

Strömningsinducerande pulsationer

Axiella rörelser och metoder för kombineringsprov

Tillämpad Vattenkraftteknik
WEBINAR 2021-05-26
ENERGIFORSK

Mikael Sendelius – SWECO Sverige AB

Bakgrund och syfte

- SWECO har tillsammans med Fortum fått medel från Energiforsk att kartlägga sambandet mellan tryck och effektpulsationer med axiella rörelser hos Kaplanaggregat.
- Målet med detta arbete har varit att komplettera standard IEC 20816-5 med axiella vibrationer/rörelser och att ta fram alternativa metoder för att bestämma kombineringsnivåerna hos Kaplanaggregat.
- Standard IEC 20816-5 saknar helt uppgifter på axiella vibrationer på vattenturbiner. Det är därför viktigt att få fram underlag till hur man skall bedöma uppmätta vibrationsnivåer.
- Viktigt också att veta på vilket sätt de axiella vibrationerna skall mätas för att få ett korrekt bedömning.
- När det gäller kombineringsnivåerna av Kaplanaggregat är det viktigt att få fram metoder som är billigare än traditionella metoder så även mindre aggregat kan testas.
- Det är även viktigt att få fram nya metoder för kombineringsnivåer som kan användas som komplement till traditionella metoder då resultatet från dessa metoder kan vara tvetydiga.

Teori

När ett Kaplanaggregat går okombinerat uppstår virvlar under löphjulet som när de bryts sönder ger upphov till vibrationer.

Genom att jämföra vibrationsnivåerna mellan kombinerat och okombinerat aggregat har tanken varit att få underlag till vilka nivåer på de axiella vibrationerna som kan accepteras.

Utöver detta har vibrationsnivåerna mellan aggregaten studerats för att ta reda på hur stora individuella skillnader det finns mellan aggregaten.

När virvlarna bryts sönder skapar detta tryckpulsationer i sugröret och dess borde vara större vid okombinerat aggregat jämfört med kombinerat. Detta faktum borde kunna användas för att bestämma kombineringen.

Tryckpulsationerna borde även påverka vridmomentet på axeln som i sin tur inverkar på den producerade effekten. Tanken var att se om effektpulsationerna är större när aggregatet går okombinerat jämfört med kombinerat

Metodik

Mätning av axiell rörelse har utförts på axelsträngen med B-givare.

Mätning av tryckpulsationer gjordes i sugrörskonan.

Effektpulsationerna studerades genom att titta på varje enskild sampling av effektsignalen.

Mätning skedde i samband med ett traditionellt kombineringsprov.

Effekten mättes på respektive aggregats mätkärnor.

Effekten samplades med 1 Hz, medan tryckpulsationerna och de axiella vibrationerna samplades med 100 Hz för Bergeforsen och 150 Hz för Gulsele och Åsen.

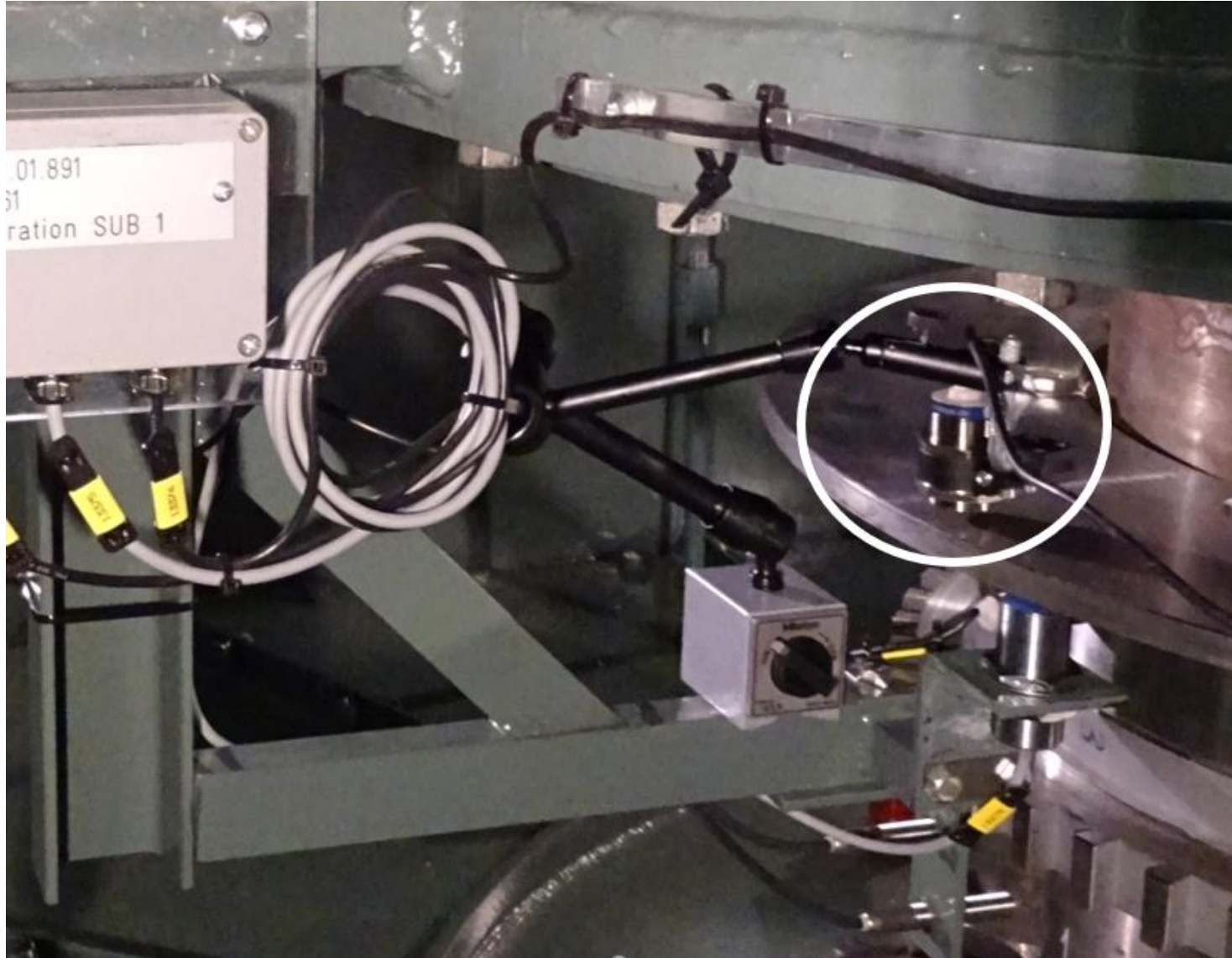
Mättid 300 sek, men FFT cirka 10-20 sek även P-P värden.

3-4 propellerkurvor har specialstuderats med FFT.

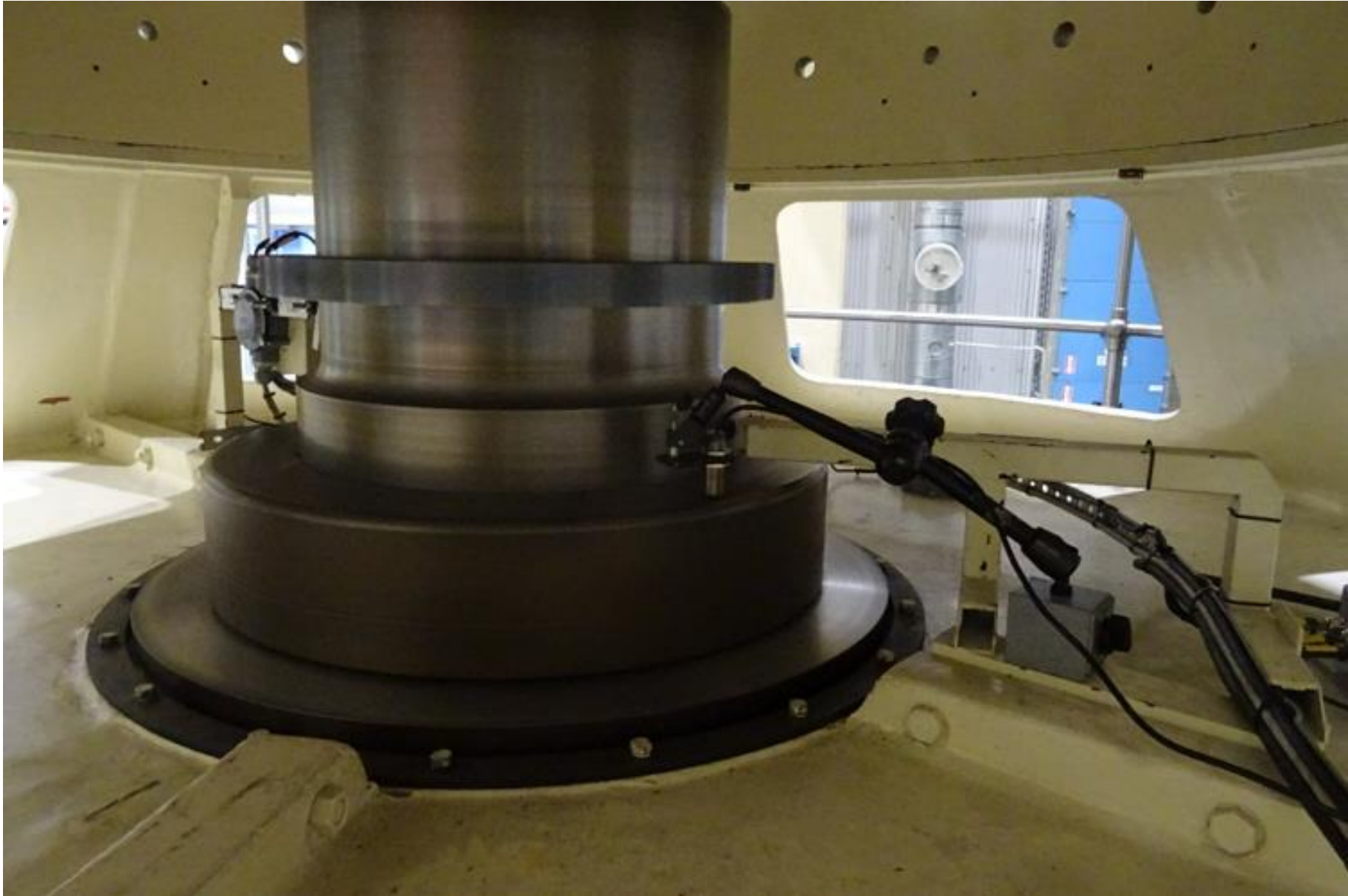
Studerade aggregat

	Bergeforsen agg 1	Gulsele agg 3	Åsen
Tillverkare	Voith	GE/Andritz	Andritz
Turbintyp	Kaplan	Kaplan	Kaplan
Tillverkningsår	2019	2008	2018
Fallhöjd [m]	22,75	27,5	24
Flöde [m ³ /s]	219	105	130
Turbineffekt [MW]	45,7	26,2	28,7
Varvtal [rpm]	115,4	187,5	150
Löphjulsdiameter [mm]	5510	3600	4050
Löphjulsblad [st]	5	6	5
Ledskenor [st]	24	24	24

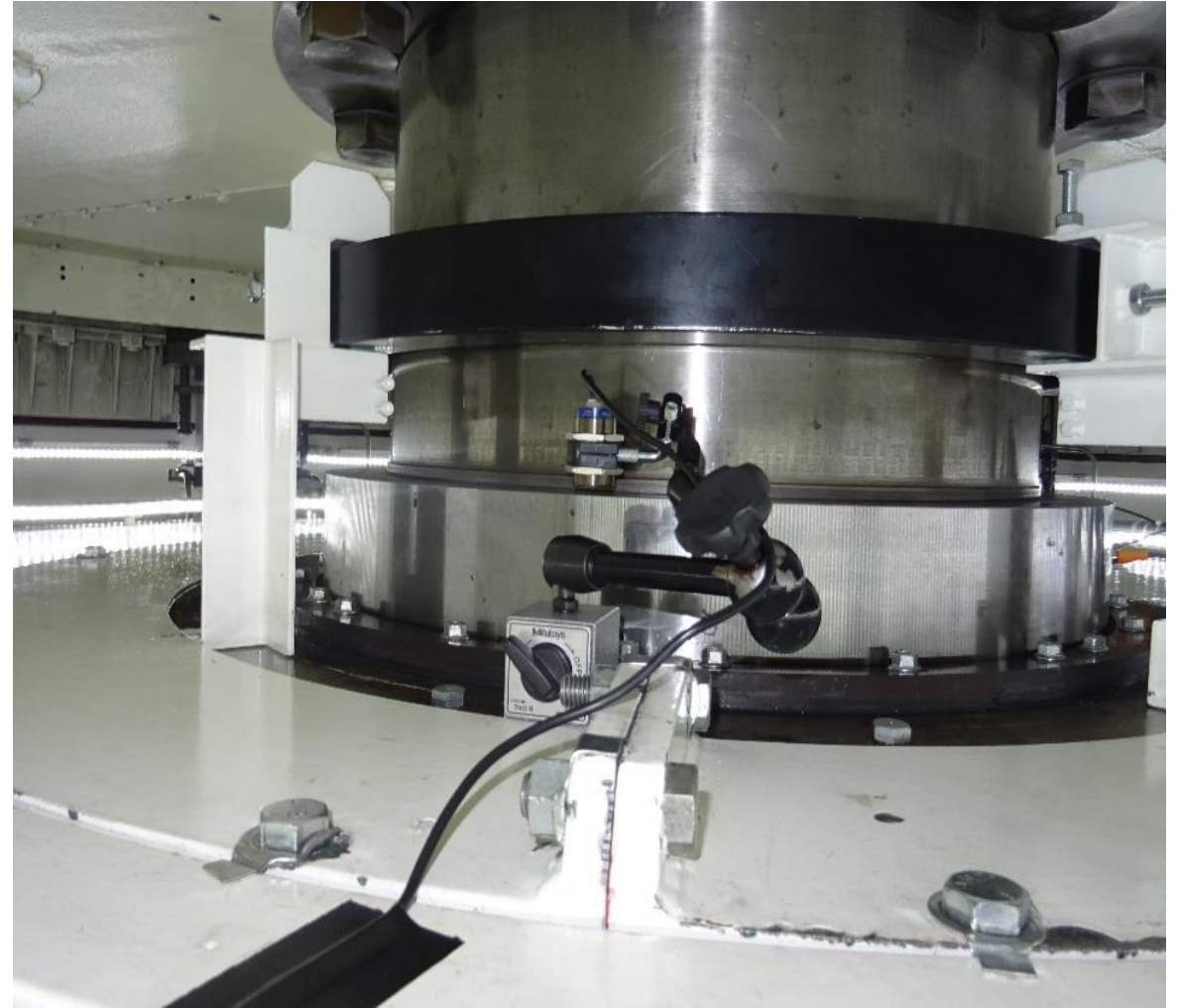
Metodik – montage av B-givare för axiell rörelse Bergeforsen



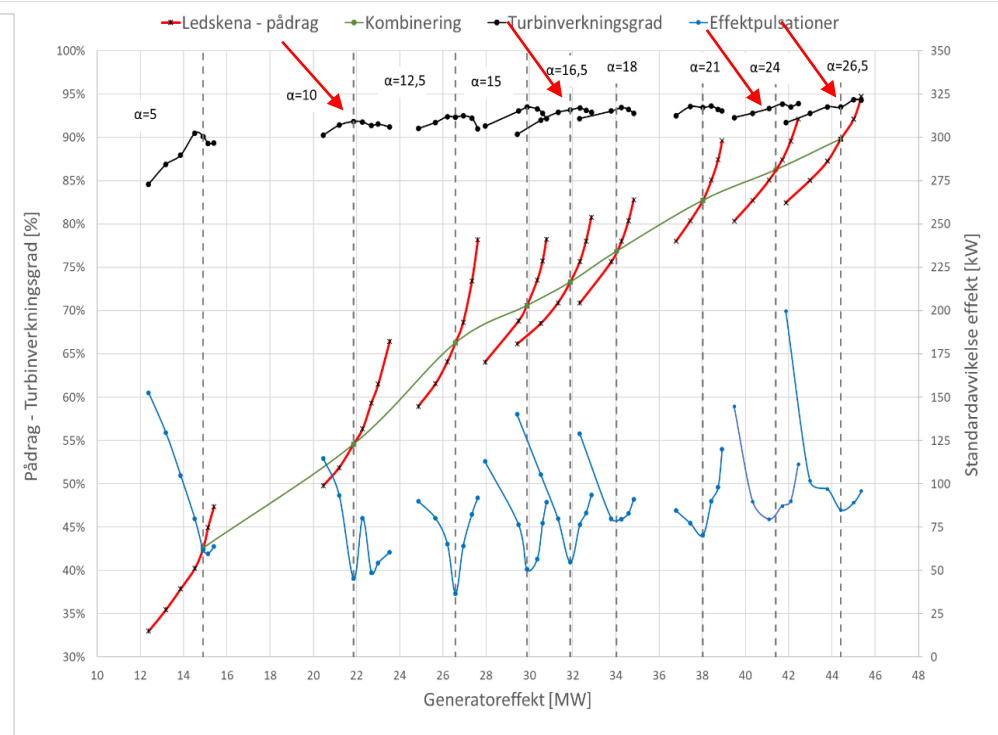
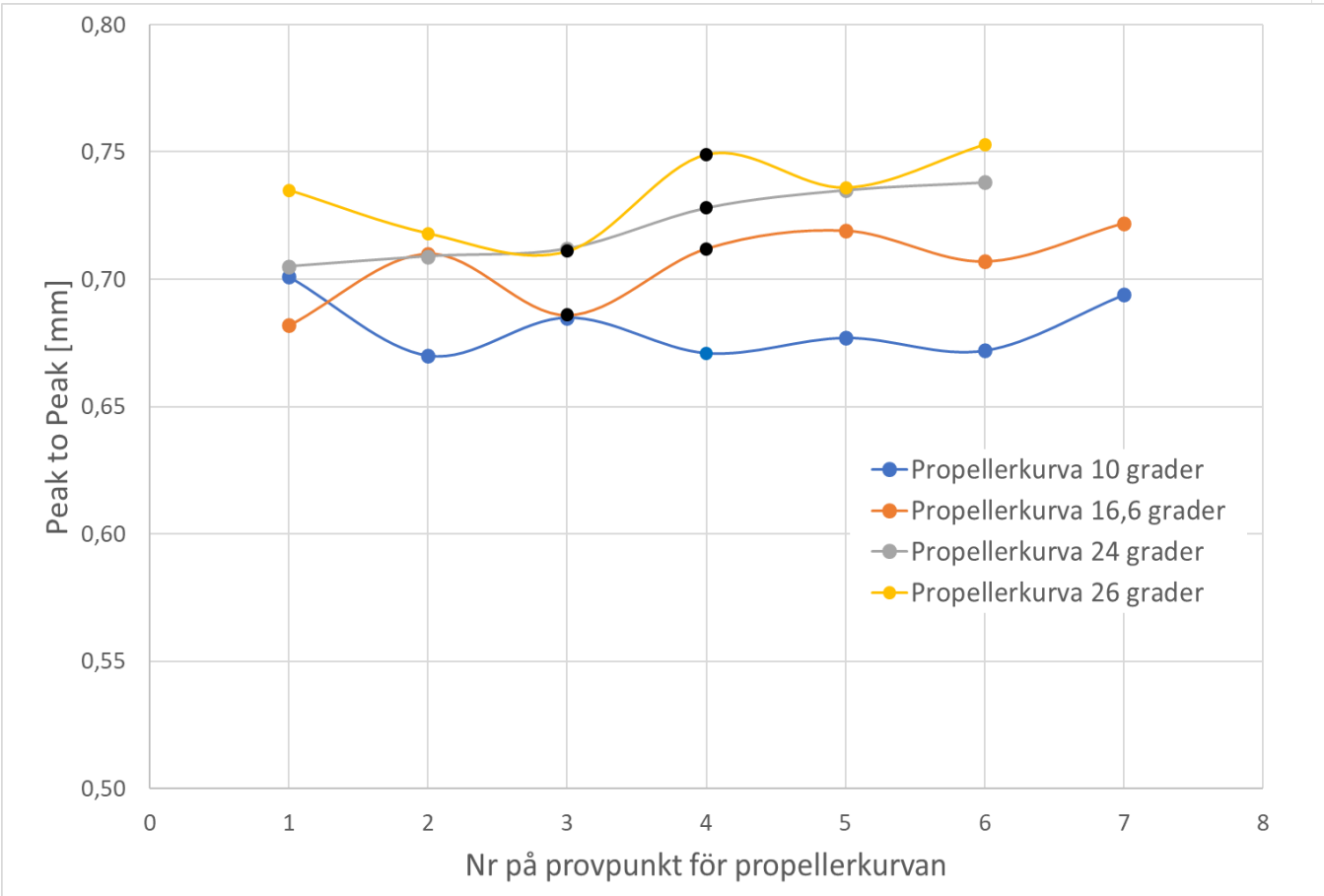
Metodik – montage av B-givare för axiell rörelse Gulsele



Metodik – montage av B-givare för axiell rörelse Åsen

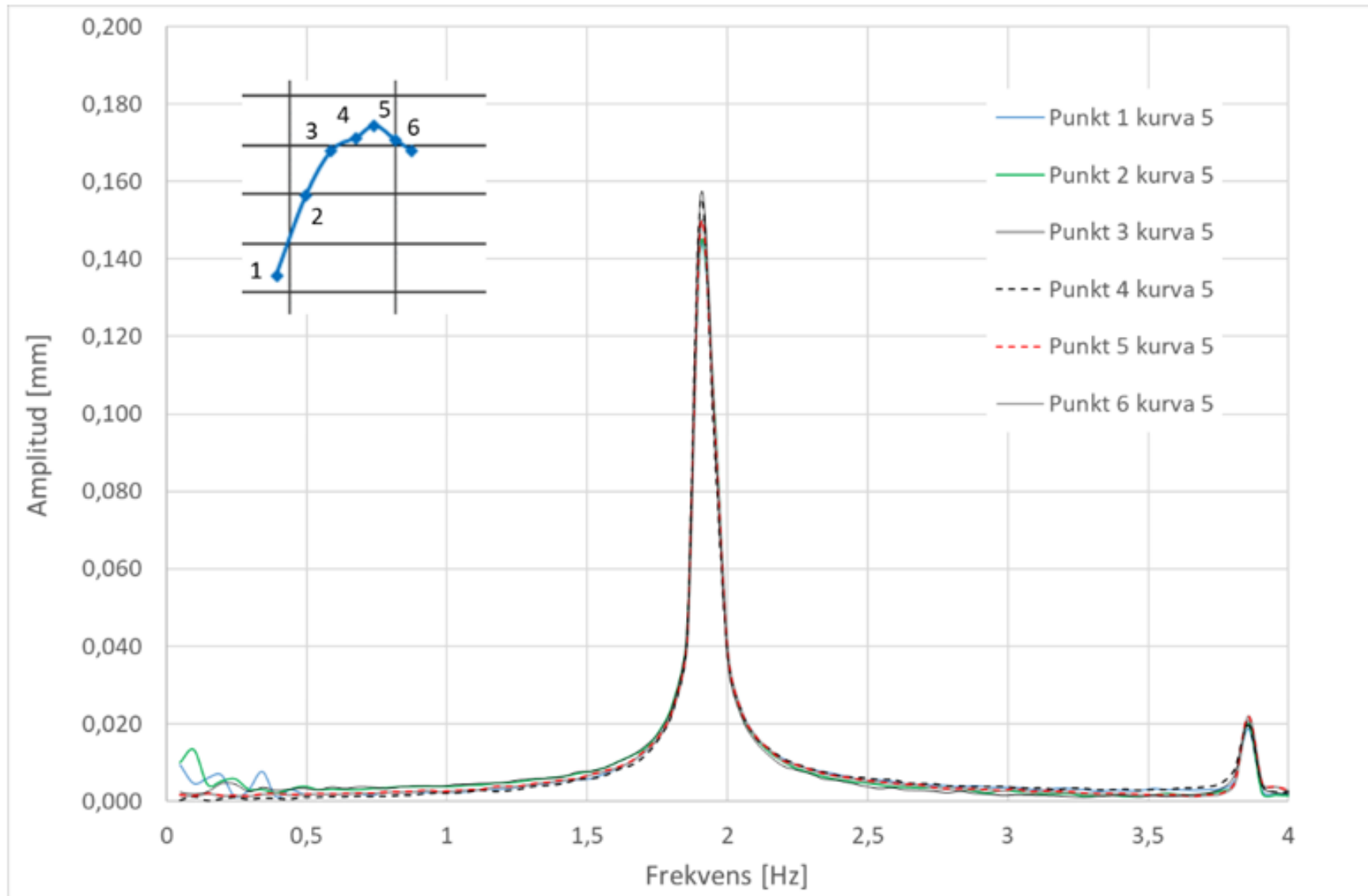


Resultat – axiell rörelse Bergeforsen – Peak to Peak

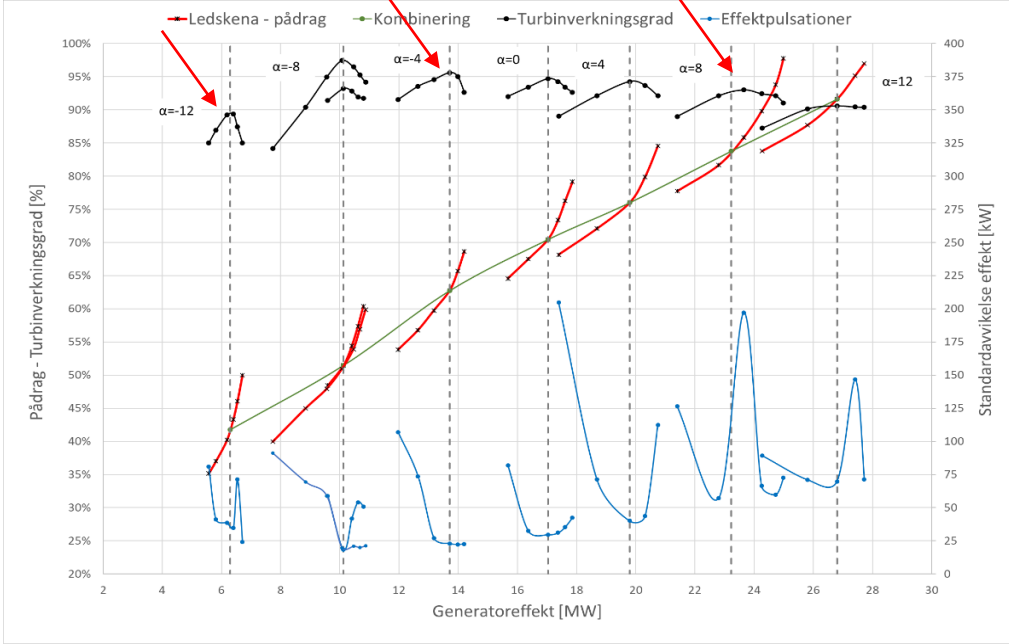
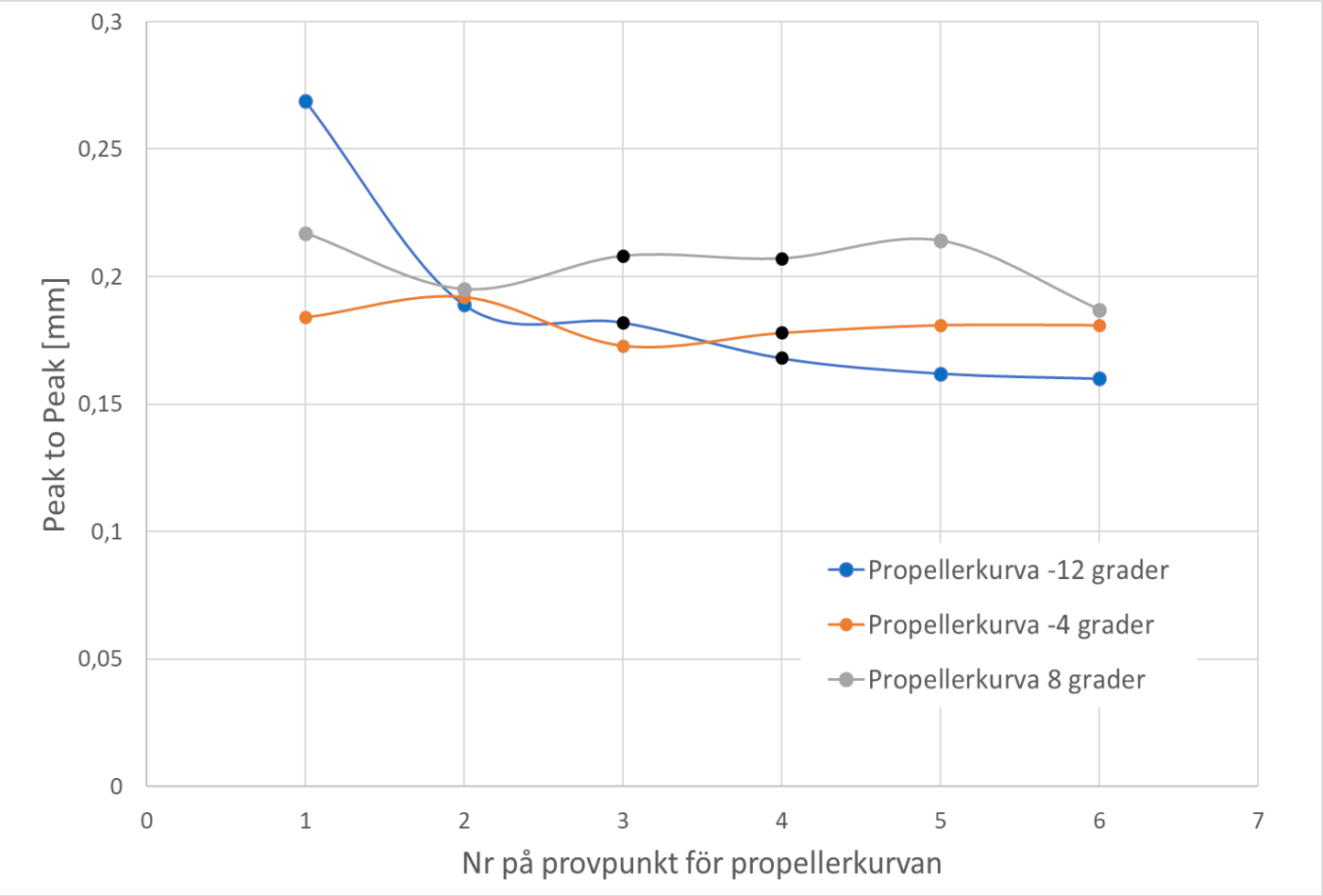


B-givare monterad på telferbalk

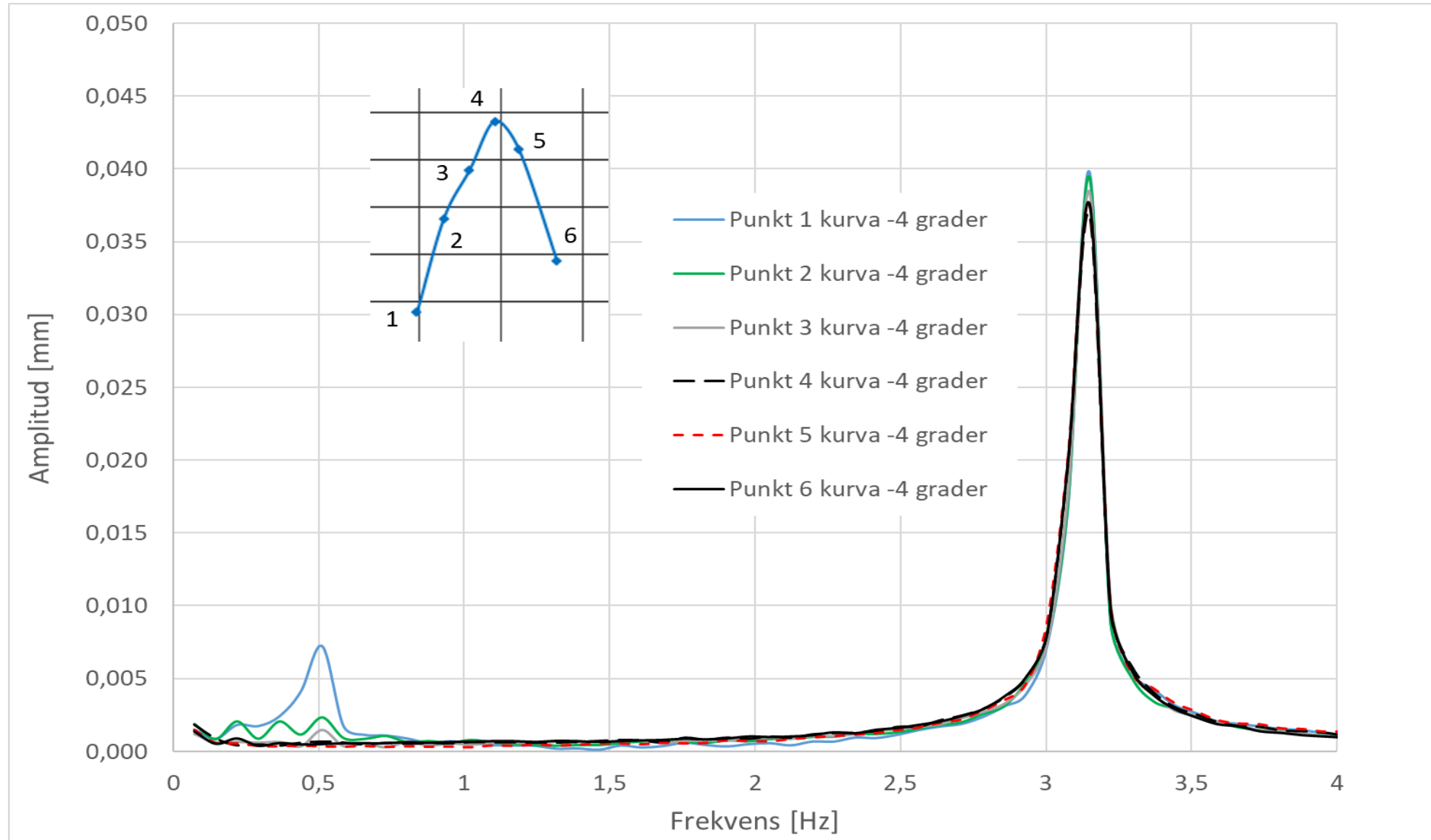
Resultat – FFTanalys – Bergeforsen



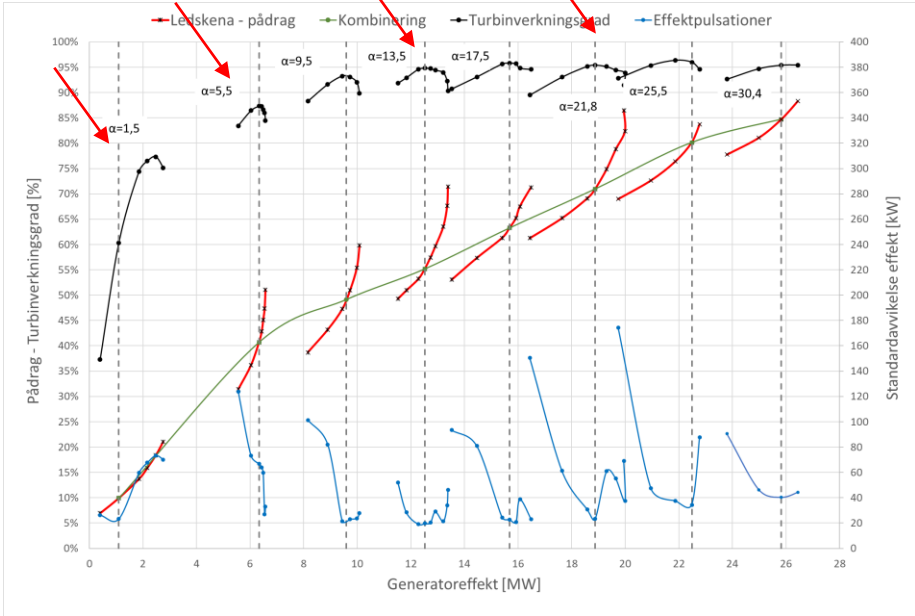
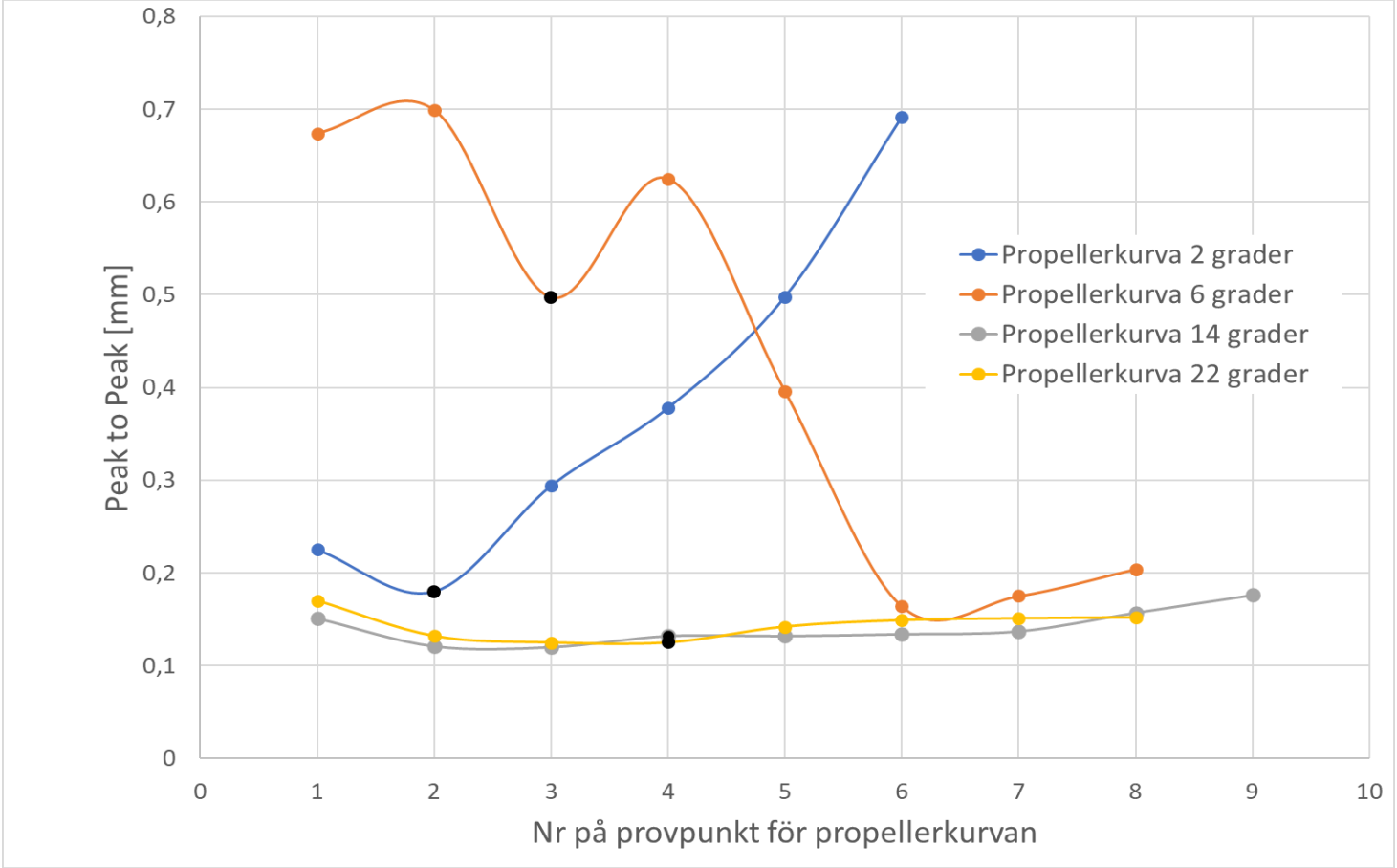
Resultat – axiell rörelse Gulsele – Peak to Peak



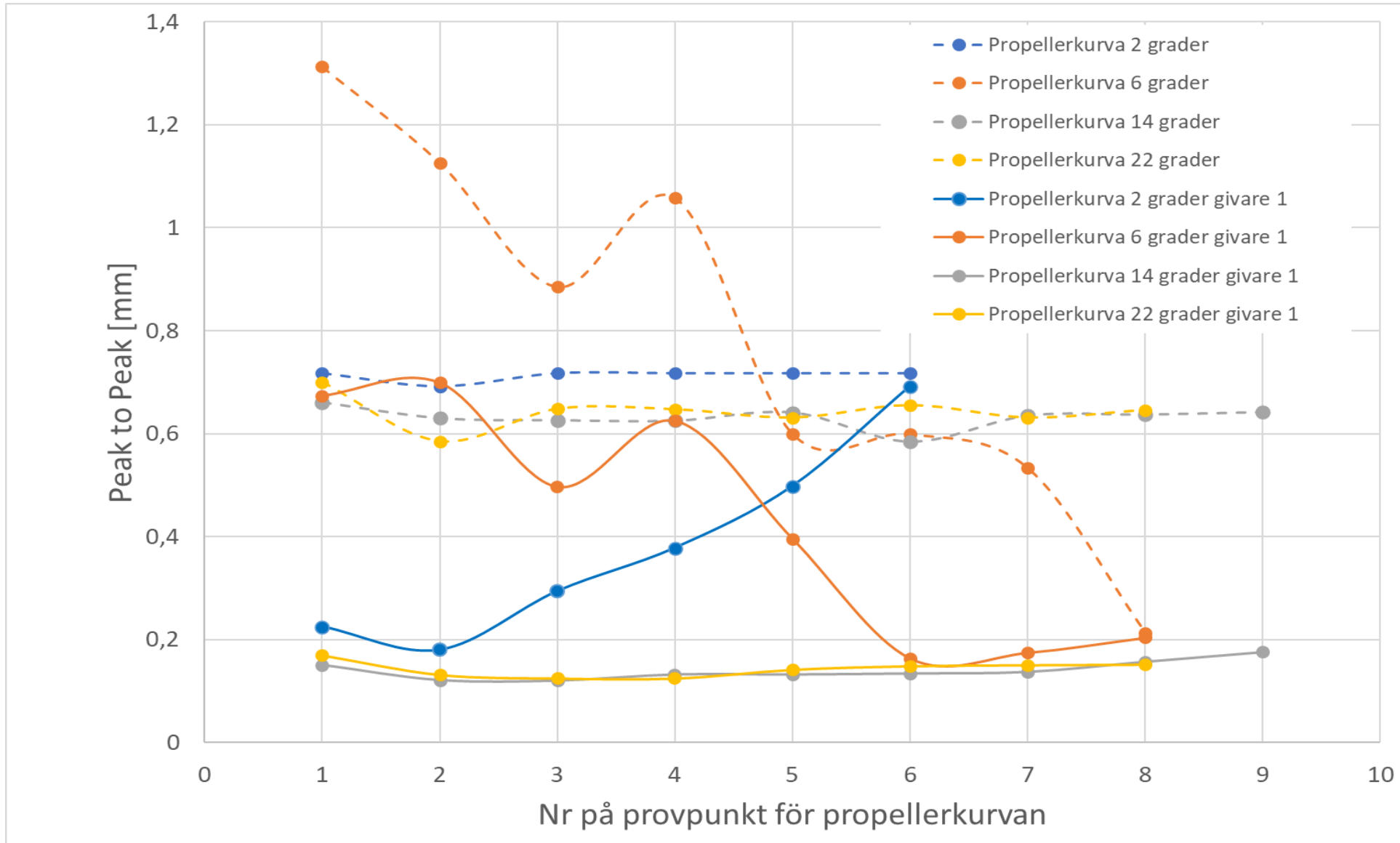
Resultat – FFT analys - Gulsele



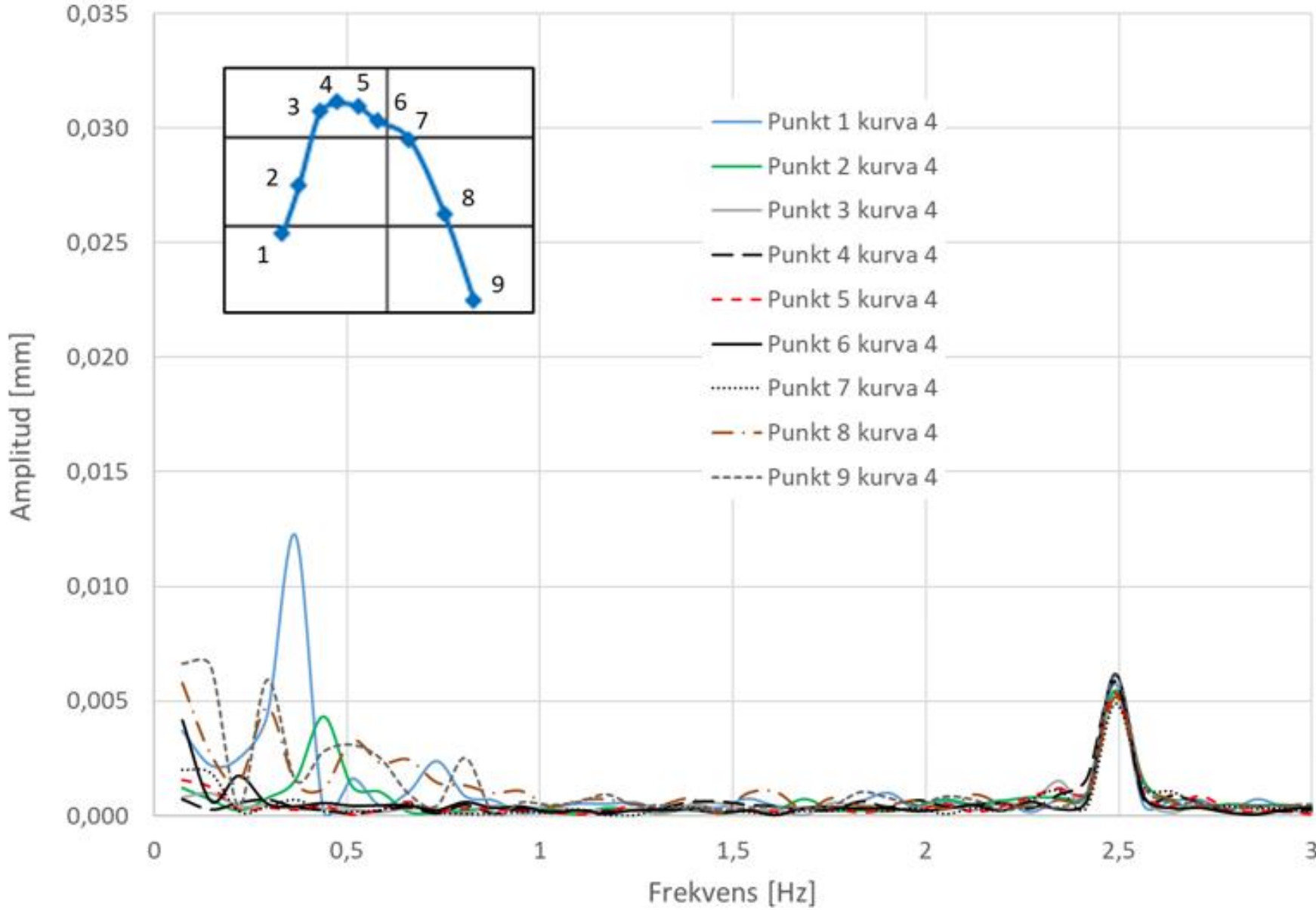
Resultat – axiell rörelse Åsen – Peak to Peak



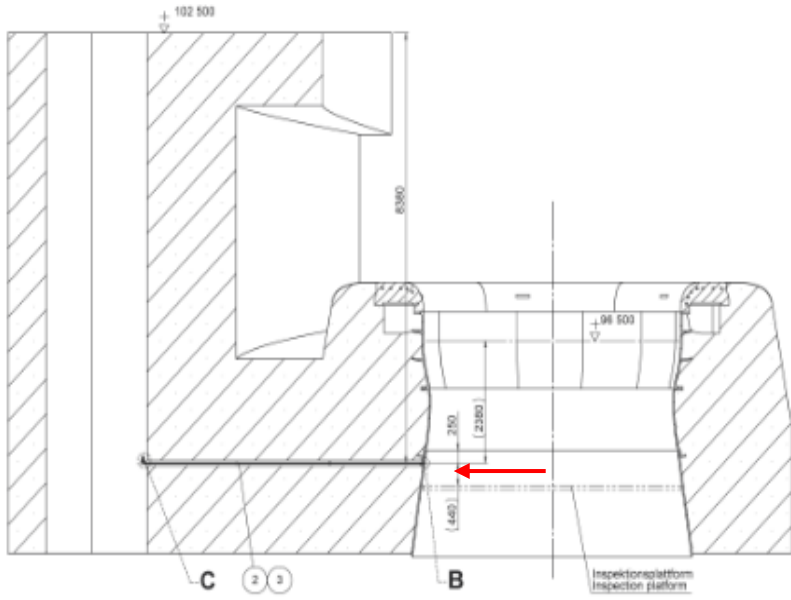
Resultat – axiell rörelse Åsen – Peak to Peak



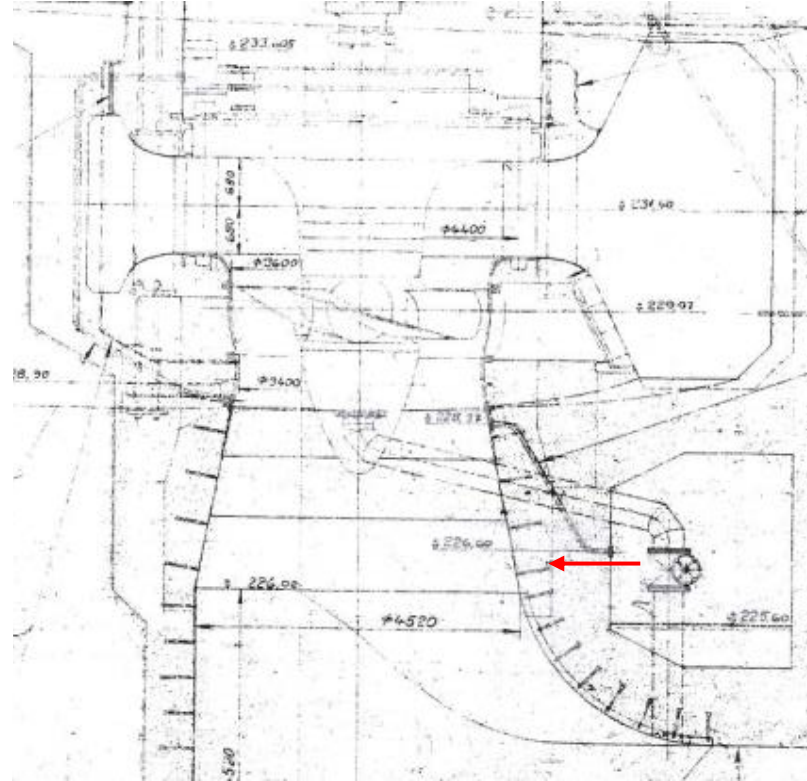
Resultat – FFT – analys - Åsen



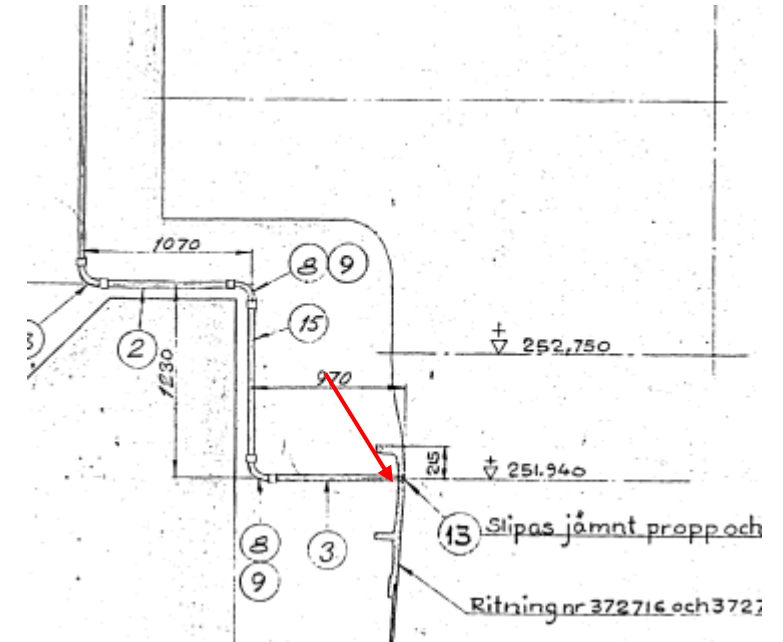
Metodik – montage av tryckgivare sugrör



Bergeforsen

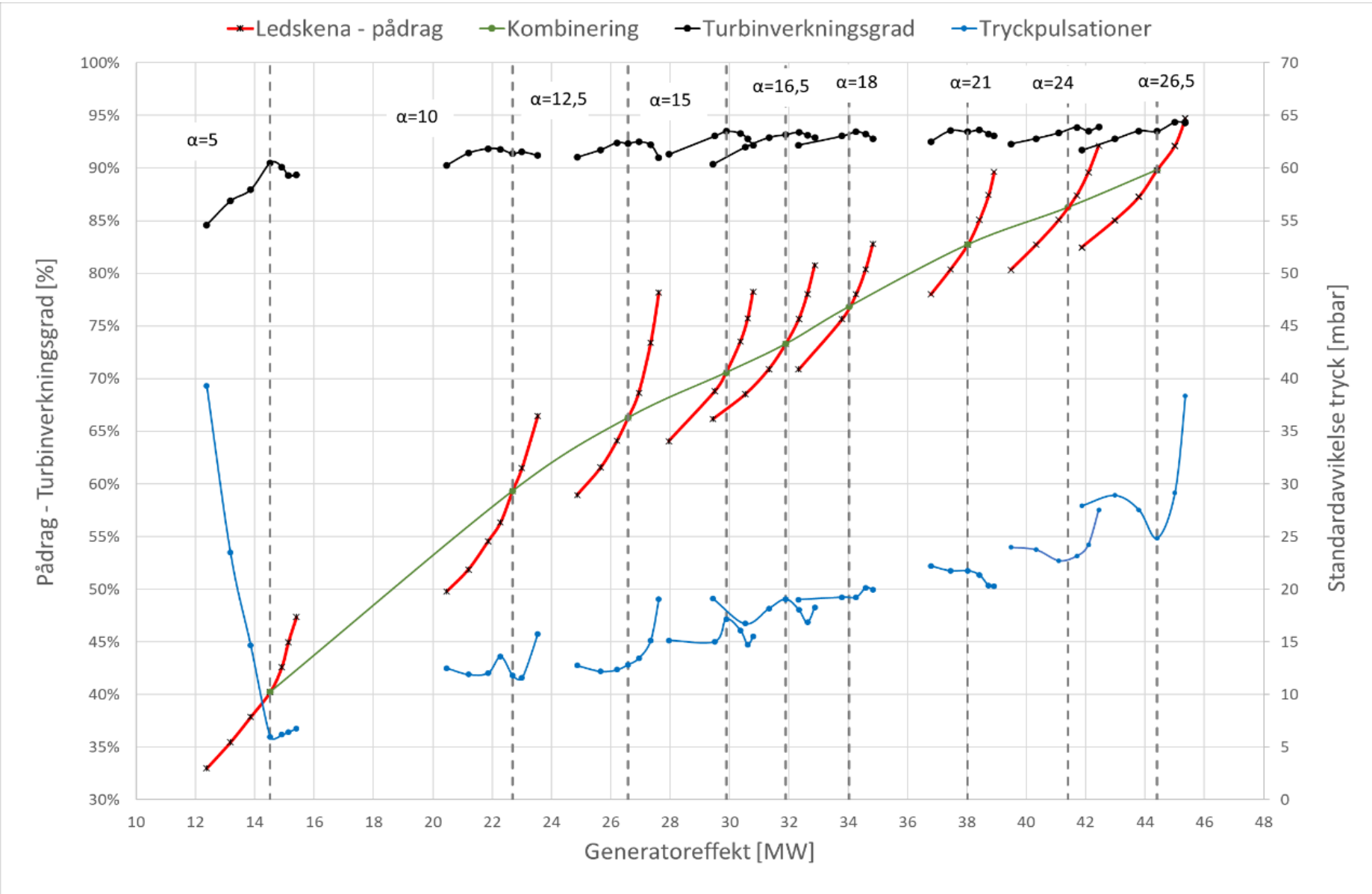


Gulsele

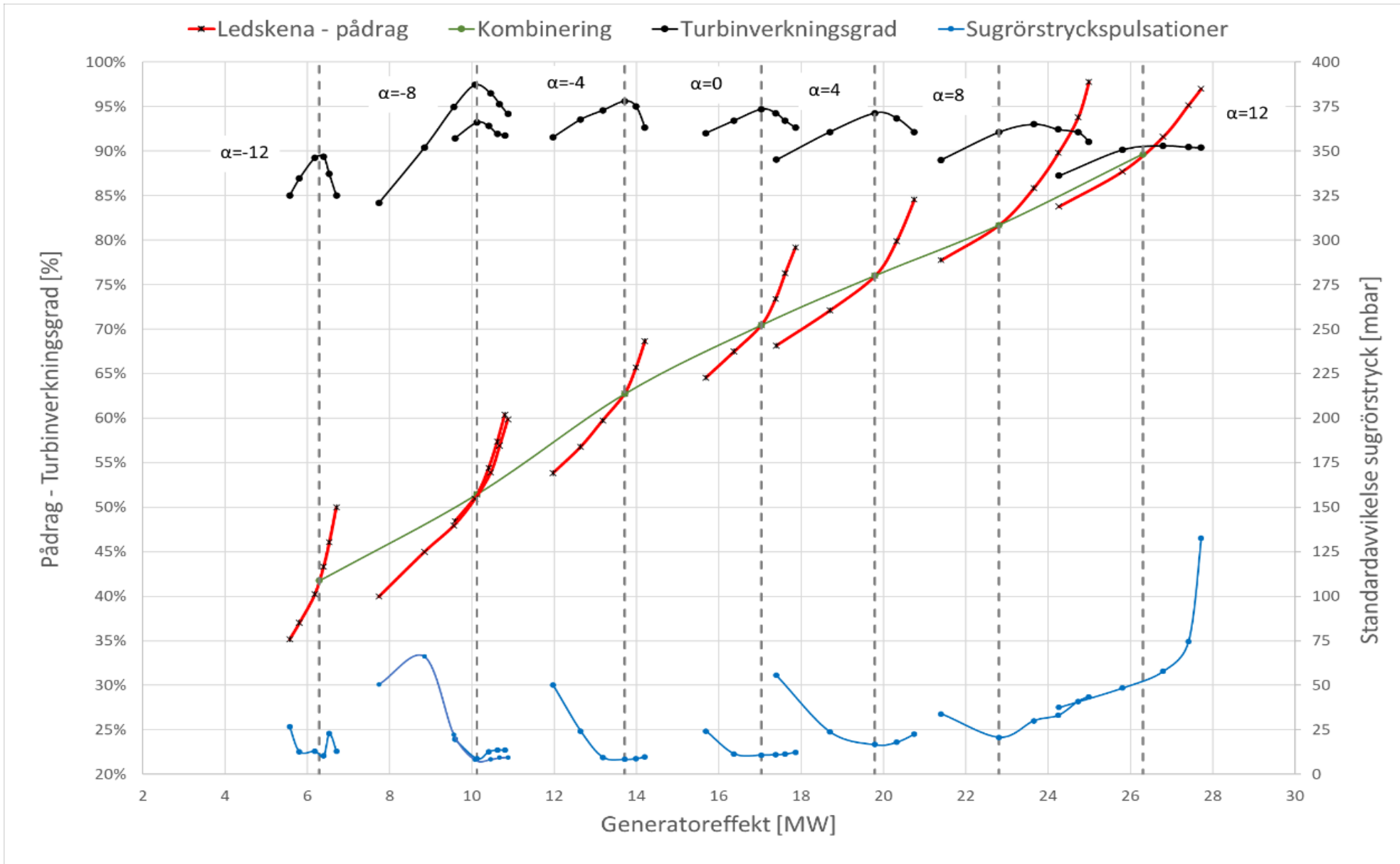


Åsen

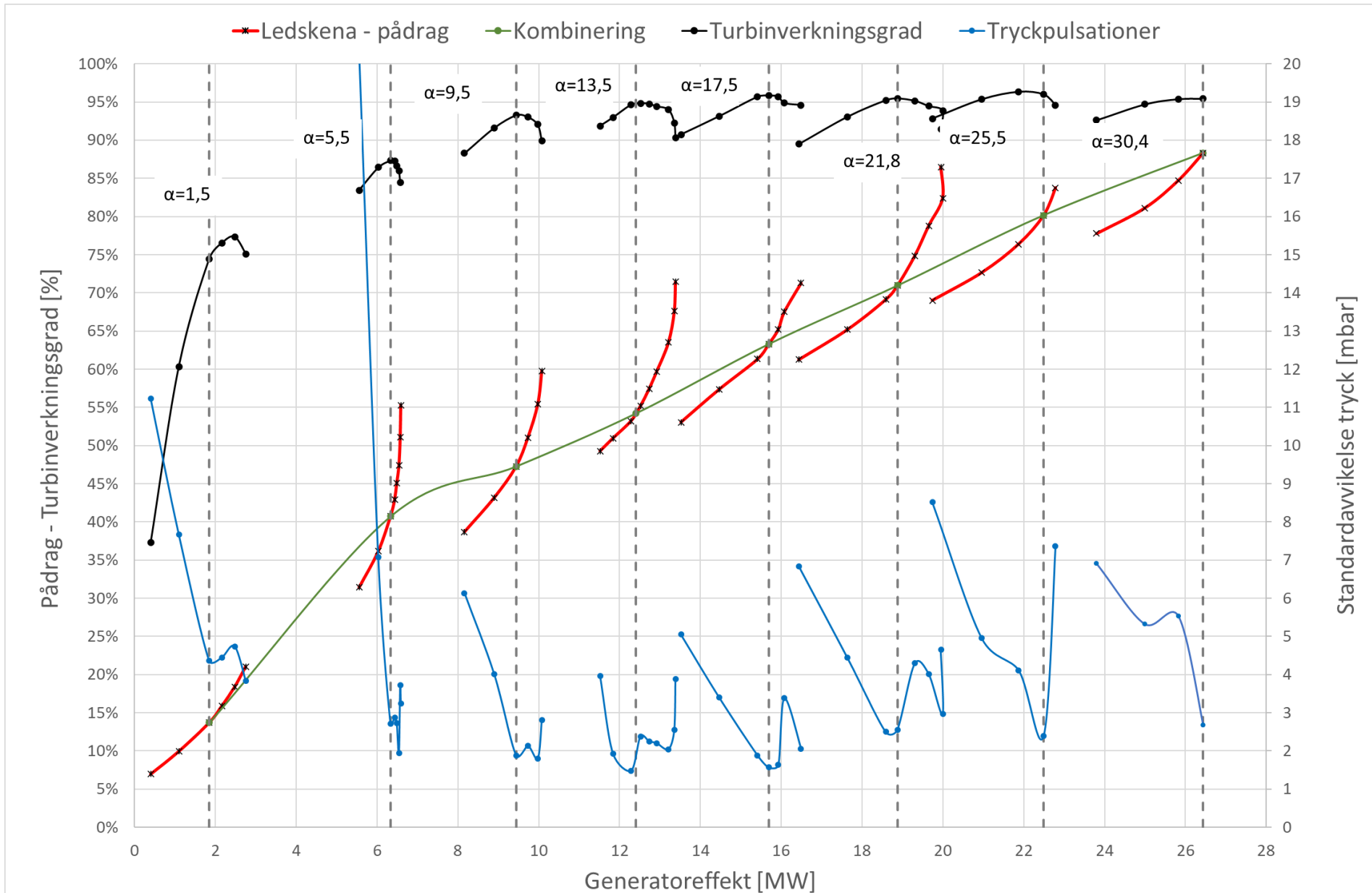
Resultat – kombinerings effektspulser Bergforsen agg 1



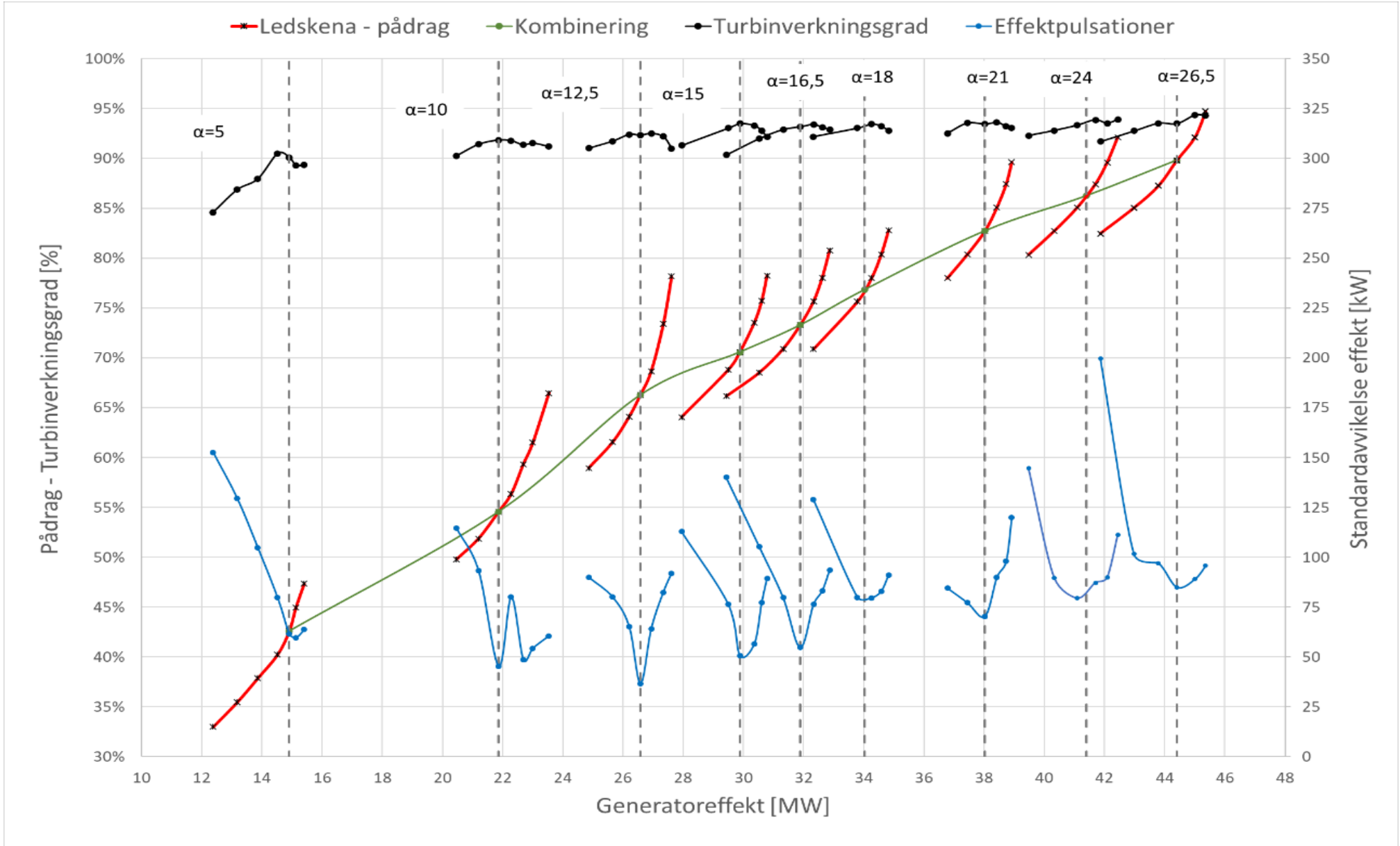
Resultat – kombinerig tryckpulsationer Gulsele agg 3



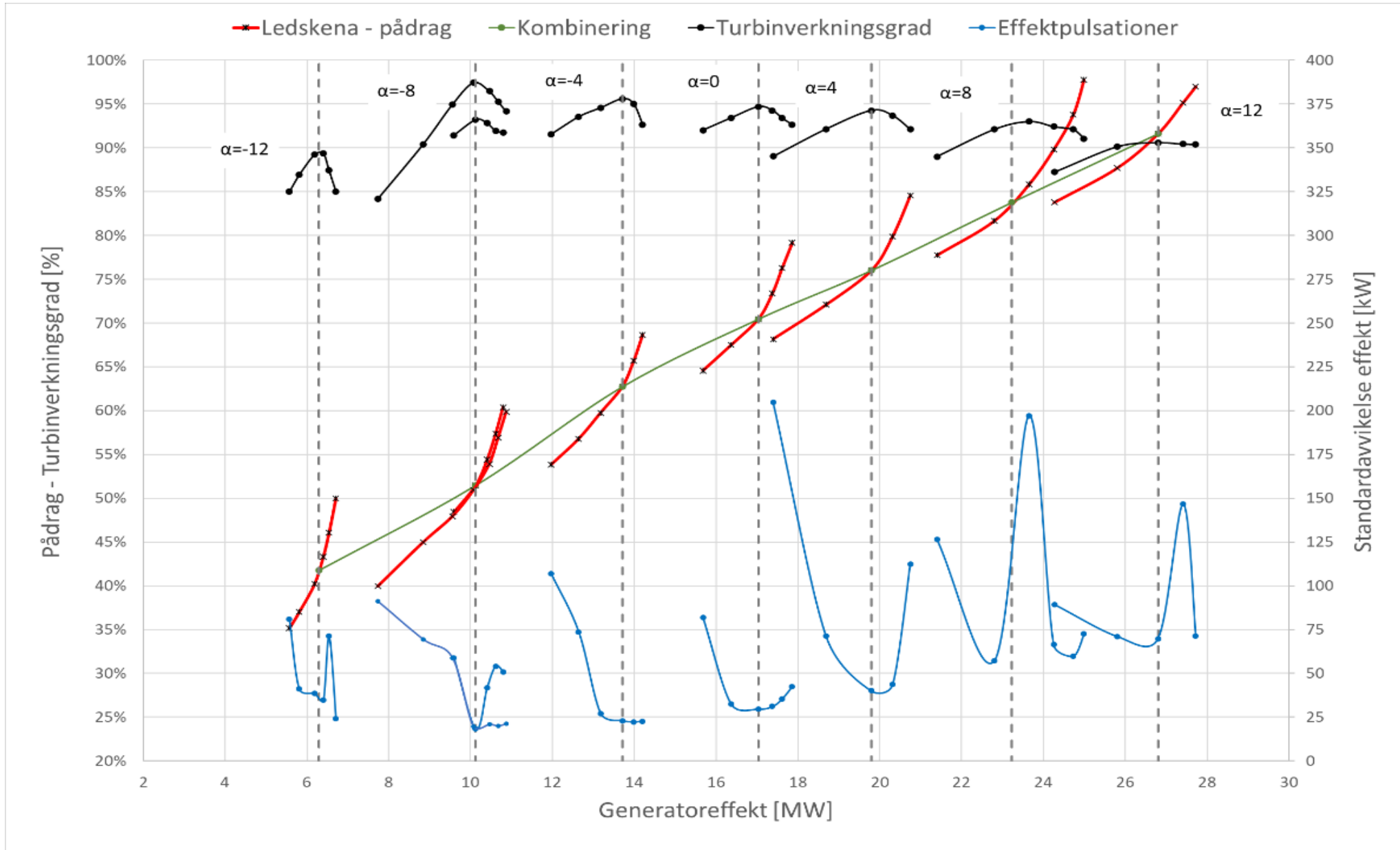
Resultat – kombinerig tryckpulsationer Åsen



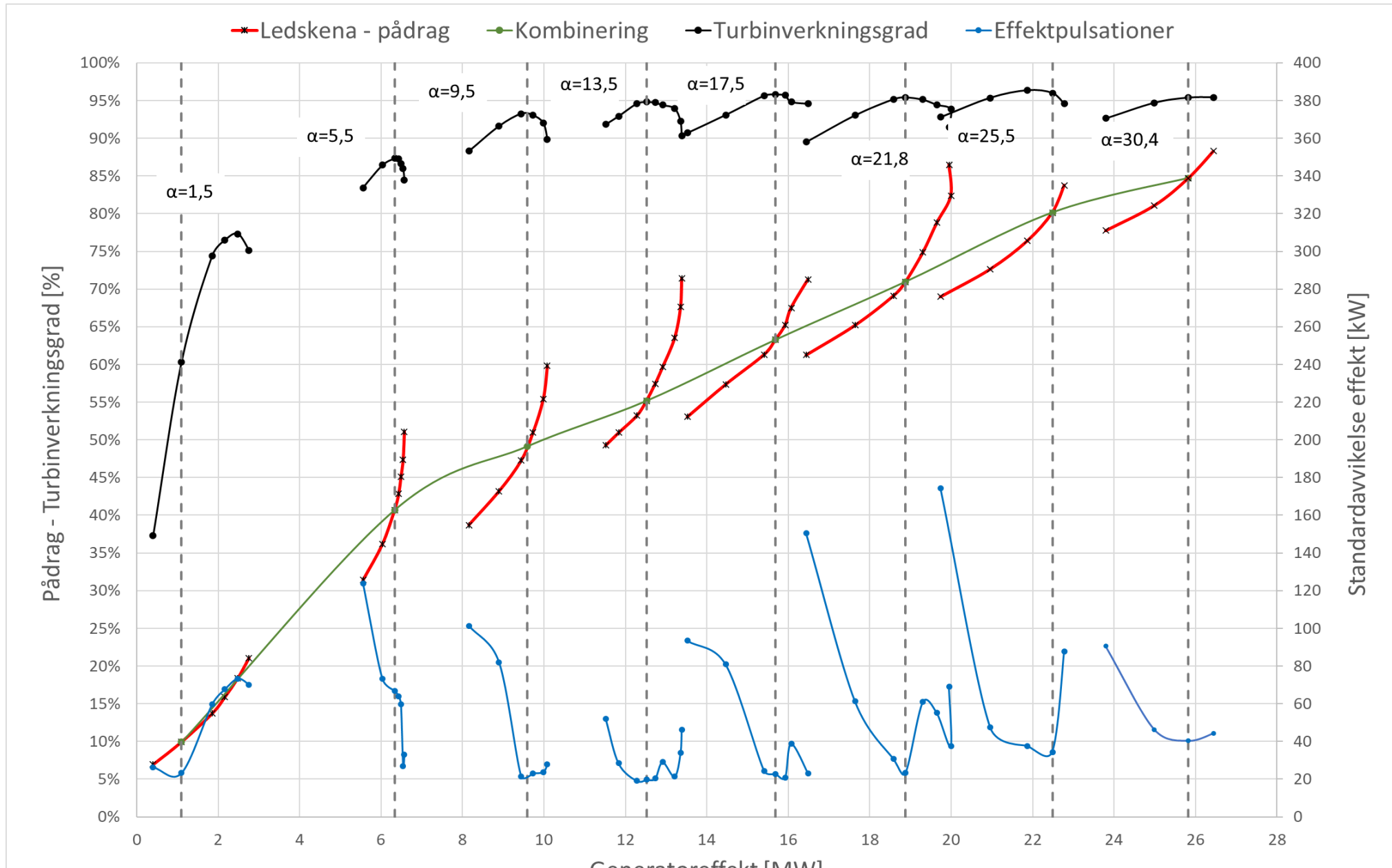
Resultat – kombinerig effektpulsationer Bergeforsen



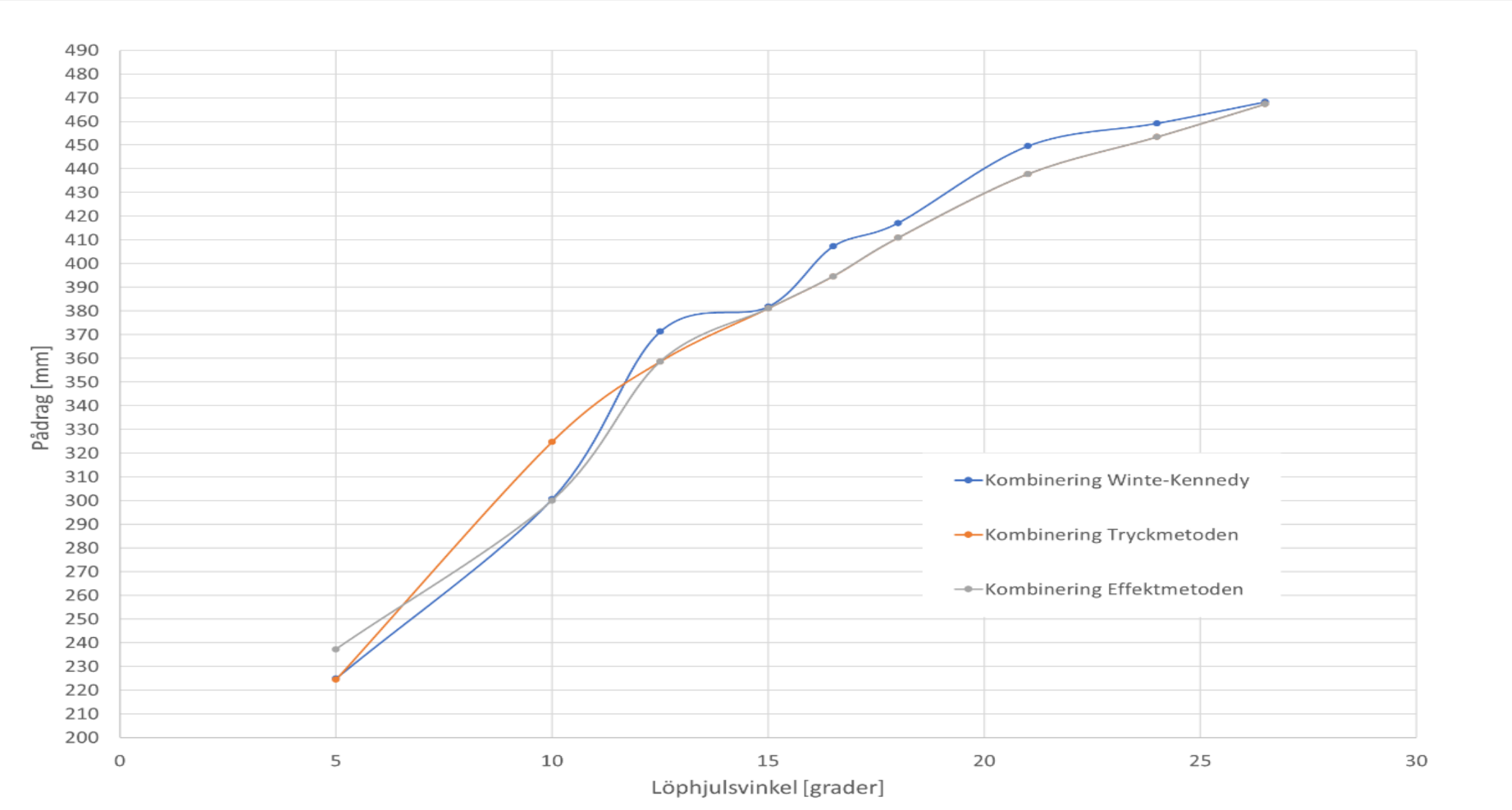
Resultat – kombinerings effektpulsationer Gulsele agg 3



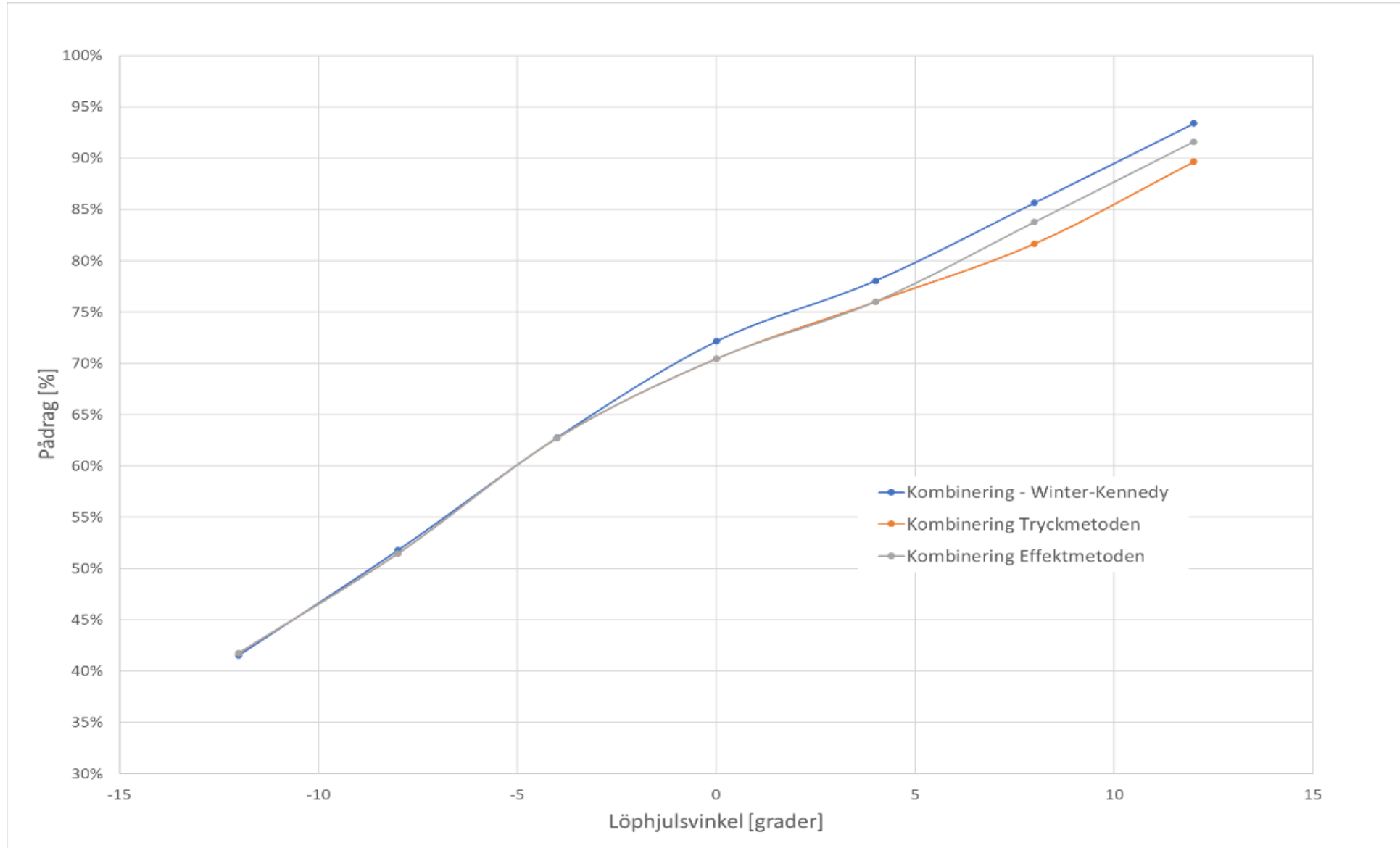
Resultat – kombinerings effektpulser Åsen



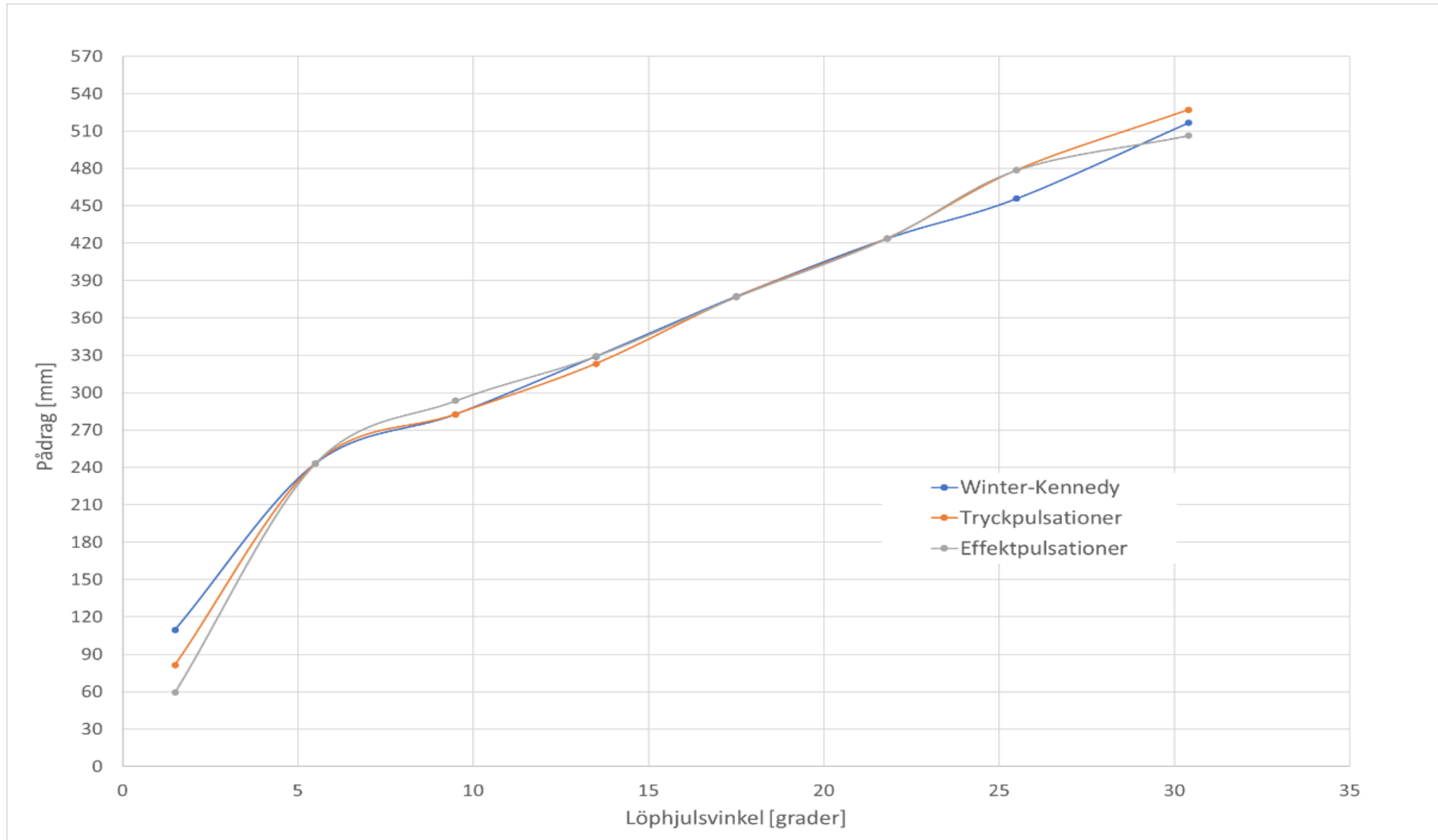
Resultat – Jämförelse mellan olika kombineringsmetoder Bergeforsen



Resultat – Jämförelse mellan olika kombineringsmetoder Gulsele



Resultat – Jämförelse mellan olika kombineringsmetoder Åsen



- Standardavvikelsen av tryck- och effektpulsationer kan användas som kombineringsmetoder.
- Analys av effektpulsationerna ger oftast ett tydligare svar jämfört med tryckpulsationer.
- Effekten är lättare att mäta jämfört med tryckpulsationer.
- Även traditionell kombineringsmetod ger ibland tvetydiga resultat.
- Effekt- och tryckpulsationer kan vara okänsligare, man mäter 10-100% skillnad medan WK 0,1-1% skillnad.
- Bäst är att använda en kombination av metoderna
- Effektmetoden är billigare jämfört med en traditionell kombineringsmetod.
- Kan användas för småskalig vattenkraft och som kontroll av kombineringen
- Endast Kaplanaggregat studerats, går ej att dra slutsatser för bulb- S turbiner
- Ingen tydligt samband uppmättes mellan kombineringspunkt och låga axiella rörelser.
- Valet av indikeringsyta är viktigt.
- Bäst resultat fås troligtvis vid mätning av axelfläns.
- Det behövs kompletterande mätningar för att kunna dra slutsatser.

SWECO



Kontaktuppgifter:
Mikael Sendelius
e-mail: mikael.sendelius@sweco.se
Telefon: 0734-126198