frac{f_{xk1}}{\gamma_m} = 0.083 \text{ MPa}$
Kerroin K_E lyhytaikaisen kimmokertoimen laskentaan (Suomen arvo)	$K_E := 700$		
Lyhytaikainen kimmokerroin	$E := K_E \cdot f_k = 1260 \text{ MPa}$	Virumaluku	$\phi_{\infty} := 0.75$
Pitkäaikainen kimmokerroin	$E_{longtem} := \frac{E}{1 + \phi_{\infty}} = 720 \text{ MPa}$		
Harkon oma paino	$\gamma_{harkko} := 6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$		
Kuormitusleveys yläpohjalta	$L_{kuor} := 3.5 \text{ m}$	Yläpohjan omapaino (puurakenteet ja kate)	$g_{k.omap} := 0.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Kuormituksen epäkeskisyyys	$e_i := 95 \text{ mm}$	Lumikuorma	$q_{k.lumi} := 2.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Vähimmäisepäkeskisyyys	$e_{min} := 0.05 \cdot t = 18.25 \text{ mm}$		
Tuulikuorma	$q_{k.tuuli} := 0.45 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$		

Mitoituskuormat**Pysyvät pystykuormat**

Seinän omapaino metrille $g_{k.seinä} := h \cdot t \cdot \gamma_{harkko} = 7.665 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Kuormitusalueen omapaino (Tarkasteluleveys) $g_{k.kuormitus} := g_{k.omap} \cdot L_{kuor} = 2.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Muuttuvat pystykuormat

lumikuorma tarkasteluleveydelle $q_{k.lumitark} := q_{k.lumi} \cdot L_{kuor} = 9.625 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Mitoittavat kuormat (murtorajatilassa)

Pystysuunnan pysyvät + muuttuvat kuormat (hetkellinen aikaluokka, tuuli määräävä) $P_{d.pysty} := 1.15 \cdot g_{k.kuormitus} + 1.05 \cdot q_{k.lumitark} = 13.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Vaakasuunnan muuttuvat kuormat (hetkellinen aikaluokka, tuuli määräävä) $P_{d.vaaka} := 1.5 \cdot q_{k.tuuli} = 0.68 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Seinästä tuleva pystyvä kuorma (hetkellinen aikaluokka) $P_{d.seinä} := 1.15 \cdot g_{k.seinä} = 8.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Mitoittavat voimat

Mitoittava puristusvoima seinän yläpäässä $N_{1d} := P_{d.pysty} \cdot 1 \text{ m} = 13.3 \text{ kN}$

Mitoittava puristusvoima seinän keskellä $N_{md} := P_{d.pysty} \cdot 1 \text{ m} + P_{d.seinä} \cdot \frac{h}{2} = 28.8 \text{ kN}$

Mitoittava puristusvoima seinän alapäässä $N_{2d} := P_{d.pysty} \cdot 1 \text{ m} + P_{d.seinä} \cdot h = 44.2 \text{ kN}$

Tuulikuormasta aiheutuva taivutusmomentti
(seinän keskiosassa):

$$M_{Ed} := \frac{P_{d.vaaka} \cdot h^2}{8} = 1.034 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Laskenta

Seinä laskenta suoritetaan murtorajatilatarkasteluna EN-1996-1 mukaisesti puristukselle ja taivutukselle ja oletetaan se päistään nivelöidyksi sauvaksi.

Tarkistetaan ylittykö seinän puristusjännityksen reunaehto, eli joudutaanko puristuskestävyys tarkastamaan tarkemmin

Seinän puristusjännitys

$$\sigma_d := \frac{N_{2d}}{t \cdot 1 \text{ m}} = 0.121 \text{ MPa}$$

Seinän puristuskestävyys (20%)

$$0.2 \cdot f_d = 0.2 \text{ MPa}$$

Seinän puristusjännitys on pienempi kuin puristuskestävyys, joten puristuskestävyys on seinällä riittävä.

Rakenteellinen mitoitus murtorajatilassa

Seinän korotettu mitoitusvastus

$$f_{xd1.app} := f_{xd1} + \sigma_d = 0.204 \text{ MPa}$$

Seinän taivutusvastus

$$Z := \frac{t^2}{6} = 22204.167 \text{ mm}^2$$

Seinän taivutuskestävyyden mitoitusarvo

$$M_{Rd} := f_{xd1.app} \cdot Z \cdot 1 \text{ m} = 4.538 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Taivutuskestävyys seinän yläpäässä

Seinän taivutuskapasiteetin käyttöaste

$$KA_{M1d} := \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = 22.777\%$$

--> Poikkileikkaus kestää mitoittavan taivutuksen