

## Rautatiesilta

Varsinaisen diplomityön ohessa mallinnettiin myös yksi rautateiden tyypilaattakehäsilta. Tämän sillan määräävät rasitukset (murto- ja käyttörajatilojen momentit sekä niitä vastaavat normaalivoimat ja murtorajatilan leikkausvoimat sekä niitä vastaavat normaalivoimat) laskettiin kansilaatassa ja reunapalkissa. Rautatiesillan laskentamalli on tehty kuten mallinnetuissa tiesilloissa, mutta malliin on lisätty reunapalkit, koska niillä on merkittävä kuormia kantava vaikutus.

Sillan lyhyydestä johtuen määrääväksi eurokoodin raideliikenteen pystykuormakaavioksi jäi vain kuormakaavion 71 akselikuormien osuus. Liikennekuormista on yhdistelty kuormaryhmät gr11, gr12, gr13, gr14, gr21, gr22, gr23 ja gr24. Alla luetellaan mallissa käytettyjen kuormien arvot. RSO:n mukaiset arvot on merkitty jos ne poikkeavat eurokoodin mukaisista arvoista.

### Omat painot

suojabetoni	1,25 kN/m <sup>2</sup>
päällysrakenne	8 kN/m <sup>2</sup>
yht.	9,25 kN/m <sup>2</sup>

lisäsepeleli	3,6 kN/m <sup>2</sup>
--------------	-----------------------

siirtymälaatta	31,5 kN/m	11,1 m leveydellä
----------------	-----------	-------------------

Pysyvä lämpötilan muutos + kutistuma

RSO

$\Delta T_{pys} =$	-8,10 °C	-7,71 °C
$\Delta T_{cs} =$	-12,86 °C	-11,51 °C
$\Delta T =$	-20,96 °C	-19,21 °C

Tukipainuma 10 mm kerrotaan kimmokertoimien suhteella  $E_{co}/E_c =$  0,357

0,333

Maanpaine  $K_0 =$  0,43

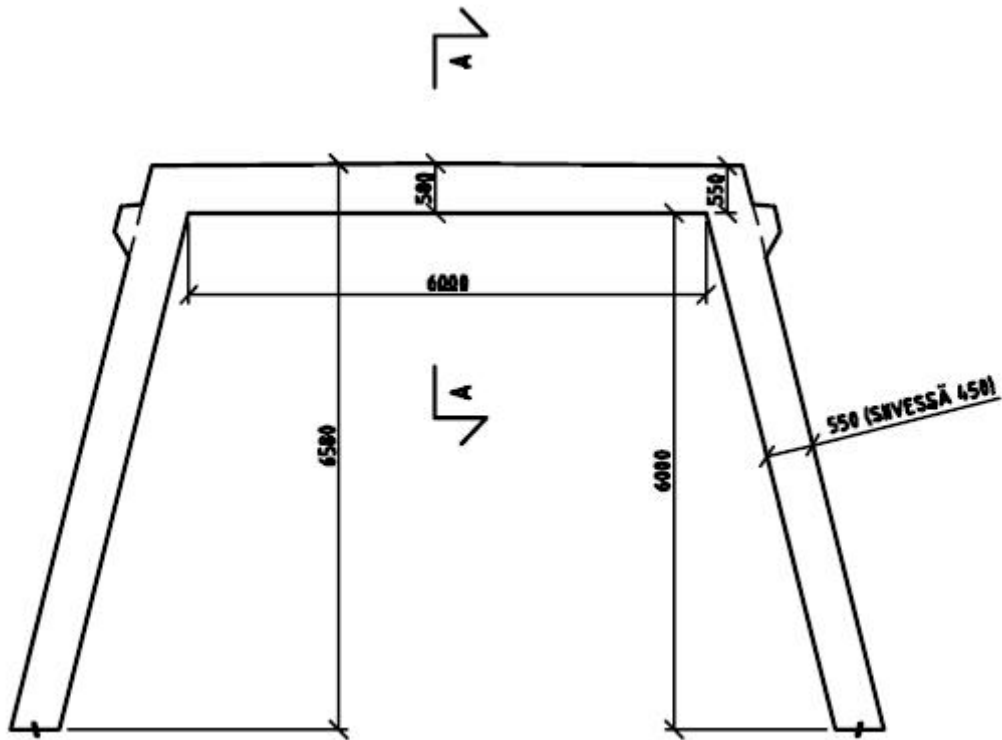
Sepelin painosta:	4,8 kN/m <sup>2</sup>	
lineaarisesti kasvava	8,5 kN/m <sup>3</sup>	*z
maanpaineo sepelistä	11,34 kN/m <sup>2</sup>	

+ lineaarisesti kasvava yht. 136,8 kN/m<sup>2</sup>

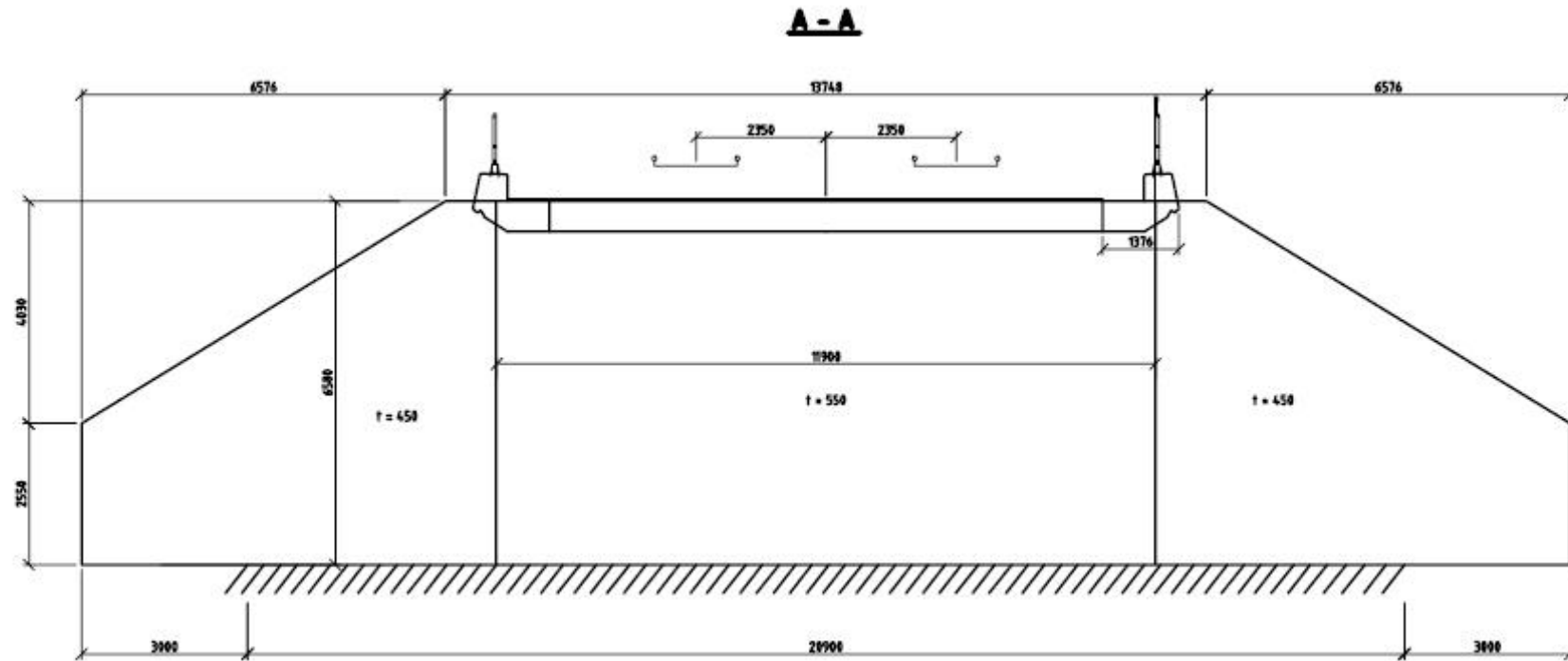
### Muuttuvat kuormat

Kuormakaavio 71	$Q_v =$	228 kN/m	
Dynaaminen suurennuskerroin	$\Phi_2 =$	1,375	
Pystykuormien epäkeskeisyys + raidetoleranssi =		203 mm	120 mm
Sivusysäyskuorma	$Q_{sk} =$	146 kN	
Sivusysäyksen aiheuttama epäkeskeisyys		31,3 kNm/m	
Jarru =		20 kN/m	205 kN
Veto =		33 kN/m	205 kN
Liikenteen aiheuttama maanpaine ja -paino kuormasta $q_{vk} =$		80 kN/m	
$T_{emin} =$	-36 °C		-35 °C
$T_{emax} =$	+34 °C		+15 °C
			5 °C
yläpinta lämpimämpi:	9 °C		5 °C
alapinta lämpimämpi:	8 °C		

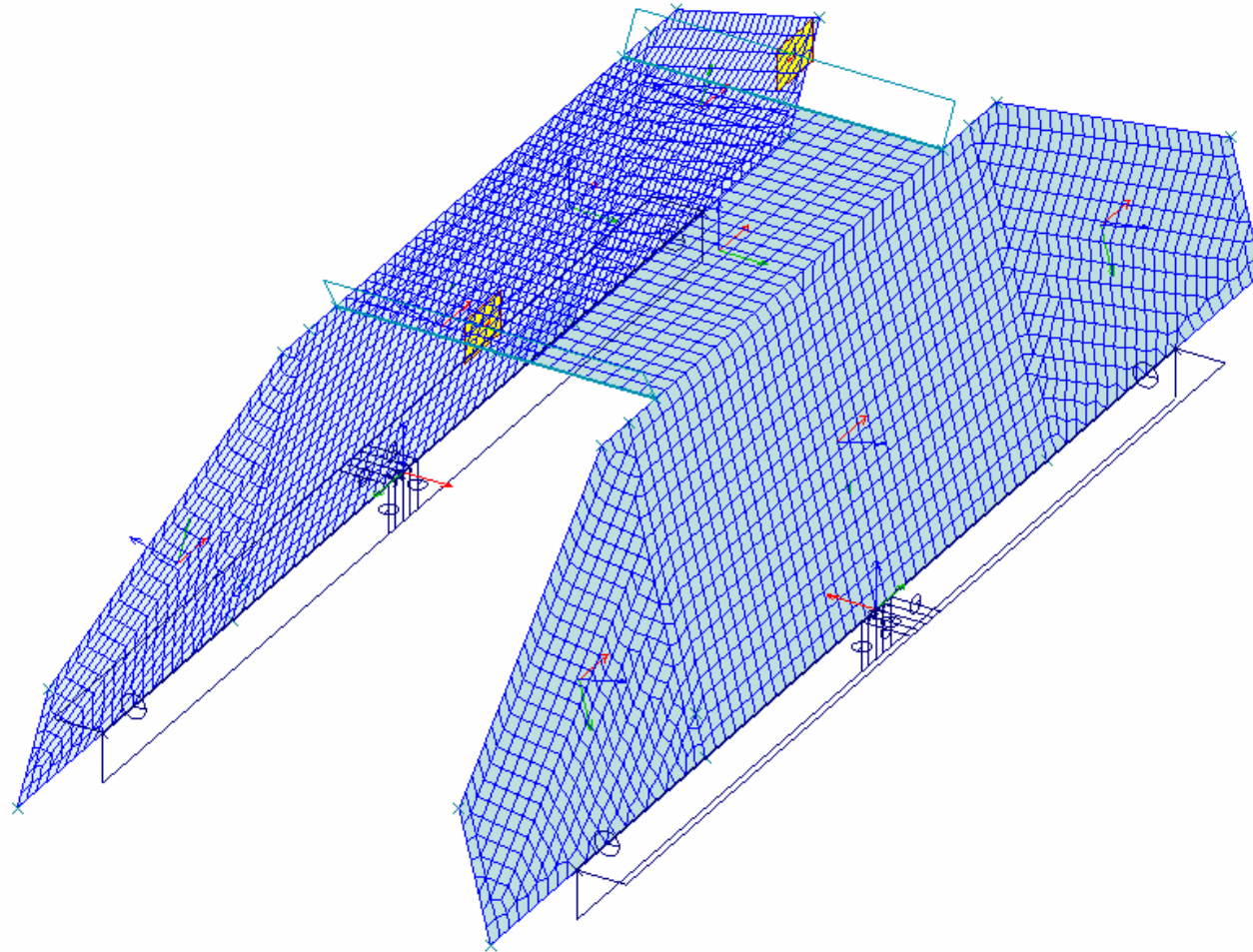
Kuvissa 1, 2 ja 3 esitetään rakennemallin mitat. Kyseessä on tyyppisilta 2a(6.0), AKK = 4,2 m / H = 6,0 m / Antura. Alkuperäinen betoniluokka on K35-1. Laskentamallissa betoniluokka on C30/37.



Kuva 1. Tutkitun rautatiesillan sivuleikkaus.



Kuva 2. Tutkittu rautatiesillan poikkileikkaus.



**Kuva 3. Junasillan rakennemalli. Elementtiruutujen sivun pituus n. 350 mm. Reunapalkit on mallinnettu todellista taivutusjäyhyyttä vastaavilla suorakaidepalkkeilla  $hxb = 850 \times 1250 \text{ mm}^2$ .**

**Taulukko 1. Eurokoodin mukaan lasketut ja yhdistellyt rasitukset rautateiden tyyppikehäsillan kansilaatassa ja reunapalkissa. Alaindeksin kirjain viittaa käyttörajatilan yhdistelmään; O = ominais-, T = tavallinen, P = pitkäaikainen.**

EN	Kenttä								Kulma etäisyydeltä $d$								Kulma					
	Laatta				Reunapalkki				Laatta				Reunapalkki				Laatta				Reunapalkki	
	$M$	$M_{xy}$	$V$	$N$	$M$	$V$	$N$		$M$	$M_{xy}$	$V$	$N$	$M$	$V$	$N$	$M$	$M_{xy}$	$V$	$N$	$M$	$V$	$N$
	kNm/m	kNm/m	kN/m	kN/m	kNm	kN	kN		kNm/m	kNm/m	kN/m	kN/m	kNm	kN	kN	kNm/m	kNm/m	kN/m	kN/m	kNm	kN	kN
MRT	$M_{max}$	635	10	-	-313	469	22	-698	341	0	237	-161	266	237	-32	325	0	132	-133	178	-34	135
	$M_{min}$	-191	0	-	-155	-349	0	-415	-435	5	219	-282	-439	244	-382	-360	1	447	-295	-593	408	-419
	$V_{max}$	-	-	-	-	-	-	-	-56	5	381	-286	-136	522	-754	-229	1	460	-269	-358	571	-568
	$V_{min}$	-	-	-	-	-	-	-	221	0	31	-74	-37	-98	338	301	0	43	-78	-43	-217	241
KRT	$M_{max,O}$	441	-	-	-262	312	-	-512	213	-	-	-147	150	-	-53	216	-	-	-122	66	-	47
	$M_{min,O}$	-100	-	-	-132	-224	-	-386	-307	-	-	-224	-312	-	-292	-244	-	-	-235	-435	-	-302
	$M_{max,T}$	179	-	-	-180	143	-	-159	74	-	-	-89	34	-	-18	127	-	-	-103	-35	-	-14
	$M_{min,T}$	-36	-	-	-119	-136	-	-339	-202	-	-	-160	-210	-	-210	-198	-	-	-202	-388	-	-305
	$M_{max,P}$	163	-	-	-183	123	-	-168	56	-	-	-93	16	-	-37	110	-	-	-104	-55	-	-34
	$M_{min,P}$	-21	-	-	-115	-113	-	-328	-184	-	-	-155	-191	-	-189	-121	-	-	-131	-388	-	-305

Momenttirasitusten kannalta määräävämmäksi muuttuvaksi kuormaksi muodostui murtorajatilassa ja ominaisyhdistelmässä lämpötilakuormien yhteisvaikutus.

Tavallisen yhdistelmän määräävämpi muuttuva kuorma on junakuorma.

Leikkausvoiman suhteen määräävämpi on laatassa liikennekuorma ja reunapalkissa lämpötilakuormien yhteisvaikutus.

**Taulukko 2. RSO:n mukaan lasketut ja yhdistellyt rasitukset rautateiden tyypikehäsillan kansilaatassa ja reunapalkissa sekä muutos-%. Alaindeksin kirjain viittaa käyttörajatilan yhdistelmään; L = lyhytaikainen, P = pitkäaikainen.**

BN	Kenttä							Kulma etäisyydeltä <i>d</i>						Kulma								
	Laatta				Reunapalkki			Laatta				Reunapalkki		Laatta				Reunapalkki				
	<i>M</i>	<i>M<sub>xy</sub></i>	<i>V</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>V</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>M<sub>xy</sub></i>	<i>V</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>V</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>M<sub>xy</sub></i>	<i>V</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>V</i>	<i>N</i>	
	kNm/m	kNm/m	kN/m	kN/m	kNm	kN	kN	kNm/m	kNm/m	kN/m	kN/m	kNm	kN	kN	kNm/m	kNm/m	kN/m	kN/m	kNm	kN	kN	
MRT	<i>M<sub>max</sub></i>	604	9	-	-381	380	-	-876	311	0	284	-228	177	400	-337	215	0	21	-72	9	223	-50
	<i>M<sub>min</sub></i>	-75	0	-	-248	-170	-	-414	-270	4	148	-204	-314	-7	-93	-404	1	513	-310	-356	90	-181
	<i>V<sub>max</sub></i>	-	-	-	-	-	-	-	-180	4	430	-347	120	477	-648	-404	1	498	-310	-60	474	-139
	<i>V<sub>min</sub></i>	-	-	-	-	-	-	-	166	0	-11	-91	-303	-30	-70	175	0	3	-80	-290	-154	-123
KRT	<i>M<sub>max,L</sub></i>	392	-	-	-286	241	-	-599	189	-	-	-173	84	-	-256	117	-	-	-84	-50	-	-77
	<i>M<sub>min,L</sub></i>	-3	-	-	-194	-86	-	-426	-167	-	-	-171	-213	-	-114	-268	-	-	-225	-264	-	-138
	<i>M<sub>max,P</sub></i>	327	-	-	-293	155	-	-751	97	-	-	-198	-7	-	-315	21	-	-	-117	-106	-	-124
	<i>M<sub>min,P</sub></i>	44	-	-	-148	0	-	-258	-95	-	-	-142	-119	-	-65	-188	-	-	-195	-210	-	-97
<b>Muutos prosentteina.</b>																						
MRT	$\Delta M_{max}$	5 %	15 %	-	-18 %	23 %	-	-20 %	10 %	0 %	-17 %	-29 %	50 %	-41 %	-91 %	51 %	0 %	517 %	85 %	1990 %	-115 %	-374 %
	$\Delta M_{min}$	154 %	∞	-	-37 %	106 %	-	0 %	61 %	24 %	48 %	38 %	40 %	-3538 %	311 %	-11 %	24 %	-13 %	-5 %	67 %	356 %	132 %
	$\Delta V_{max}$	-	-	-	-	-	-	-	-69 %	24 %	-12 %	-18 %	-213 %	10 %	16 %	-43 %	24 %	-8 %	-13 %	499 %	20 %	310 %
	$\Delta V_{min}$	-	-	-	-	-	-	-	33 %	-	-	-19 %	-88 %	225 %	-582 %	72 %	-100 %	1538 %	-3 %	-85 %	41 %	-295 %
KRT	$\Delta M_{max,L}$	13 %	-	-	-9 %	30 %	-	-15 %	13 %	-	-	-15 %	78 %	-	-79 %	84 %	-	-	45 %	-231 %	-	-161 %
	$\Delta M_{min,L}$	3117 %	-	-	-32 %	162 %	-	-10 %	84 %	-	-	31 %	46 %	-	155 %	-9 %	-	-	4 %	65 %	-	119 %
	$\Delta M_{max,P}$	-45 %	-	-	-39 %	-7 %	-	-79 %	-23 %	-	-	-55 %	-572 %	-	-94 %	504 %	-	-	-12 %	-67 %	-	-89 %
	$\Delta M_{min,P}$	-183 %	-	-	-20 %	∞	-	32 %	112 %	-	-	12 %	77 %	-	222 %	5 %	-	-	4 %	85 %	-	215 %

Normien väliset erot ovat taulukkoa 2 lukiessa paikoittain huomattavia, mikä johtuu pääsääntöisesti kyseisen rasituksen vähäpätöisyydestä. Normaalisti rakennesuunnittelussa mitoitettavissa kohdissa, jotka on korostettu taulukkoon, muutos on melko pääasiassa melko pieni. Ainoastaan reunapalkissa jalan ja kannen liitoksen taivutusmomentit lisääntyvät oleellisesti. Lisäyksen vaikutus johtunee lämpötilakuormien suuremmasta merkityksestä.