



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

Themabijeenkomst LCC/LCA en de renovatie van de IJsselbruggen

Programma van vanmiddag

- 14.00 Opening door de PVO-voorzitter – Christian Carlie
- 14.10 Presentatie LCC/LCA – Frank van Beek en Barry Doorn
- 15.10 Pauze
- 15.30 Presentatie IJsselbruggen – Paul Lange
- 16.00 Wrap-up – Christian Carlie
- 16.10 Netwerkmoment



**Platform
Voegovergangen
en Opleggingen**



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

Life Cycle Costing (LCC) en Life Cycle Analyse (LCA) voor voegconcepten

27 juni 2022, NDC Den Hommel

Inhoud presentatie

1. Life Cycle Costing (Barry Doorn, RWS)

- Inleiding LCC
- Uitgangspunten
- Scenario's en berekeningen

2. Life Cycle Costing (Frank van Beek, RWS)

- Inleiding LCA/MKI
- Resultaten verkennend onderzoek

1. Hoe nu verder met LCC en LCA/MKI?



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

Life Cycle Costing (LCC) voor voegconcepten

27 juni 2022, NDC Den Hommel

B.A. Doorn

Rijkswaterstaat GPO, afdeling bruggen&viaducten

Inleiding LCC

Besluitvorming o.b.v. alle kosten die tijdens de levensduur gemaakt worden:

- Aanleg/vervangingskosten voegstelsel bv. elke 10 of 40 jaar
- Vervangen van onderdelen bv. elke 10-15 jaar
- Basis onderhoud jaarlijkse onderhoudskosten
- Ongepland onderhoud incl. afzettingen

Inleiding LCC

Netto Contante Waarde

- Kosten in de toekomst wegen minder zwaar dan dezelfde kosten nu. Je kan immers rente op het geld krijgen.
- Eind 2020 heeft het Kabinet het nieuwe advies van de Werkgroep Discontovoet aan de tweede kamer aangeboden, die het vervolgens heeft vastgesteld.
- Het nieuwe advies is van kracht geworden op 1 januari 2021 (oude advies 2015)
- Bij Life Cycle Cost (LCC) analyses is afgesproken om vanaf 1 januari 2021 een discontovoet van 1,60% te hanteren.

Uitgangspunten LCC

- Verkeerscategorie 1 / 2-4
- Verhardingsdikte 80 / 120 mm
- Bestaande voegovergang eenmalig uitgangspunt voor $t=0$
Nieuwe voegovergang vervanging in toekomst door gelijk voegconcept
- Uitvoeringstijd weekendslot / overdag / WBU nachten
- Lengte van het kunstwerk alleen voor 5.1 (10 / 80m1)
- Dikte deklaag alleen voor 5.1 (30 / 70 mm)
- Hoeveelheden 2 x 15 meter voegovergang
- Equivalent voor 4.2 40 mm capaciteit in voorbeelden

Uitgangspunten LCC

Scenario's

Scenario	Verkeer	Verharding	Deklaag	Best. voegovergang	Vervanging
S1a	Cat. 1	Ca. 80 mm	30-35 mm	Nosing-Joint	Weekend
S1b	Cat. 1	Ca. 120 mm	70 mm	Nosing-Joint	Weekend
S1c	Cat. 1	Ca. 120 mm	70 mm	Nosing-Joint	Overdag
S2a	Cat. 2/3/4	Ca. 80 mm	30-35 mm	Nosing-Joint	Weekend
S2b	Cat. 2/3/4	Ca. 120 mm	70 mm	Nosing Joint	Weekend

Beïnvloedt de berekende levensduur.	Beïnvloedt m.n. de hoeveelheden van materialen in de berekening.	Beïnvloedt de vervangingswaarde $t=0$	Beïnvloedt tarieven, Levensduur en risico's.
-------------------------------------	--	---------------------------------------	--

Uitgangspunten LCC

- Werktijden

- Vervanging > weekenden
- Basis onderhoud > WBU nachten
- Vervangen onderdelen > weekenden
- Ongepland onderhoud > WBU nachten

- Verkeersafzettingen

- Vervanging > niet berekend (gecombineerd met asfalteren e.d.)
- Basis onderhoud > niet berekend (gecombineerd met asfalteren e.d.)
- Vervangen onderdelen > niet berekend (gecombineerd met asfalteren e.d.)
- Ongepland onderhoud > wél berekend, afzetting specifiek voor herstel voegen

Uitgangspunten LCC

- Prijsbepaling

- Eigen begrotingen met tarieven voor leverantie, uitvoering en onderhoud
- Inclusief engineering, voorbereiding, etc.
- Actuele prijsverschillen door de wereldeconomie zijn niet bekend

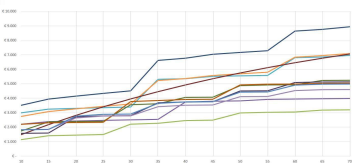
- Indexering

- Jaarlijks indien mogelijk
- Gedeelte van tarieven kan jaarlijks via RWS rekentarieven
- Graag in samenspraak > wat zijn de mogelijkheden?

Scenario's en berekeningen

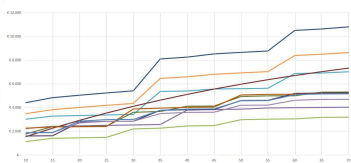
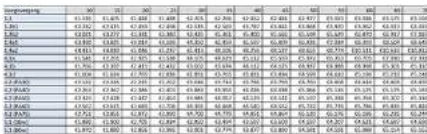
S1a

Verkeerscategorie 1
80 mm verharding
30 mm deklaag
2x15 meter voeg
Uitvoering weekend



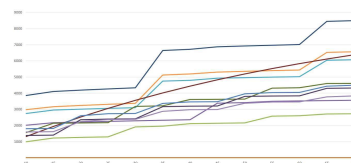
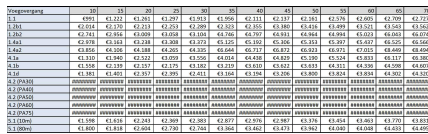
S1b

Verkeerscategorie 1
120 mm verharding
70 mm deklaag
2x15 meter voeg
Uitvoering weekend



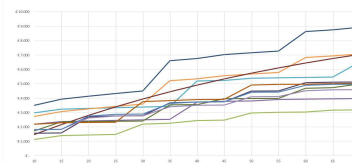
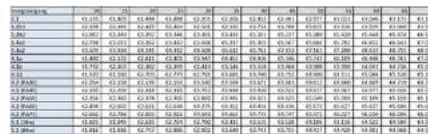
S1c

Verkeerscategorie 1
120 mm verharding
70 mm deklaag
2x15 meter voeg
Uitvoering overdag



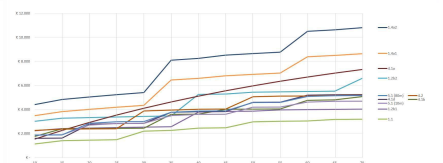
S2a

Verkeerscat. 2/3/4
80 mm verharding
30 mm deklaag
2x15 meter voeg
Uitvoering weekend



S2b

Verkeerscat. 2/3/4
80 mm verharding
30 mm deklaag
2x15 meter voeg
Uitvoering weekend

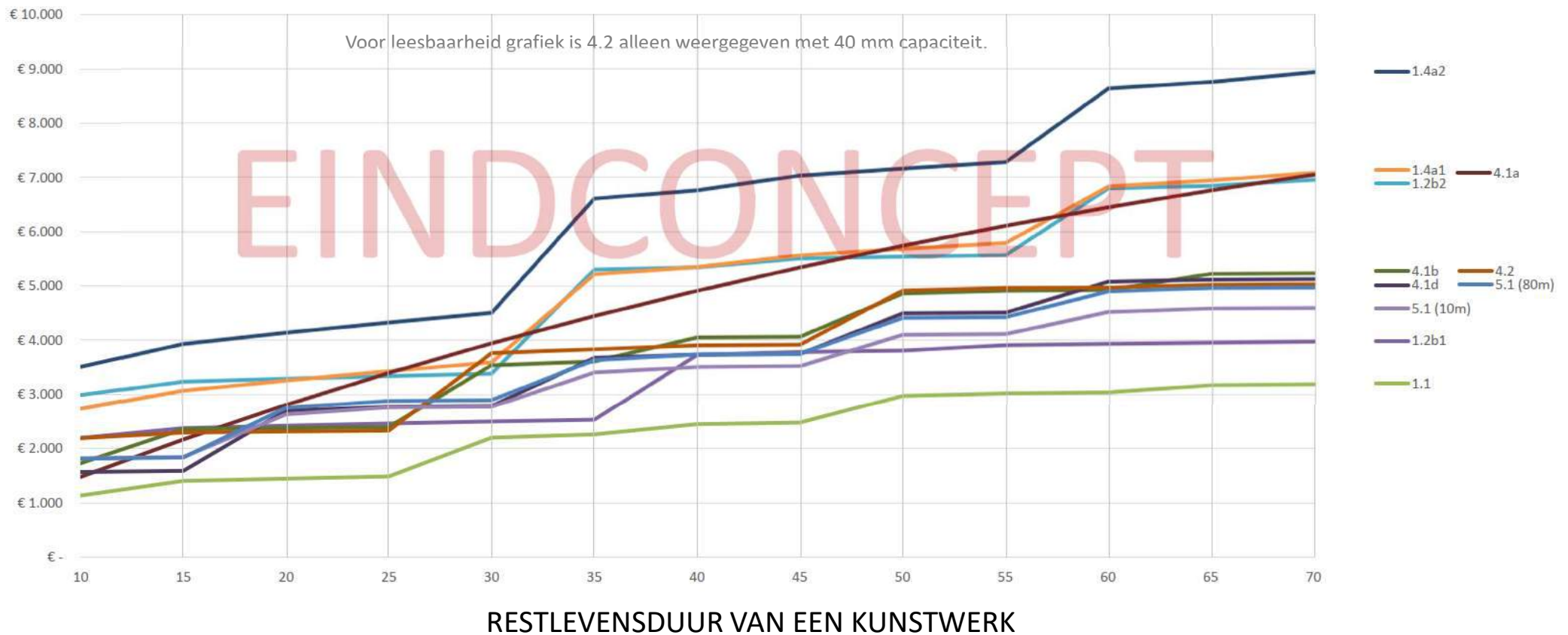


S1a Weekend-VC1-80 mm-2x15m

RESTLEVENSDUUR VAN EEN KUNSTWERK

Voegovergang	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
1.1 modificatie	€1.135	€1.405	€1.448	€1.488	€2.201	€2.266	€2.452	€2.481	€2.977	€3.023	€3.046	€3.175	€3.194
1.2b1	€2.198	€2.381	€2.425	€2.464	€2.501	€2.535	€3.734	€3.788	€3.815	€3.916	€3.939	€3.960	€3.980
1.2b2	€2.987	€3.243	€3.297	€3.346	€3.391	€5.305	€5.344	€5.509	€5.542	€5.572	€6.799	€6.846	€6.954
1.4a1	€2.738	€3.073	€3.262	€3.437	€3.598	€5.217	€5.355	€5.567	€5.684	€5.792	€6.832	€6.943	€7.084
1.4a2	€3.509	€3.934	€4.141	€4.332	€4.508	€6.612	€6.762	€7.033	€7.161	€7.280	€8.633	€8.755	€8.934
4.1a	€1.480	€2.172	€2.811	€3.401	€3.947	€4.451	€4.916	€5.346	€5.743	€6.109	€6.448	€6.761	€7.050
4.1b	€1.732	€2.363	€2.382	€2.399	€3.545	€3.617	€4.055	€4.068	€4.864	€4.914	€4.924	€5.228	€5.236
4.1d	€1.570	€1.590	€2.705	€2.775	€2.791	€3.683	€3.740	€3.752	€4.500	€4.511	€5.084	€5.120	€5.128
4.2 30 mm	€2.054	€2.158	€2.176	€2.193	€3.530	€3.599	€3.671	€3.683	€4.612	€4.660	€4.669	€4.719	€4.727
4.2 40 mm	€2.195	€2.299	€2.318	€2.335	€3.767	€3.838	€3.910	€3.922	€4.917	€4.967	€4.977	€5.026	€5.035
4.2 50 mm	€2.256	€2.360	€2.378	€2.395	€3.869	€3.941	€4.013	€4.025	€5.049	€5.099	€5.109	€5.159	€5.167
4.2 60 mm	€2.498	€2.602	€2.621	€2.638	€4.275	€4.352	€4.424	€4.436	€5.573	€5.627	€5.637	€5.686	€5.694
4.2 75 mm	€2.682	€2.786	€2.805	€2.822	€4.583	€4.663	€4.735	€4.747	€5.971	€6.027	€6.036	€6.086	€6.094
5.1 10 m1	€1.825	€1.845	€2.635	€2.764	€2.780	€3.412	€3.515	€3.528	€4.106	€4.116	€4.522	€4.589	€4.597
5.1 80 m1	€1.816	€1.836	€2.757	€2.886	€2.902	€3.640	€3.743	€3.755	€4.417	€4.428	€4.901	€4.968	€4.976

S1a Weekend-VC1-80 mm-2x15m

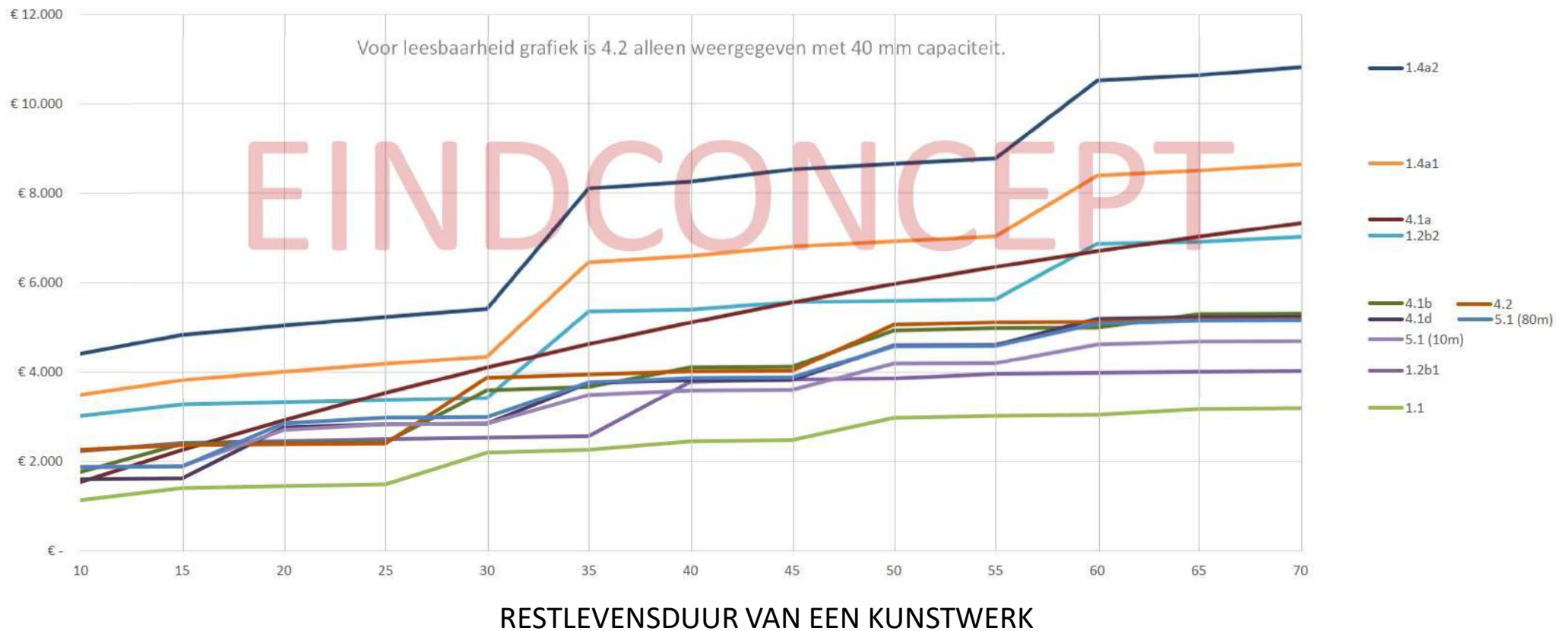


S1b Weekend-VC1-120 mm-2x15m

RESTLEVENSDUUR VAN EEN KUNSTWERK

Voegovergang	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
1.1 modificatie	€1.135	€1.405	€1.448	€1.488	€2.201	€2.266	€2.452	€2.481	€2.977	€3.023	€3.046	€3.175	€3.194
1.2b1	€2.232	€2.415	€2.459	€2.498	€2.535	€2.569	€3.787	€3.841	€3.868	€3.970	€3.992	€4.013	€4.033
1.2b2	€3.021	€3.277	€3.331	€3.380	€3.425	€5.361	€5.400	€5.565	€5.598	€5.629	€6.870	€6.917	€7.025
1.4a1	€3.490	€3.825	€4.014	€4.189	€4.350	€6.459	€6.597	€6.809	€6.926	€7.034	€8.393	€8.504	€8.645
1.4a2	€4.413	€4.839	€5.046	€5.237	€5.413	€8.106	€8.256	€8.527	€8.655	€8.774	€10.511	€10.633	€10.812
4.1a	€1.541	€2.261	€2.925	€3.538	€4.105	€4.629	€5.112	€5.559	€5.972	€6.353	€6.705	€7.030	€7.331
4.1b	€1.766	€2.397	€2.415	€2.432	€3.602	€3.674	€4.112	€4.125	€4.937	€4.988	€4.998	€5.301	€5.310
4.1d	€1.604	€1.624	€2.765	€2.836	€2.851	€3.765	€3.821	€3.834	€4.599	€4.610	€5.196	€5.233	€5.241
4.2 30 mm	€2.122	€2.226	€2.245	€2.262	€3.646	€3.714	€3.786	€3.799	€4.760	€4.808	€4.818	€4.868	€4.876
4.2 40 mm	€2.263	€2.367	€2.386	€2.403	€3.883	€3.954	€4.026	€4.038	€5.066	€5.116	€5.125	€5.175	€5.183
4.2 50 mm	€2.324	€2.428	€2.447	€2.464	€3.985	€4.057	€4.129	€4.141	€5.197	€5.248	€5.258	€5.307	€5.316
4.2 60 mm	€2.567	€2.671	€2.689	€2.706	€4.391	€4.468	€4.540	€4.552	€5.722	€5.776	€5.786	€5.835	€5.844
4.2 75 mm	€2.751	€2.855	€2.873	€2.890	€4.700	€4.779	€4.851	€4.864	€6.120	€6.176	€6.186	€6.235	€6.244
5.1 10 m1	€1.880	€1.900	€2.705	€2.834	€2.850	€3.494	€3.597	€3.609	€4.197	€4.207	€4.621	€4.687	€4.696
5.1 80 m1	€1.870	€1.889	€2.856	€2.985	€3.001	€3.774	€3.877	€3.890	€4.581	€4.591	€5.088	€5.154	€5.163

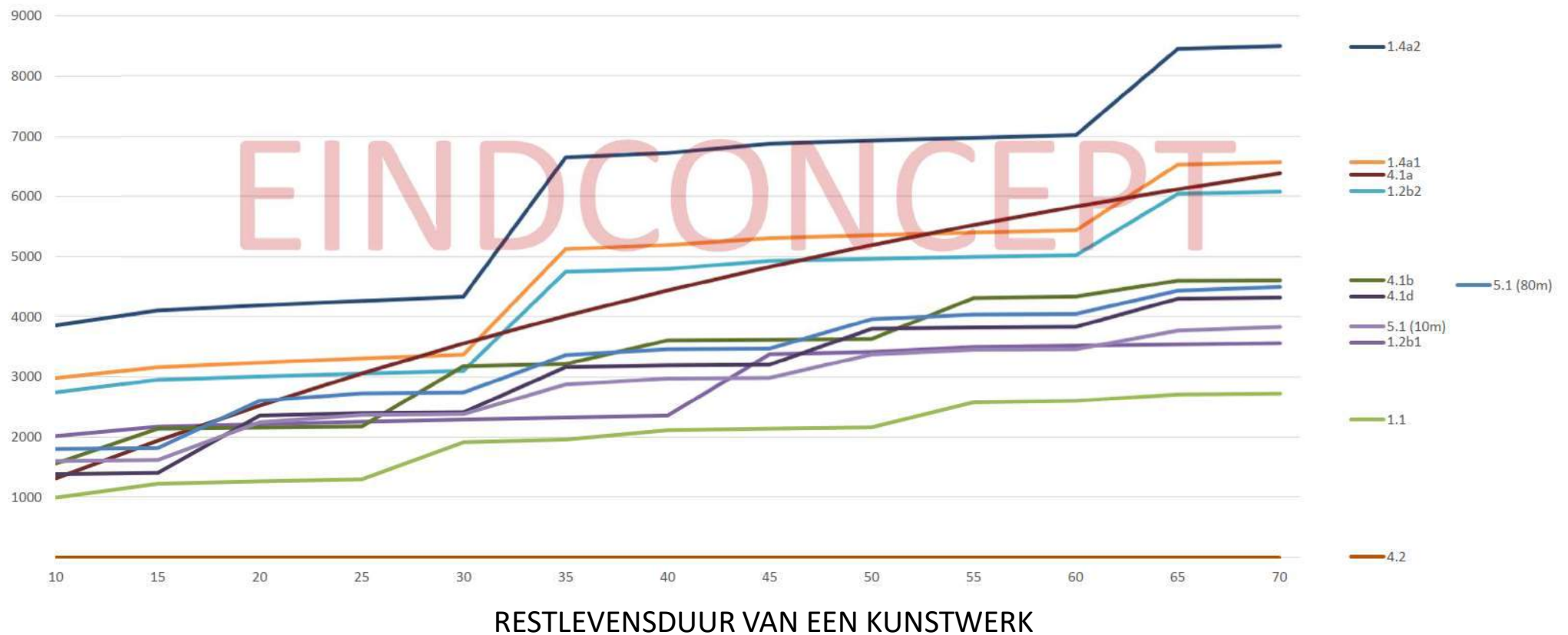
S1b Weekend-VC1-120 mm-2x15m



S1c Overdag-VC1-120 mm-2x15m

RESTLEVENSDUUR VAN EEN KUNSTWERK

Voegovergang	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
1.1 modificatie	€991	€1.222	€1.261	€1.297	€1.913	€1.956	€2.111	€2.137	€2.161	€2.576	€2.605	€2.709	€2.727
1.2b1	€2.014	€2.170	€2.213	€2.253	€2.289	€2.323	€2.355	€3.380	€3.416	€3.499	€3.521	€3.543	€3.562
1.2b2	€2.741	€2.956	€3.009	€3.058	€3.104	€4.746	€4.797	€4.931	€4.964	€4.994	€5.023	€6.043	€6.074
1.4a1	€2.978	€3.163	€3.238	€3.308	€3.373	€5.125	€5.192	€5.306	€5.353	€5.397	€5.437	€6.525	€6.566
1.4a2	€3.856	€4.106	€4.188	€4.265	€4.335	€6.644	€6.717	€6.872	€6.923	€6.971	€7.015	€8.449	€8.494
4.1a	€1.310	€1.940	€2.522	€3.059	€3.556	€4.014	€4.438	€4.829	€5.190	€5.524	€5.833	€6.117	€6.380
4.1b	€1.558	€2.139	€2.157	€2.175	€3.182	€3.219	€3.610	€3.622	€3.633	€4.311	€4.336	€4.598	€4.607
4.1d	€1.381	€1.401	€2.357	€2.395	€2.411	€3.164	€3.194	€3.206	€3.800	€3.824	€3.834	€4.302	€4.320
4.2 30 mm	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
4.2 40 mm	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
4.2 50 mm	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
4.2 60 mm	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
4.2 75 mm	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
5.1 10 m1	€1.598	€1.616	€2.243	€2.369	€2.383	€2.877	€2.976	€2.987	€3.376	€3.454	€3.463	€3.770	€3.831
5.1 80 m1	€1.800	€1.818	€2.604	€2.730	€2.744	€3.364	€3.462	€3.473	€3.962	€4.040	€4.048	€4.433	€4.495

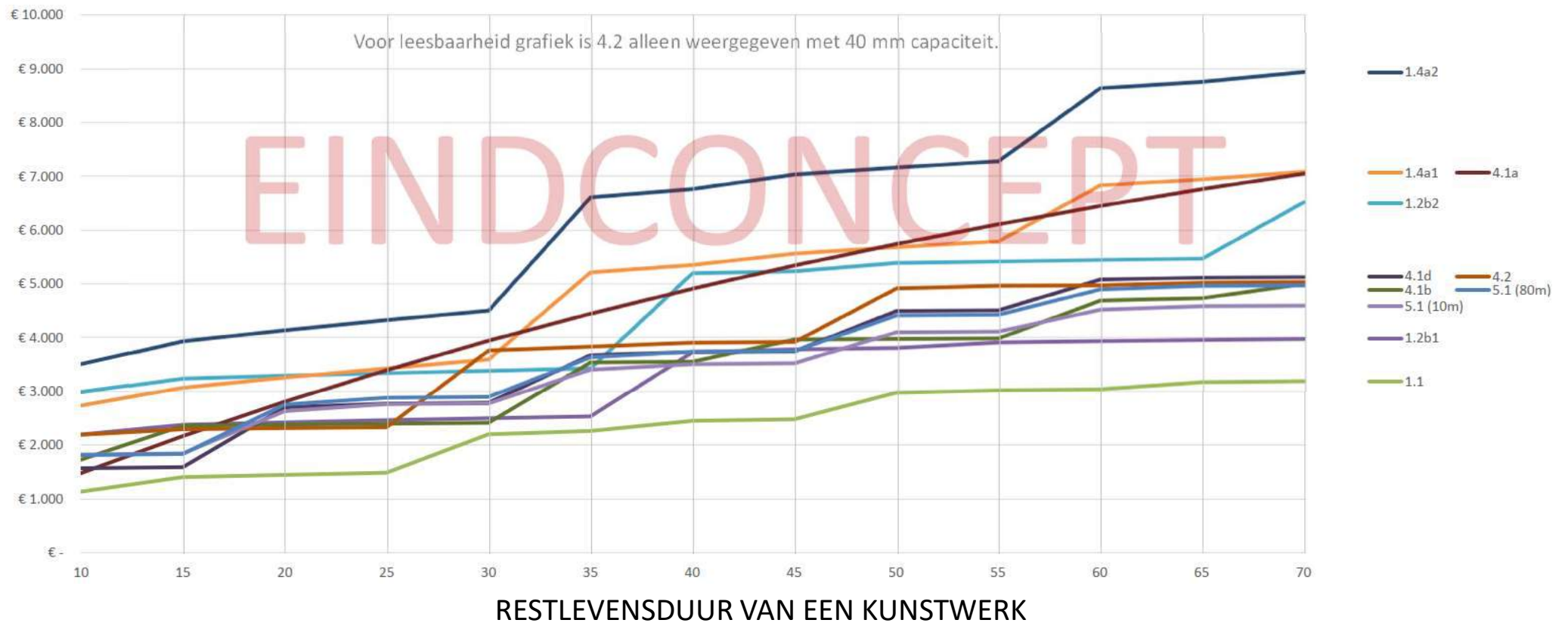


S2a Weekend-VC2-80⁺³⁰ mm-2x15m1

RESTLEVENSDUUR VAN EEN KUNSTWERK

Voegovergang	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
1.1 modificatie	€1.135	€1.405	€1.448	€1.488	€2.201	€2.266	€2.452	€2.481	€2.977	€3.023	€3.046	€3.175	€3.194
1.2b1	€2.198	€2.381	€2.425	€2.464	€2.501	€2.535	€3.734	€3.788	€3.815	€3.916	€3.939	€3.960	€3.980
1.2b2	€2.987	€3.243	€3.297	€3.346	€3.391	€3.433	€5.201	€5.237	€5.389	€5.420	€5.448	€5.474	€6.521
1.4a1	€2.738	€3.073	€3.262	€3.437	€3.598	€5.217	€5.355	€5.567	€5.684	€5.792	€6.832	€6.943	€7.084
1.4a2	€3.509	€3.934	€4.141	€4.332	€4.508	€6.612	€6.762	€7.033	€7.161	€7.280	€8.633	€8.755	€8.934
4.1a	€1.480	€2.172	€2.811	€3.401	€3.947	€4.451	€4.916	€5.346	€5.743	€6.109	€6.448	€6.761	€7.050
4.1b	€1.732	€2.363	€2.382	€2.399	€2.414	€3.544	€3.558	€3.968	€3.980	€3.990	€4.691	€4.736	€5.003
4.1d	€1.570	€1.590	€2.705	€2.775	€2.791	€3.683	€3.740	€3.752	€4.500	€4.511	€5.084	€5.120	€5.128
4.2 30 mm	€2.054	€2.158	€2.176	€2.193	€3.530	€3.599	€3.671	€3.683	€4.612	€4.660	€4.669	€4.719	€4.727
4.2 40 mm	€2.195	€2.299	€2.318	€2.335	€3.767	€3.838	€3.910	€3.922	€4.917	€4.967	€4.977	€5.026	€5.035
4.2 50 mm	€2.256	€2.360	€2.378	€2.395	€3.869	€3.941	€4.013	€4.025	€5.049	€5.099	€5.109	€5.159	€5.167
4.2 60 mm	€2.498	€2.602	€2.621	€2.638	€4.275	€4.352	€4.424	€4.436	€5.573	€5.627	€5.637	€5.686	€5.694
4.2 75 mm	€2.682	€2.786	€2.805	€2.822	€4.583	€4.663	€4.735	€4.747	€5.971	€6.027	€6.036	€6.086	€6.094
5.1 10 m1	€1.825	€1.845	€2.635	€2.764	€2.780	€3.412	€3.515	€3.528	€4.106	€4.116	€4.522	€4.589	€4.597
5.1 80 m1	€1.816	€1.836	€2.757	€2.886	€2.902	€3.640	€3.743	€3.755	€4.417	€4.428	€4.901	€4.968	€4.976

S2a Weekend-VC2-80⁺³⁰ mm-2x15m1

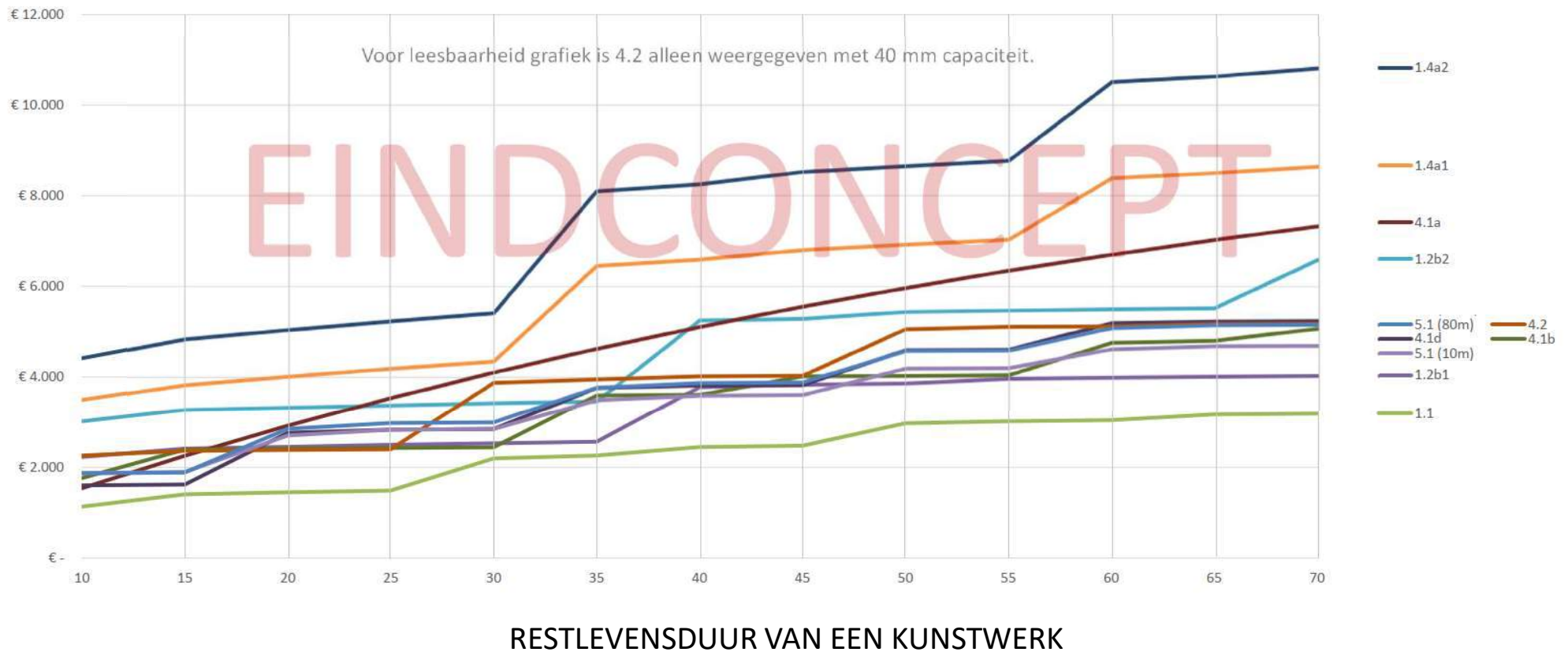


S2b Weekend-VC2-120 mm-2x15m

RESTLEVENSDUUR VAN EEN KUNSTWERK

Voegovergang	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
1.1 modificatie	€1.135	€1.405	€1.448	€1.488	€2.201	€2.266	€2.452	€2.481	€2.977	€3.023	€3.046	€3.175	€3.194
1.2b1	€2.232	€2.415	€2.459	€2.498	€2.535	€2.569	€3.787	€3.841	€3.868	€3.970	€3.992	€4.013	€4.033
1.2b2	€3.021	€3.277	€3.331	€3.380	€3.425	€3.467	€5.256	€5.291	€5.444	€5.474	€5.503	€5.529	€6.588
1.4a1	€3.490	€3.825	€4.014	€4.189	€4.350	€6.459	€6.597	€6.809	€6.926	€7.034	€8.393	€8.504	€8.645
1.4a2	€4.413	€4.839	€5.046	€5.237	€5.413	€8.106	€8.256	€8.527	€8.655	€8.774	€10.511	€10.633	€10.812
4.1a	€1.541	€2.261	€2.925	€3.538	€4.105	€4.629	€5.112	€5.559	€5.972	€6.353	€6.705	€7.030	€7.331
4.1b	€1.766	€2.397	€2.415	€2.432	€2.448	€3.600	€3.613	€4.024	€4.036	€4.046	€4.761	€4.806	€5.074
4.1d	€1.604	€1.624	€2.765	€2.836	€2.851	€3.765	€3.821	€3.834	€4.599	€4.610	€5.196	€5.233	€5.241
4.2 30 mm	€2.122	€2.226	€2.245	€2.262	€3.646	€3.714	€3.786	€3.799	€4.760	€4.808	€4.818	€4.868	€4.876
4.2 40 mm	€2.263	€2.367	€2.386	€2.403	€3.883	€3.954	€4.026	€4.038	€5.066	€5.116	€5.125	€5.175	€5.183
4.2 50 mm	€2.324	€2.428	€2.447	€2.464	€3.985	€4.057	€4.129	€4.141	€5.197	€5.248	€5.258	€5.307	€5.316
4.2 60 mm	€2.567	€2.671	€2.689	€2.706	€4.391	€4.468	€4.540	€4.552	€5.722	€5.776	€5.786	€5.835	€5.844
4.2 75 mm	€2.751	€2.855	€2.873	€2.890	€4.700	€4.779	€4.851	€4.864	€6.120	€6.176	€6.186	€6.235	€6.244
5.1 10 m1	€1.880	€1.900	€2.705	€2.834	€2.850	€3.494	€3.597	€3.609	€4.197	€4.207	€4.621	€4.687	€4.696
5.1 80 m1	€1.870	€1.889	€2.856	€2.985	€3.001	€3.774	€3.877	€3.890	€4.581	€4.591	€5.088	€5.154	€5.163

S2b Weekend-VC2-120 mm-2x15m





Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

Lifecycle Analyses (LCA) en milieukostenindicator (MKI) van voegovergangen

27 juni 2022

F.M. van Beek

Rijkswaterstaat GPO, afdeling bruggen&viaducten

1. Inleiding LCA / MKI

- Aanleiding: ontbrekende kennis m.b.t. duurzaamheid over voegovergangen
- Doel:
 - verkenning om inzicht te krijgen in MKI van meest voorkomende voegovergangconcepten (bij bestaande kunstwerken)
 - Aanzet om duurzaamheid samen met LCC als onderdeel van integrale afweging mee te nemen
- Uitgevoerd door TNO in opdracht van RWS
- Opname in Nationale milieudatabase in 2022
- Verificatie en uitbreiding nog noodzakelijk.

1. Inleiding LCA / MKI

Wat is een levenscyclusanalyse (LCA)?

- Berekenen milieu-impact van een project, levering of contract.
- Vier levensfasen:
 - A. Productie- en bouwfase
 - B. Gebruiksphase
 - C. Sloop- en verwerkingsfase
 - D. Mogelijkheden voor hergebruik, terugwinning en recycling
- Op basis van NEN-EN 15804

<https://milieudatabase.nl/milieuprestatie/bepalingsmethode/>



(Bron: PIANOo)

1. Inleiding LCA / MKI

Wat is een levenscyclusanalyse (LCA)?

- Per levensfase (A t/m D) wordt de gebruikte energie, grondstoffen en vrijgekomen afval en emissies berekent.
- Resultaat is een LCA-milieuprofiel
- Lastig om te vergelijken met andere milieuprofielen



(Bron: PIANOo)

1. Inleiding LCA / MKI

Wat is de milieukostenindicator (MKI)?

- Samenvoeging alle milieueffecten, afkomstig uit LCA-berekening
- D.m.v. weegfactoren (financiële waarde) vastgesteld voor elk milieueffect
- MKI = Verwachte maatschappelijke kosten om milieueffect te mitigeren.
- Lagere MKI-waarde = lagere milieu-impact
- Mogelijkheid tot kwantitatieve vergelijking



Grootheid	Eenheid	Methode	Instrument	Boekhouding
Lengte	meter	Metten	Liniaal	Kladblok
MKI	Euro	LCA	LCA-software	DuboCalc/MKM PVO

1. Inleiding LCA / MKI

Milieukostenindicator (MKI); wat kun je er mee?



Optie 1

**Meewegen bij
variantenstudie**

(Planfase)

Optie 2

**Sturen op lage
MKI**

(Aanbesteding en
realisatiefase)

2. LCA/MKI voegovergangen

- Rapportage nu beschikbaar
<https://milieudatabase.nl/wp-content/uploads/2022/04/2022-04-12-DEEL-6-LCA-rapporten-Cat3-data-GWW-1.zip>
(te vinden onder hoofdstuk 99 Voegovergangen)
- Categorie 3 data
 - generiek (gemiddelde types, gangbaar materieel)
 - 1 set standaard uitgangspunten
 - niet getoetst met de praktijk (aannames)



2. LCA/MKI voegovergangen

Onderzochte voegovergangconcepten:

- Concept 1.2b1 (verankerde stalen voeg zonder geluidsreducerende sinusplaten)
- Concept 1.2b2 (verankerde stalen voeg met geluidsreducerende sinusplaten)
- Concept 1.4a2 (onverankerde stalen voeg met geluidsreducerende sinusplaten)
- Concept 4.1b (verbeterde verankerde bitumineuze voeg met rekspreidende veren)
- Concept 4.1d (verbeterde bitumineuze voeg met gietasfalt randbalken)
- Concept 4.2 (verankerde flexibele voeg uit kunststof)
- Concept 5.1 (verborgen voegovergang; bijv. type Brainjoint).

2. LCA/MKI voegovergangen

Algemene uitgangspunten:

- Dikte verharding totaal: 120 mm
- Rijbaanbreedte: 12,5 m;
- Kunstwerklengte: 40 m (concept 5.1)
- Aantal voegen: 2 (Totale lengte voeg 30 m); Kruisingshoek: 90 graden
- Verkeerscategorie: 1

Concept	Vervanging constructie	Var onderhoud
1.2b1	40	Na 15 en 30 jaar
1.2b2	30	Na 15 jaar
1.4a2	25	Na 15 jaar
4.1b	25	Na 10 (rechterrijstrook) /12,5 jaar (bijbaanbreed)
4.1d	12,5	Na 10 jaar (rechterrijstrook)
4.2	25	Na 15 jaar
5.1	12,5	Na 10 jaar (rechterrijstrook)

2. LCA/MKI voegovergangen

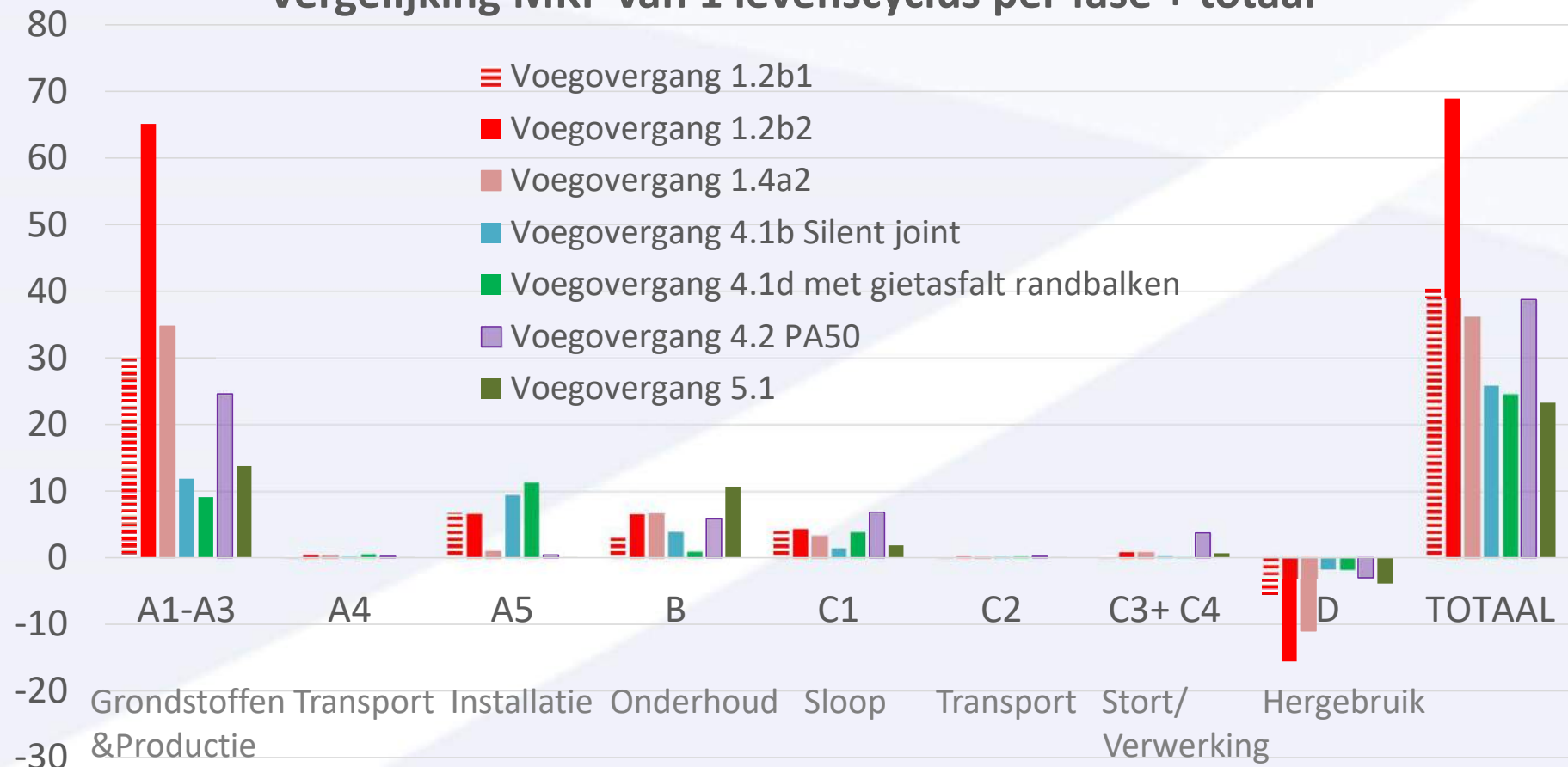
Algemene uitgangspunten verwerking materialen bij einde levensduur:

Materiaal	Laten zitten	Stort	AVI	Recycling	Hergebrui k
Beton	0%	1%	0%	99%	0%
Beton, verontreinigd met bitumen		1%		99%	
Bitumen gemengd met steenachtig materiaal.	0%	0%	0%	100%	0%
Elastomeren (o.a. EPDM)	0%	10%	85%	5%	0%
Hout, bekisting	0%	0%	10%	10%	80%
Kunststoffen, overig	0%	0%	90%	10%	0%
Slakken, bitumen verontreinigd				100%	
Staal/verzinkt staal	0%	5%	0%	95%	0%
Ankers	100%				
Steenslag, bitumen verontreinigd				100%	

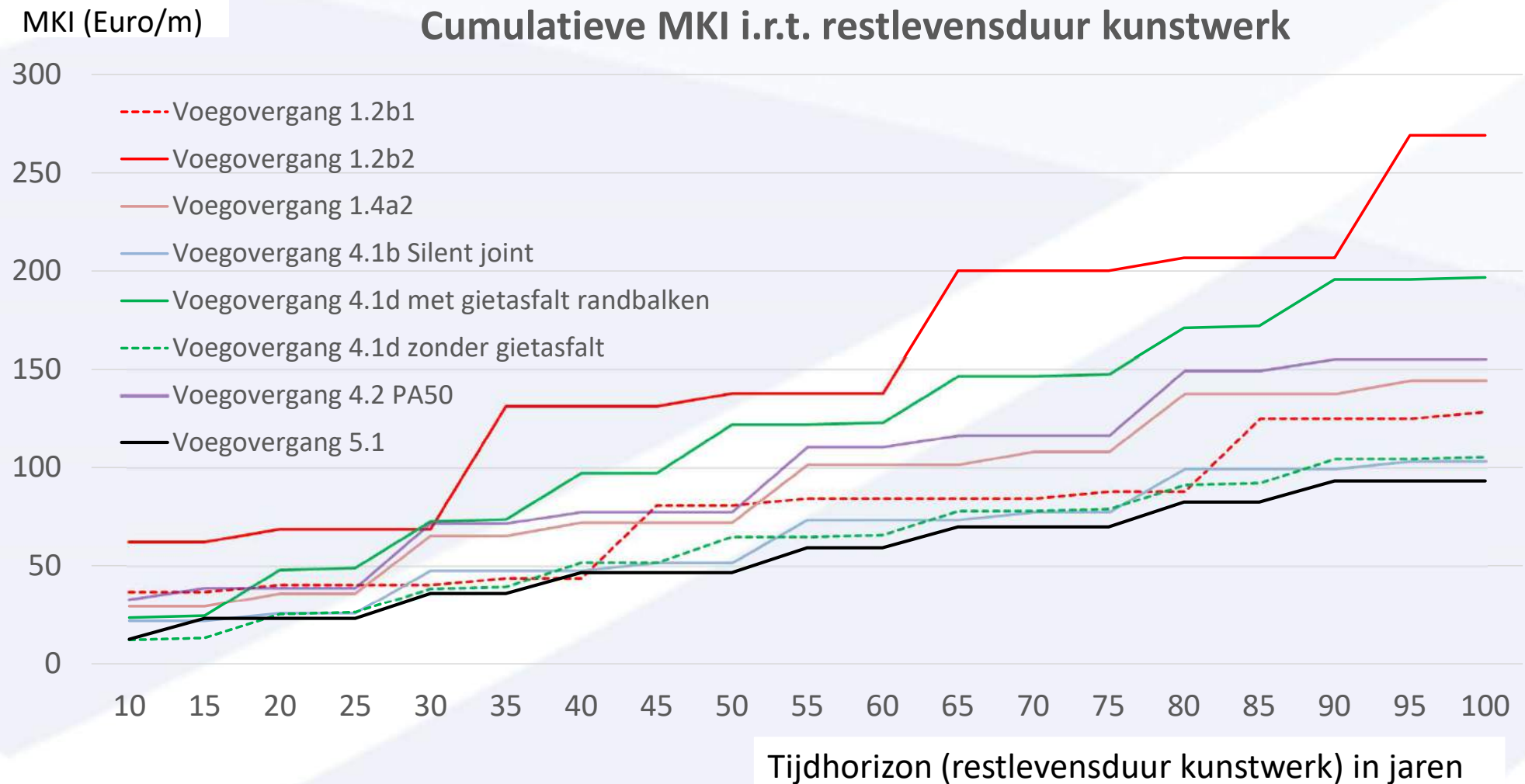
2. LCA/MKI voegovergangen

MKI (Euro/m)

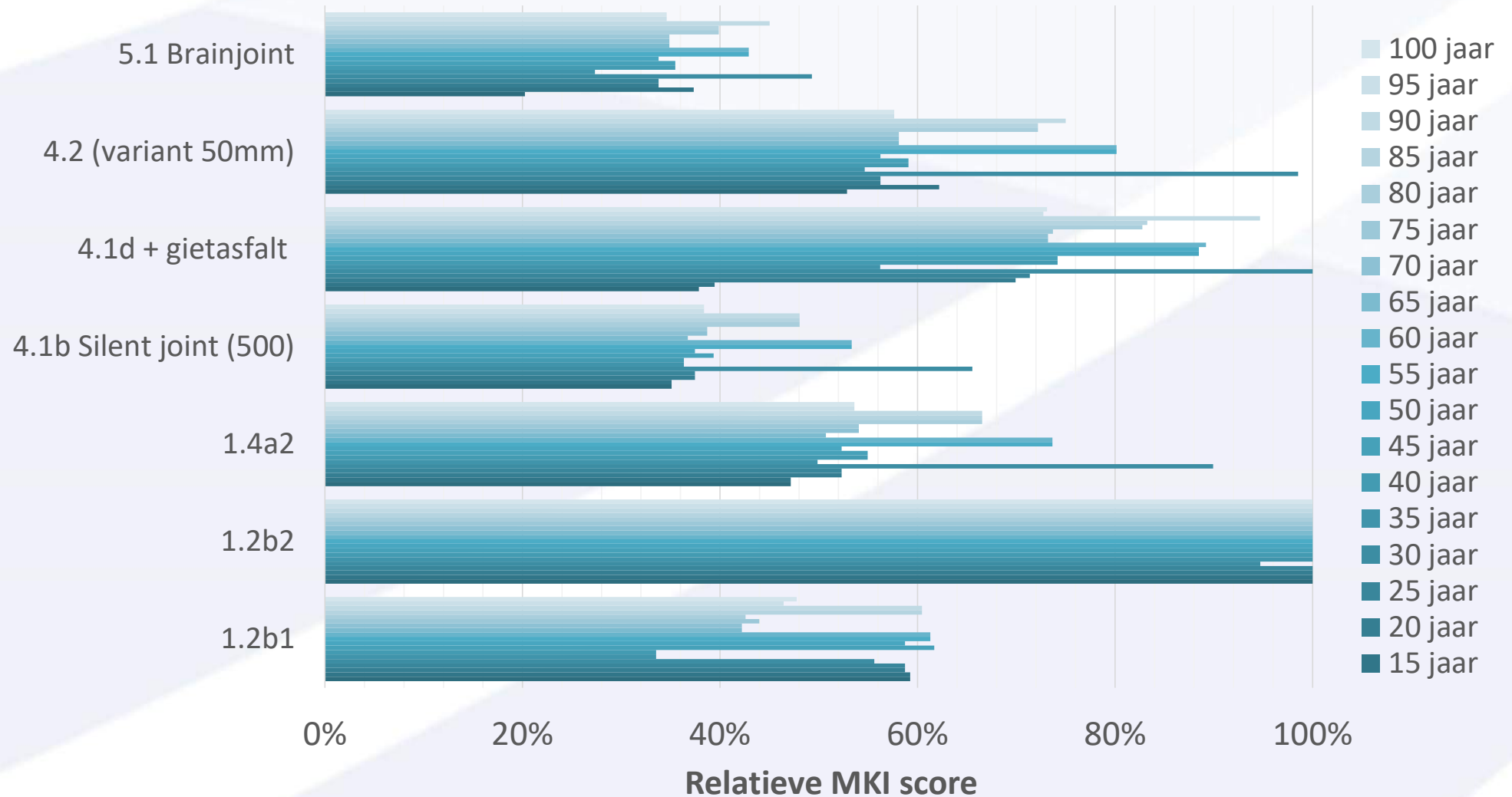
Vergelijking MKI van 1 levenscyclus per fase + totaal



2. LCA/MKI voegovergangen



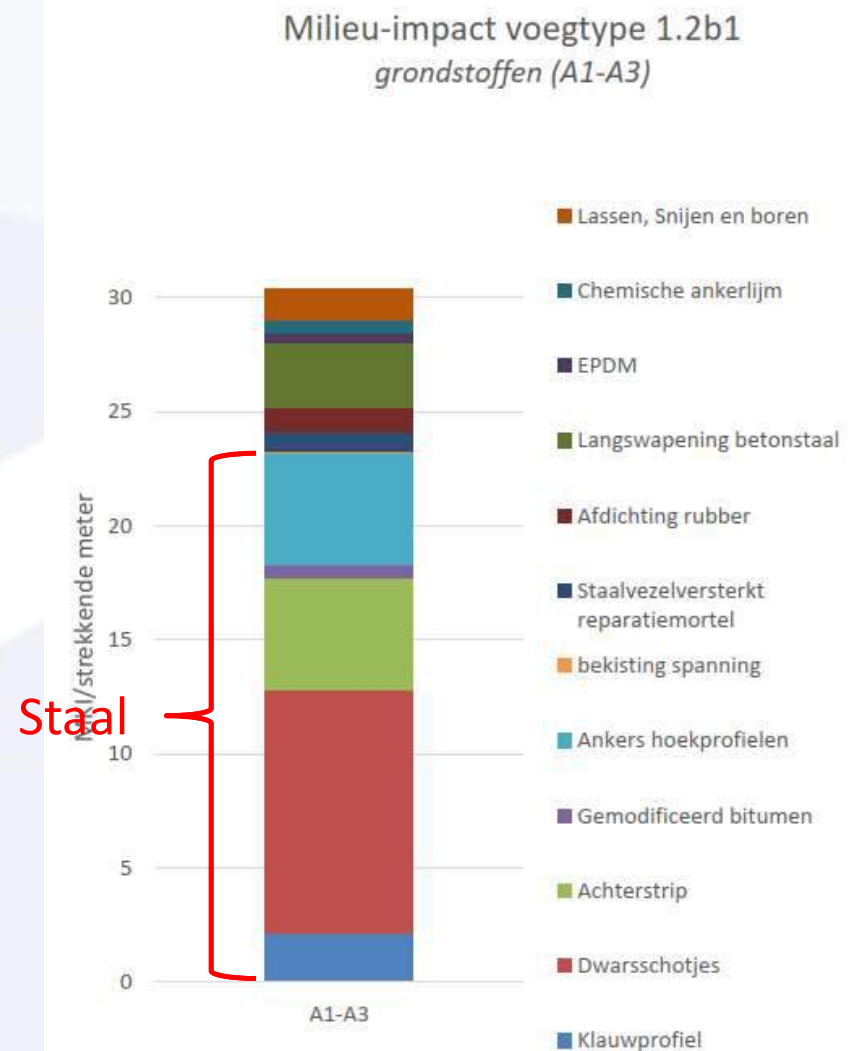
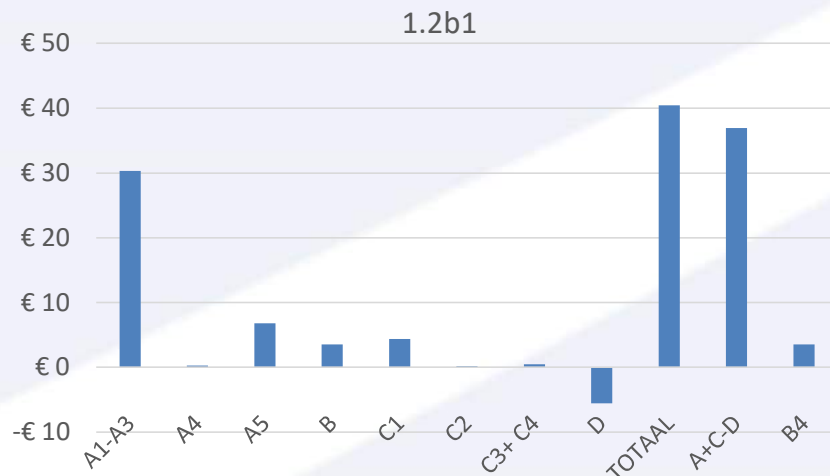
2. LCA/MKI voegovergangen



2. LCA/MKI voegovergangen

1.2b1 Renovatiemodel

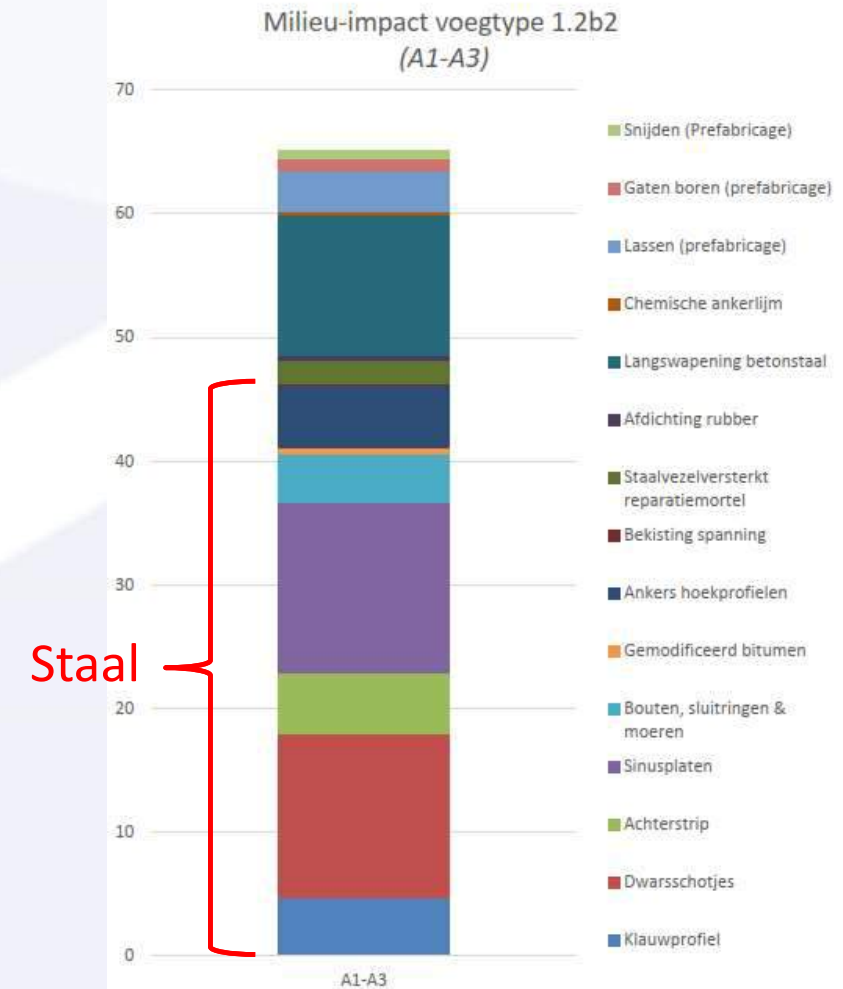
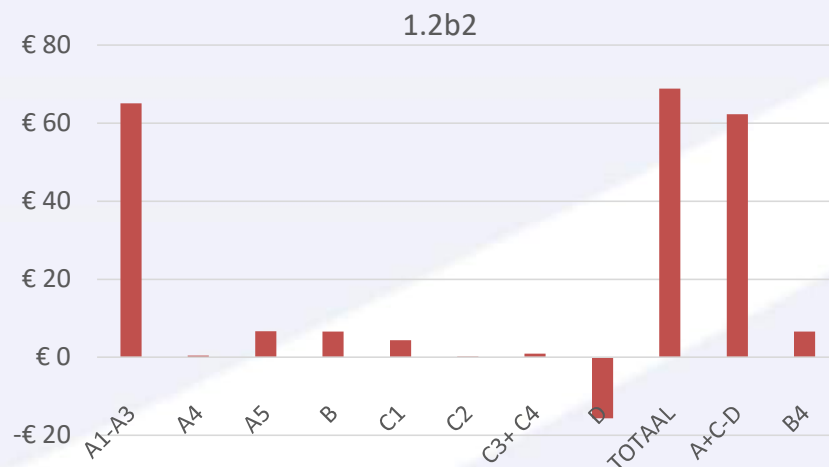
- Relatieve score: Laag : – middel (34 -62%)
 - Laag bij optimale uitnutting levensduur 40 jaar (restlevensduur KW 40 of 80 jaar)
- Totale MKI per cyclus: **40 Euro/m**
- Fase A1-A3 is dominant
 - Staalconstructie heeft grootste aandeel in MKI
- Nadeel: voldoet vaak niet aan geluidseisen
- Kans: nader onderzoek kruisingshoek i.r.t geluid



2. LCA/MKI voegovergangen

1.2b2 Renovatiemodel geluidarm

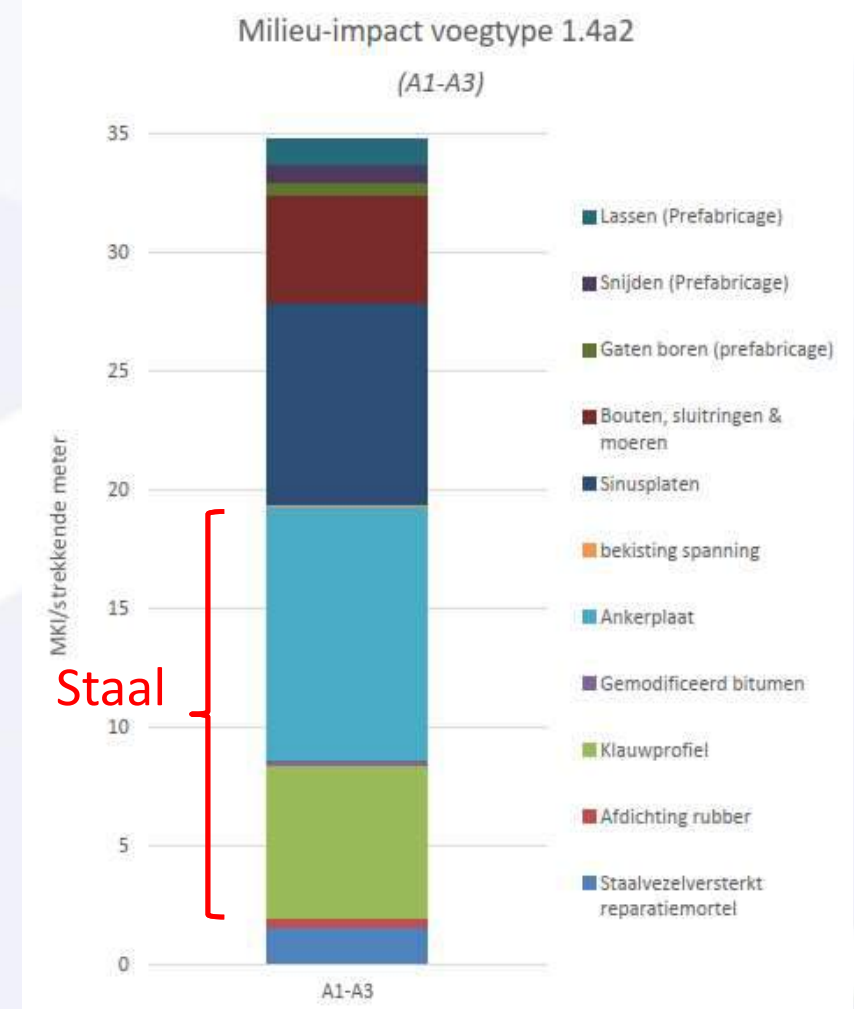
- Relatieve score: Altijd Hoog (95 -100%) ongeacht levensduur
- Totale MKI per cyclus: **69 Euro/m**
- Fase A1-A3 is dominant
- Staalconstructie heeft grootste aandeel in MKI
- Variantenonderzoek mogelijk zinvol ivm grote verschillen in hoeveelheid staal



2. LCA/MKI voegovergangen

1.4a2 Onverankerd renovatiemodel geluidarm

- Relatieve score: Middel
 - Optimaal bij uitnutting levensduur 25 jaar (Totale MKI per cyclus: **36 Euro/m**)
- Fase A1-A3 is dominant
- Staalconstructie heeft grootste aandeel in MKI maar lager dan 1.2b2
- Invloed polymeerbeton vs aangehouden staalvezelbeton nog onderzoeken

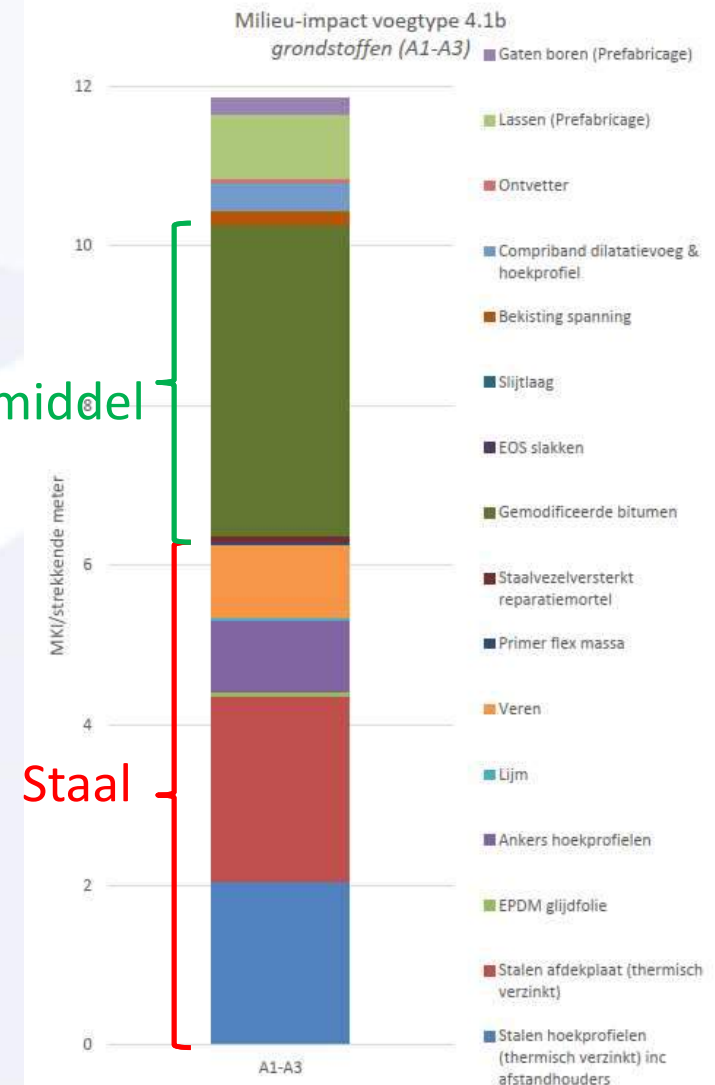
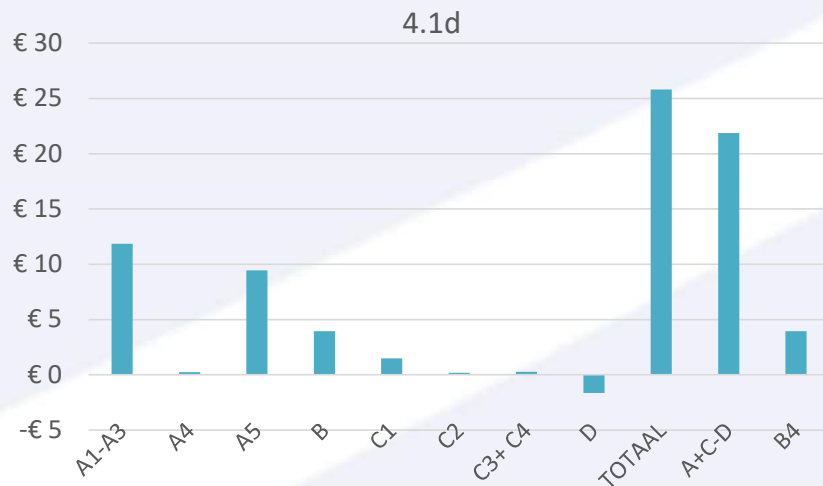


2. LCA/MKI voegovergangen

4.1b Silent joint 500

- Relatieve score: Meestal laag (35-40%)
 - Optimaal bij uitnutting levensduur 25 jaar
- Totale MKI per cyclus: **26 Euro/m** zonder bijdrage EOS*
- Fase **A1-A3** en **A5** zijn dominant
- Fase A1-A3 Grootste aandelen in MKI :
 - Stalen onderdelen 50% x 12 = 6 euro/m
 - Gemodificeerde bitumen 33% x 12 = 4 euro/m
- Fase A5: verwarmen EOS/bindmiddel 85% x 9,5 = 8 Euro/m

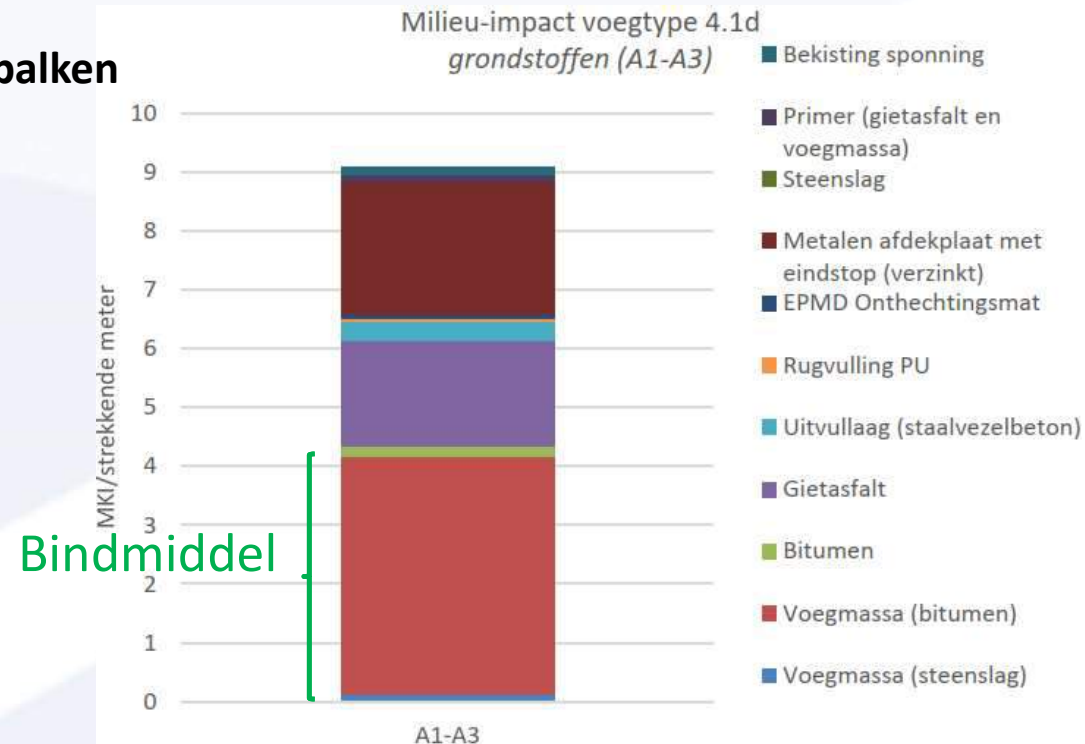
* MKI bijdrage EOS n.n.t.b., kan mogelijk significant zijn!



2. LCA/MKI voegovergangen

4.1d Bitumineuze voegovergang met gietasfalt randbalken

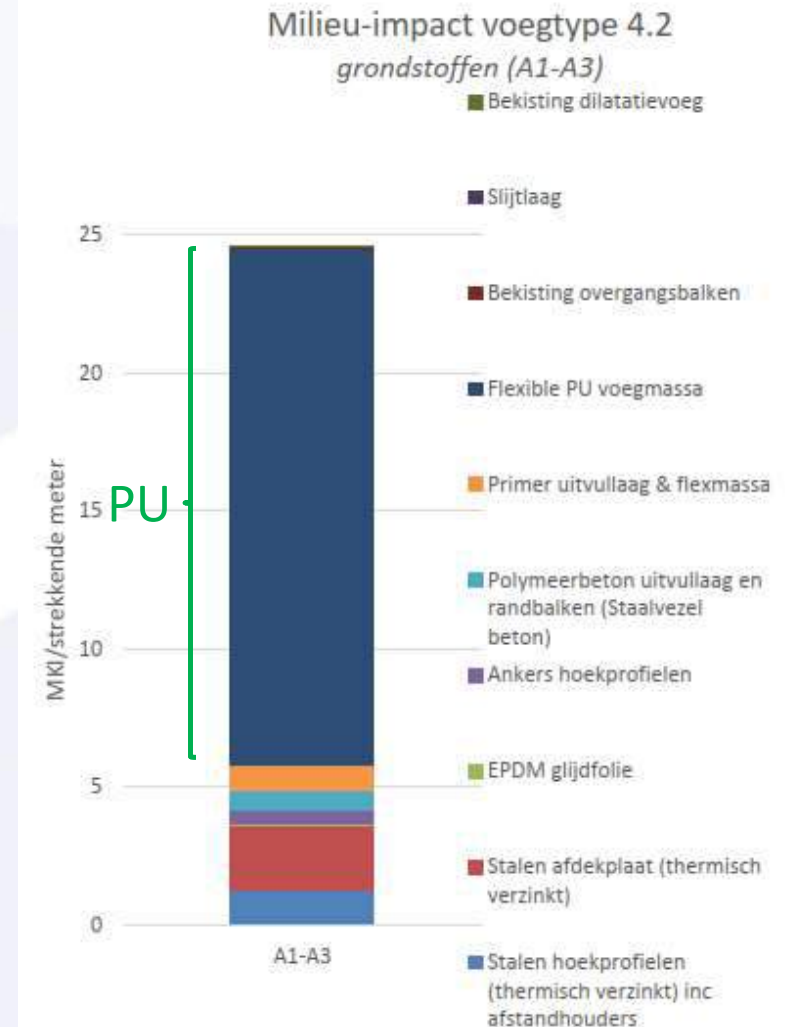
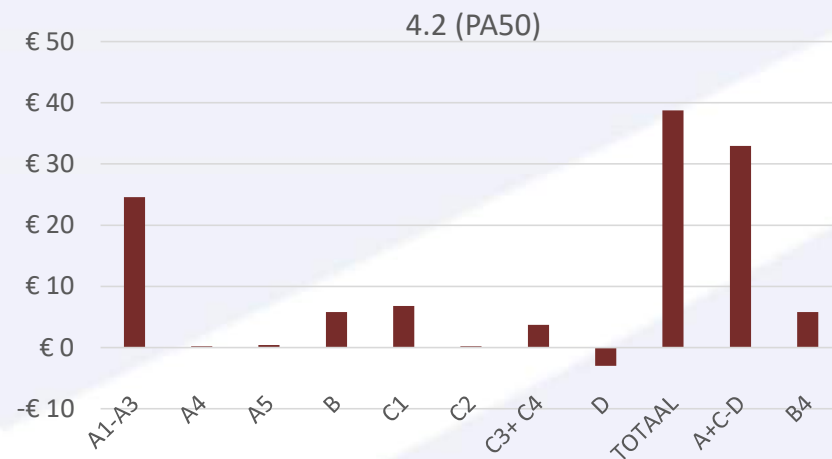
- Relatieve score: Laag tot Hoog (35-100%)
 - Laag alleen bij korte restlevensduur (15 jaar)
- Totale MKI per cyclus: **25 Euro/m**
- Fase **A5** is dominant: 40% = 11 euro/m (vnl vvor verwarmen gietasfalt en voegmassa)
- Fase **A1-A3** : 30% = 9 euro/m
 - Gemodificeerde bitumen 45% x 9 = 4 euro/m
- Vervolgactie: variant zonder gietasfalt



2. LCA/MKI voegovergangen

4.2 Kunststof flexibele voegovergang (PA50 subtype)

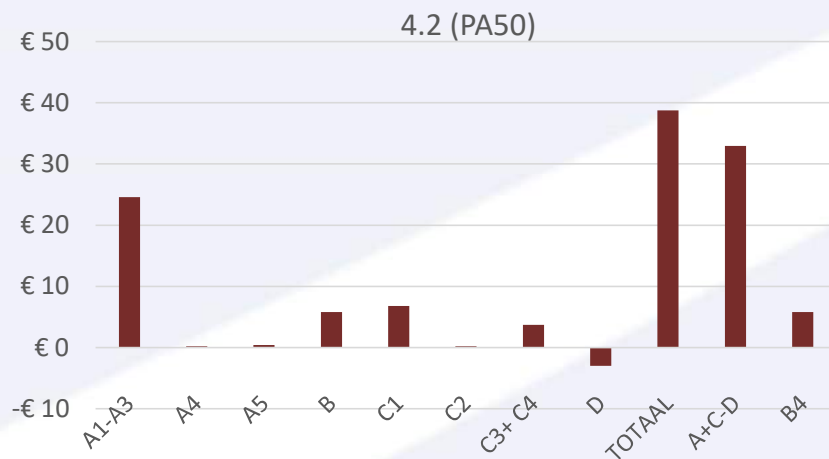
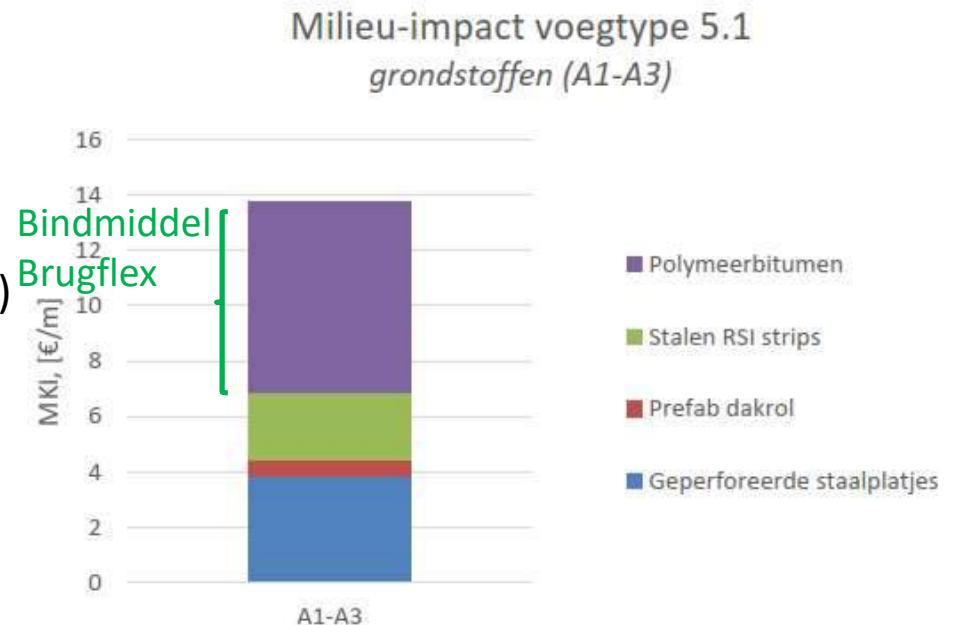
- Relatieve score: Middel (circa 53-58% bij uitnutting levensduur 25 jaar)
- Totale MKI per cyclus: 39 **Euro/m**
- Fase **A1-A3** : 63% = 25 euro/m
 - PU kunststof = 19 euro/m (46% van totaal)
- Kansen: hergebruik kunststof: aftrek fase D
-> Relatieve score van Middel naar Laag!
- Vervolgactie: Subtypes nader uit te zoeken



2. LCA/MKI voegovergangen

5.1 Brainjoint (dek lengte 40m)

- Relatieve score: Laag (circa 20-43%)
- Totale MKI per cyclus: 24 **Euro/m**
- Fase **A1-A3** : 60% = 14 euro/m
 - Bitumineus bindmiddel 7 euro/m (30% van totaal)
- Vervolg:
Verschillende dek lengtes nader uit te zoeken





Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

Hoe verder met LCC en MKI van voegovergangen?

3. Hoe verder met LCA/MKI voegovergangen?

Meewegen bij variantenstudie (Trade-off analyse)

PVO meerkeuzematrix

1. Technische analyse

- Uitgangspunten
- Voegbewegingen
- Raakvlakken / inpassing

2. Rangschikking op basis van LCC & MKI :

Relatieve LCC (tov laagste waarde) x Relatieve MKI (tov hoogste waarde)

3. Selectie voorkeurstype voegovergang

3. Hoe verder met LCA/MKI voegovergangen?

Rekenvoorbeeld

Referentieperiode		40 jaar					
MKM	voegovergang	LCC	Verschil	LCC relatief	MKI	MKI relatief	LCC rel x
		Euro/m	Euro/m	toov referentie	Euro/m	toov max MK	MKI rel
v	5.1 Brainjoint (40m)	3737,21	0,00	100%	46,54	35%	✓ 35%
v	1.2b1	3773,82	36,62	101%	44,01	34%	✓ 34%
v	4.1d + gietasfalt	3800,75	63,54	102%	97,36	74%	✗ 75%
v	4.1b Silent joint (500)	4098,05	360,84	110%	47,69	36%	✓ 40%
v	4.2 (variant 50mm)	4099,77	362,56	110%	77,52	59%	! 65%
v	1.2b2	5385,95	1648,75	144%	131,23	100%	✗ 144%
v	1.4a2	8256,27	4519,06	221%	72,11	55%	✗ 121%
Ref:	5.1 Brainjoint (40m)	3737			46,54	35%	35%
						Laagste	34%
						Marge	10%
						Grenswaard	44%
						Gemiddelde	74%

3. Hoe verder met LCA/MKI voegovergangen?

Vervolgacties

1. Validatie basis MKI huidige categorie 3 data door PVO werkgroep
 - Verifiëren energiegebruik materieel
 - Verifiëren bijzondere materialen (EOS 4.1b, polymeerbeton 1.4)
Indien nodig bijstellen categorie 3 data
2. Gevoeligheidsanalyses uitvoeren op (bijgestelde) basis MKI voegconcepten:
 - 1.2b1 / 1.2b2 (verschillen in diverse modelvarianten) **categorie 1**
 - 4.1b (verschillende subtypes + Aandeel EOS) **categorie 3**
 - 4.1d (met/zonder gietasfalt) **categorie 3**
 - 4.2 (verschillende subtypes) **categorie 3**
 - 5.1 (verschillende KW lengtes) **categorie 3**

3. Hoe verder met LCA/MKI voegovergangen?

Vervolgacties

3. Basis MKI andere voegconcepten uitvoeren
 - Modificatie rijroosters 1.1 - [categorie 3](#)
 - 1.2a1/1.2a2 (incl toepassing modificaties) - [categorie 3](#)
 - 1.4a1 - [categorie 3](#)
 - 2.x & 7.x (vingervoegen vs lamellenvoegen, diverse subtypes) - [categorie 3](#)
4. Berekening MKI over referentieperioden
 - bestaande kunstwerken -> diverse restlevensduren
 - Nieuwbouwkunstwerken (100 jaar)
 - Combinaties 1.2a1/a2 met andere concepten over 100 jaar
5. Opname in PVO MKM-tool

3. Hoe verder met LCA/MKI voegovergangen?

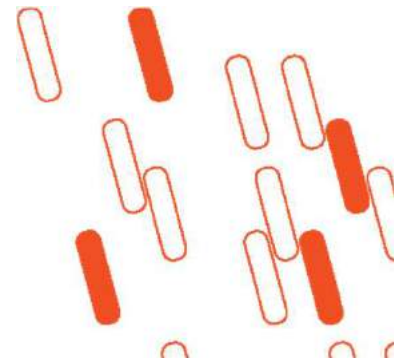
Vervolgacties

3. Basis MKI andere voegconcepten uitvoeren
 - Modificatie rijroosters 1.1 - [categorie 3](#)
 - 1.2a1/1.2a2 (incl toepassing modificaties) - [categorie 3](#)
 - 1.4a1 - [categorie 3](#)
 - 2.x & 7.x (vingervoegen vs lamellenvoegen, diverse subtypes) - [categorie 3](#)
4. Berekening MKI over referentieperioden
 - bestaande kunstwerken -> diverse restlevensduren
 - Nieuwbouwkunstwerken (100 jaar)
 - Combinaties 1.2a1/a2 met andere concepten over 100 jaar
5. Opname in PVO MKM-tool



**Platform
Voegovergangen
en Opleggingen**

Presentatie Oude IJsselbruggen



INTRODUCTIE



1. Introductie

2. Engineering

3. Opleggingen

4. Voegen

5. Vragen?

Paul Lange → Technobeton



TECHNOBETON.NL WAARDE IN DETAIL



ENGINEERING



1. Introductie

2. Engineering

3. Opleggingen

4. Voegen

5. Vragen?

RESTON®SPHERICAL Bolsegment opleggingen



TENSA®MODULAR LR-LS lamellenvoegen [7.2a2]



Arno Leegwater

mageba engineering connections® – since 1963

TECHNOBETON.NL **WAARDE IN DETAIL**

ENGINEERING



1. Introductie

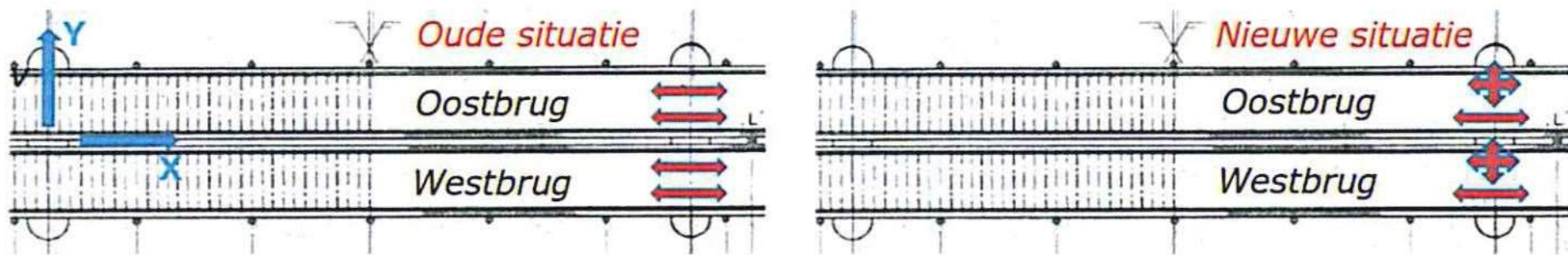
2. Engineering

3. Opleggingen

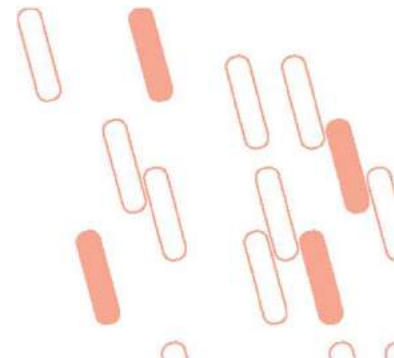
4. Voegen

5. Vragen?

Oplegsysteem



- Schema oude situatie met dubbele roloplegging
- Ontwerp nieuw schema o.b.v. bolsegmentopleggingen



ENGINEERING



1. Introductie

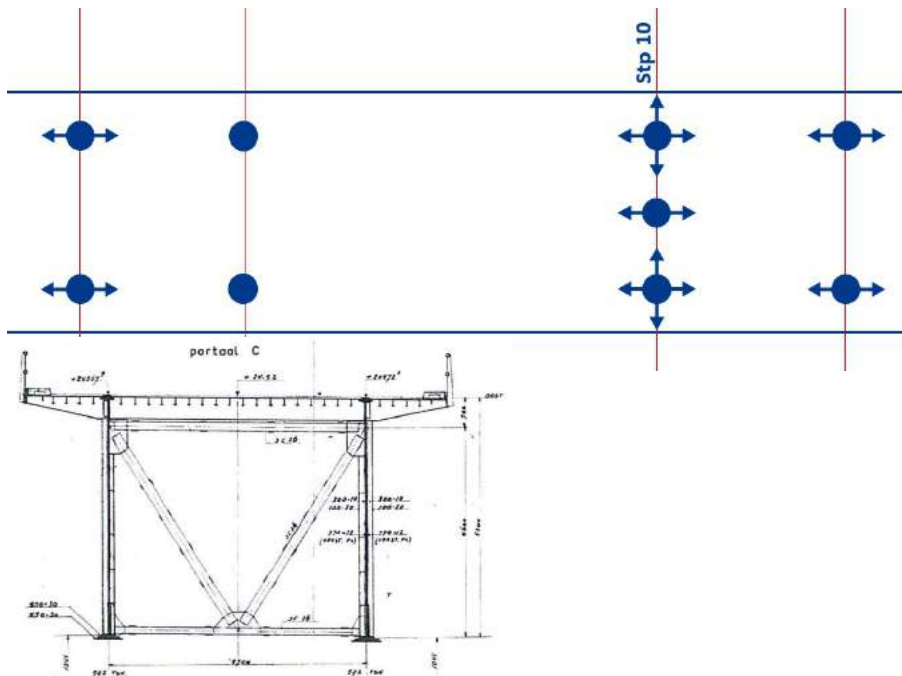
2. Engineering

3. Opleggingen

4. Voegen

5. Vragen?

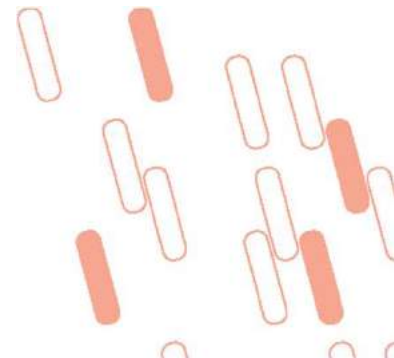
Oplegsysteem



2 alzijdig vrije bolsegment opleggingen

1 centrale dwarsfixatie

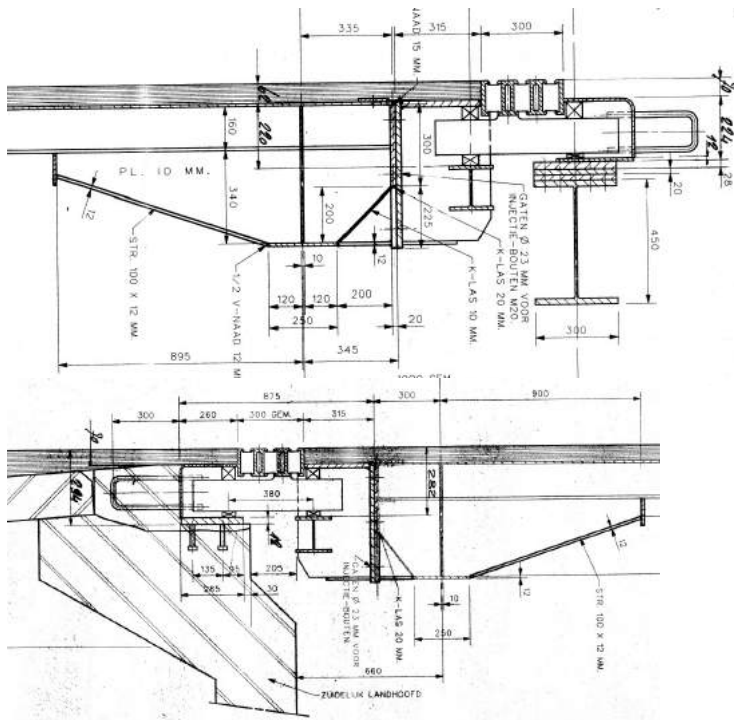
- Gelijkmatige krachtsverdeling van/naar beide liggers.
- Rotaties om verticale as mogelijk
- Oplossing sluit aan op oorspronkelijke ontwerp filosofie van het kunstwerk.



Technobeton

5. Vragen?

- Landhoofd Zuid:
D180 “trägerrost” lammelenvoeg
3x60mm = 180mm capaciteit
niet geluidsarm

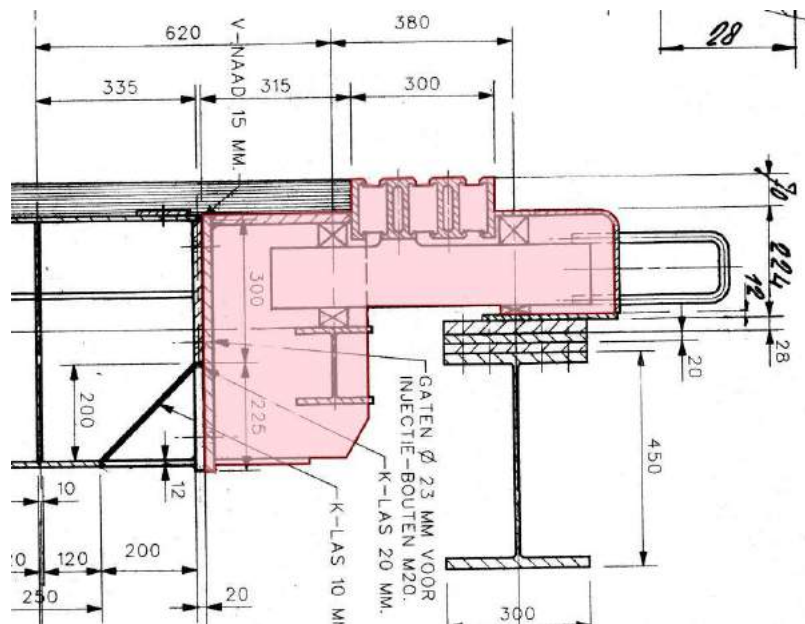


ENGINEERING

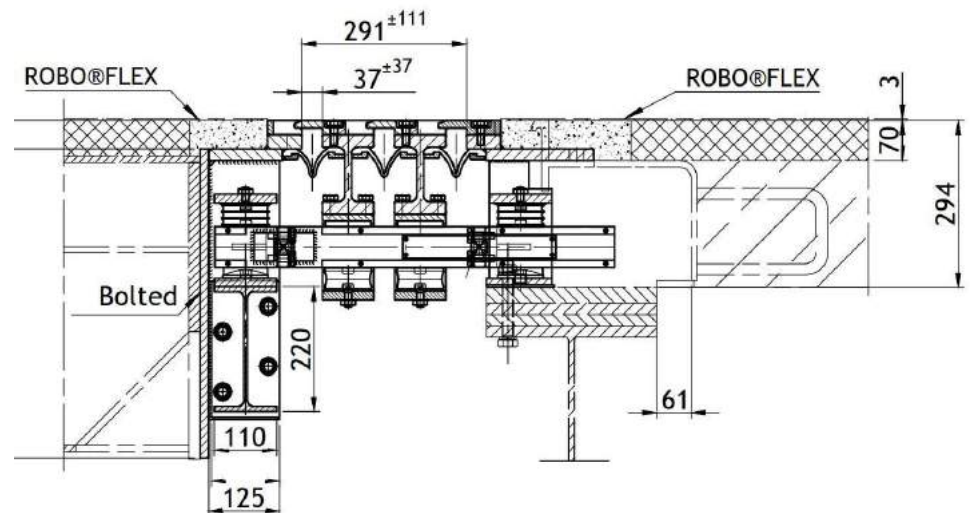


1. Introductie 2. Engineering 3. Opleggingen 4. Voegen 5. Vragen?

Voegovergangsconstructies



“Trägerrost” D180



STP7 TENSAR®MODULAR LR3-LS
LH Zuid TENSAR®MODULAR LR4-LS

ENGINEERING



1. Introductie

2. Engineering

3. Opleggingen

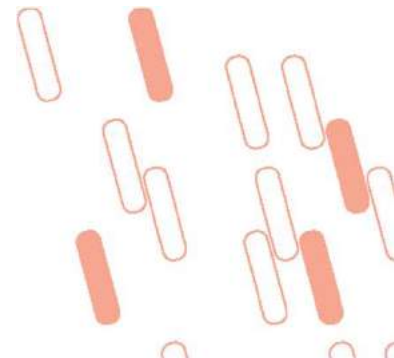
4. Voegen

5. Vragen?

Voegovergangsconstructies



- Overcapaciteit t.b.v. inpassing (300/400mm vs 180mm)
- Minimaliseren sloopwerk en aanpassingen aan bestaande constructie
- Boutverbinding met stalen hoofddraagconstructie
- Modificatie componenten t.b.v. toepassing sinusplaten bij beperkte inbouwhoogte



OPLEGGINGEN

heijmans

Technobeton

1. Introductie

2. Engineering

3. Opleggingsen

4. Voegen

5. Vragen?

Arnoud Middel - Projectleider Heijmans Infra Civiele Specialismen

Vervanging dubbele rolopleggingsen en aanbrengen separate dwarsfixatie



OPLEGGINGEN

heijmans

Technobeton

1. Introductie

2. Engineering

3. Opleggingsen

4. Voegen

5. Vragen?

Steunpunt 10 van de A12 IJsselbruggen.



OPLEGGINGEN

heijmans

1. Introductie

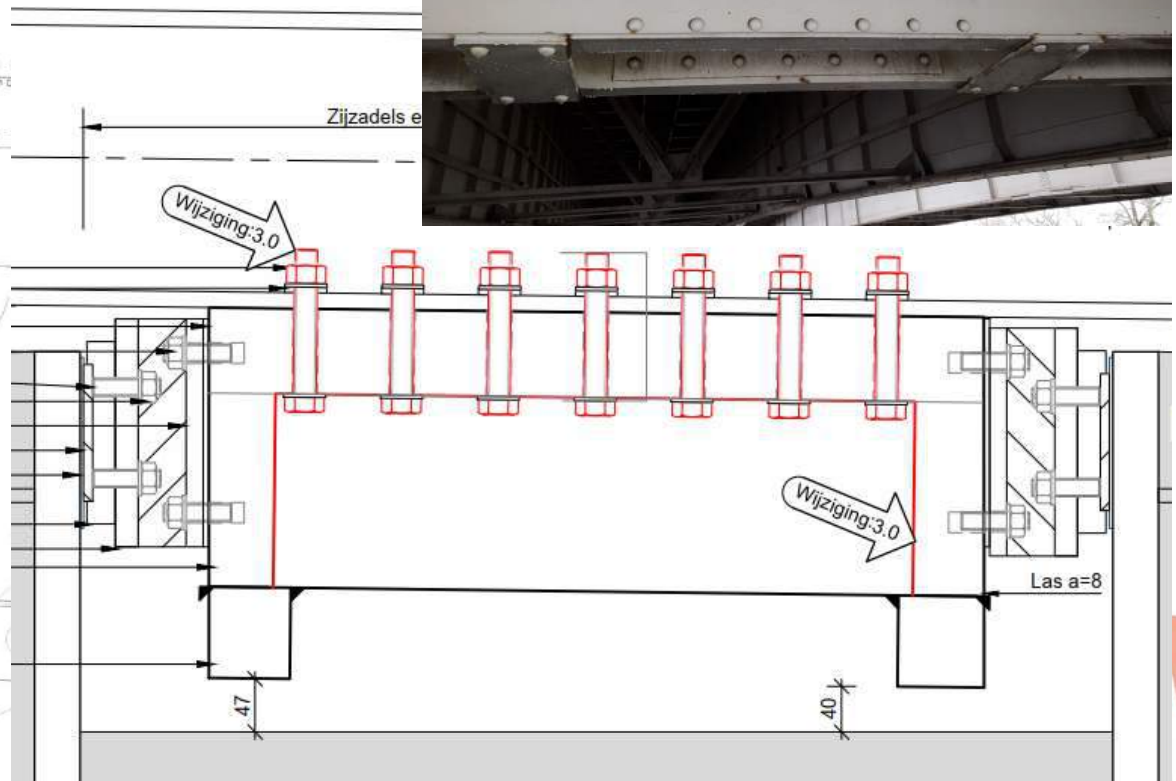
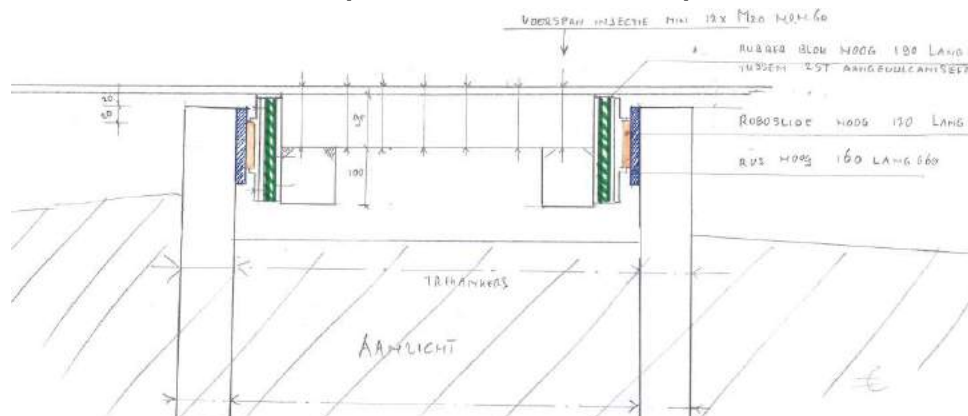
2. Engineering

3. Opleggingsen

4. Voegen

5. Vragen?

Ontwerp dwarsfixatie naar een vasthoudoplegging
Van schetsontwerp naar UO-ontwerp



OPLEGGINGEN

heijmans

Technobeton

1. Introductie

2. Engineering

3. Opleggingsen

4. Voegen

5. Vragen?

Van UO-Ontwerp vasthoudoplegging naar uitvoering - Zware verankeringen en wapeningsconstructie voor opname van de maximale dwarskracht V_y ; $d = 1650\text{ kN}$



OPLEGGINGEN

heijmans

 **Technobeton**

1. Introductie

2. Engineering

3. Opleggingsen

4. Voegen

5. Vragen?

Vasthoudoplegging voorzien van M20 voorspaninjectionbouts, met rotatiecapaciteit in X- en Y-richting, Dwarsfixatie in Y-richting en glijcapaciteit in X-richting



TECHNOBETON.NL

OPLEGGINGEN

1. Introductie

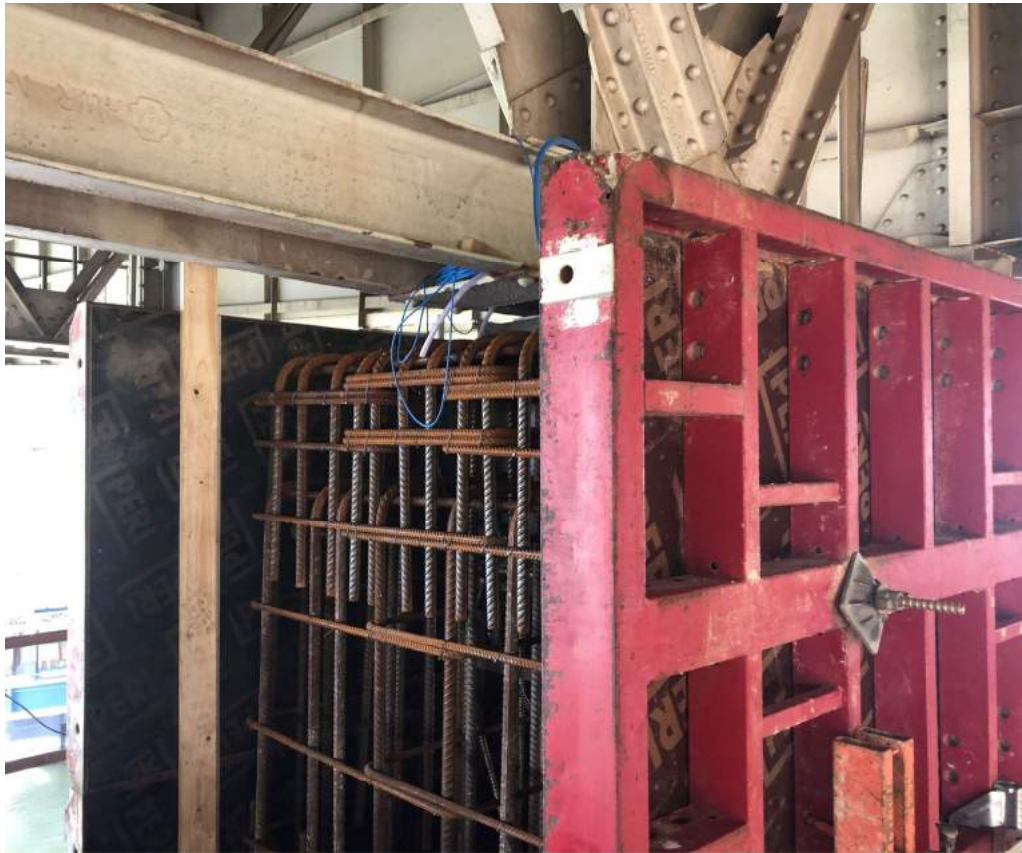
2. Engineering

3. Opleggingsen

4. Voegen

5. Vragen?

Complexe bekisting en lastige bereikbaarheid om het beton tussen de staalconstructie van de brug te storten.



OPLEGGINGEN

heijmans

 **Technobeton**

1. Introductie

2. Engineering

3. Opleggingen

4. Voegen

5. Vragen?

Realisatie vasthoudoplegging



OPLEGGINGEN

heijmans

 **Technobeton**

1. Introductie

2. Engineering

3. Opleggingsen

4. Voegen

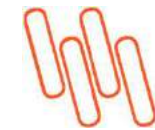
5. Vragen?

Vervanging dubbele rolopleggingsen Steunpunt 10



OPLEGGINGEN

heijmans

 **Technobeton**

1. Introductie

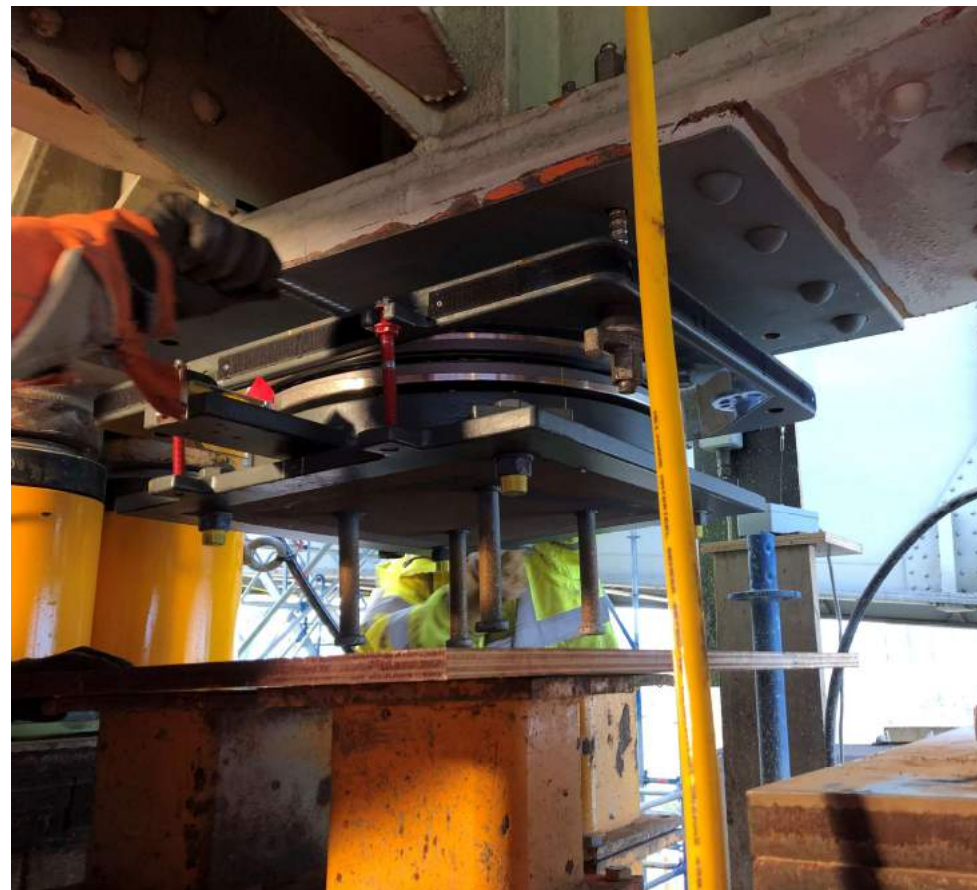
2. Engineering

3. Opleggingen

4. Voegen

5. Vragen?

Vervanging dubbele rolopleggingen Steunpunt 10



OPLEGGINGEN

heijmans

 **Technobeton**

1. Introductie

2. Engineering

3. Opleggingen

4. Voegen

5. Vragen?

Vervanging dubbele rolopleggingen Steunpunt 10



OPLEGGINGEN

heijmans

 **Technobeton**

1. Introductie

2. Engineering

3. Opleggingen

4. Voegen

5. Vragen?

Vervanging dubbele rolopleggingen Steunpunt 10



OPLEGGINGEN

heijmans

 **Technobeton**

1. Introductie

2. Engineering

3. Opleggingsen

4. Voegen

5. Vragen?

Onderzoek naar slijtage oude rolopleggingsen



VOEGEN

1. Introductie

2. Engineering

3. Opleggingen

4. Voegen

5. Vragen?

IJsselbruggen:

- A12 te Velp / Duiven
- 2 stalen bruggen
- 1 betonnen brug
- Uitvoering westelijke stalen brug

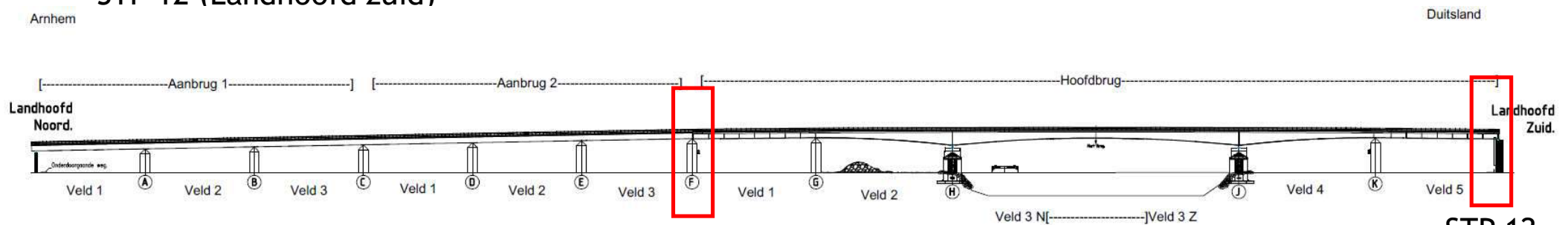


VOEGEN

- 1. Introductie
- 2. Engineering
- 3. Opleggingen
- 4. Voegen
- 5. Vragen?

Uitvoering westelijke stalenbrug: November 2021

- STP 7 (F)
- STP 12 (Landhoofd zuid)



STP 7 (F)



TECHNOBETON.NL

STP 12
(Landhoofd zuid)



VOEGEN

1. Introductie

2. Engineering

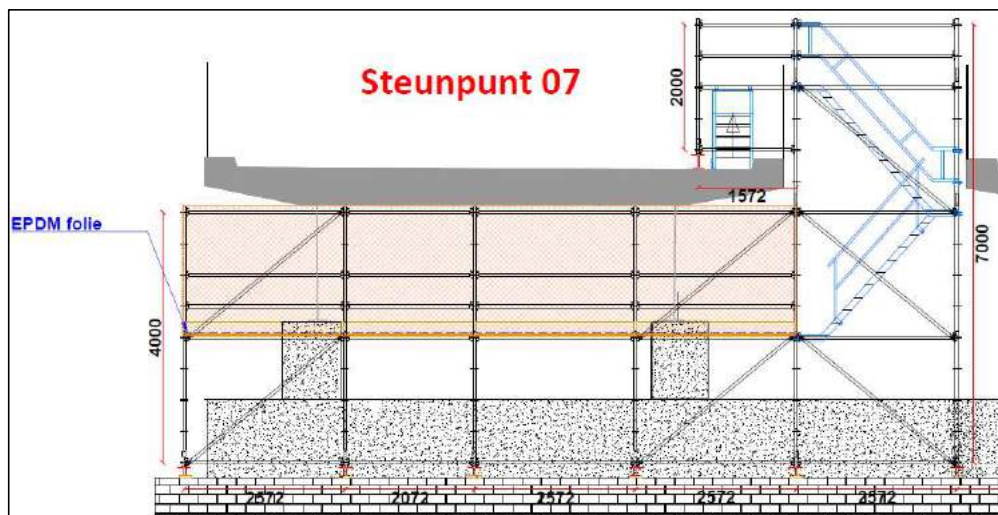
3. Opleggingen

4. Voegen

5. Vragen?

Bereikbaarheid:

- Steigerconstructie vanaf waterbak/oplegging tot bovenzijde dek
- Trapopgang vanaf bovenzijde
- Afscherming: 90% dicht net + vloeistof dichte vloer



VOEGEN

1. Introductie

2. Engineering

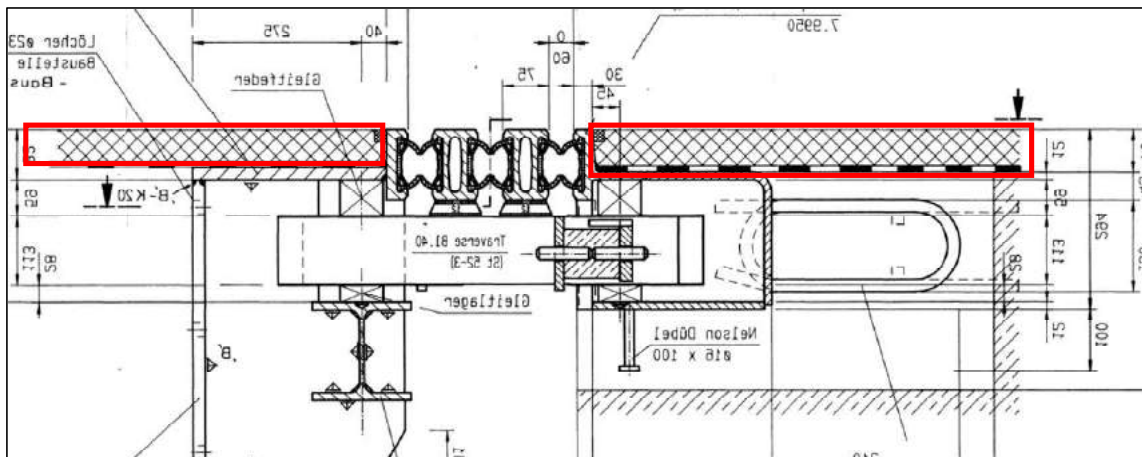
3. Opleggingen

4. Voegen

5. Vragen?

Verwijderen oude voegovergang:

- Inzagen en verwijderen asfalt
- Aanbrengen uithijsvoorziening
- Verwijderen deksels traversekasten (STP 7)
- Verwijderen boutverbinding
- Hydrojetten (STP12)



VOEGEN

1. Introductie

2. Engineering

3. Opleggingen

4. Voegen

5. Vragen?

Verwijderen oude voegovergang:

- Inzagen en verwijderen asfalt
- Aanbrengen uithijsvoorziening
- Verwijderen deksels traversekasten (STP 7)
- Verwijderen boutverbinding
- Hydrojetten (STP12)



VOEGEN

1. Introductie

2. Engineering

3. Opleggingen

4. Voegen

5. Vragen?

Verwijderen oude voegovergang:

- Inzagen en verwijderen asfalt
- Aanbrengen uithijsvoorziening
- Verwijderen deksels traversekasten (STP 7)
- **Verwijderen boutverbinding**
- Hydrojetten (STP12)



VOEGEN

1. Introductie

2. Engineering

3. Opleggingen

4. Voegen

5. Vragen?

Verwijderen oude voegovergang:

- Inzagen en verwijderen asfalt
- Aanbrengen uithijsvoorziening
- Verwijderen deksels traversekasten (STP 7)
- Verwijderen boutverbinding
- Hydrojetten (STP12)



TECHNOBETON.NL WAARDE IN DETAIL



VOEGEN

- 1. Introductie
- 2. Engineering
- 3. Opleggingen
- 4. Voegen**
- 5. Vragen?

Uithijzen voegovergangen:



VOEGEN

- 1. Introductie
- 2. Engineering
- 3. Opleggingen
- 4. Voegen**
- 5. Vragen?

Uithijzen voegovergangen:



STP12

TECHNOBETON.NL **WAARDE IN DETAIL**



STP7



VOEGEN



1. Introductie

2. Engineering

3. Opleggingen

4. Voegen

5. Vragen?

Stralen en conserveren staal

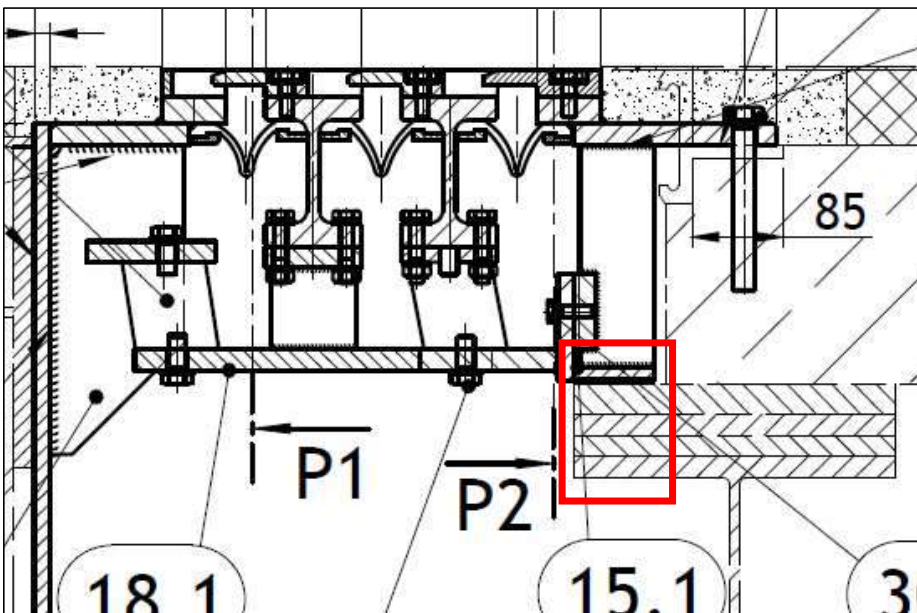
- Torbostralen
- Drie-laags conserveringssysteem



VOEGEN

- 1. Introductie
- 2. Engineering
- 3. Opleggingen
- 4. Voegen**
- 5. Vragen?

Verwijderen klinknagels STP 7



VOEGEN

1. Introductie

2. Engineering

3. Opleggingen

4. Voegen

5. Vragen?

Verwijderen klinknagels STP 7:

- Rode cirkel → klinknagels geen hinder
- Gele cirkel → klinknagels wel hinder
- Blauwe cirkel → voorspanbouten geen hinder



VOEGEN

1. Introductie

2. Engineering

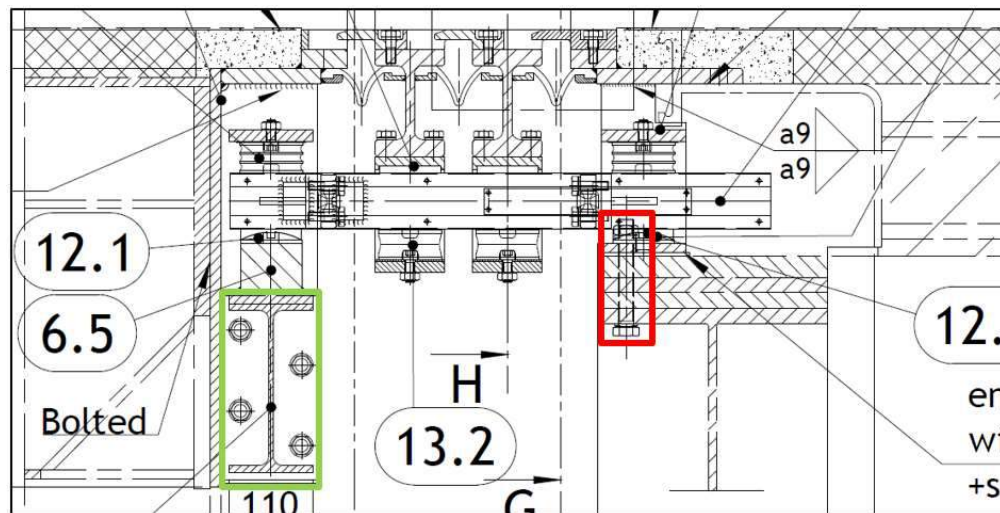
3. Opleggingen

4. Voegen

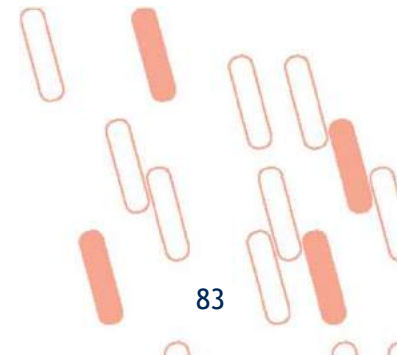
5. Vragen?

Vorbereiden boutverbindingen einddwarsdrager

- Afstellen voegovergang
- Aftekenen gaten patroon
- Boren gaten door bovensflens



TECHNOBETON.NL WAARDE IN DETAIL



VOEGEN

1. Introductie

2. Engineering

3. Opleggingen

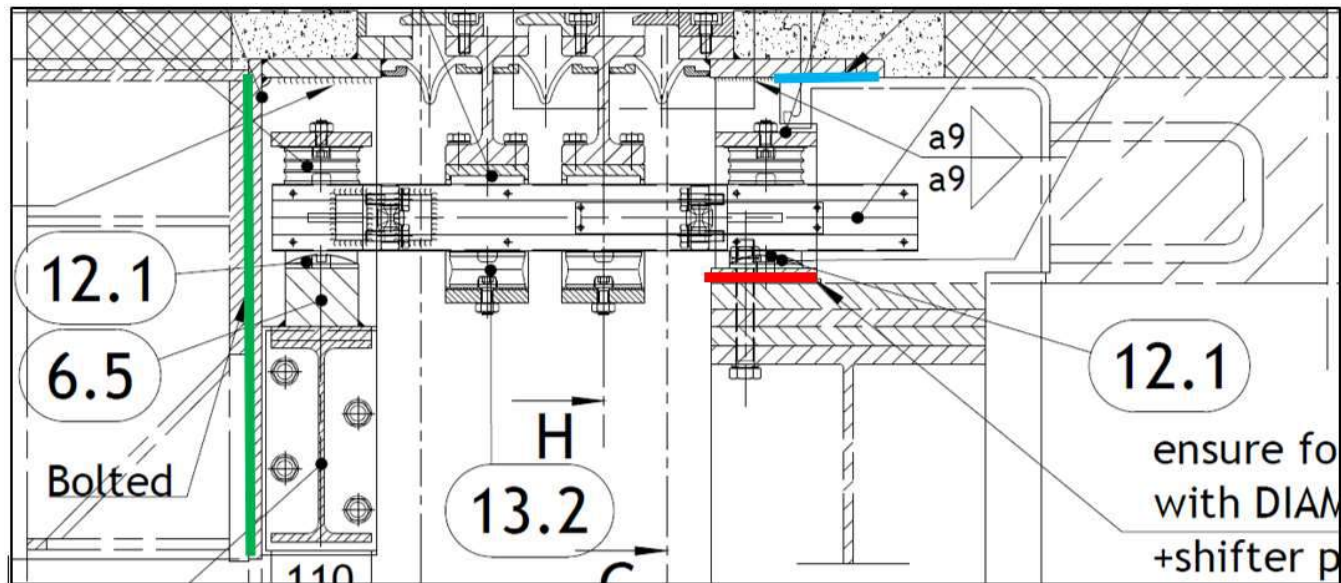
4. Voegen

5. Vragen?

Uitvlakken contactvlakken

- Voegovergang en kopplaat kunstwerk
- Voegovergang en bovenflens einddwarsdrager
- Voegovergang en beton

MM1018-FL
MM1018-P
SikaDur



TECHNOBETON.NL WAARDE IN DETAIL



VOEGEN

- 1. Introductie
- 2. Engineering
- 3. Opleggingen
- 4. Voegen**
- 5. Vragen?

Inhijsen TENSA MODULAR LR3 (STP 7)



VOEGEN

1. Introductie

2. Engineering

3. Opleggingen

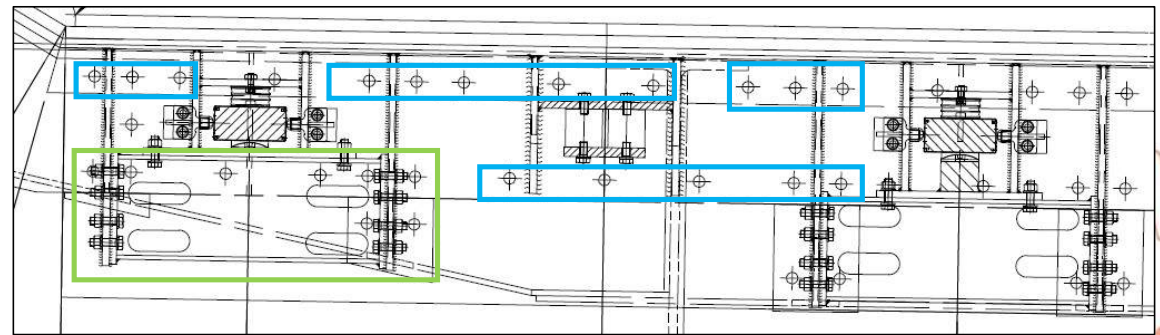
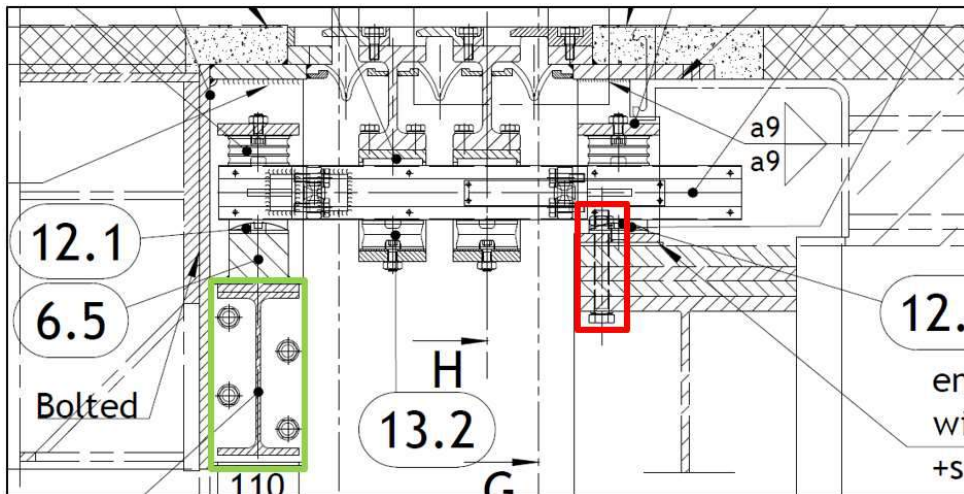
4. Voegen

5. Vragen?

Inhijzen voeg en monteren boutverbindingen:

- Verbinding kopplaat & voegovergang:
- Verbinding voegovergang & einddwarsdrager:
- Verbinding IPE profiel & voegovergang:

Voorspanbouten	(Blauw)
Voorspaninjectiebouten	(Rood)
Voorspanbouten	(Groen)



VOEGEN

- 1. Introductie
- 2. Engineering
- 3. Opleggingen
- 4. Voegen**
- 5. Vragen?

Aanbrengen verstevigingsconsoles t.p.v. aanbrug STP 7



TECHNOBETON.NL WAARDE IN DETAIL



VOEGEN

1. Introductie

2. Engineering

3. Opleggingen

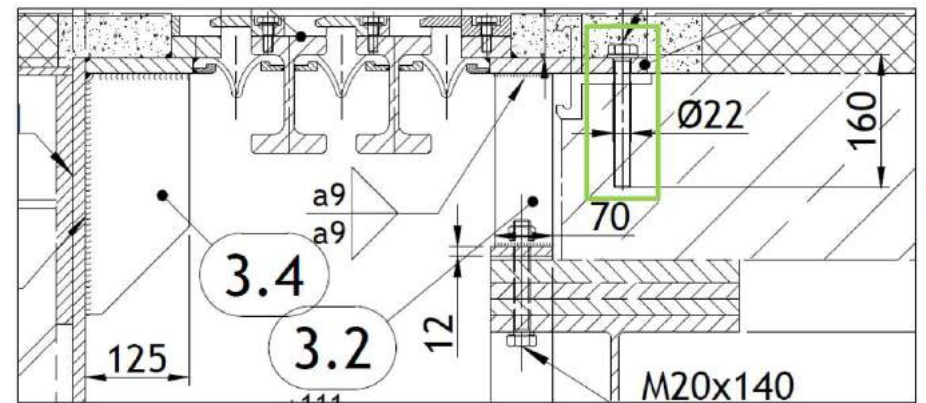
4. Voegen

5. Vragen?

Verbinding voegovergang met betonnen aanbrug STP 7
- Chemisch anker



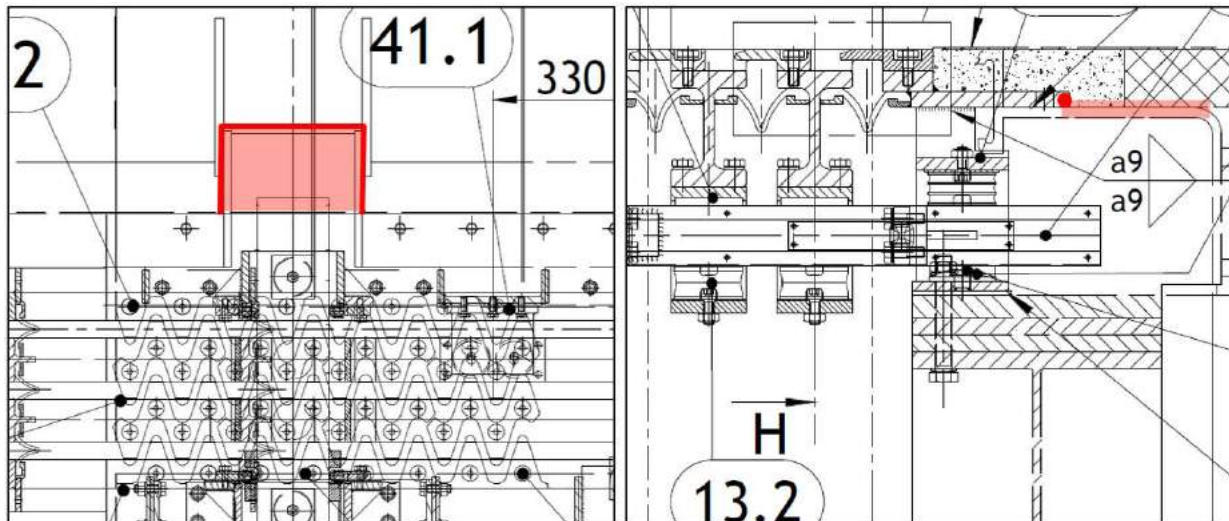
TECHNOBETON.NL WAARDE IN DETAIL



VOEGEN

- 1. Introductie
- 2. Engineering
- 3. Opleggingen
- 4. Voegen
- 5. Vragen?

Aanbrengen nieuwe deksels STP 7



VOEGEN



- 1. Introductie
- 2. Engineering
- 3. Opleggingen
- 4. Voegen
- 5. Vragen?

Inhijsen TENSA MODULAR LR4 (STP12)

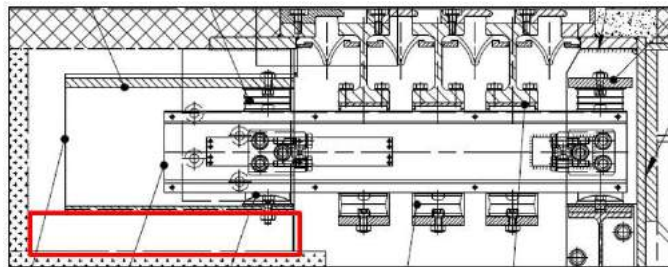


VOEGEN



- 1. Introductie
- 2. Engineering
- 3. Opleggingen
- 4. Voegen
- 5. Vragen?

Storten beton (STP12)



VOEGEN



1. Introductie

2. Engineering

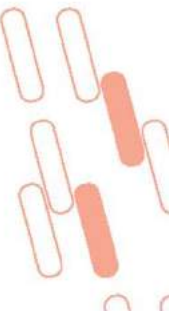
3. Opleggingen

4. Voegen

5. Vragen?

Aanbrengen roboflex balk

- Reductie stootbelasting
- Creëren waterdichte aansluiting
- Bieden van corrosie bescherming
- Afwerking tegen de voegovergang

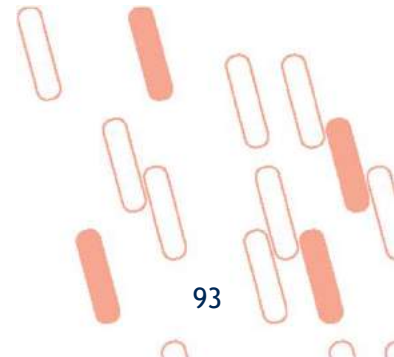


VOEGEN



- 1. Introductie
- 2. Engineering
- 3. Opleggingen
- 4. Voegen
- 5. Vragen?

Eind resultaat



VRAGEN?



1. Introductie

2. Engineering

3. Opleggingen

4. Voegen

4. Vragen?

