

Oppdragsgiver: Indre Østfold kommune
Oppdragsnavn: Riiser bru
Oppdragsnummer: 639033-03
Utarbeidet av: Simon O'Rawe
Oppdragsleder: Øystein Seljegard
Dato: 10.10.2024
Tilgjengelighet: Åpent

Riiser bru - Geotekniske vurderinger

Innhold

1. Innledning.....	3
2. Grunnlag	3
2.1. Grunnforhold.....	3
2.2. Regelverk.....	3
2.3. Seismisk prosjektering	3
2.4. Laster	6
2.5. Lagdeling og materialparametere.....	6
2.6. Peler.....	7
2.6.1. Betongpeler.....	7
2.6.2. Pelegruppe	7
3. Resultater	8
3.1. Programvare	8
3.2. Deformasjon.....	8
3.3. Moment og horisontal- og aksialkraft	10
4. Sluttkommentar	12

Versjonslogg:

01	10.10.24	Første utkast	Simon O'Rawe	Banafshe Heidar
VER.	DATO	BESKRIVELSE	AV	KS

Sammendrag

Asplan Viak er engasjert av Indre Østfold kommune for å oppgradere deler av Ryggeveien som følge av flomproblematikk. Prosjektet omfatter bygging av ny Riiser bru over Hobølelva. Terraplan har tidligere utført geotekniske vurderinger for bruene, herunder kontroll av pelenes bæreevne. Foreliggende rapport er et supplement til Terraplans vurderinger, og presenterer resultater fra beregninger for pelenes tversnittskapasitet.

Det er kontrollert at seismisk prosjektering ikke må hensyntas i prosjektet. Beregninger utført i Geosuite Piles viser at pelene har tilstrekkelig tversnittskapasitet ved bruk av 6 peler av typen P345 for alle lasttilfeller oppgitt fra RIB. Pelene skal rammes til 35 m dybde. Det må utføres PDA-målinger for å dokumentere tilfredsstillende bæreevne før endelig ramming av pelene.

1. Innledning

Asplan Viak er engasjert av Indre Østfold kommune for å oppgradere deler av Ryggeveien som følge av flomproblematikk. Prosjektet omfatter bygging av ny Riiser bru over Hobølelva. Det er dypt til berg i området, og bruene skal derfor pelefunderes med rammede friksjonsbærende betongpeler. Terraplan, som har vært underleverandør for Asplan Viak, har utarbeidet datarapport, prosjekteringsforutsetninger og gjort geotekniske vurderinger for bruene. Arbeidet deres er gitt i følgende dokumenter:

- 23129-RIG-RAP-01 Riiser bru, *geoteknisk datarapport* [1]
- 23129-RIG-RAP-01 Riiser bru, *geoteknisk vurderingsrapport* [2]

Foreliggende notat er et supplement til [2] som presenterer resultater fra beregninger for pelenes tvernsnittskapasitet.

2. Grunnlag

2.1. Grunnforhold

Det henvises til [2] for tolkning av jordparametere, lagdeling og andre grunnforhold. Tolkningen er gjort på bakgrunn av geotekniske grunnundersøkelser presentert i [1].

2.2. Regelverk

Det henvises til kapittel om prosjekteringsforutsetninger i [2] for gjeldende regelverk.

2.3. Seismisk prosjektering

Det ble ikke redegjort for seismisk prosjektering i de innledende geotekniske vurderingene som er presentert i [2]. Under er det derfor kontrollert om det er nødvendig å hensynta seismisk påvirkning.

For bruer gjelder spesifikt NS-EN 1998-2:2005+AC:2010+A2:2011+NA:2014 (Eurokode 8 - Del 2) [3], men også NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2021 (Eurokode 8 - Del 1) [4].

I henhold til [2] er ÅDT for Fv. 120 4965, slik at seismisk klasse II og seismisk faktor $\gamma_I = 1,0$ er gjeldende for bruene. Disse er hentet fra henholdsvis Tabell NA.2(901) og NA.2(903) i Eurokode 8 – Del 2.

Tabell NA.2(901) Veiledende tabell ved valg av seismisk klasse for vegbruer

Seismisk klasse	Veiledende eksempler for klassifisering av vegbruer
I	Gang- og sykkelvegbruer
II	Alle vegbruer, unntatt de som er plassert i seismisk klasse III og IV
III	Bruer med $L_{tot} > 200$ m og Bruer med $L_{tot} > 50$ m som samtidig har ÅDT > 8000
IV	Bruer med $L_{tot} > 600$ m og Bruer med $L_{tot} > 200$ m som samtidig har ÅDT > 8000 og Samfunnsmessig viktige bruer ^{a)}
L_{tot} er total lengde mellom bruas landkar. ÅDT er gjennomsnittlig antall kjøretøyer per døgn i løpet av et år. ^{a)} Dette er for eksempel bruer som er lokalisert på hovedatkomstveger til geografiske regioner eller til sykehus eller brannvesen i større byer. Klassen omfatter også bruer som ligger i tettbygde strøk, og hvor det får særlig store konsekvenser om bruene ødelegges.	

Tabell NA.2(903) Seismisk faktor for bruer

Seismisk klasse	Seismisk faktor γ_I
I	0,7
II	1,0
III	1,4
IV	2,0

Det er vurdert at grunntype C er egnet for løsmassene i området, se Tabell NA.3.1 fra Eurokode 8 – Del 1. Grunnforholdenes forsterkningsfaktor, S , blir dermed lik 1,5 i henhold til Tabell 3.3 i Eurokode 8 – Del 1 basert på elastisk responspekter type 2.

Tabell NA.3.1 — Grunntyper

Grunn- type	Beskrivelse av stratigrafisk profil	Parametere ^{b)c)}		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (slag/ 30cm)	c_u (kPa)
A ^{a)}	Fjell eller fjell-liknende geologisk formasjon, medregnet høyst 5 m svakere materiale på overflaten.	> 800	-	-
B	Avleiringer av svært fast sand eller grus eller svært stiv leire, med en tykkelse på flere titalls meter, kjennetegnet ved en gradvis økning av mekaniske egenskaper med dybden.	360 – 800	> 50	> 250
C	Dype avleiringer av fast eller middels fast sand eller grus eller stiv leire med en tykkelse fra et titalls meter til flere hundre meter.	180 – 360	15 - 50	70 - 250
D	Avleiringer av løs til middels fast kohesjonsløs jord (med eller uten enkelte myke kohesjonslag) eller av hovedsakelig myk til fast kohesjonsjord.	120 – 180	10 – 15	30 – 70
E ^{d)}	Et grunnprofil som består av et alluviumlag i overflaten med v_s -verdier av type C eller D og en tykkelse som varierer mellom ca. 5 m og 20 m, over et stivere materiale med $v_s > 800$ m/s.			
S ₁	Avleiringer som består av eller inneholder et lag med en tykkelse på minst 10 m av bløt leire/silt med høy plastisitetsindeks ($PI > 40$) og høyt vanninnhold.	> 100	-	10-20
S ₂	Avleiringer av jord som kan gå over i flytefase (liquefaction), sensitive leirer eller annen grunnprofil som ikke er med i typene A – E eller S ₁ .			

a Hvis minst 75 % av konstruksjonen står på fjell og resten på løsmasser, og konstruksjonen står på ett kontinuerlig fundament (platefundament), kan grunntype A benyttes.

b Valget av grunntype kan være basert på enten $v_{s,30}$, N_{SPT} eller c_u . $v_{s,30}$ anses som den mest aktuelle parameteren å benytte.

c Der det er tvil om hvilken jordtype som skal velges, velges den mest ugunstige.

d Ved bestemmelse av grunntype E kan følgende alternative beskrivelser benyttes: Et jordprofil bestående av et overflatelag med $v_{s,30}$ - verdier av type C eller D og tykkelse varierende mellom ca. 5 m og 20 m over et underliggende stivere materiale med $v_{s,30} > 500$ m/s.

Tabell 3.3 – Verdier for parametere som beskriver de anbefalte elastiske responsspektrene av type 2

Grunntype	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1,0	0,05	0,25	1,2
B	1,35	0,05	0,25	1,2
C	1,5	0,10	0,25	1,2
D	1,8	0,10	0,30	1,2
E	1,6	0,05	0,25	1,2

For bruer angir kapittel NA.2.3.7 i Eurokode 8, del 2 [3] når konstruksjonen kan dimensjoneres etter bestemmelser gjeldende for lav seismisitet. Tabell NA.2(904) viser krav til analysemetode basert på seismisk klasse og gjeldende $a_g S$. Utregning av $a_g S$ for bruene er gitt under. A_{gR} for Indre Østfold er $0,20 \text{ m/s}^2$.

$$a_g \cdot S = \gamma_I \cdot a_{gr} \cdot S = 1,0 \cdot 0,20 \cdot 1,5 = 0,30$$

I tabell NA.2(904) kan en se at den aktuelle bruene havner i kategori «0» hvor det ikke stilles spesielle krav til valg av analysemetode. Seismisk prosjektering trenger derfor ikke å hensyntas for prosjektet.

Tabell NA.2(904) Krav til analysemetode

Seismisk klasse	$a_g S > 1,2 \text{ m/s}^2$	$0,5 \text{ m/s}^2 < a_g S < 1,2 \text{ m/s}^2$	$a_g S < 0,5 \text{ m/s}^2$
I	0	0	0
II	1	0	0
III	2	1	0
IV	2	2	1

0: Det stilles ingen spesielle krav til valg av analysemetode.

1: Metode for analyse med én frihetsgrad i samsvar med punkt 4.2.2 eller tilsvarende forenklete analysemetoder kan brukes der dette vurderes tilstrekkelig i henhold til NS-EN 1998. Ellers skal flerfrihetsgradsanalyse i henhold til responsspektrummetoden brukes.

2: Flerfrihetsgradsanalyse i henhold til responsspektrummetoden skal brukes. Samfunnsmessig viktige vegbruer med $L_{tot} < 50 \text{ m}$ og $a_g S < 1,2 \text{ m/s}^2$ kan analyseres i henhold til metode 1.

2.4. Laster

Lastene som er lagt til grunn er oppgitt fra RIB i Asplan Viak. Lastkombinasjoner er gitt i bruks-, brudd- og ulykkesgrensetilstand. Bruddgrensetilstand er dimensjonerende. Tabell 2-1 viser lastkombinasjonene som er brukt i beregningene.

Tabell 2-1: Lasttilfeller oppgitt fra RIB

Id	Label	GeoSuite Coordinate System					
		F_x [kN]	F_y [kN]	F_z [kN]	M_{xx} [kNm]	M_{yy} [kNm]	M_{zz} [kNm]
1		684,75	0,00	-6 558,17	-0,12	2 546,35	0,00
2		684,75	0,00	-958,17	-0,12	1 146,35	0,00
3		-267,26	0,00	-958,17	-0,12	-948,05	0,00
4		-267,26	-120,00	-958,17	263,88	-948,05	-30,00
5		684,75	0,00	-6 558,17	-0,12	2 546,35	0,00
6		684,75	0,00	-958,17	-0,12	1 146,35	0,00
7		-370,87	-120,00	-1 258,57	263,65	-1 343,54	-30,00
8		-370,87	-120,00	-6 858,57	263,65	56,47	-30,00
9		581,13	-120,00	-6 858,57	263,65	2 150,87	-30,00
10		581,13	0,00	-6 858,57	-0,35	2 150,87	0,00
11		-370,87	0,00	-1 258,57	-0,35	-1 343,54	0,00
12		-370,87	-120,00	-6 858,57	263,65	56,47	-30,00

2.5. Lagdeling og materialparametere

Tabell 2-2 viser inndata for lagdeling og materialparametere i beregningene.

Tabell 2-2: Lagdeling og materialparametere brukt i Geosuite Piles

Placement	Depth [m]	Soil weight, γ [kN/m ³]	Undrained shear strength [kN/m ²]	Friction angle, Φ [degrees]	Strain, ϵ_{50} [-]	API-J [-]	Factor, t_{res}/t_{max} [-]	CPT tip resistance, q_c [MPa]	Relative density, D_r [-]
▲ Name: Tørrskorpeleire									
Top of layer	0,00	19,00	N/A	30,00	N/A	N/A	0,700	4,00	0,30
Bottom of layer	4,00	19,00	N/A	30,00	N/A	N/A	0,700	4,00	0,30
▲ Name: Leire									
Top of layer	4,00	17,00	21,70	N/A	0,0050	0,250	0,700	N/A	N/A
Bottom of layer	35,00	17,00	81,20	N/A	0,0050	0,250	0,700	N/A	N/A

2.6. Peler

2.6.1. Betongpeler

Det er forutsatt bruk av betongpeler av typen P345. GeoSuite PileGroup har i versjon 3.0 en slik pel liggende inne i databasen sin, og denne er benyttet i beregningen. Pelen har følgende egenskaper:

- Vekt: 25,24 kN/m³
- «Equivalent diameter / width» (D/W): 1,13
- Flytespenning: 500 000 kPa = 500 MPa
- EI: 51 421 kNm²
- EA: 4 722 210 kN

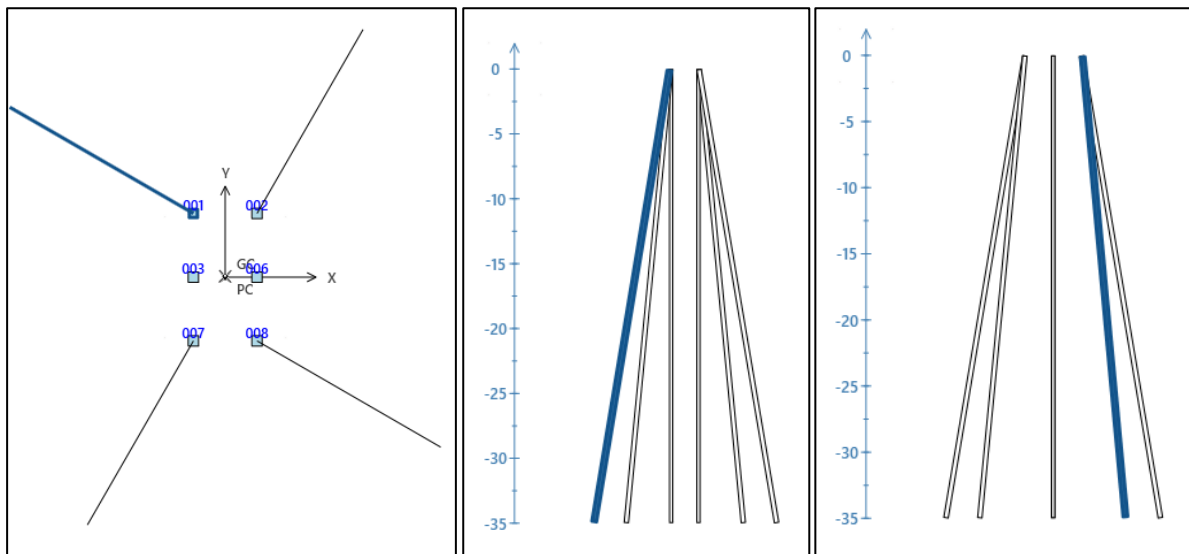
2.6.2. Pelegruppe

Tabell 2-2 viser inndata for pelegruppens geometri og innspenning i toppen.

Tabell 2-2: Geometri og innspenningsforhold for pelene

Piles													
Pile no	Label	Connected..	Type	Wall material	Head condition	Toe code	Toe code z-level [m]	x [m]	y [m]	z [m]	Vertical	Slope, n	Tip at soil profile bottom
1	001	Riiser_bru	Square	Concrete	Fixed	-ND	-20,00	-1,050	2,100	0,000	☐	5,00	300,00
2	002	Riiser_bru	Square	Concrete	Fixed	-ND	-20,00	1,050	2,100	0,000	☐	5,00	30,00
3	003	Riiser_bru	Square	Concrete	Fixed	-ND	-20,00	-1,050	0,000	0,000	☒	N/A	N/A
4	006	Riiser_bru	Square	Concrete	Fixed	-ND	-20,00	1,050	0,000	0,000	☒	N/A	N/A
5	007	Riiser_bru	Square	Concrete	Fixed	-ND	-20,00	-1,050	-2,100	0,000	☐	5,00	210,00
6	008	Riiser_bru	Square	Concrete	Fixed	-ND	-20,00	1,050	-2,100	0,000	☐	5,00	120,00
													Length [m]
													35,69
													35,69
													35,00
													35,00
													35,69
													35,69

Figur 2-1 viser en skisse av pelegruppen i både plan, x- og y-planet.



Figur 2-1: Skisser av pelegruppen i plan, x- og y-planet.

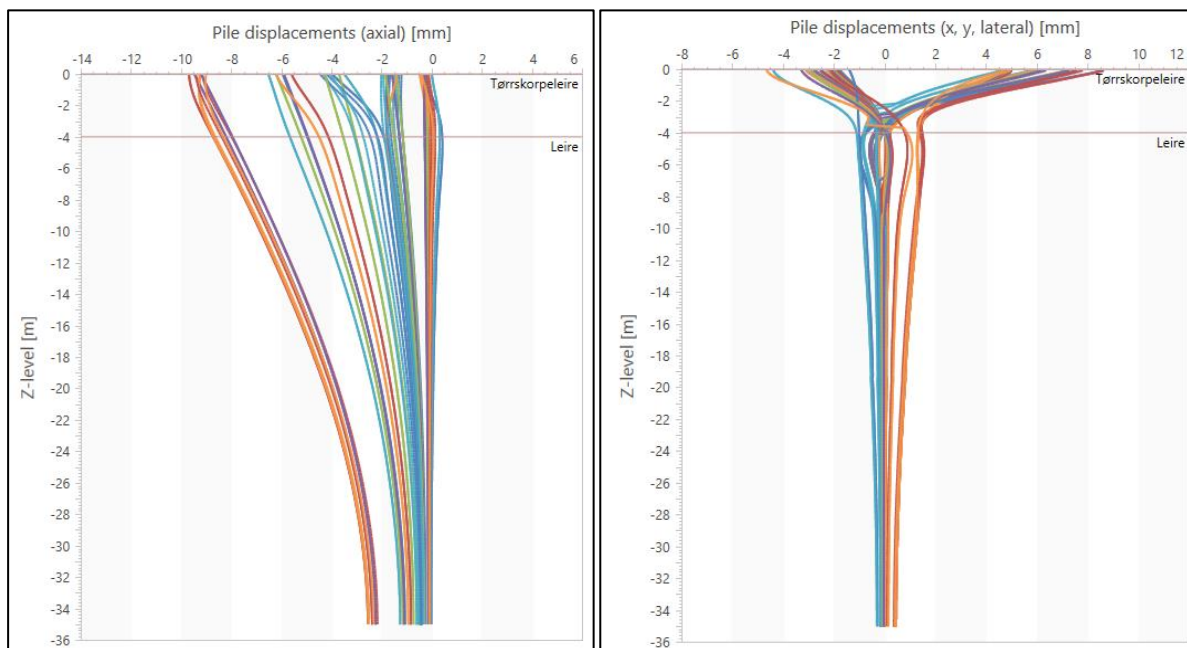
3. Resultater

3.1. Programvare

Beregningene er utført i GeoSuite PileGroup 3.0.

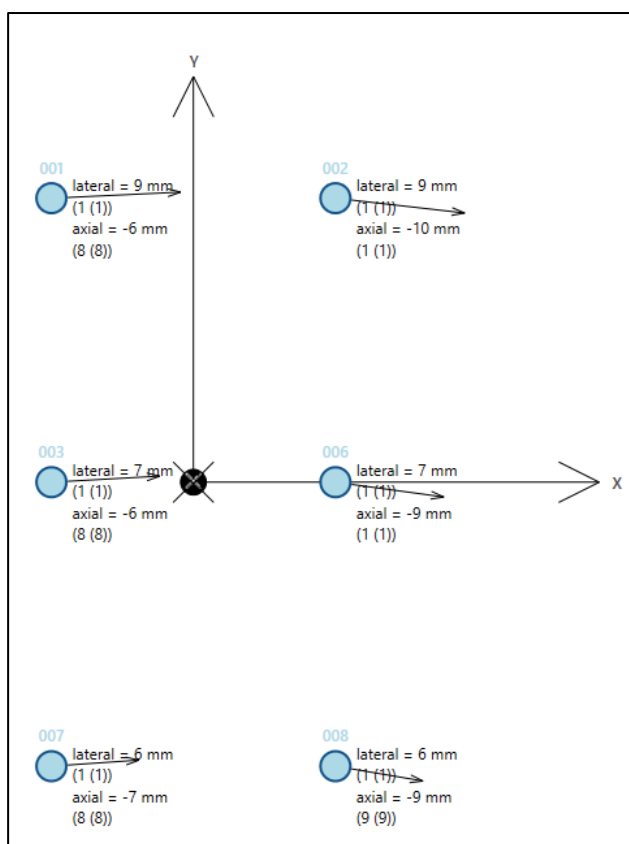
3.2. Deformasjon

Figur 3-1 viser resulterende aksial og lateral deformasjon for hver pel. Størst aksial deformasjon forekommer i pel nr. 2 og er 10 mm. Størst lateral deformasjon forekommer i pel 1 og 2, og er 9 mm.



Figur 3-1: Aksial og lateral deformasjon for alle peler

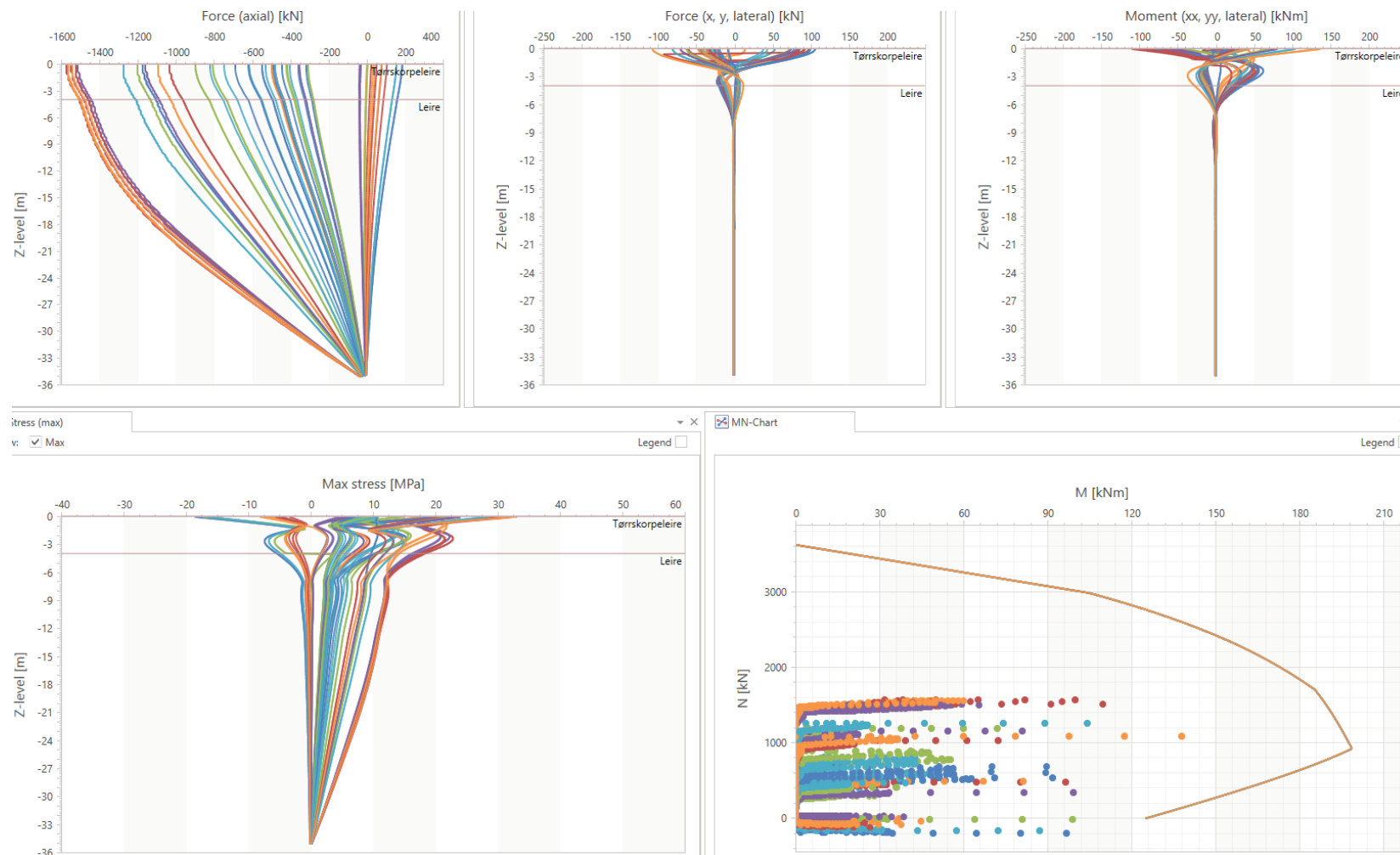
Maksimal forskyvning i hvert pelehode er vist i Figur 3-2.



Figur 3-2: Maksimal deformasjon fra Geosuite Piles

3.3. Moment og horisontal- og aksialkraft

Figur 3-4 viser opptredende moment og horisontal- og aksialkraft, samt spenningstilstand i pelene. I tillegg er det presentert MN-diagram som viser at samtlige peler har tilstrekkelig tverrsnittskapasitet for alle lasttilfeller.



Figur 3-3: Moment og horisontal- og aksialkraft, samt spenningstilstand i pelene. MN-diagrammet er vist nederst til høyre.

4. Sluttkommentar

I første geotekniske vurderingsrapport [2] utarbeidet av Terraplan ble det anbefalt at landkarene fundamenteres på friksjonspeler av type P270. Tversnittkontroll-beregningene har vist at last- og grunnforholdene krever større dimensjon på pelene for å begrense fundamentstørrelsen og antallet peler i pelegruppen. Opprinnelig pelelengde på 35 m er beholdt med P345-peler. Det er ikke nødvendig med ny bæreevnekontroll ettersom peledimensjonen er oppjustert. PDA-målinger i forbindelse med prøvepeling må utføres etter tilstrekkelig tid med rekonsolidering for å dokumentere at faktisk oppnådd bæreevne er tilfredsstillende før ramming av pelene.

Kilder

- [1] Terraplan (2023), 23129-RIG-RAP-01 Riiser bru, *geoteknisk datarapport*
- [2] Terraplan (2024), 23129-RIG-RAP-01 Riiser bru, *geoteknisk vurderingsrapport*
- [3] Eurokode 8 - Del 2, NS-EN 1998-2:2005+AC:2010+A2:2011+NA:2014
- [4] Eurokode 8 - Del 1, NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2021