

Eidsiva Energi

Vannlinjeberegning for

Lågen gjennom Vinstra

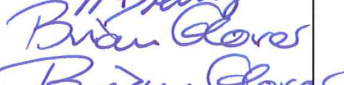
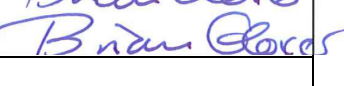
Prosjekt Kåja



Januar 2013



Notat

Oppdrag:	Kåja Kraftverk	Dato:	28/01/-2013
Emne:	Vannlinjeberegning	Oppdr.nr.:	116 520-2
Til:	Eidsiva Energi		
Kopi:			
Utarbeidet av:	Jean-Pierre Bramslev	Sign.:	
Kontrollert av:	Brian Glover	Sign.:	
Godkjent av:	Brian Glover	Sign.:	
Sammendrag:	På basis av justert tverrsnitt av avløpskanalen er det utført en ny beregning av vannlinjer for 5 utvalgte vannføringer. Ny beregning av undervannskurve. Følsomhetsvurdering for undervannskurven, med hensyn til ulike ruhetsverdier.		

1. Innledning

Dette notatet utgjør et tillegg til den forrige vannlinjerapporten fra Multiconsult, fra mars 2012. Rapporten fra mars 2012 er her tatt med som et vedlegg.

Nærværende notat er utarbeidet for å avspeile justeringer av tverrsnittet for avløpskanalen og hvilken betydning det har for undervannskurven. Det er dessuten kjørt en følsomhetsanalyse på undervannskurven.

Det har tidligere vært vurdert å grave bort alle fire fossenakker i området. I de nye beregningene vil fossenakken lengst nedstrøms (tidligere referert til som fossenakke D) ikke bli gravd bort, ut fra miljømessige hensyn. Beregninger har vist at den har minimal betydning for undervannskurven.

2. Vannlinje

Nye data har blitt lagt inn for avløpskanalens geometri. Disse består først og fremst i en justering av kanalens tverrsnitt. Tverrsnittet har blitt justert for så vidt gjelder sidehelningen. Dessuten har det blitt lagt inn terrasser på sidene som har til formål å skape mer variasjon i elveløpet. Det er for øvrig også gjort en mindre justering av kanalens senterlinje.

Kanalens sidehelning er satt 1:2 (høyde:side). Dette er ikke en stor endring, men er nå gjennomført konsekvent. I tidligere beregninger var sidehelningen mer tilpasset det naturlige elveprofilen. Figur 8 viser tre utvalgte tverrprofiler i kanalen – naturlig og etter utbygning. Det tredje ligger ved kanalens avslutning forblir uendret.

Som vist på Figur 9 vil det anlegges en stor terrasse på venstre bredd (opp til 20 m bred) og en mindre på høyre bredd (opp til 10 m bred). Nivået på terrassene er 2 m høyere enn bunnen i selve kanalen. Tverrprofil 9 på Figur 8 avspeiler terrassen på høyre bredd.

Resulterende vannlinjer er beregnet for følgende vannføringer:

$Q = 30 \text{ m}^3/\text{s}$	Figur 1
$Q = 70 \text{ m}^3/\text{s}$	Figur 2
$Q = 150 \text{ m}^3/\text{s}$	Figur 3
$Q = 320 \text{ m}^3/\text{s}$	Figur 4
$Q_{1000} = 2643 \text{ m}^3/\text{s}$	Figur 5

Foruten vannlinjen, som er vist med rødt, viser Figur 1-5 elvebunn i prosjekt (tykk grå), samt naturlig elvebunn (stiplet). Beliggenheten av oppmålte tverrprofiler 3B – 13 er også vist.

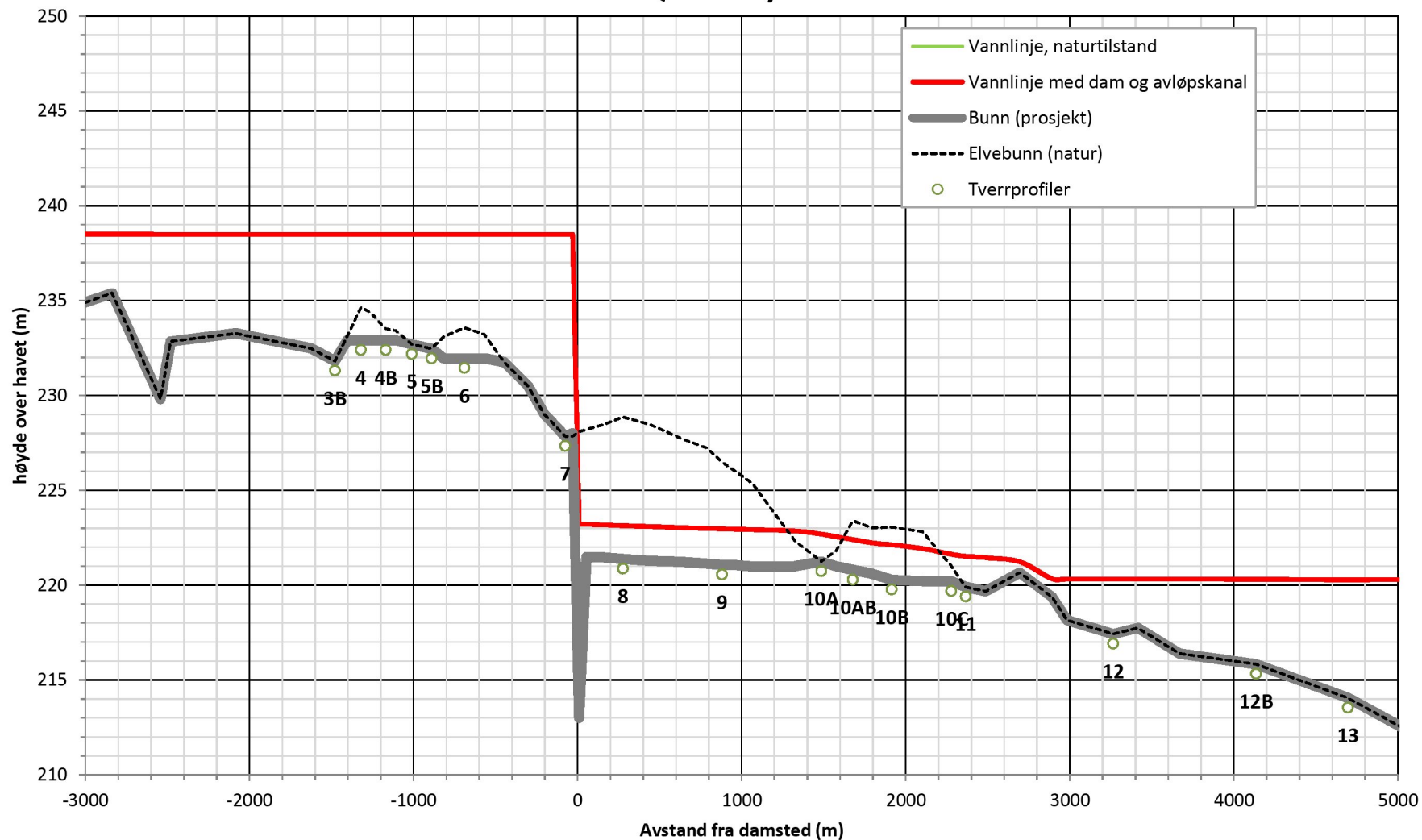
3. Undervannskurve og følsomhetsanalyse

Basert på den nevnte oppdatering er ny undervannskurve beregnet for vannføringer opp til PMF. Denne er vist som Figur 6. Undervannet blir lavere enn ved tidligere beregninger.

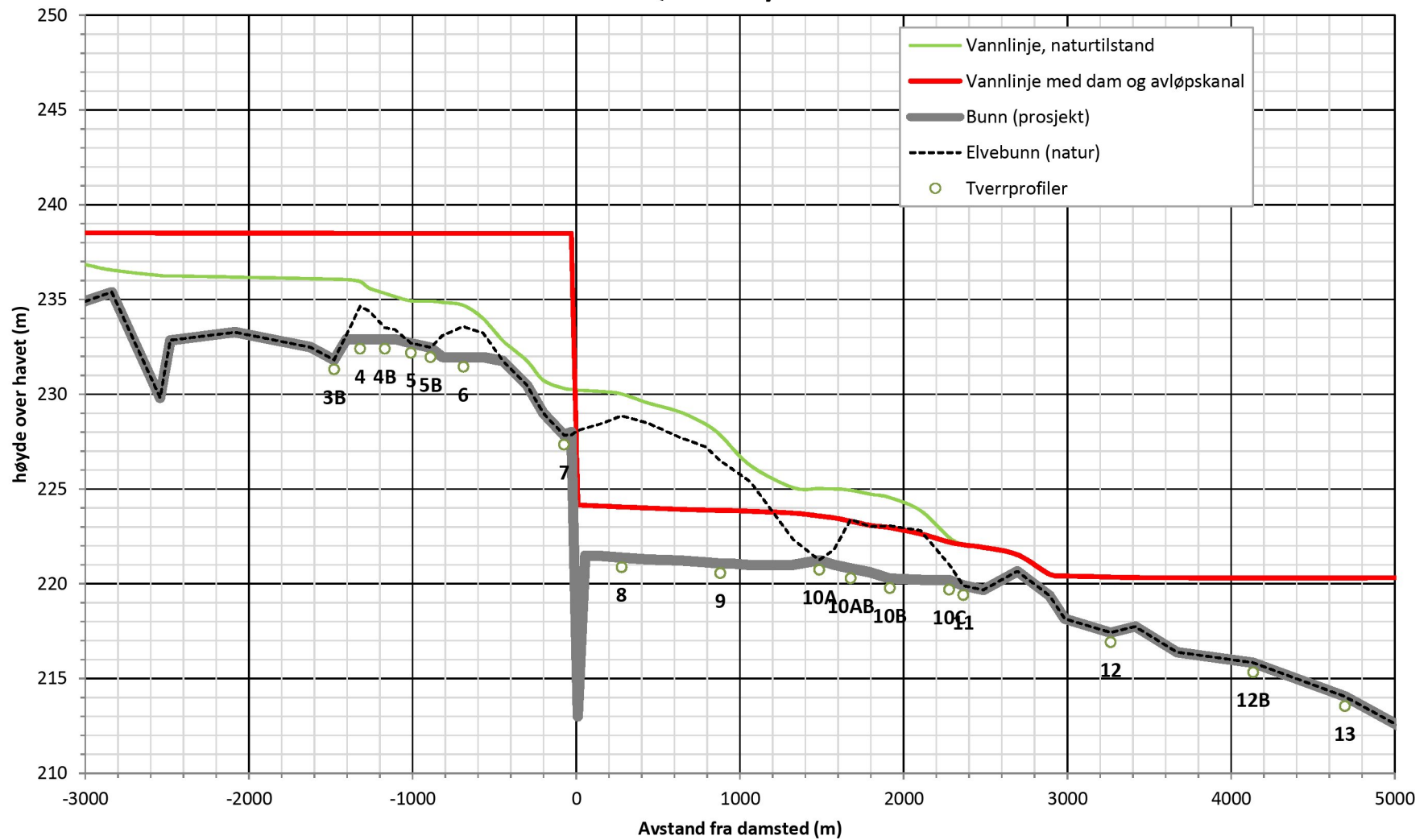
Ifølge Multiconsults vurdering beskrives avløpskanalens ruhet best med et Manningtall på 30. For å få et mål for usikkerheten er det i tillegg beregnet en undervannskurve for $M=25$ (mere ru) og $M=35$ (mere glatt). Disse er presentert på Figur 7. Figuren viser at ved en vannføring på $320 \text{ m}^3/\text{s}$ blir undervannet ca. 20 cm høyere hhv lavere med disse alternative ruhetstallene.

Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen

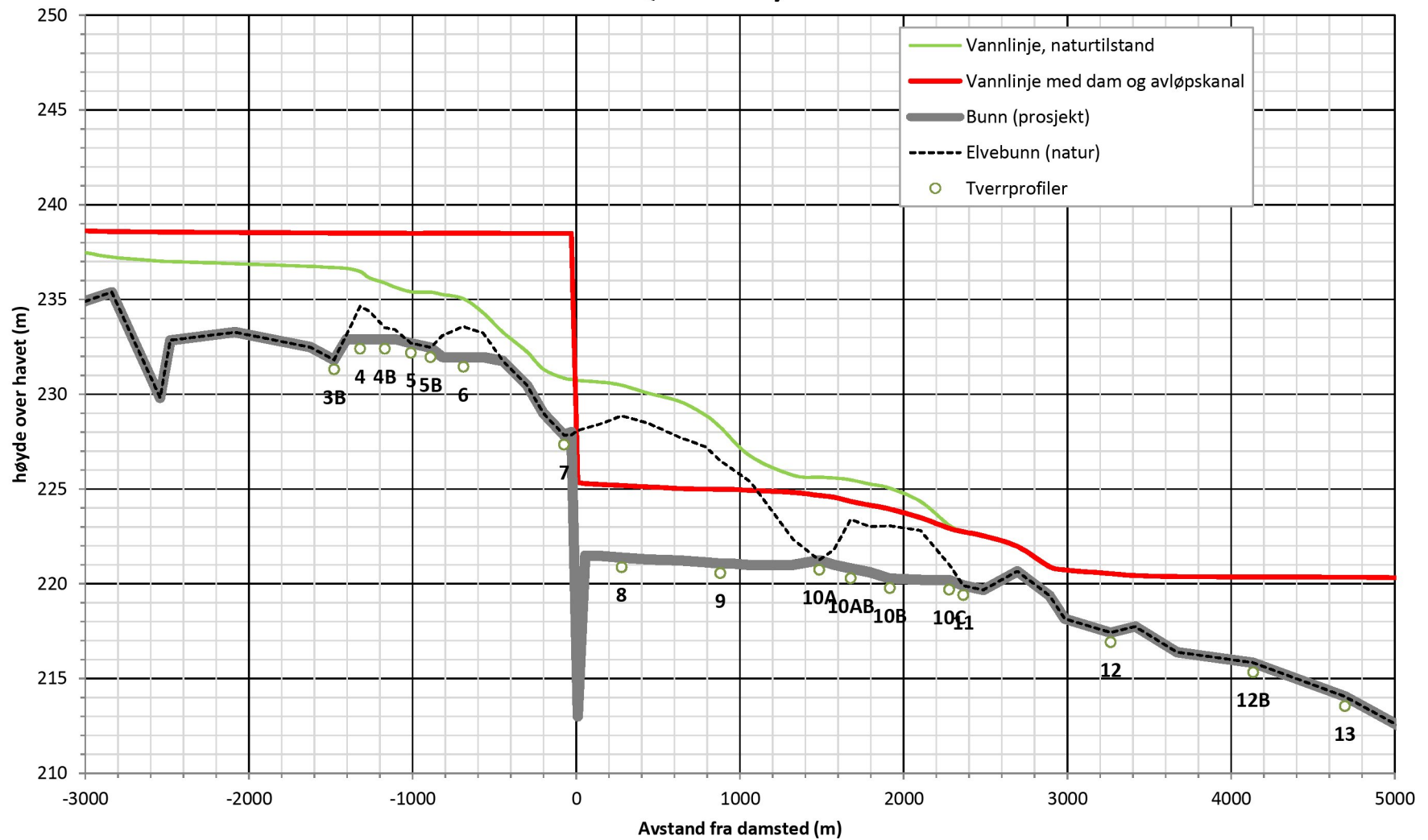
Q=30 m³/s



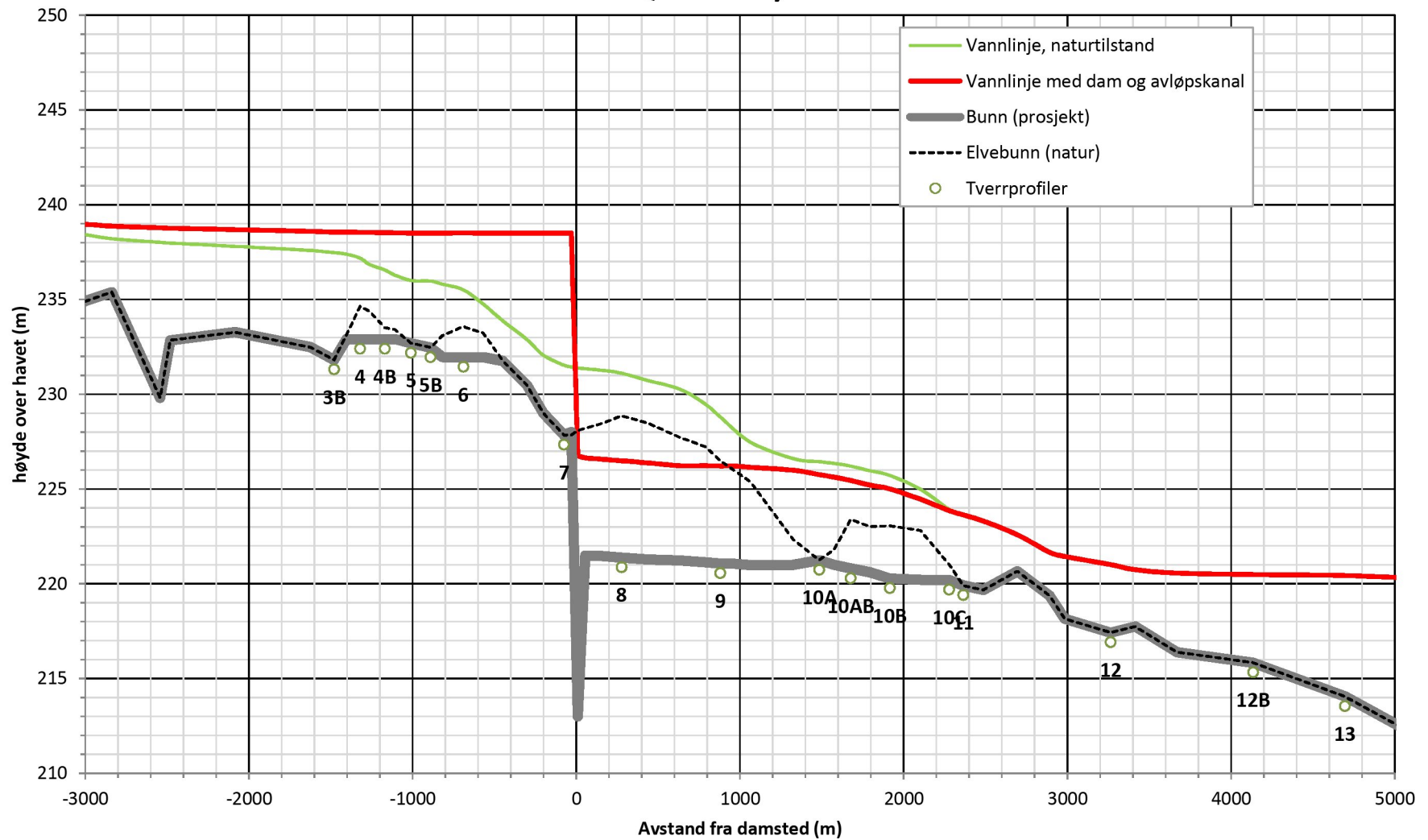
Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen Q=70 m³/s



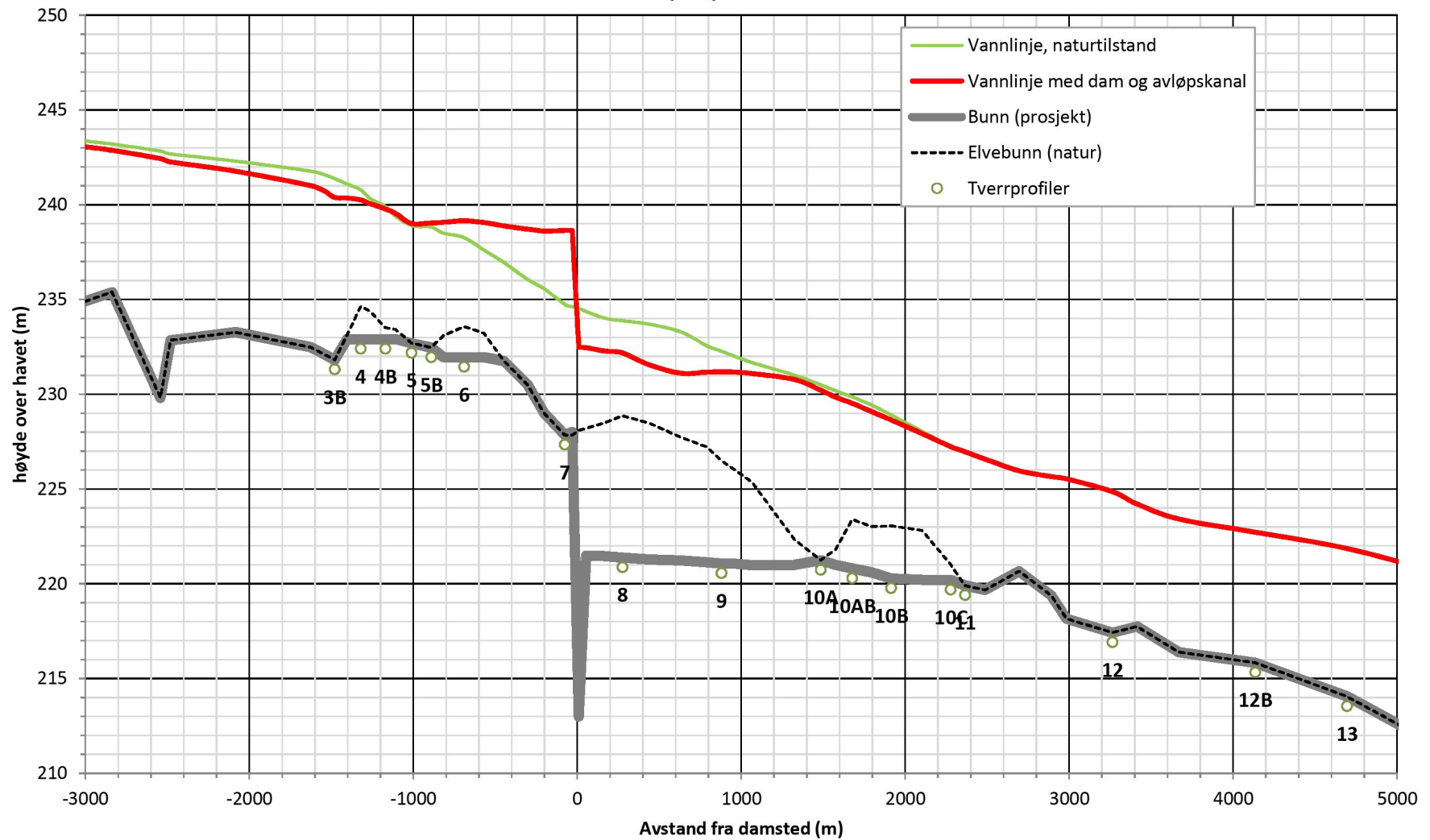
Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen Q=150 m³/s

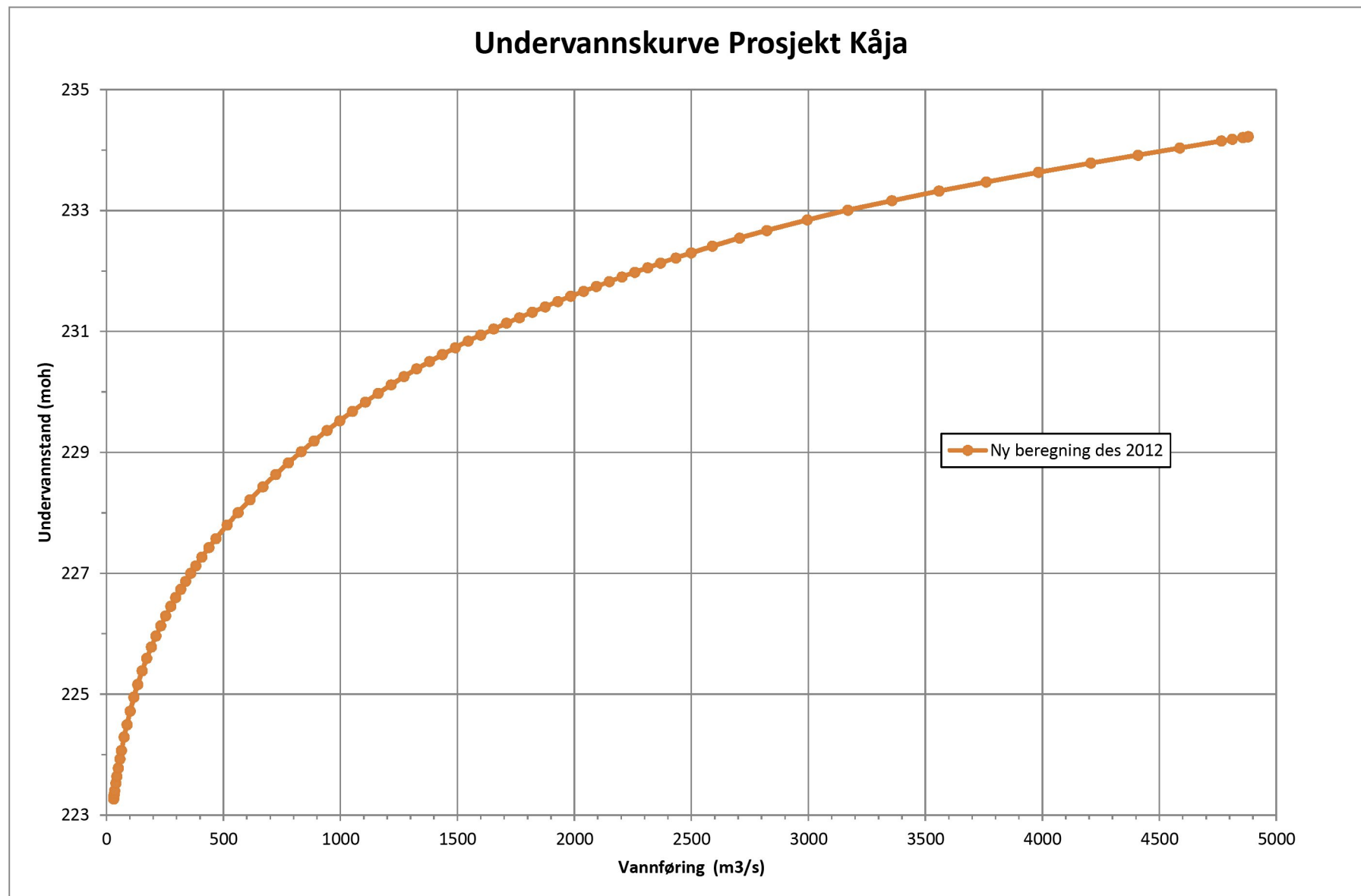


Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen Q=320 m³/s



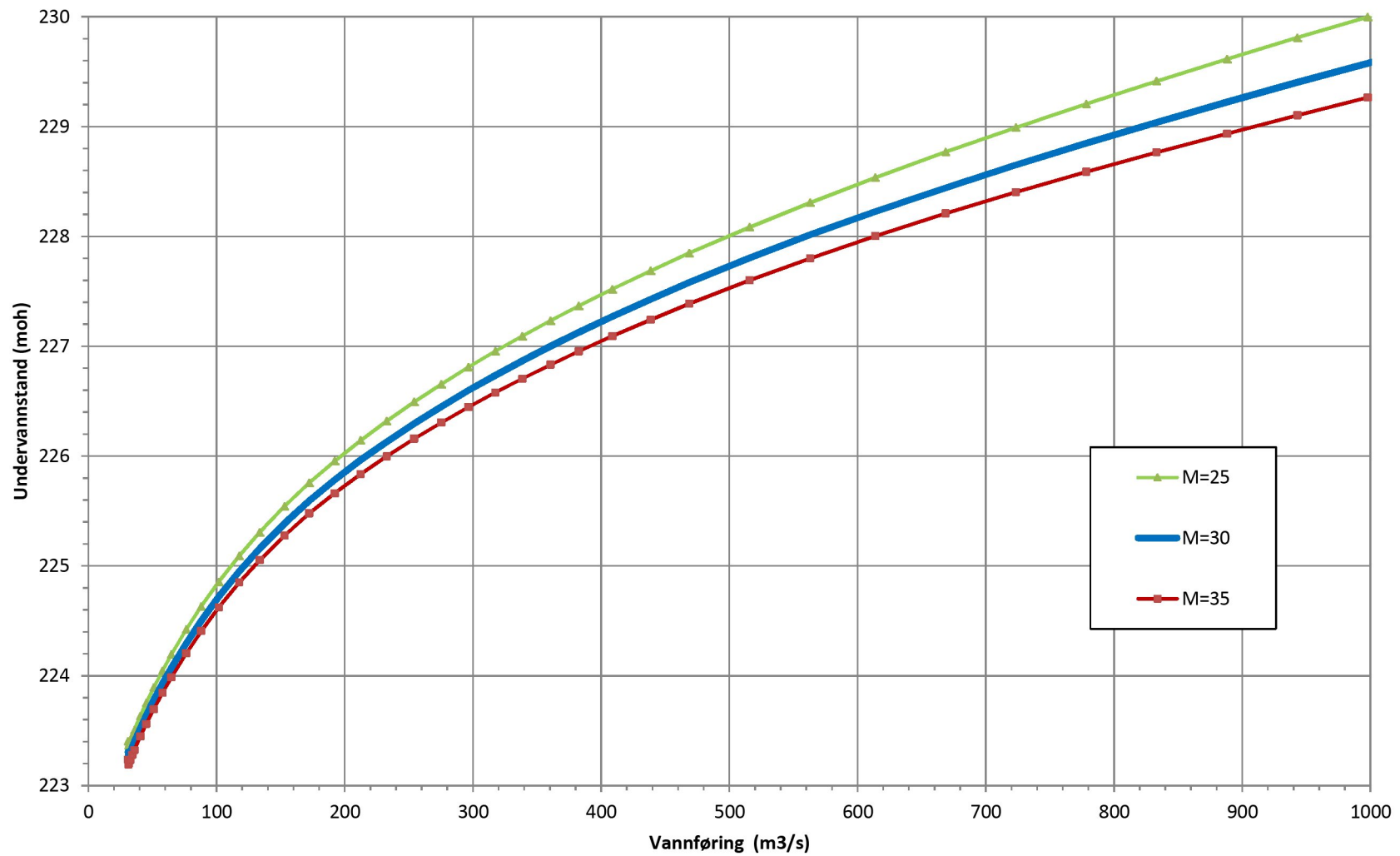
Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen Q=Q1000

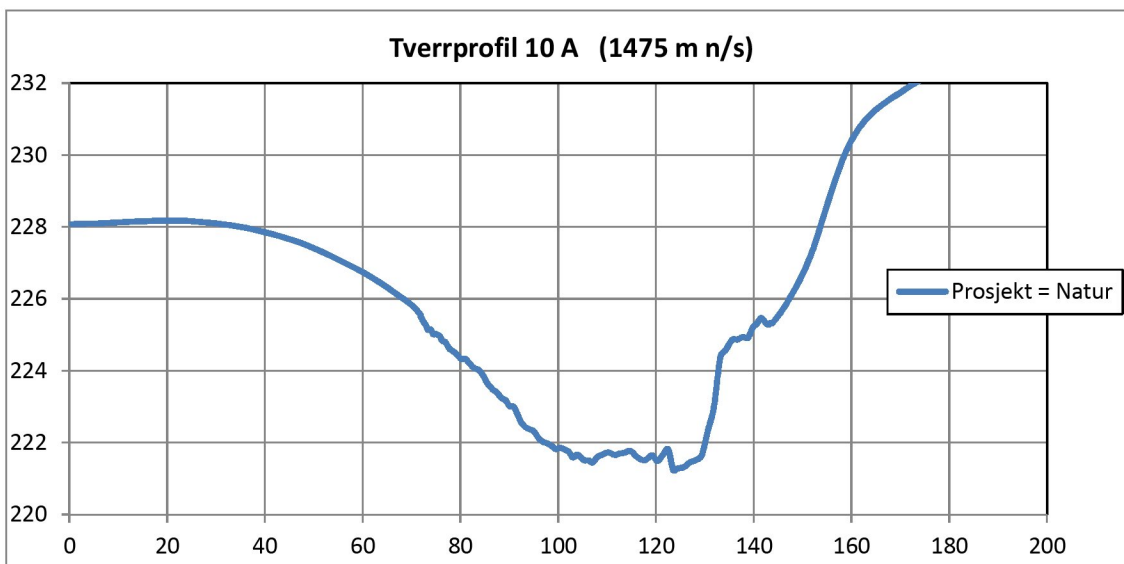
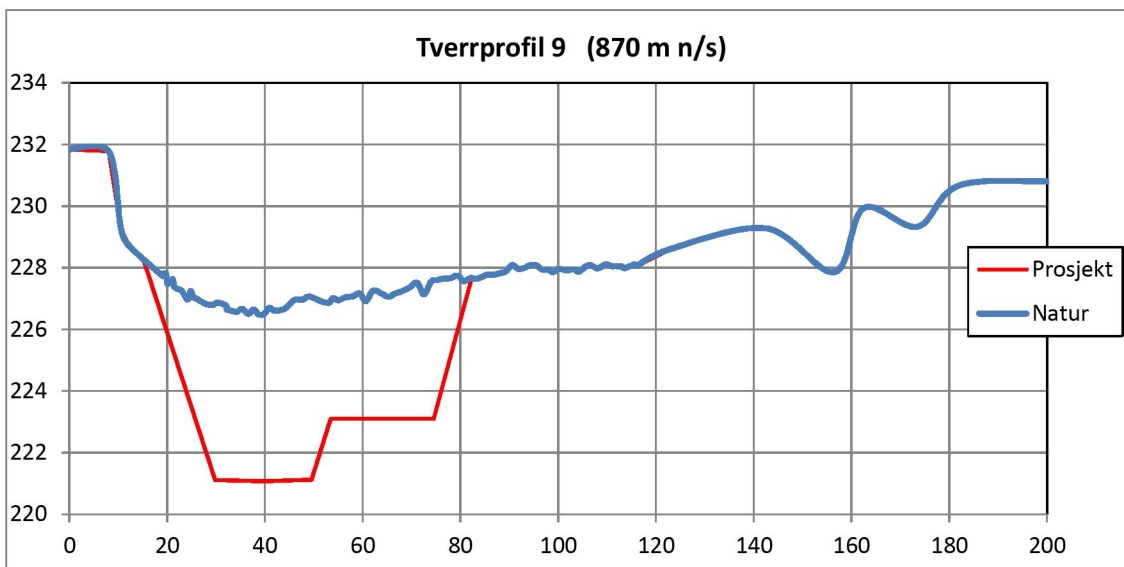
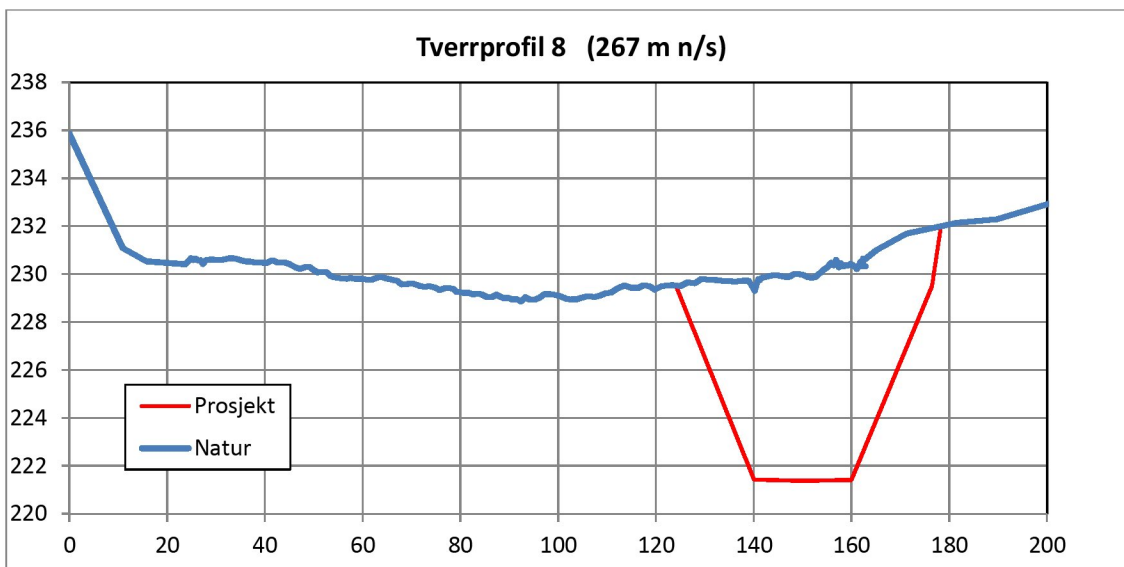




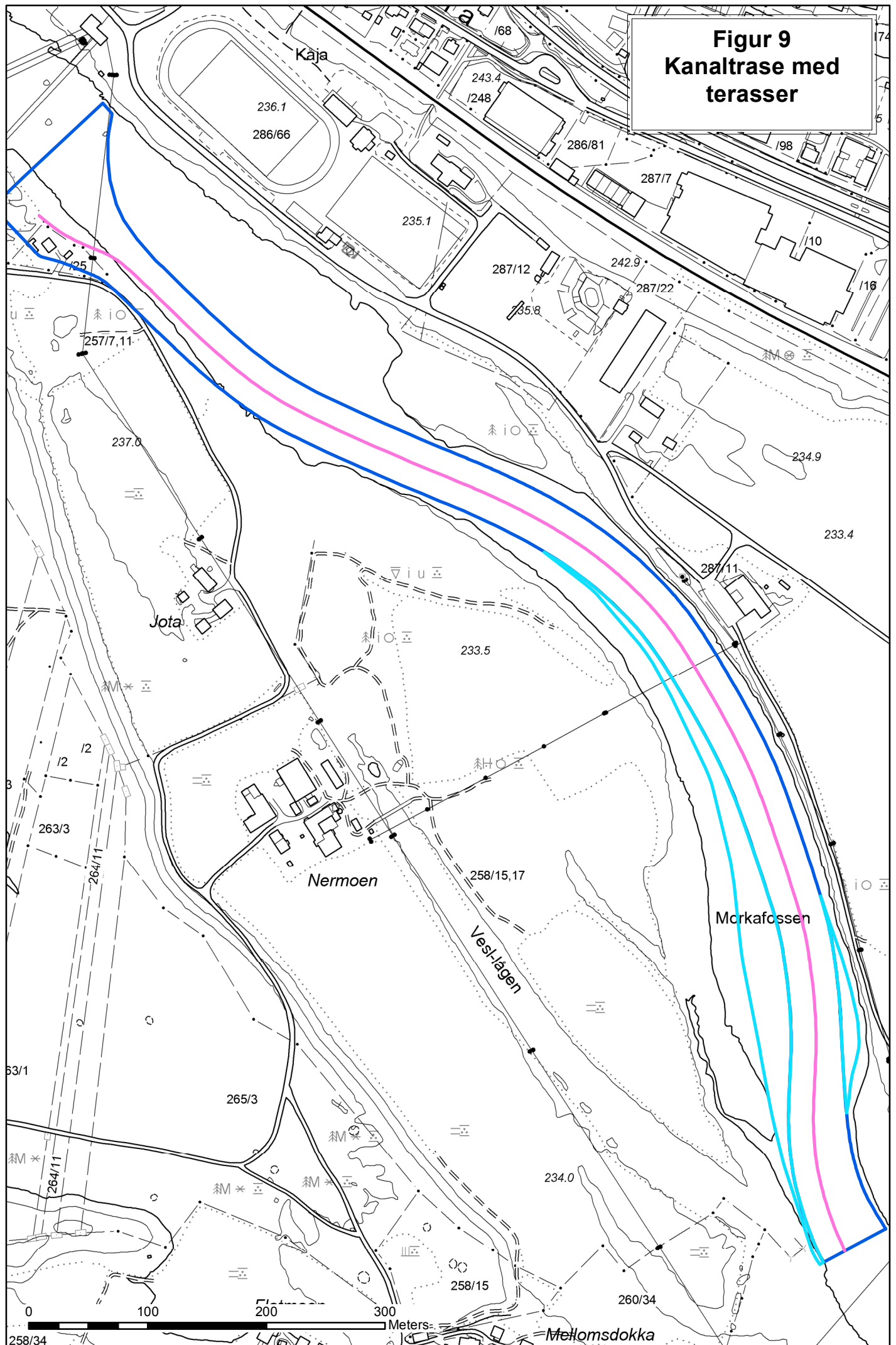
Undervannskurve Prosjekt Kåja

Følsomhetsanalyse mht ruhet (Mannings M)





Figur 9 Kanaltrase med terasser



VEDLEGG:

Rapport Vannlinjeberegning for
Lågen gjennom Vinstra
Prosjekt Kåja
Mars 2012

Eidsiva Energi

Vannlinjeberegning for

Lågen gjennom Vinstra

Prosjekt Kåja



Mars 2012



VEDLEGG

Rapport

Oppdrag: **Kåja Kraftverk**

Emne: **Vannlinjeberegning**

Oppdragsgiver: **Eidsiva Energi**

Dato: 27. mars 2012

Oppdrag- /
Rapportnr. **116 520-2 / 1**

Tilgjengelighet Ikke begrenset

Utarbeidet av: **Jean-Pierre Bramslev** Fag/Fagområde: **Hydraulikk**

Kontrollert av: **Brian Glover** Ansvarlig enhet: **Energi**

Godkjent av: **Brian Glover** Emneord: **Vannlinjeberegning**

02	27.03.12	Endelig rapport	9 + fig		BGlover	BGlover
01	31.01.11	Foreløpig rapport (notat)				
Utg.	Dato	Tekst	Ant.sider	Utarb.av	Kontr.av	Godkj.av

Innholdsfortegnelse

1. Innledning.....	4
2. Metodikk	4
3. Tverrprofiler	4
4. Kalibrering	4
5. Simuleringsscenarier	5
6. Resultater.....	6
7. Sensitivitetsanalyse – friksjon	6
8. Vannhastighet.....	7
9. Alternative reguleringshøyder	7

1. Innledning

Multiconsult har gjennomført et sett vannlinjeberegninger for Lågen for å dokumentere konsekvensene av bygningen av Kåja kraftverk i Vinstra.

I 2009 utførte Multiconsult vannlinjeberegninger på basis av tverrprofiler målt opp 2008. Etter oppmåling av ytterligere et sett tverrprofiler i 2009 er det gjennomført en ny vannlinjeberegning for et større utvalg av vannføringer. Den nye vannlinjeberegningen omfatter også sideelven Vinstra som utmunner i Lågen rett oppstrøms dam Kåja. Modellstrekningen er forlenget med 1500 m oppstrøms. Nedstrøms er modellen forlenget helt ned til dam Harpefoss.

2. Metodikk

Vannlinjeberegningen er gjort med programvaren Mike11, som er en 1-dimensjonal hydraulisk modell. Nedstrøms modellgrense er satt som overvannet på dam Harpefoss og overløpskurven for Harpefoss er lagt inn i modellen. Denne er tatt fra flomberegningsrapporten for Lågen (CM Consulting: Flomberegning Gudbrandsdalslågen, 2008, Glommens og Laagens Brukseierforening).

3. Tverrprofiler

Modellen er basert på 14 tverrprofiler oppmålt i 2008, supplert med 10 nye tverrprofiler oppmålt i 2009 av HydraTeam. Profilene ble målt med ADCP og GPS samt totalstasjon. Tverrprofilenes beliggenhet er vist på Figur 17. Med henblikk på høy vannstand er de oppmålte tverrprofilene supplert med terrengdata uten for elveleiet. Disse supplerende terrengdataene stammer fra digitalt kartverk stilt til rådighet av oppdragsgiver. Innen for en sone som går fra 1,5 km oppstrøms damstedet til 4 km nedstrøms damstedet har terrengdataene 1 m ekvidistanse. Uten for denne strekningen er høydeekvidistansen 5 m. For den *målte* del av tverrprofilene er nøyaktigheten i størrelsesorden centimeter.

Det ble ikke foretatt oppmåling i Vinstra sideelv. Tverrprofilene i sideelven er basert på digitale kart. På de nederste 750 m av Vinstra er ekvidistansen 1 m, på de høyereliggende deler var ekvidistansen 5 m.

Figur 18 viser et lengdeprofil med tverrprofilenes plassering angitt i lengderetningen. Vannvolumet fra bunn til vannspeil er vist med blå farge. De to linjene 10-12 m over bunnen angir tverrprofilenes endepunkter (høyre og venstre bredd).

4. Kalibrering

Under de to omgangene med oppmåling ble det målt samhørende verdier av vannføring og vannstand. På basis av disse data ble modellen ble kalibrert, dvs at friksjonsverdien (Manning-tallet M) ble justert for å få simulert vannstand til å stemme til målt vannstand for de ulike vannføringene. Dermed sikres det at modellen er pålitelig. Modellen er kalibrert på grunnlag av målinger mens vannføring var 230 og 300 m³/s, i 2008. Det ble oppnådd en god kalibrering med et sett friksjonsverdier omkring $M=20$ i gjennomsnitt. Samsvaret mellom målte og simulerte vannstander fremgår av Figur 19.

$M=20$ er noe lavere enn det som er vanligst, nemlig 25-30. (Større friksjon=>lavere Manning), og skulle egentlig indikere at friksjonen er uvanlig høy. Det kan også være en indikasjon på at det er partier på bunnen som gir høyere vannstand, f.eks. grunnere partier, større steinblokker og lignende – og men som har falt *mellom* de målte tverrprofilene.

Det viste seg nødvendig å gjøre mindre justeringer av elvebunnen i områder med stor avstand mellom tverrprofilene for å få en helt tilfredsstillende kalibrering. Dette tyder også på at det fantes partier på elvebunnen som bidrar til å øke vannstanden (grunne eller trange partier), men som ikke er fanget opp i de utvalgte tverrprofilene.

5. Simuleringsscenarier

Tabell 1 Scenarier

Scenario	Beskrivelse
0	Naturtilstand
A	Dam er bygget, HRV = 238 Utfylling på vestre bredd av Lågen, ned mot samløpet med Vinstra elv. Avløpskanal utgravd nedstrøms dam
B	Som A, men også: 4 Fossenakker er gravd bort
C	Som B, men 2 av flomløpets luker ute av drift.

Simuleringsscenario A med dam. Det er lagt inn at vannstanden holdes opp på 238 ved vannføringer opp til ca. 3350 m³/s, der flomløpets kapasitet medfører en høyere vannstand selv ved alle luker åpne. Se Figur 20. Avløpskanal er utgravd på de første ca. 1400 m fra dammen, som det er vist på Figur 21. På vestbredden av Lågen (høyre bredd) er det fylt opp med masser til en slik høyde at et stort område rett oppstrøms sideelven Vinstra unngår neddemning. Dette medfører en innsnevring av tverrprofilen. Figur 22.1 og 22.2 viser fire tverrprofiler før og etter utfylling. Tverrprofilene øverst er *etter* utfylling og de under er *før* utfylling. Disse fire tverrprofilene ligger mellom oppmålte profiler 6 og 7. Deres beliggenhet ses på kartet Figur 22.3.

Simuleringsscenario B. Her er fire fossenakker gravd bort for å senke vannstanden. De to som ligger oppstrøms dammen fjernes for å minske flomfaren, mens de to nedstrøms dammen fjernes for å senke undervannet og dermed øke fallhøyden på kraftverket. Dette er vist på Figur 21. Bemerk at det er en viss usikkerhet knyttet til eksakt utstrekning av fossenakke D.

Simuleringsscenario C. To av fem luker antas ute av drift og kan ikke åpnes under flom. Kapasiteten reduseres dermed til 3/5, se Figur 20. Scenariet er simulert kun for Q₁₀₀₀.

Tabell 2 For alle tre scenarier er følgende vannføringer simulert:

Situasjon	Vannføring forbi dammen	Herav bidrag fra Vinstra elv
	(m ³ /s)	
Vinter	70	2
Høst	150	5
Maks slukeevne	320	10
Sommer (juni og juli)	450	15
Tusenårsflom Q ₁₀₀₀	2643	426
Påregnelig maksimal flom (PMF)	4881	689

6. Resultater

Resultatene av simulering er presentert i form av lengdeprofiler som viser vannlinje. En oversikt over de presenterte lengdeprofiler er gitt i Tabell 3 sist i rapporten. Beregnet undervannskurve for Scenario B (fossenakkene fjernet) er vist som Figur 23. Bemerk at med hensyn til fossenakke D spiller spørsmålet om fjernelse/ikke-fjernelse av nakken en svært beskjeden rolle for undervannskurven.

7. Sensitivitetsanalyse – friksjon

Det er ofte en viss usikkerhet knyttet til friksjonsfaktoren (Manningtallet) som benyttes i simuleringer. I tilfellet med Kåja/Lågen er denne usikkerhet i teorien eliminert ved at modellen er kalibrert, altså at friksjonsfaktoren er bestemt på basis av målt vannstand og vannføring. Imidlertid er de funne verdier noe lave (et gjennomsnitt omkring 20 for modellstrekningen), altså tilsvarende høy friksjon. Mye kan tyde på at dette skyldes at det på bunnen finnes stein/framspringende fjellpartier/trange partier mellom de målte tverrprofilene og derfor ikke fanget opp i oppmålingen. Hvis dette er tilfellet vil det ikke gi helt realistiske resultater å bruke samme friksjonsverdier ved flomvannføringer, ettersom en stor stein på bunnen betyr mindre for vannstanden ved en høy vannføring enn ved en liten vannføring. Et lavt Manning-tall vil imidlertid gi merkbart høyere vannstand ved *alle* vannføringer. For å kvantifisere betydningen av denne usikkerheten er det kjørt en flomsimulering med friksjonstall nærmere standardverdier. I sensitivitetssimuleringen er det testet $M=25$ som representant for en noe mer "vanlig" verdi.

Resultatet av sensitivitetssimuleringen for Q_{1000} viser at vannstanden er ca. 0,7 m lavere med $M=25$ lengst oppstrøms i modellen (og avtar til null inn til dammen, der vannstanden er 238 uansett). Se figur 24. For mindre vannføringer vil forskjellen være mindre.

De benyttede friksjonsverdier, som er funnet gjennom kalibrering, *kan* altså gi anledning til en noe overestimert vannstand. Selv om det er langt fra sikkert at simuleringsresultatene er beheftet med denne overdrivelsen, kan de likevel betraktes som et pessimistisk - "worst-case" - estimat. Selv ved Q_{1000} vil denne overestimeringen ligge under 1 m for mesteparten av den modellerte strekningen. Ved mindre vannføringer vil overestimeringen være enda mindre.

8. Vannhastighet

Figur 25.1 - 25.7 viser lengdeprofiler av vannhastighet. De seks første av figurene illustrerer forskjellen mellom før- og etter-situasjonen, hver figur for én av de seks beregnede vannføringer. Den siste figuren, 25.7, viser kun etter-situasjonen, men sammenligner alle seks vannføringssituasjoner, mht hastighet.

Bemerk at hastighetene er *gjennomsnittshastigheter* for et helt tverrprofil. I virkeligheten er det en hastighetsfordeling gjennom profilet, der hastigheten normalt er større midt i elven enn inne ved breddene. Den interne hastighetsvariasjonen innen for profilet vil være særlig stor hvis det er en bakevje til stede. De viste hastigheter avspeiler ikke slike variasjoner innen for det enkelte tverrprofil, kun forskjellene fra tverrprofil til tverrprofil.

Bemerk også at beregningsverktøyet er en 1-dimensjonal modell. Det betyr at steder der er sterke avvik fra en parallellstrømning, må resultatet benyttes med varsomhet. Det er i særlig høy grad tilfellet ved elvesamløp, altså i dette tilfelle der Vinstra renner inn i Lågen.

9. Alternative reguleringshøyder

For å belyse effekten av alternative reguleringshøyder er det beregnet vannlinje for to ytterligere alternativer, nemlig:

$$\text{HRV} = 238,5 \text{ moh}$$

$$\text{HRV} = 238,75 \text{ moh}$$

Disse vannlinjer er presentert sammen med hovedalternativet, HRV=238,0 moh. Presentasjonen er utarbeidet for fire utvalgte vannføringer, med én figur for hver vannføring:

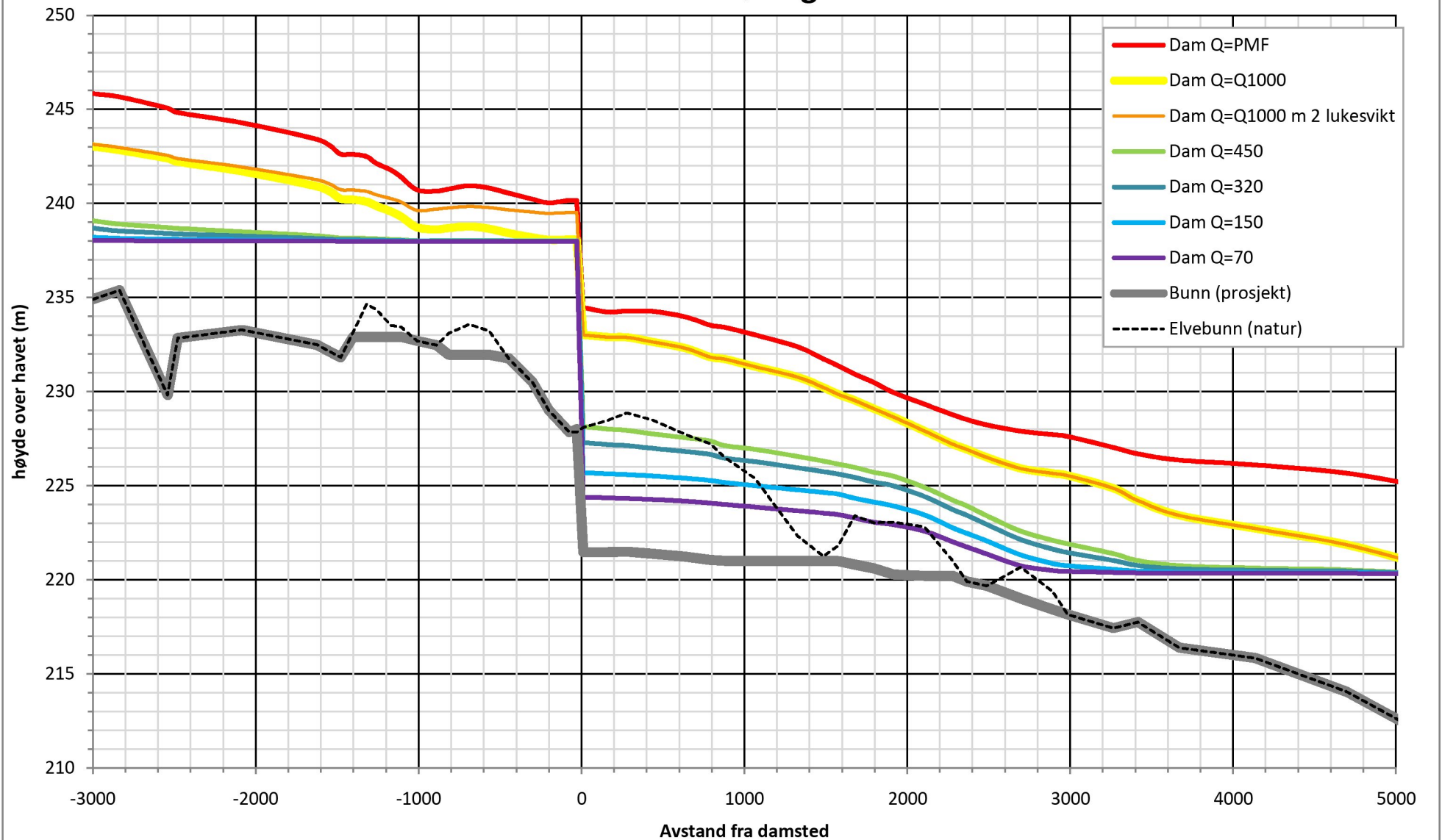
Figur 26.1	Q	=70 m ³ /s	(vintervannføring)
Figur 26.2	Q	=450 m ³ /s	(sommervannføring)
Figur 26.3	Q ₁₀	=1580 m ³ /s	(begynnende skadeflom)
Figur 26.4	Q ₁₀₀₀	=2643 m ³ /s	(tusenårsflom)

Tabell 3 Oversikt over presentasjon av hovedresultater

Figur	Vannlinjer på figuren	Strekning
1.1	Med dam og fjernning av fossenakker Q=70,150, 320, 450, Q1000, Q1000 m 2 lukesvikt, PMF	Hele Lågen
1.2	Do.	Oppstrøms
1.3	Do.	Nedstrøms
2.1	Q =70, naturlig, Q =70, med dam. Naturlig bunn Q =70 med dam. Fjernelse av fossenakker	Hele Lågen
2.2	Q =70, naturlig, Q =70, med dam. Naturlig bunn Q =70 med dam. Fjernelse av fossenakker	Oppstrøms
2.3	Q =70, naturlig, Q =70, med dam. Naturlig bunn Q =70 med dam. Fjernelse av fossenakker	Nedstrøms
3.1	Q =150, naturlig, Q =150, med dam. Naturlig bunn Q =150 med dam. Fjernelse av fossenakker	Hele Lågen
3.2	Q =150, naturlig, Q =150, med dam. Naturlig bunn Q =150 med dam. Fjernelse av fossenakker	Oppstrøms
3.3	Q =150, naturlig, Q =150, med dam. Naturlig bunn Q =150 med dam. Fjernelse av fossenakker	Nedstrøms
4.1	Q =320, naturlig, Q =320, med dam. Naturlig bunn Q =320 med dam. Fjernelse av fossenakker	Hele Lågen
4.2	Q =320, naturlig, Q =320, med dam. Naturlig bunn Q =320 med dam. Fjernelse av fossenakker	Oppstrøms
4.3	Q =320, naturlig, Q =320, med dam. Naturlig bunn Q =320 med dam. Fjernelse av fossenakker	Nedstrøms
5.1	Q =450, naturlig, Q =450, med dam. Naturlig bunn Q =450 med dam. Fjernelse av fossenakker	Hele Lågen
5.2	Q =450, naturlig, Q =450, med dam. Naturlig bunn Q =450 med dam. Fjernelse av fossenakker	Oppstrøms
5.3	Q =450, naturlig, Q =450, med dam. Naturlig bunn Q =450 med dam. Fjernelse av fossenakker	Nedstrøms
6.1	Q =Q1000, naturlig, Q =Q1000, med dam. Naturlig bunn Q =Q1000 med dam. Fjernelse av fossenakker	Hele Lågen
6.2	Q =Q1000, naturlig, Q =Q1000, med dam. Naturlig bunn Q =Q1000 med dam. Fjernelse av fossenakker	Oppstrøms
6.3	Q =Q1000, naturlig, Q =Q1000, med dam. Naturlig bunn Q =Q1000 med dam. Fjernelse av fossenakker	Nedstrøms
7.1	Q =Q1000 m 2 lukesvikt, naturlig, Q =Q1000 m 2 lukesvikt, med dam. Naturlig bunn Q =Q1000 m 2 lukesvikt med dam. Fjernelse av fossenakker	Hele Lågen
7.2	Q =Q1000 m 2 lukesvikt, naturlig, Q =Q1000 m 2 lukesvikt, med dam. Naturlig bunn Q =Q1000 m 2 lukesvikt med dam. Fjernelse av fossenakker	Oppstrøms
7.3	Q =Q1000 m 2 lukesvikt, naturlig, Q =Q1000 m 2 lukesvikt, med dam. Naturlig bunn Q =Q1000 m 2 lukesvikt med dam. Fjernelse av fossenakker	Nedstrøms
8.1	Q =PMF, naturlig, Q =PMF, med dam. Naturlig bunn Q =PMF med dam. Fjernelse av fossenakker	Hele Lågen
8.2	Q =PMF, naturlig, Q =PMF, med dam. Naturlig bunn Q =PMF med dam. Fjernelse av fossenakker	Oppstrøms

8.3	Q =PMF, naturlig, Q =PMF, med dam. Naturlig bunn Q =PMF med dam. Fjernelse av fossenakker	Nedstrøms
9	Med dam og fjerning av fossenakker Q=70,150, 320, 450, Q1000, Q1000 m 2 lukesvikt, PMF For Vinstra er det: Q=2,5,10, 15, Q1000=426, PMF=689	Vinstra, nederste 1200m
10	Q= 2+68 Med og uten dam++	Vinstra, nederste 1200m
11	Q= 5+145 Med og uten dam++	Vinstra, nederste 1200m
12	Q= 10+310 Med og uten dam++	Vinstra, nederste 1200m
13	Q= 15+435 Med og uten dam++	Vinstra, nederste 1200m
14	Q= Q1000 = 426+221 Med og uten dam++ 7	Vinstra, nederste 1200m
15	Q= Q1000 m 2 lukesvikt Med og uten dam++	Vinstra, nederste 1200m
16	Q=PMF = 689+4192 Med og uten dam++	Vinstra, nederste 1200m
17	Kart over oppmålte Tverrprofiler (2008, 2009)	
18	Plassering av oppmålte tverrprofiler, lengdesnitt	
19	Lengdesnitt: Resultat av kalibrering	
20	Vannføringskurve: Overløp Kåja	
21	Lengdesnitt: Elvebunn med og uten inngrep	
22.1 - 22.3	Tverrprofiler med og uten utfylling	
23	Undervannskurve nedstrøms dam Kåja	
24	Sensitivitetsanalyse for ruhet	
25.1 - 25.7	Hastigheter	
26.1	Q =70 HRV = 238, 238,5, 238,75, samt naturlig vannlinje	Oppstrøms
26.2	Q =450 HRV = 238, 238,5, 238,75, samt naturlig vannlinje	Oppstrøms
26.3	Q =Q ₁₀ = 1580 m ³ /s HRV = 238, 238,5, 238,75, samt naturlig vannlinje	Oppstrøms
26.4	Q =Q ₁₀₀₀ = 2643 m ³ /s HRV = 238, 238,5, 238,75, samt naturlig vannlinje	Oppstrøms

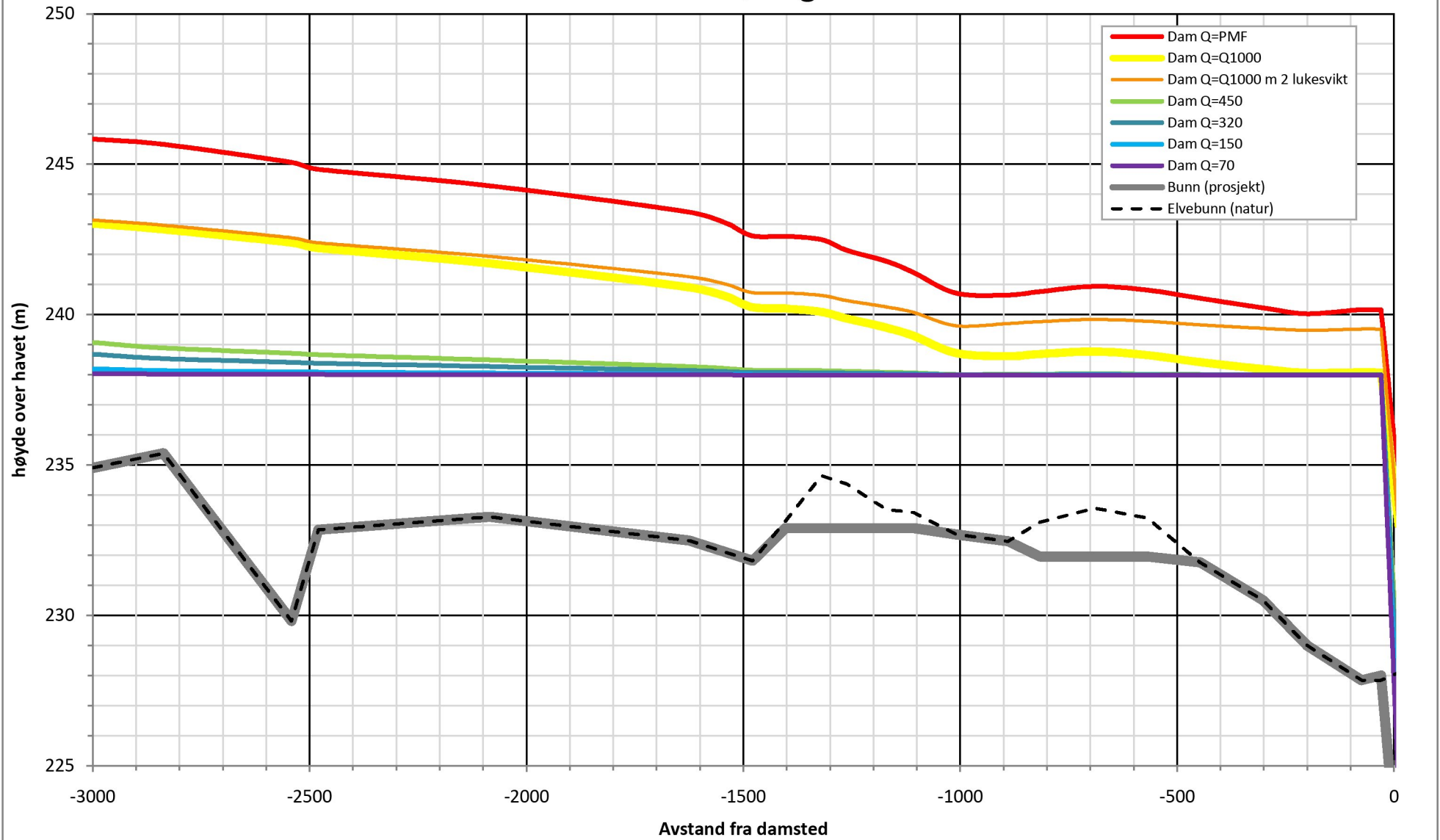
Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen Alle vannføringer



Figur 1.1

Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen

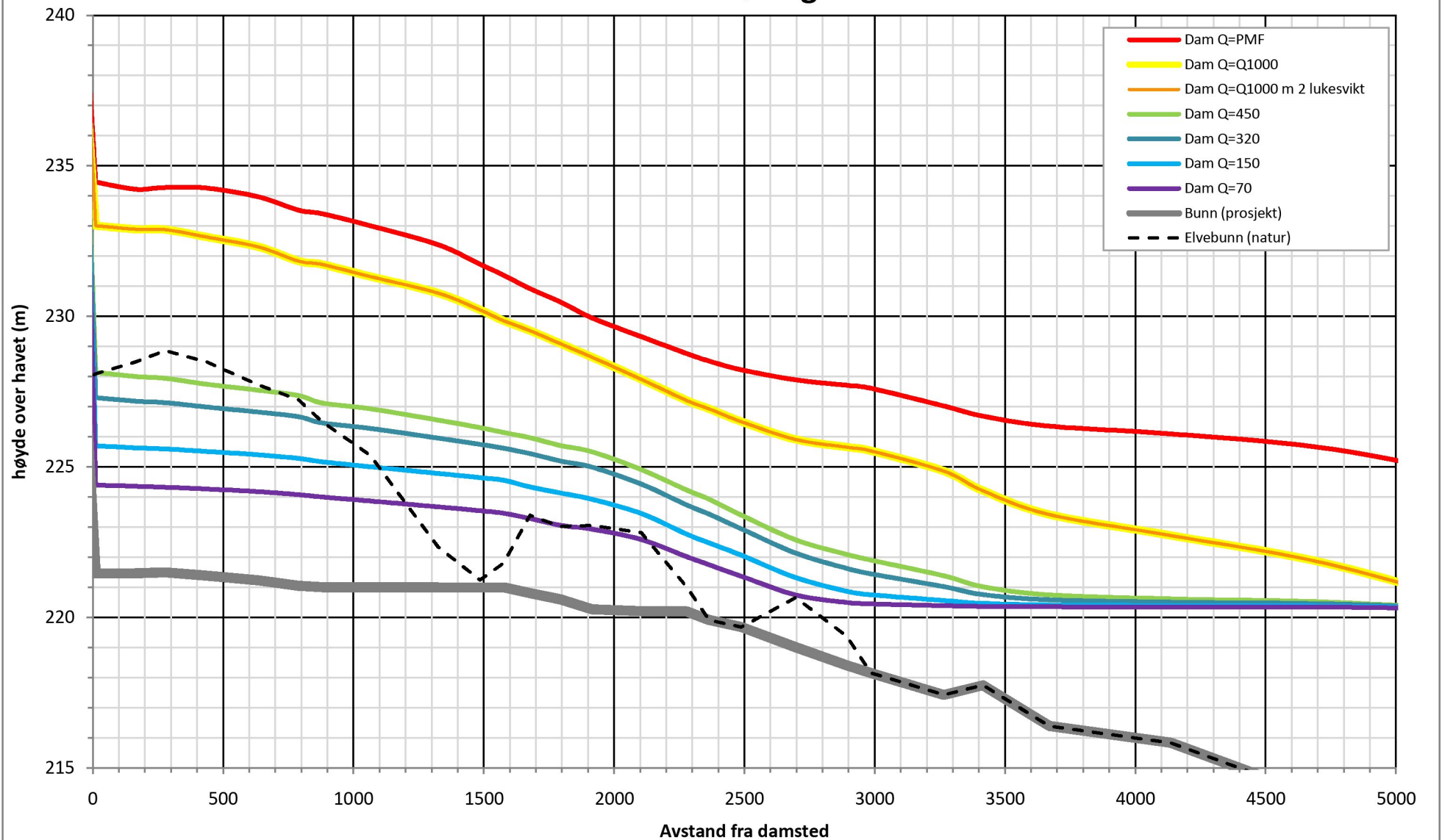
Alle vannføringer



Oppstrøms dam

Figur 1.2

Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen Alle vannføringer

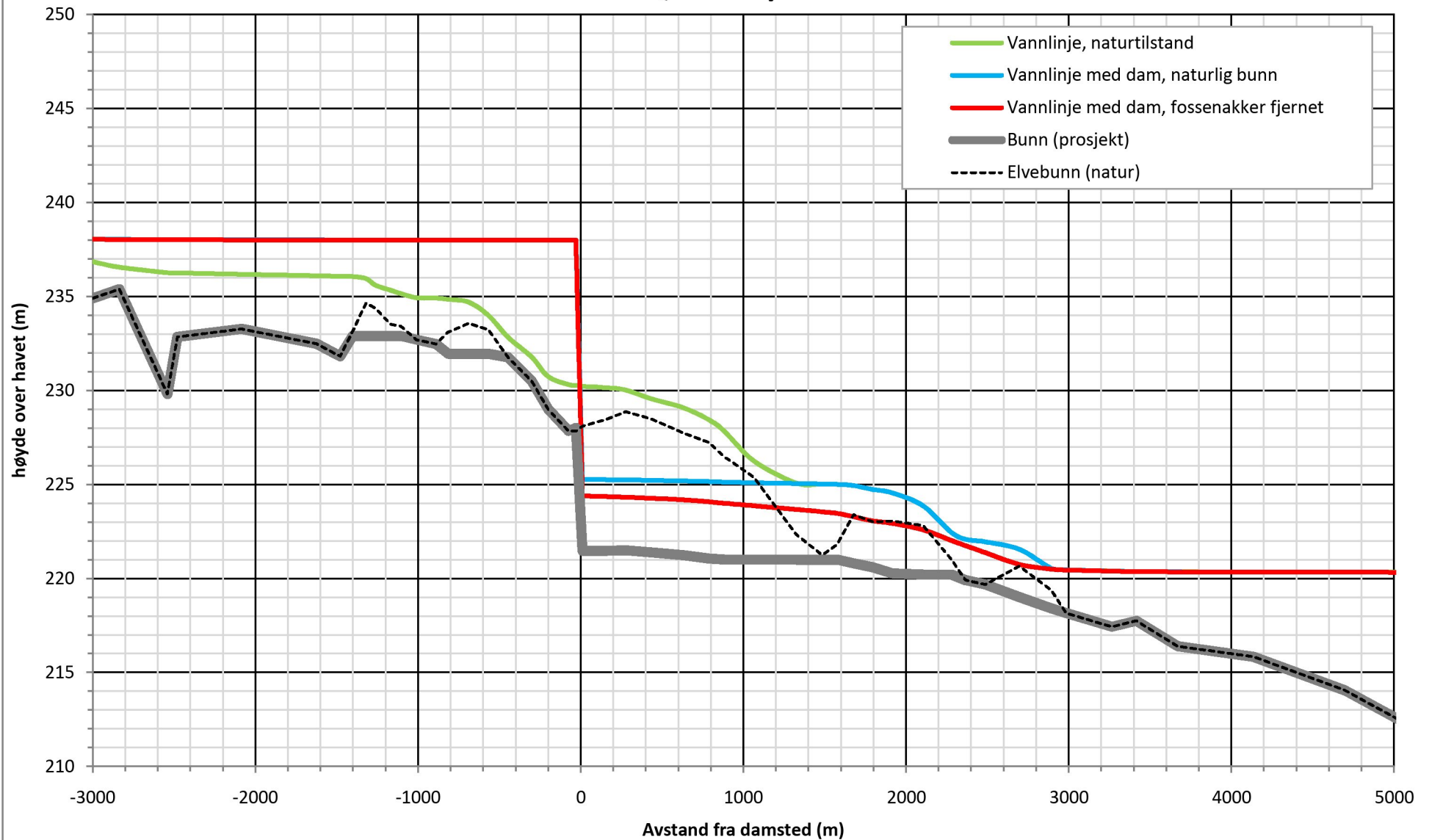


Nedstrøms dam

Figur 1.3

Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen

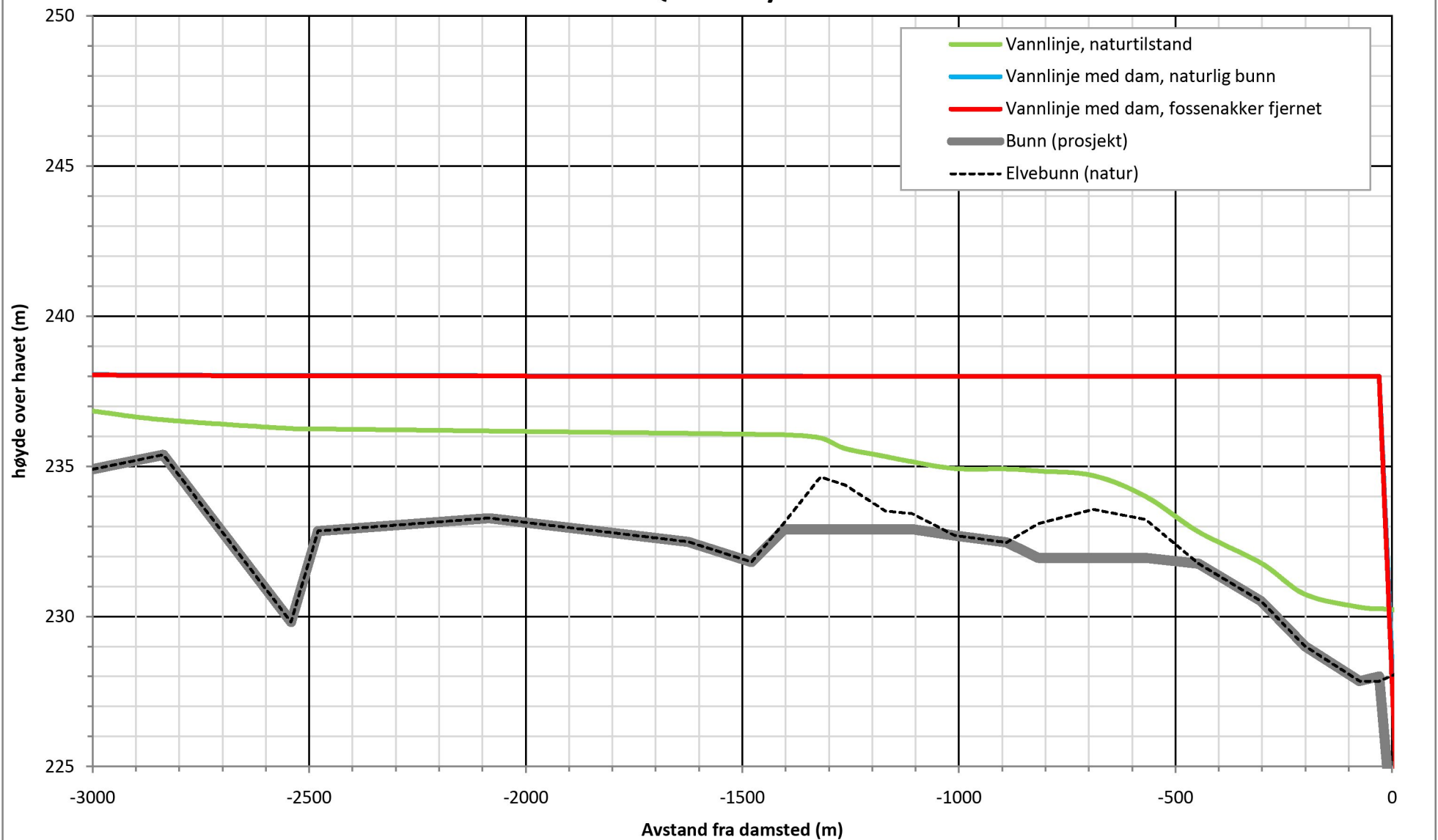
$Q=70 \text{ m}^3/\text{s}$



Figur 2.1

Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen

$Q=70 \text{ m}^3/\text{s}$

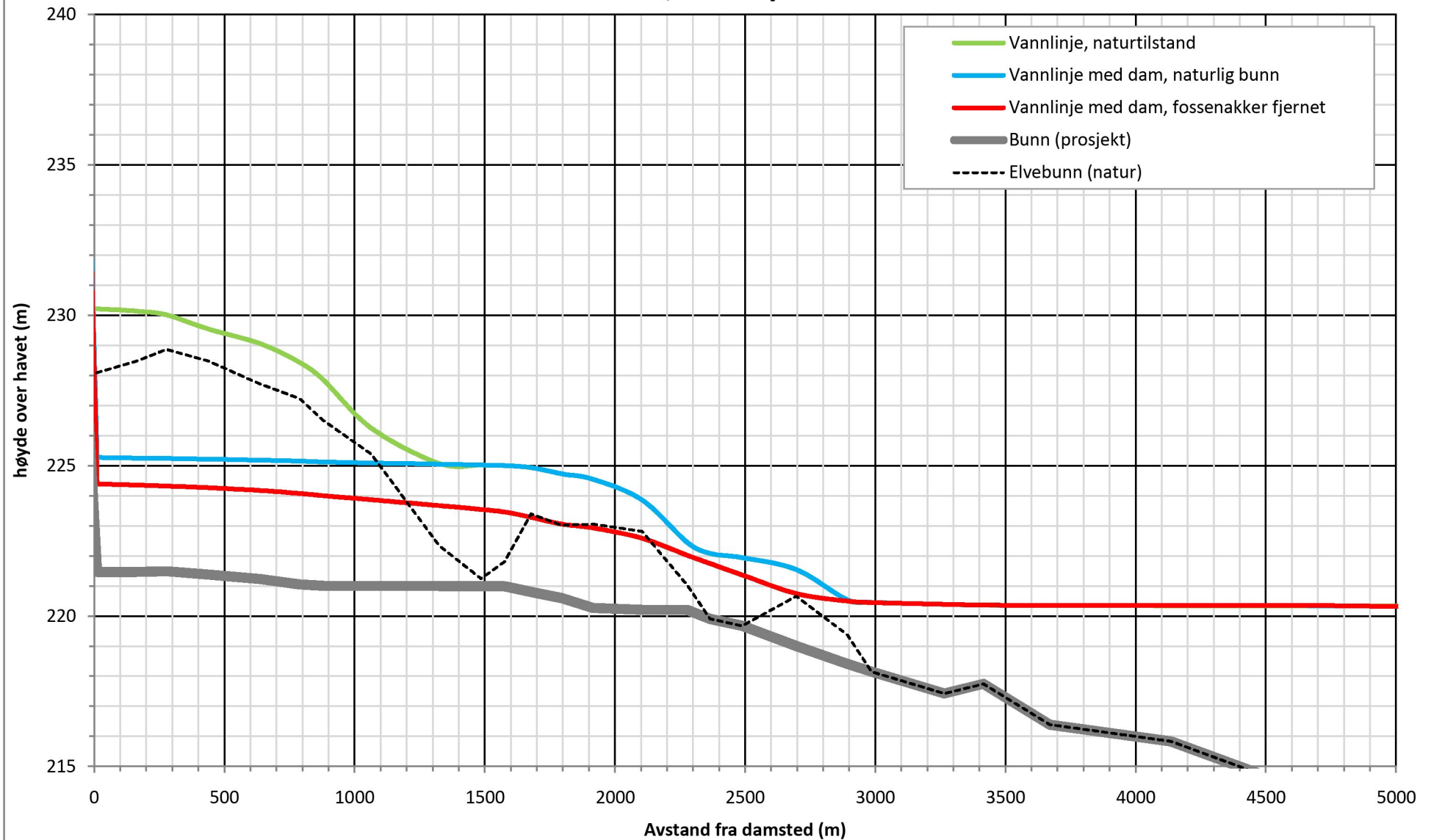


Oppstrøms dam

Figur 2.2

Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen

$Q=70 \text{ m}^3/\text{s}$

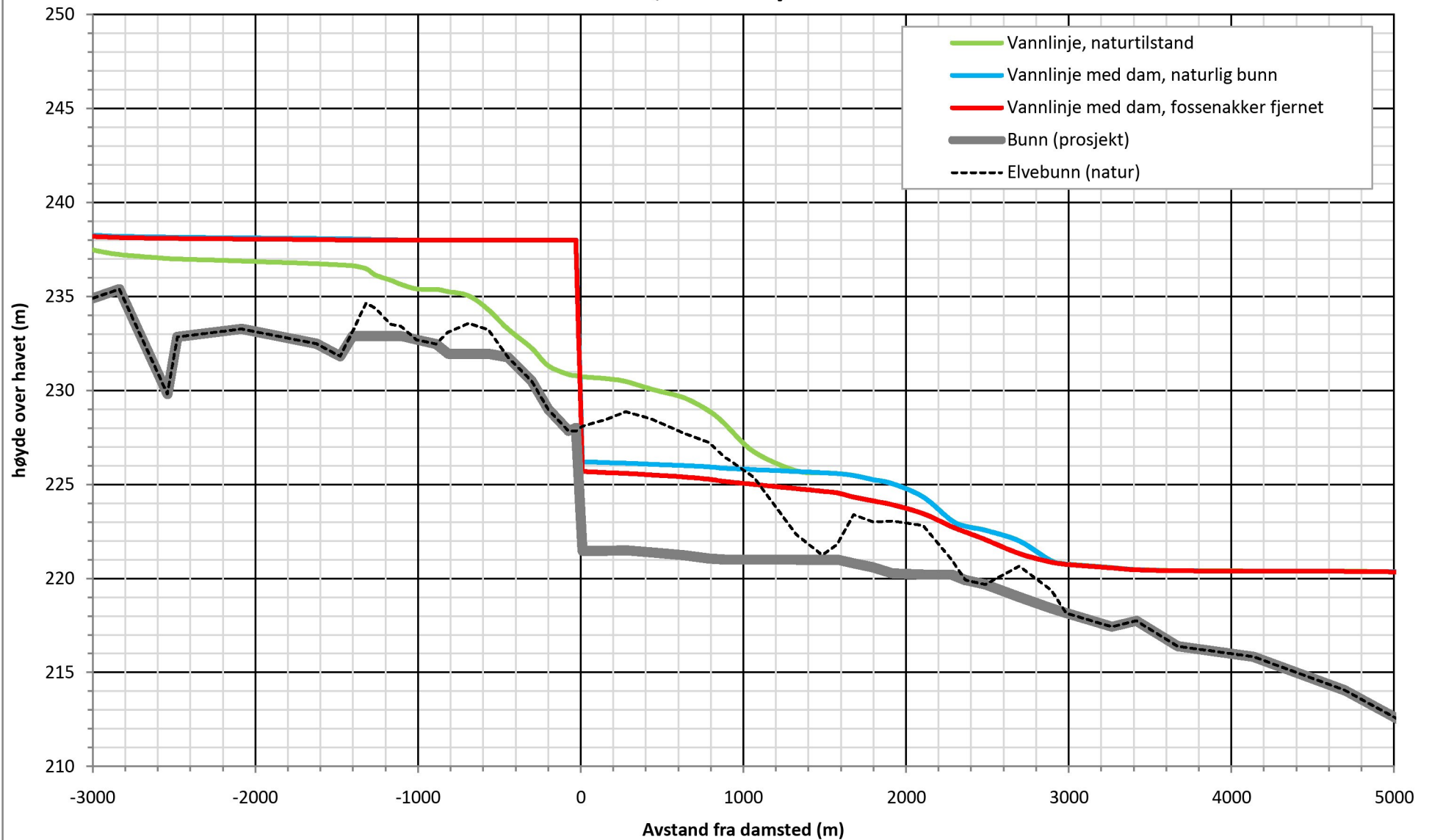


Nedstrøms dam

Figur 2.3

Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen

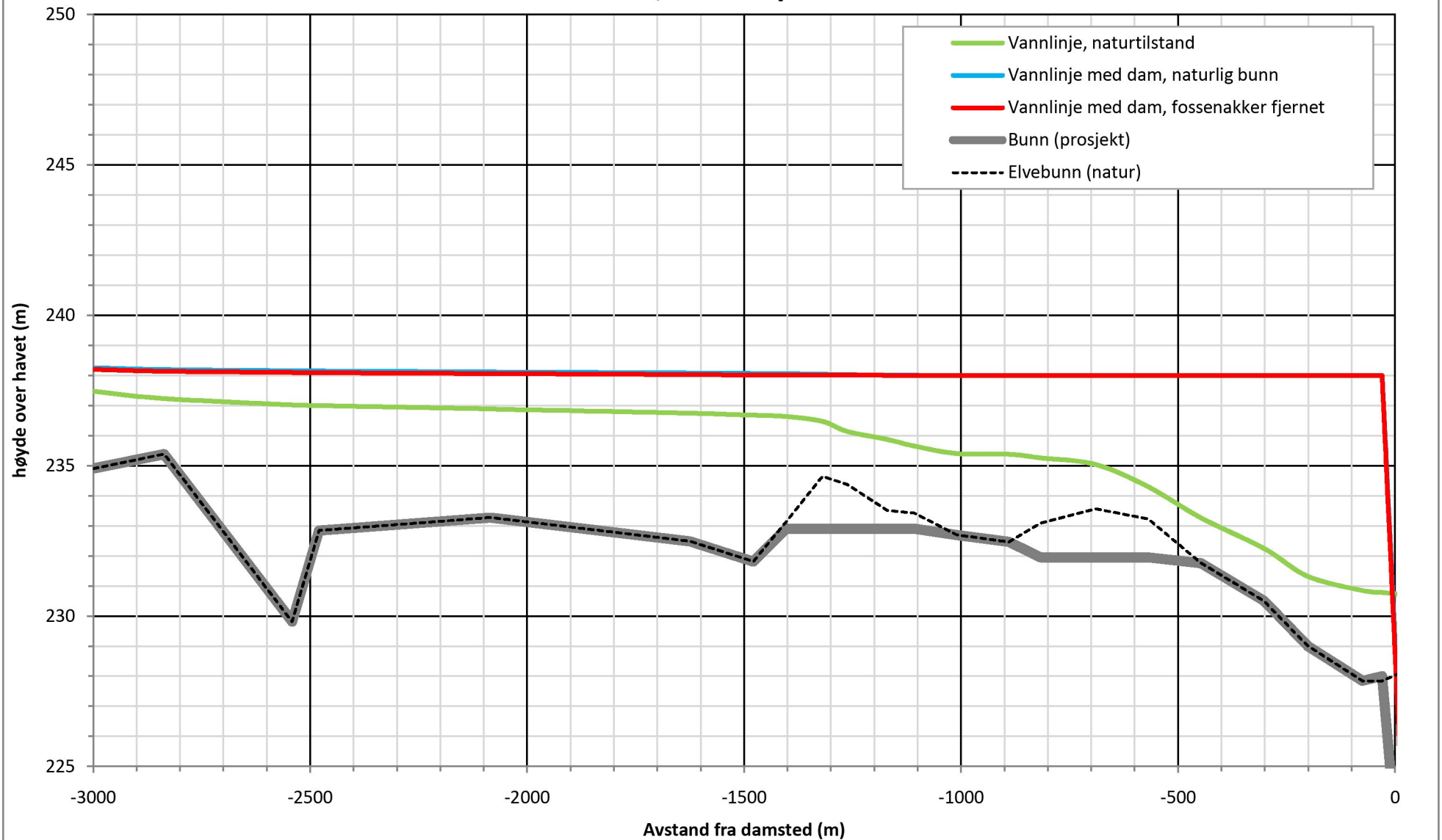
$Q=150 \text{ m}^3/\text{s}$



Figur 3.1

Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen

$Q=150 \text{ m}^3/\text{s}$

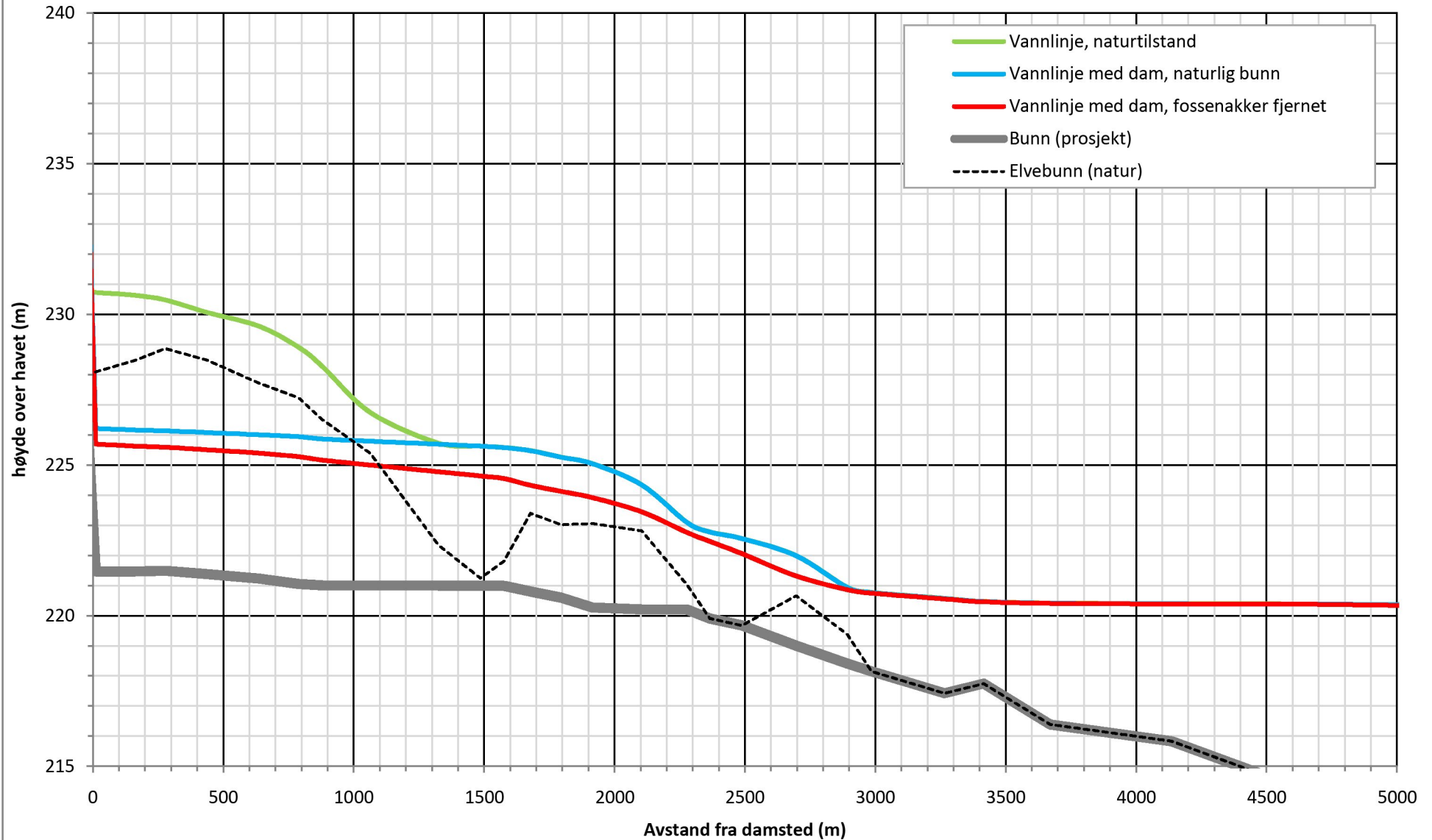


Oppstrøms dam

Figur 3.2

Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen

Q=150 m³/s

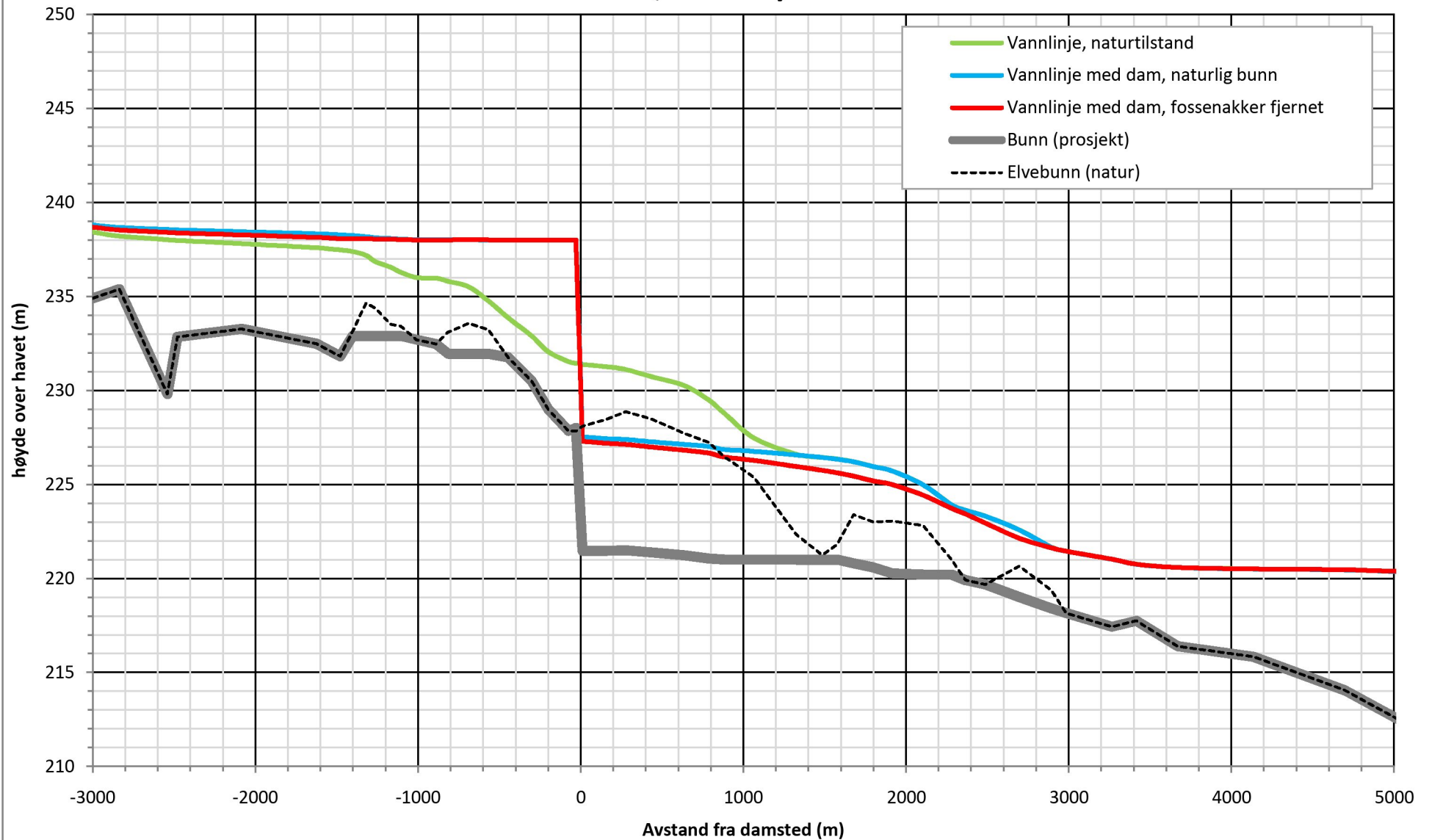


Nedstrøms dam

Figur 3.3

Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen

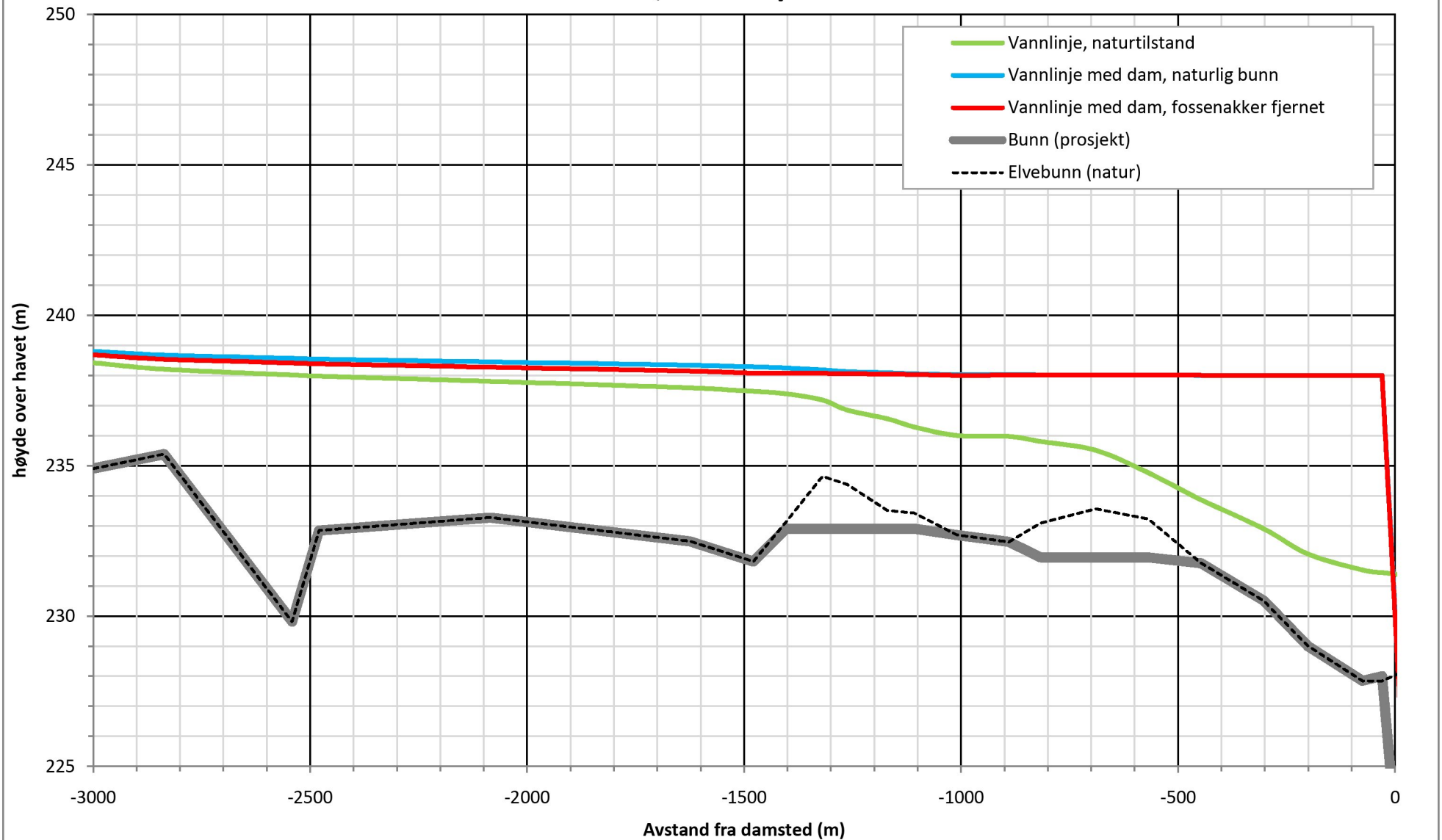
$Q=320 \text{ m}^3/\text{s}$



Figur 4.1

Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen

$Q=320 \text{ m}^3/\text{s}$

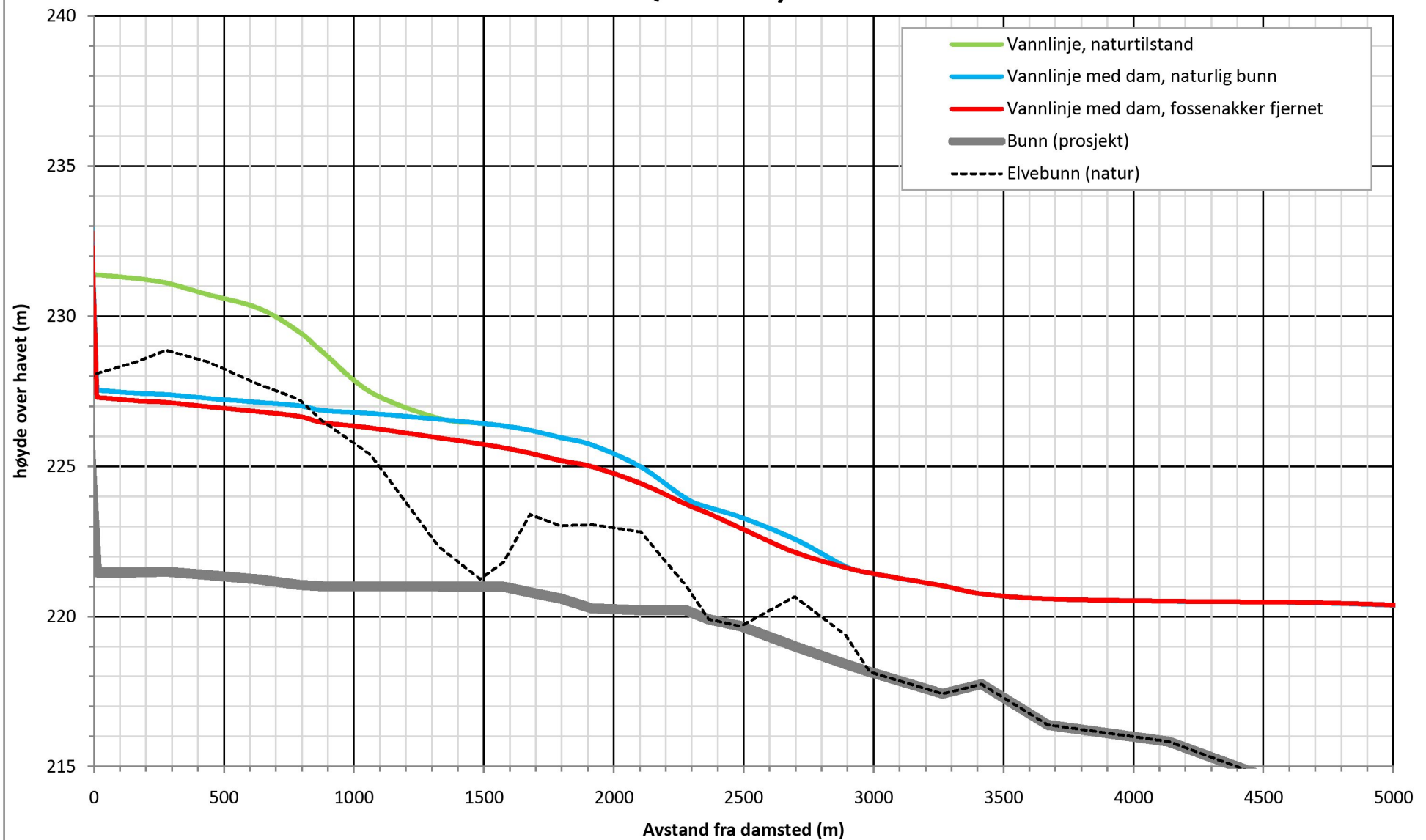


Oppstrøms dam

Figur 4.2

Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen

$Q=320 \text{ m}^3/\text{s}$

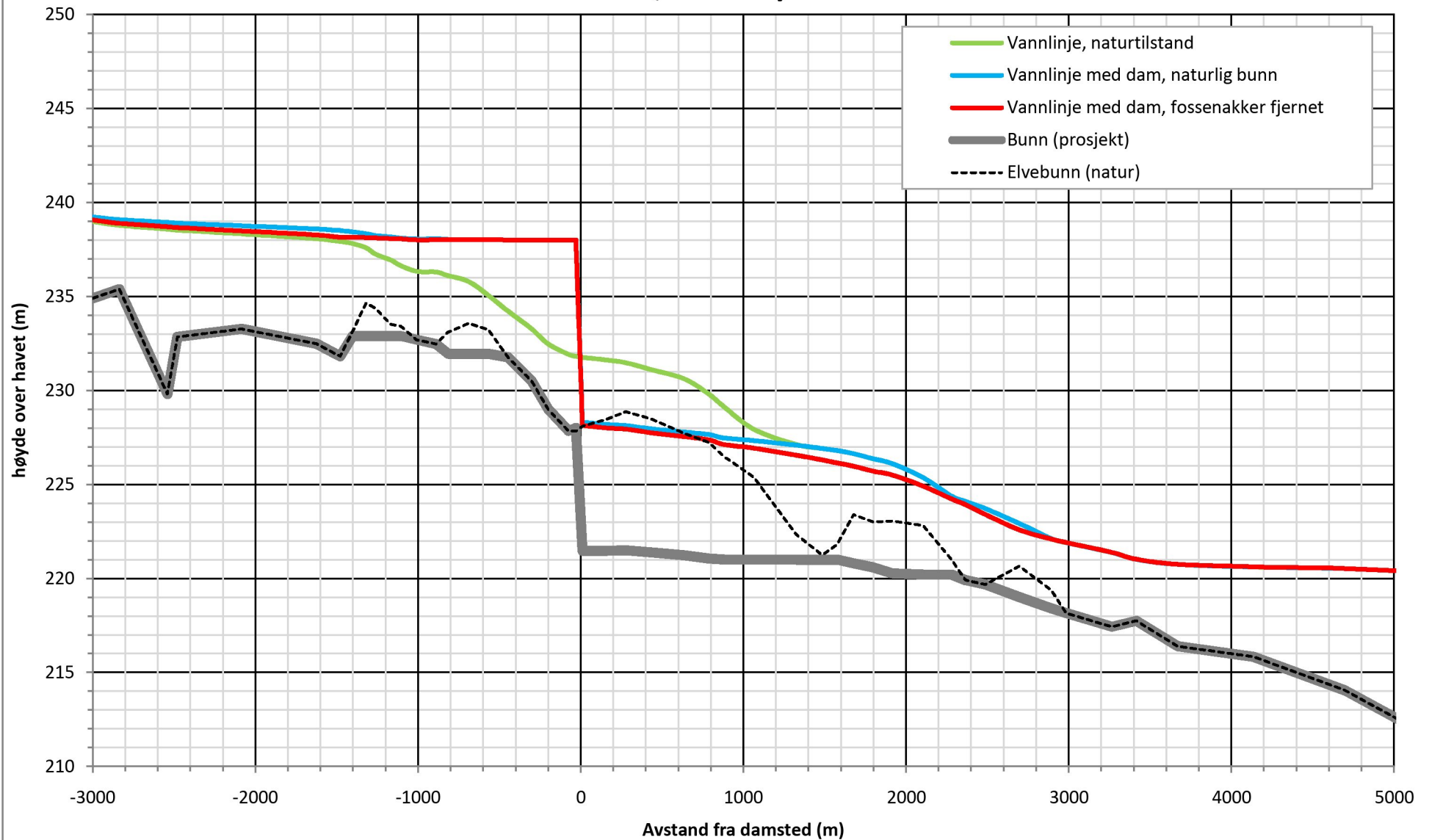


Nedstrøms dam

Figur 4.3

Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen

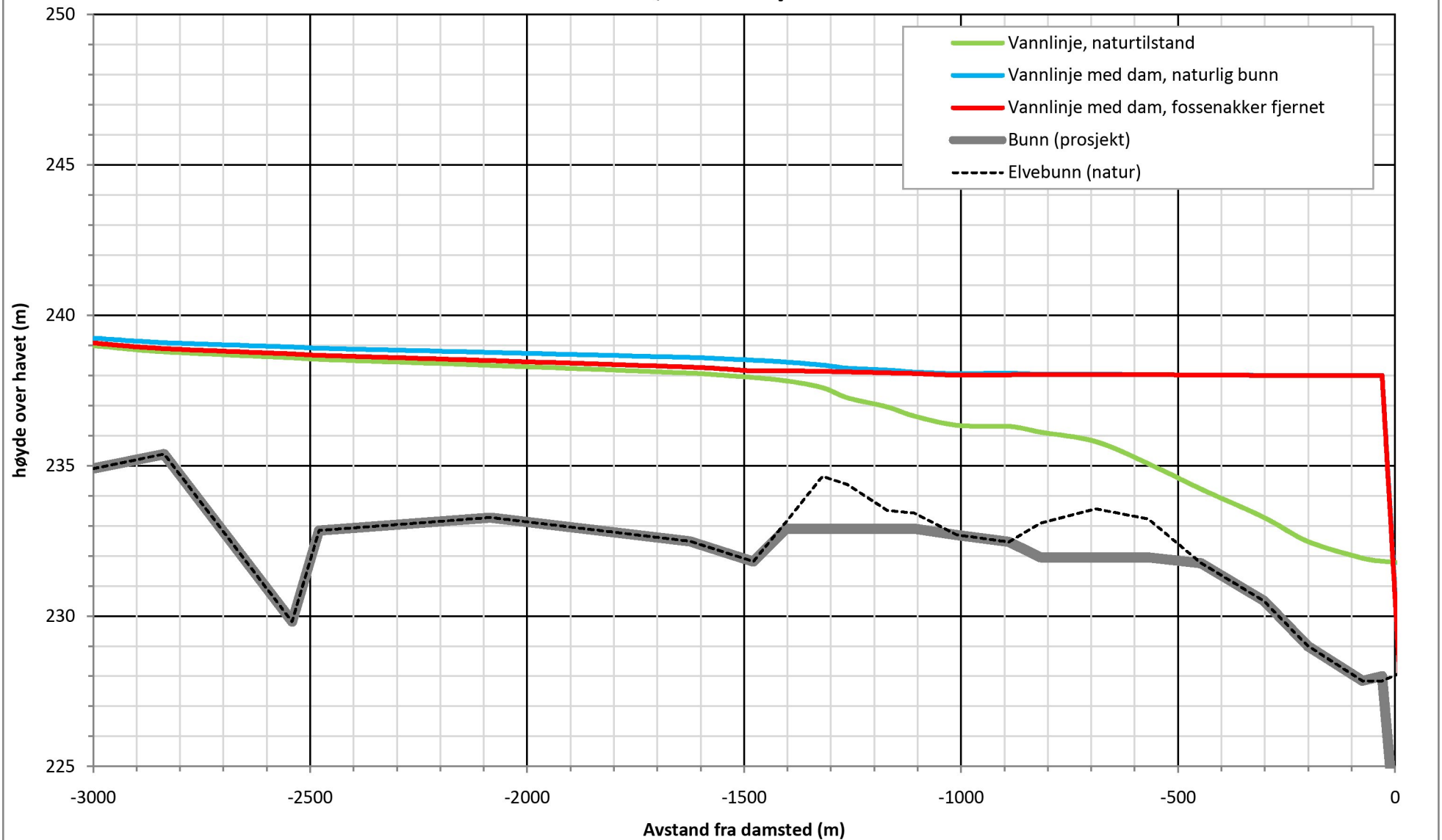
$Q=450 \text{ m}^3/\text{s}$



Figur 5.1

Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen

$Q=450 \text{ m}^3/\text{s}$

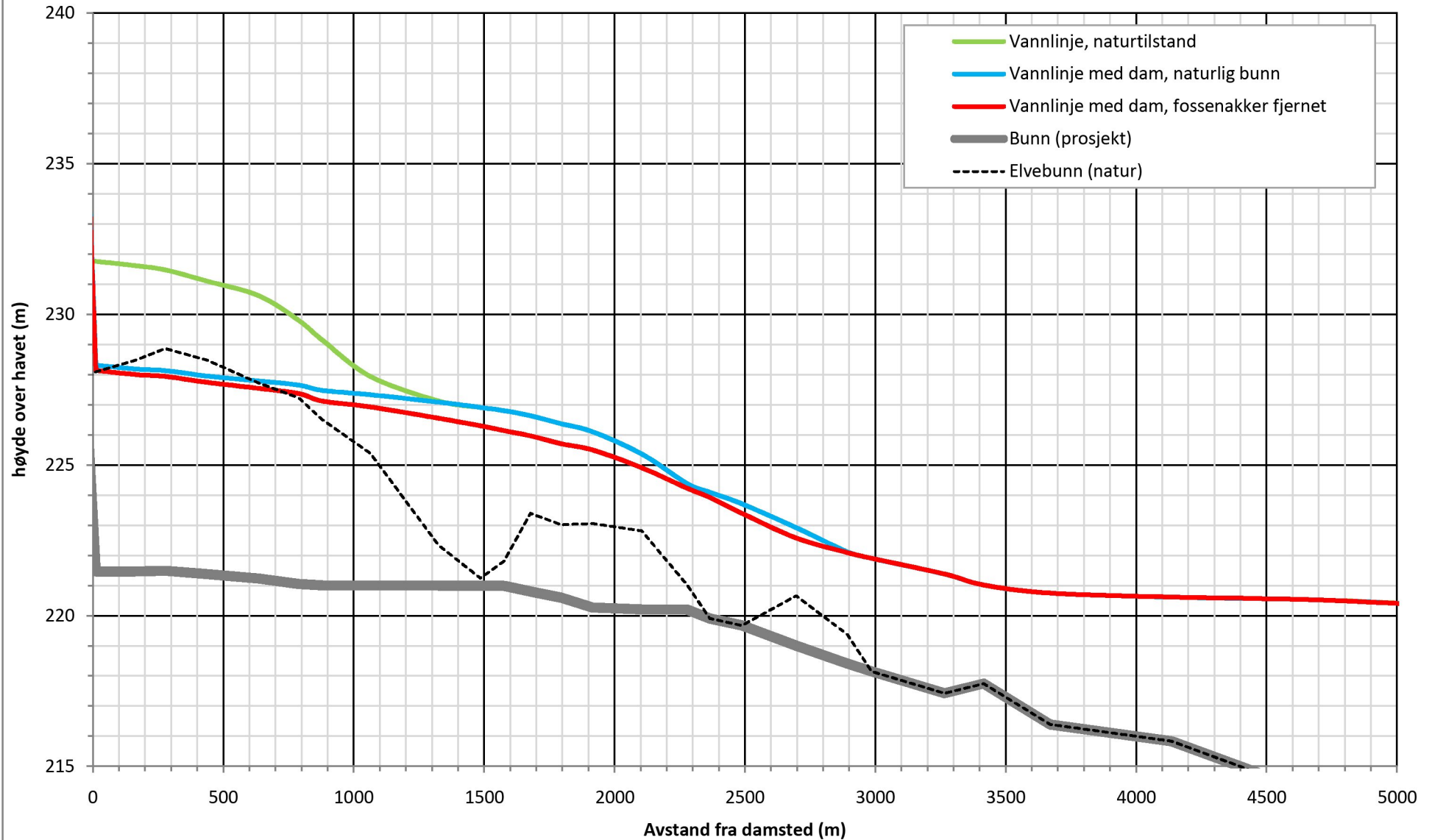


Oppstrøms dam

Figur 5.2

Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen

$Q=450 \text{ m}^3/\text{s}$

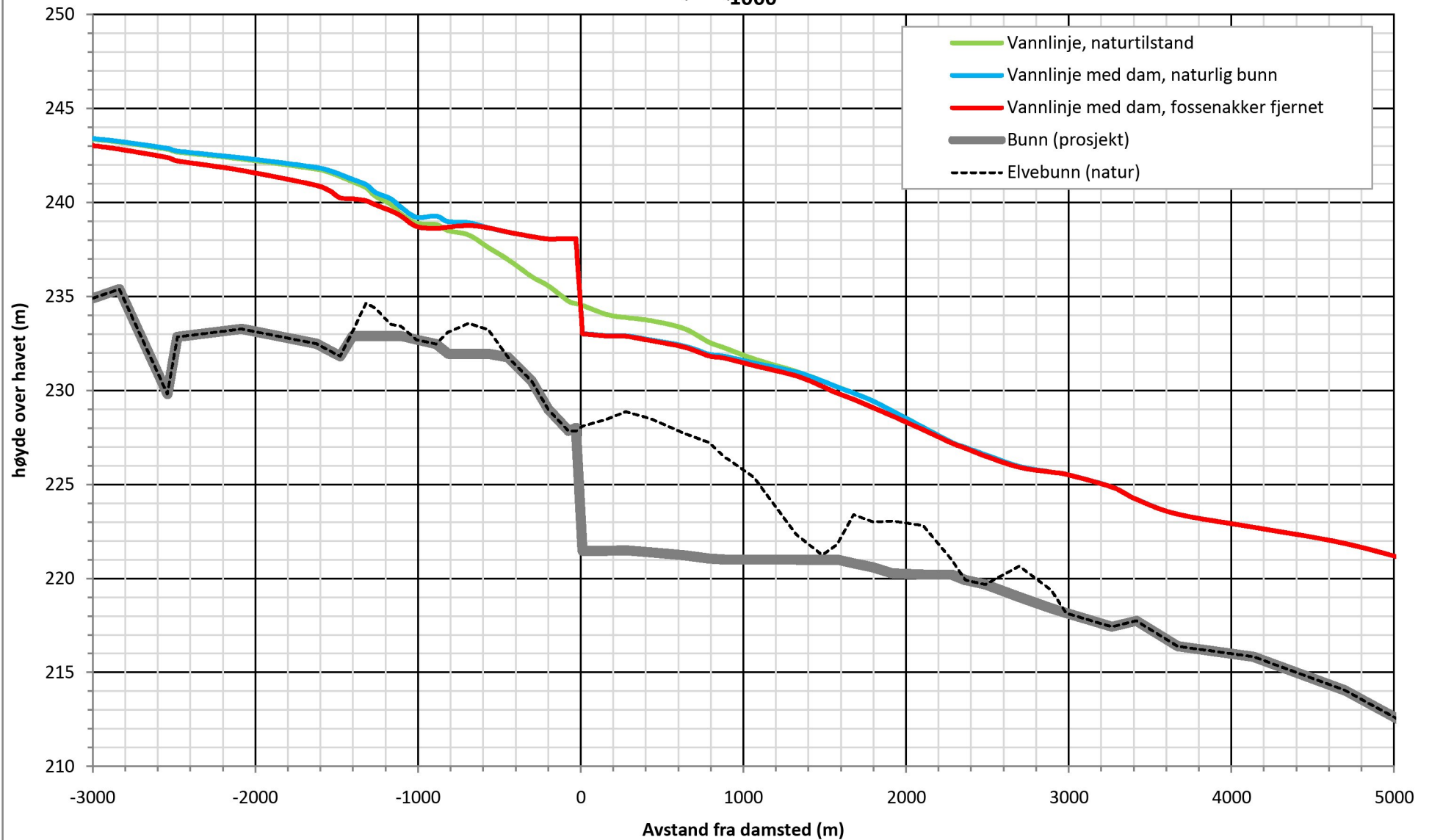


Nedstrøms dam

Figur 5.3

Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen

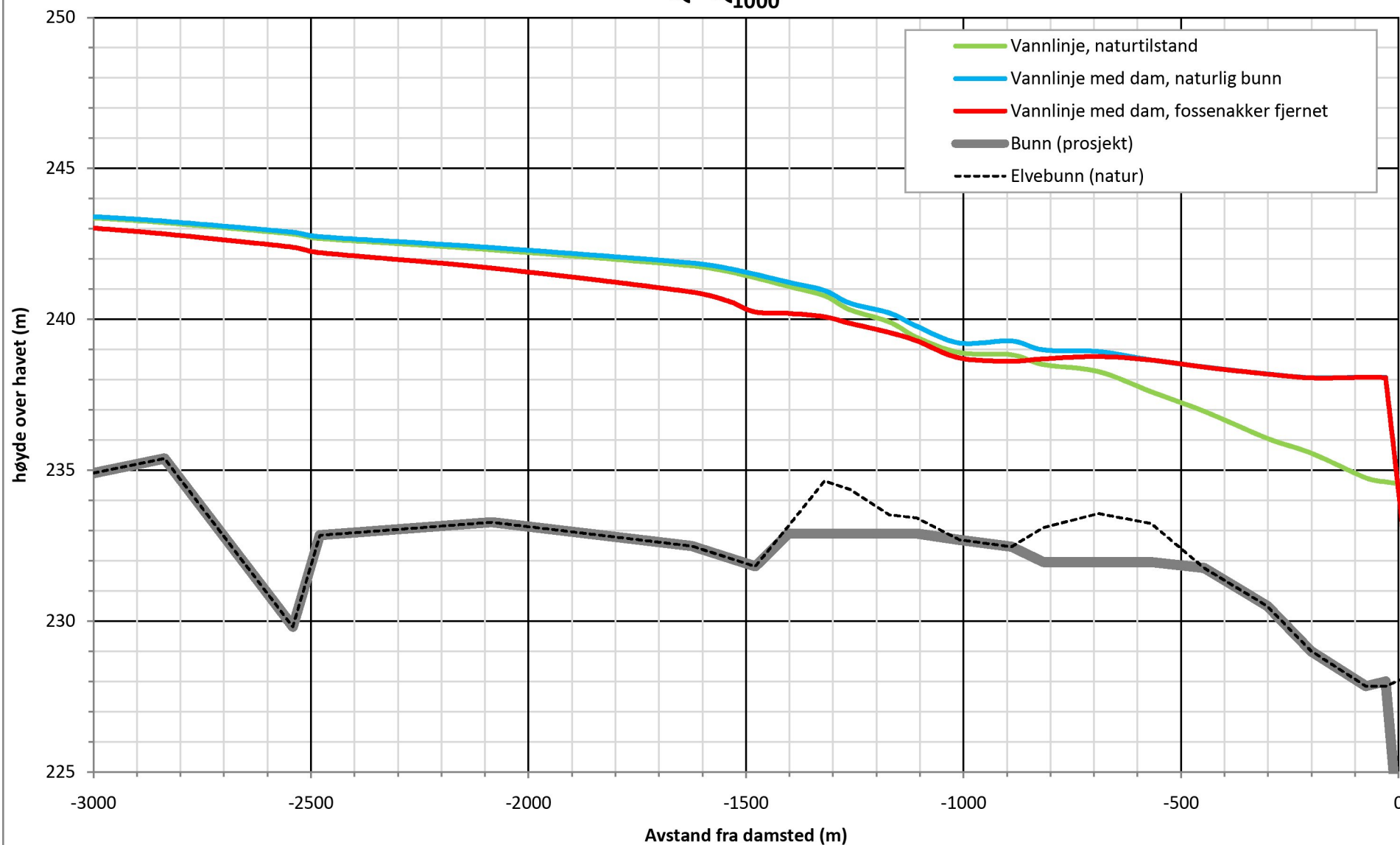
$Q=Q_{1000}$



Figur 6.1

Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen

$Q=Q_{1000}$

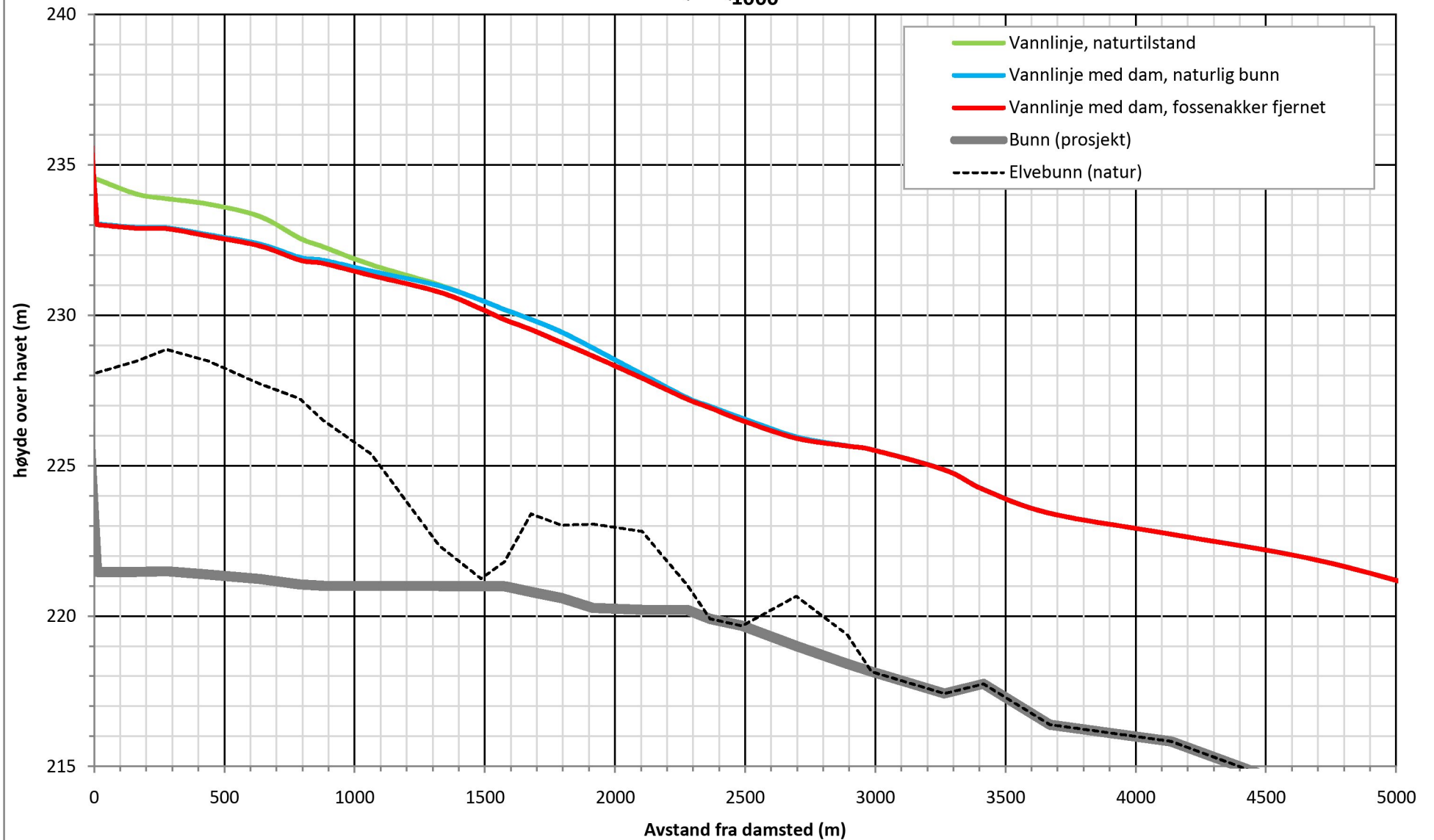


Oppstrøms dam

Figur 6.2

Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen

$Q=Q_{1000}$

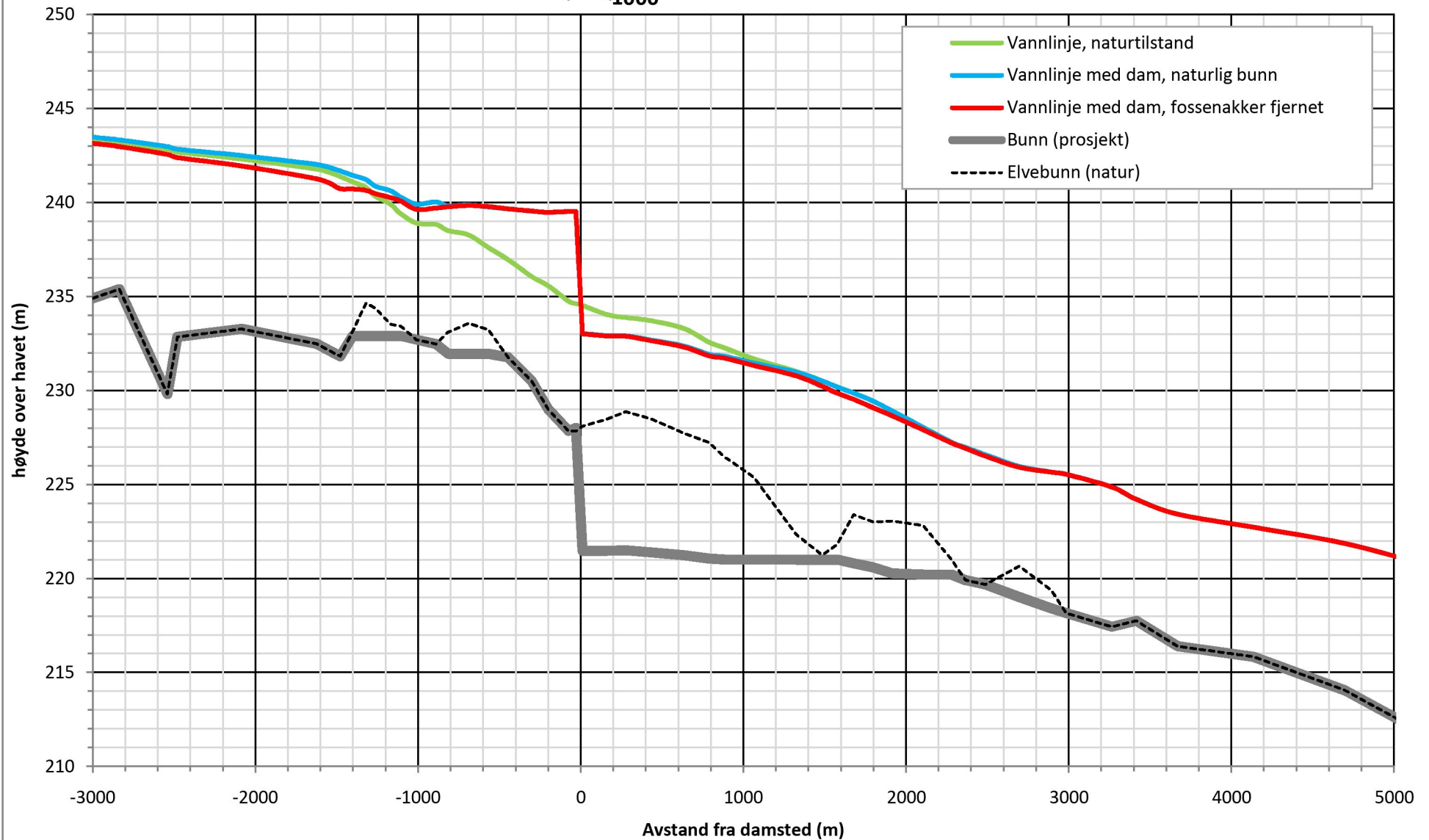


Nedstrøms dam

Figur 6.3

Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen

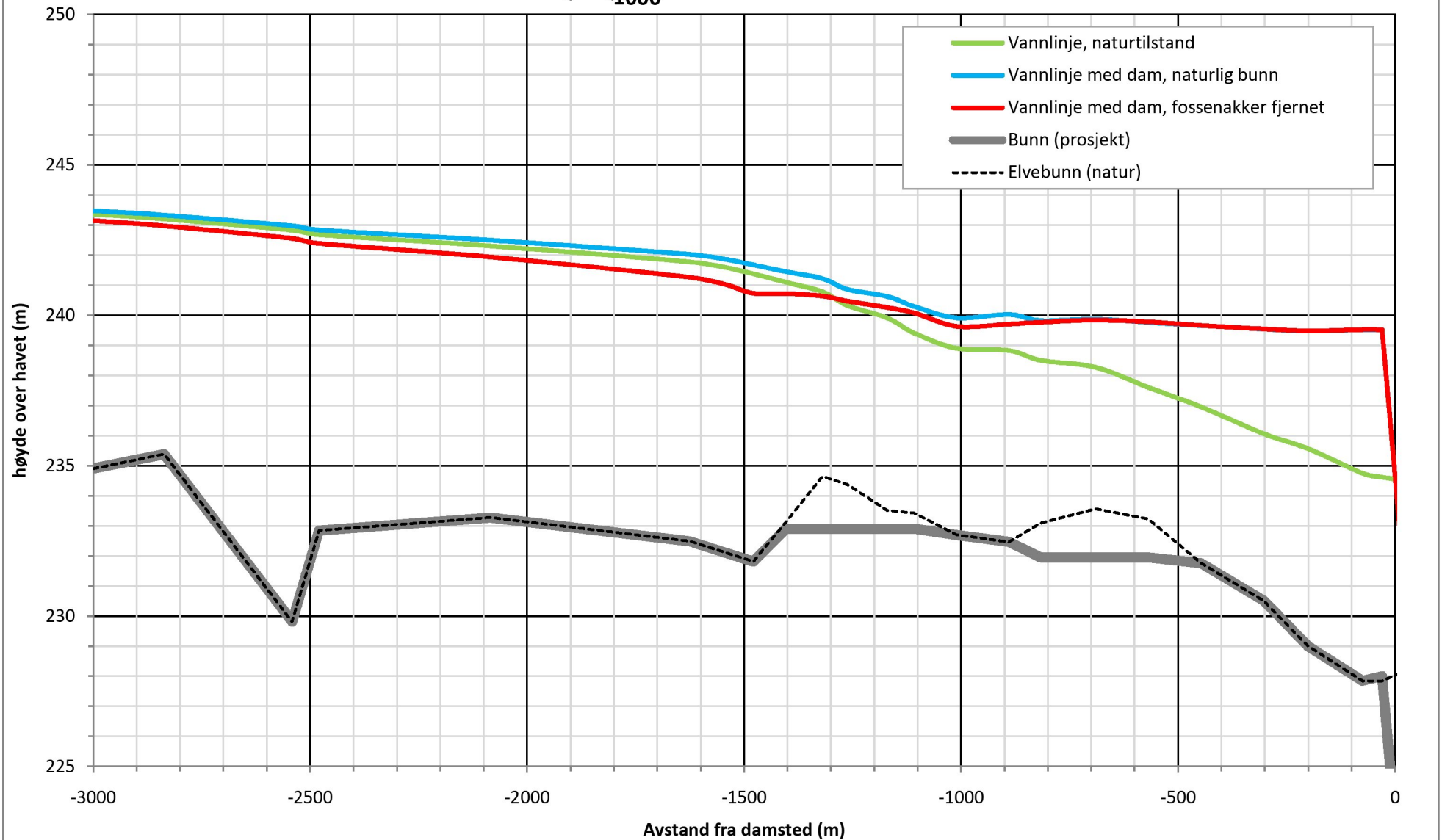
$Q=Q_{1000}$ med 2 lukesvikt



Figur 7.1

Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen

$Q=Q_{1000}$ med 2 lukesvikt

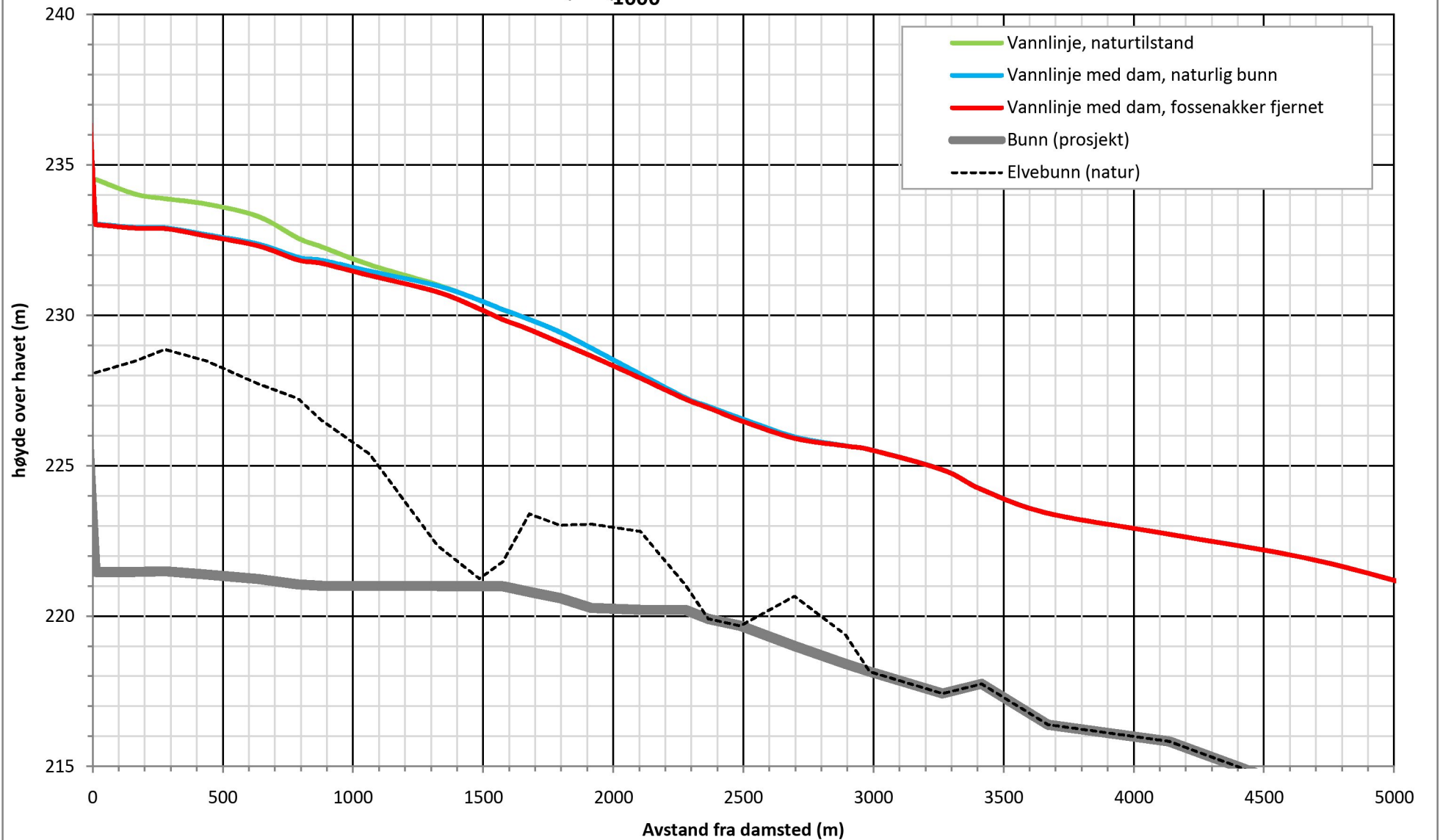


Oppstrøms dam

Figur 7.2

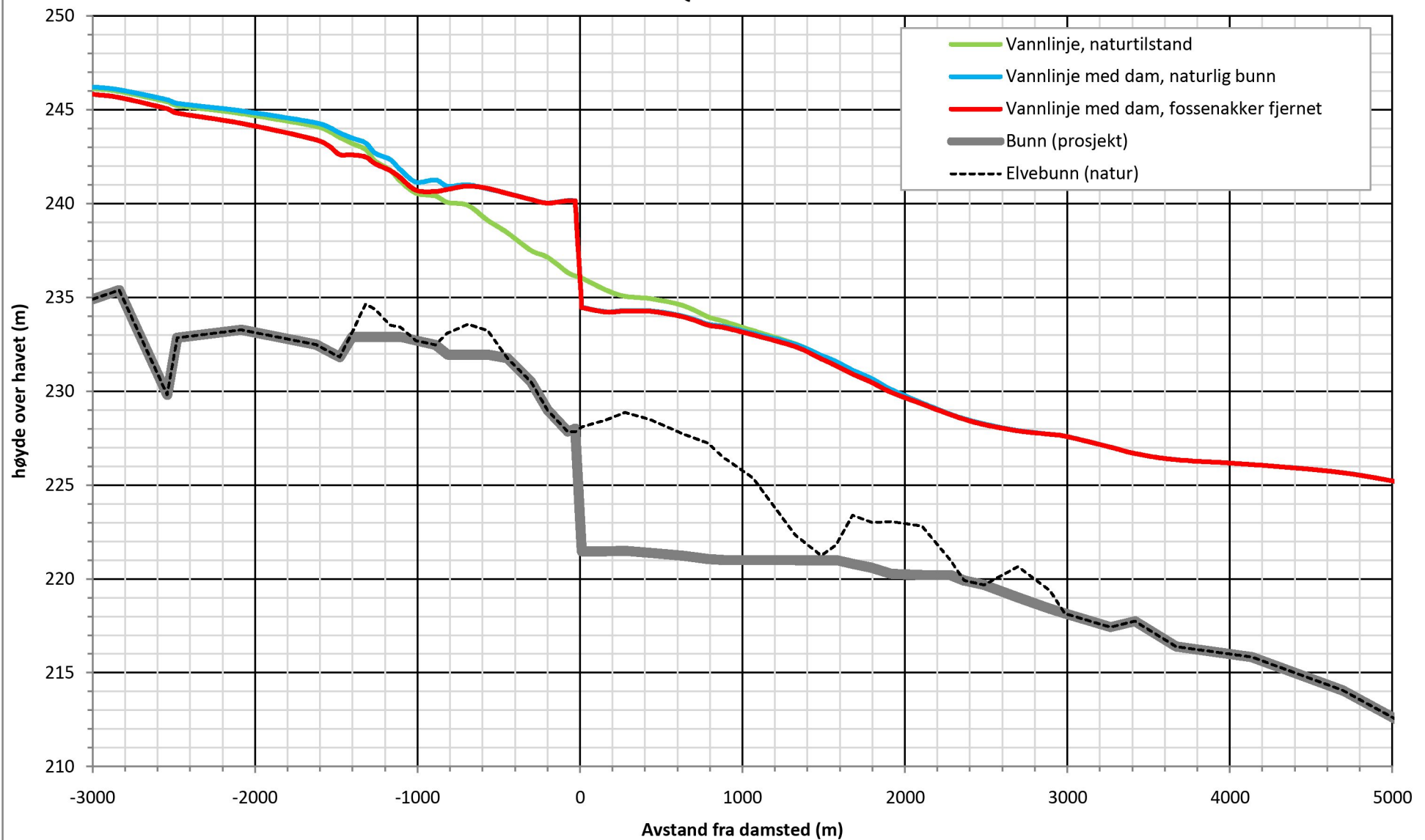
Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen

$Q=Q_{1000}$ med 2 lukesvikt



Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen

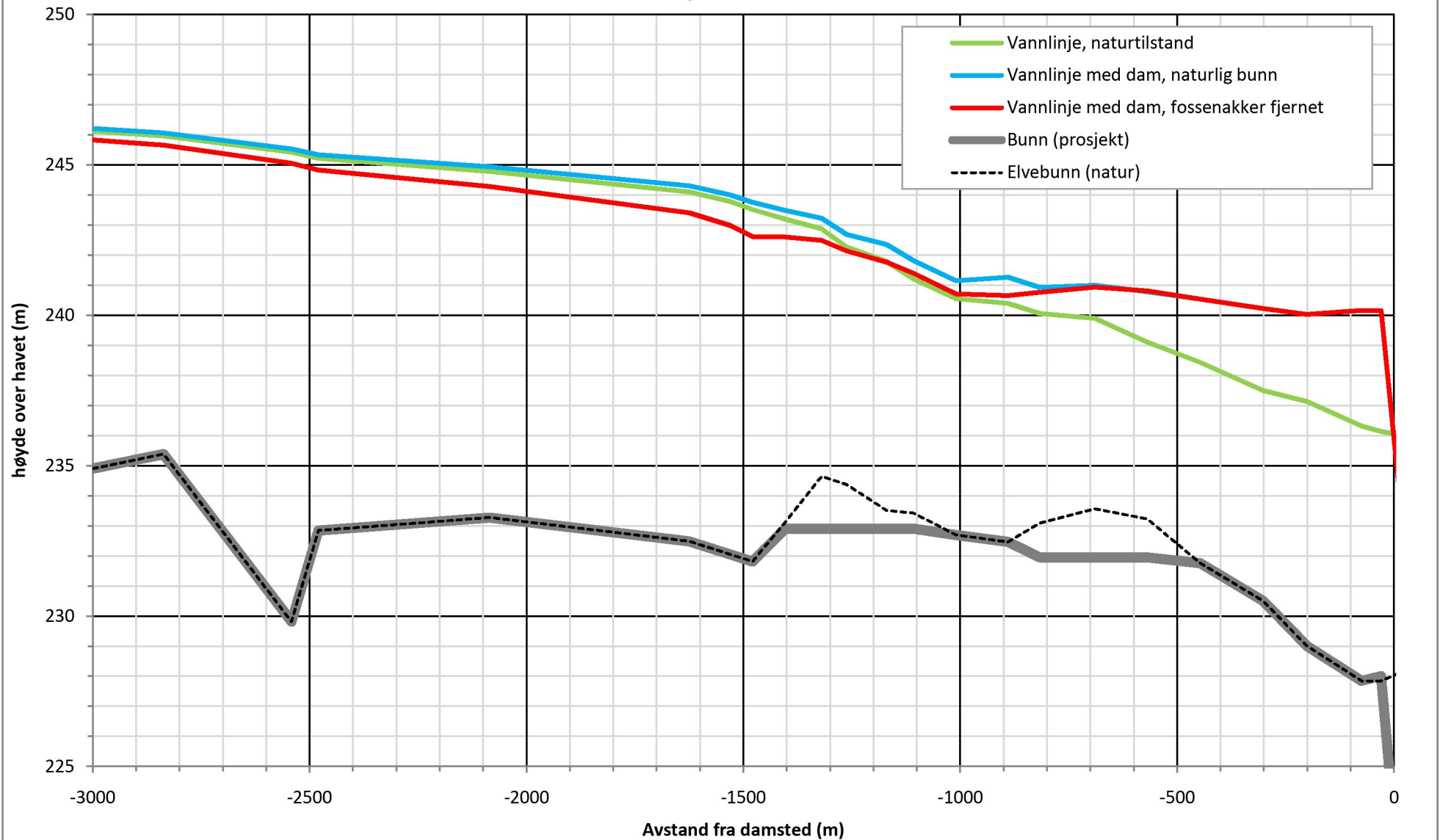
Q=PMF



Figur 8.1

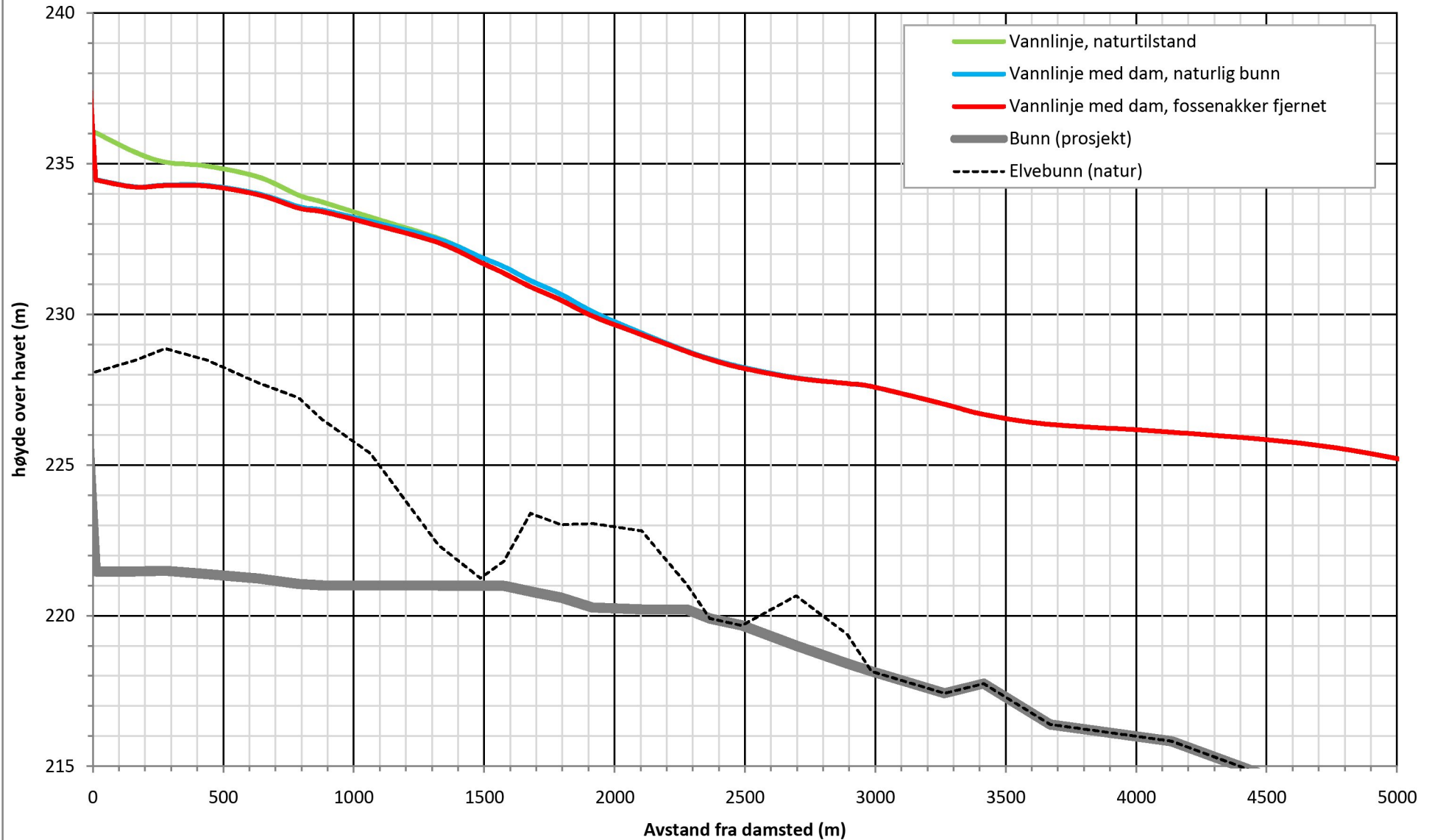
Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen

Q=PMF



Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen

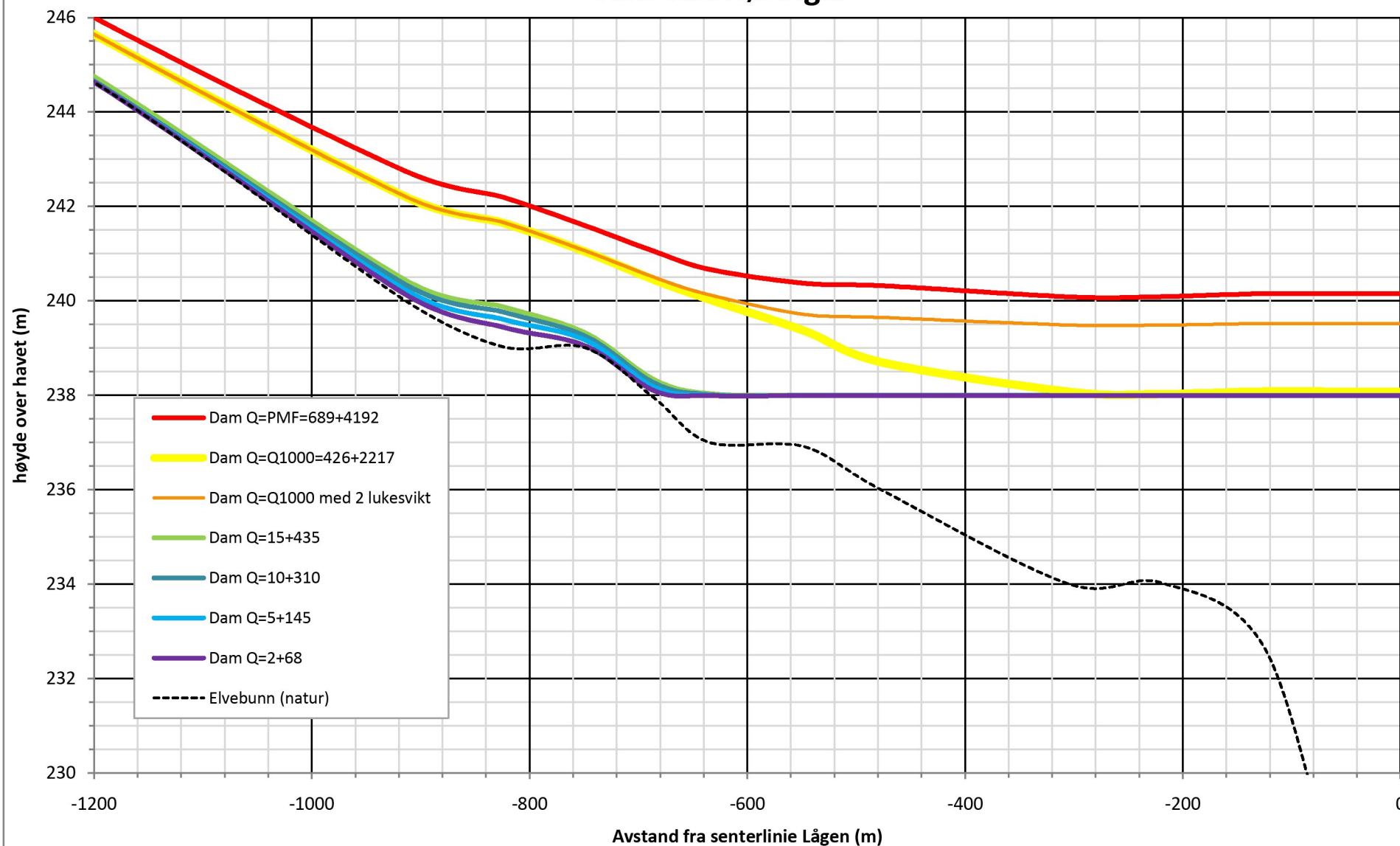
Q=PMF



Nedstrøms dam

Figur 8.3

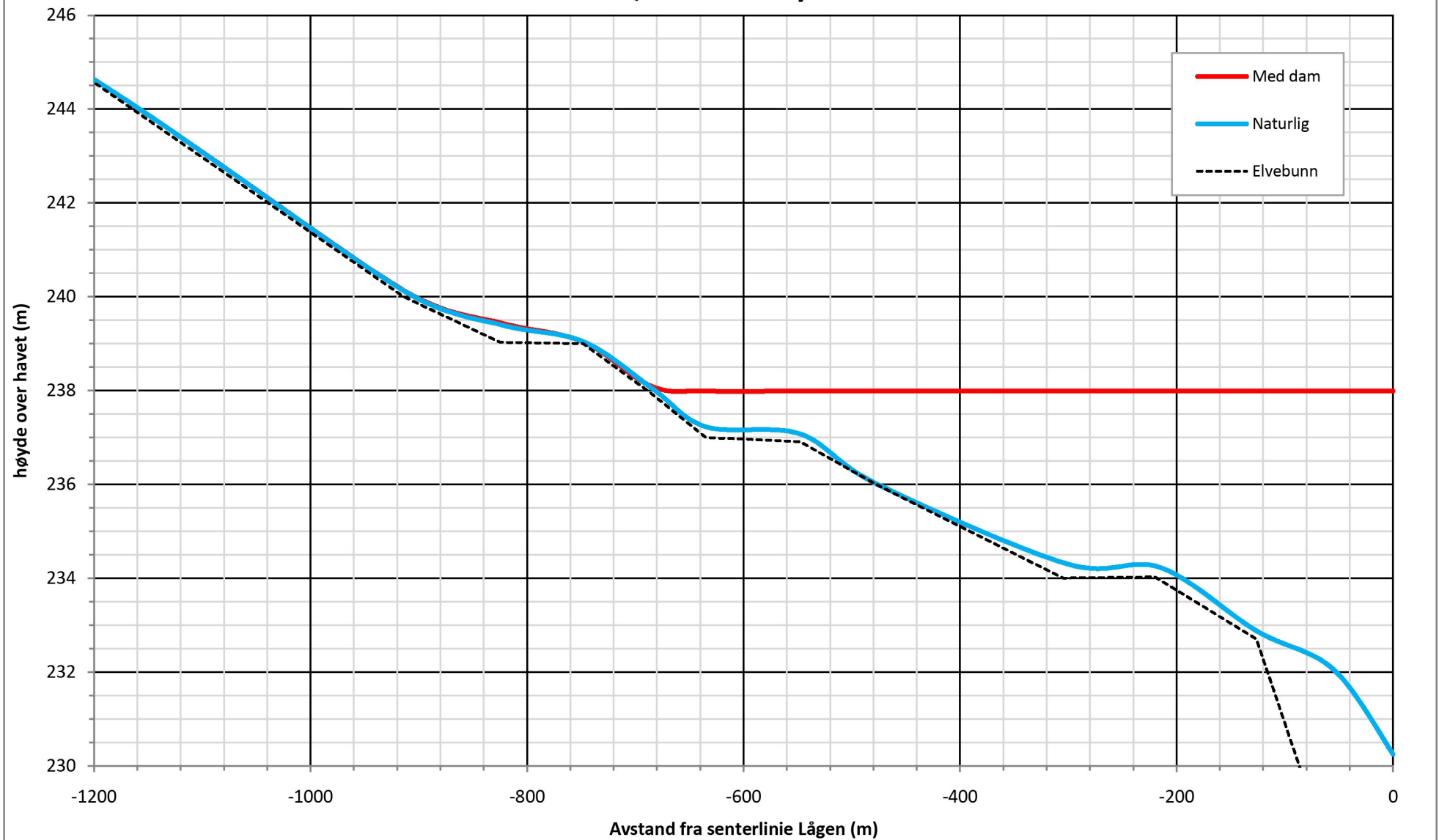
Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Vinstra elv Alle vannføringer



Figur 9

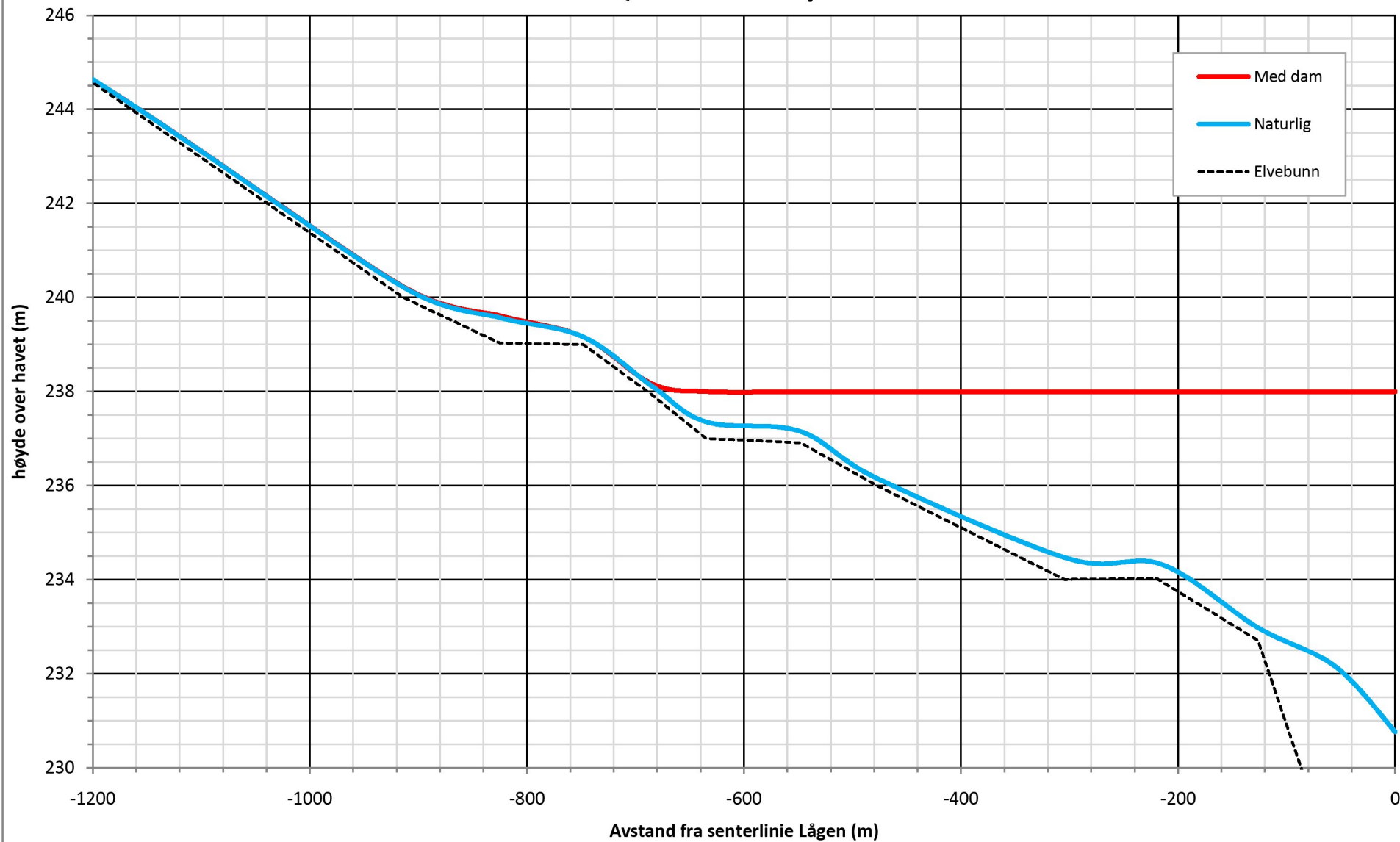
Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Vinstra elv

$Q = 2 + 68 \text{ m}^3/\text{s}$



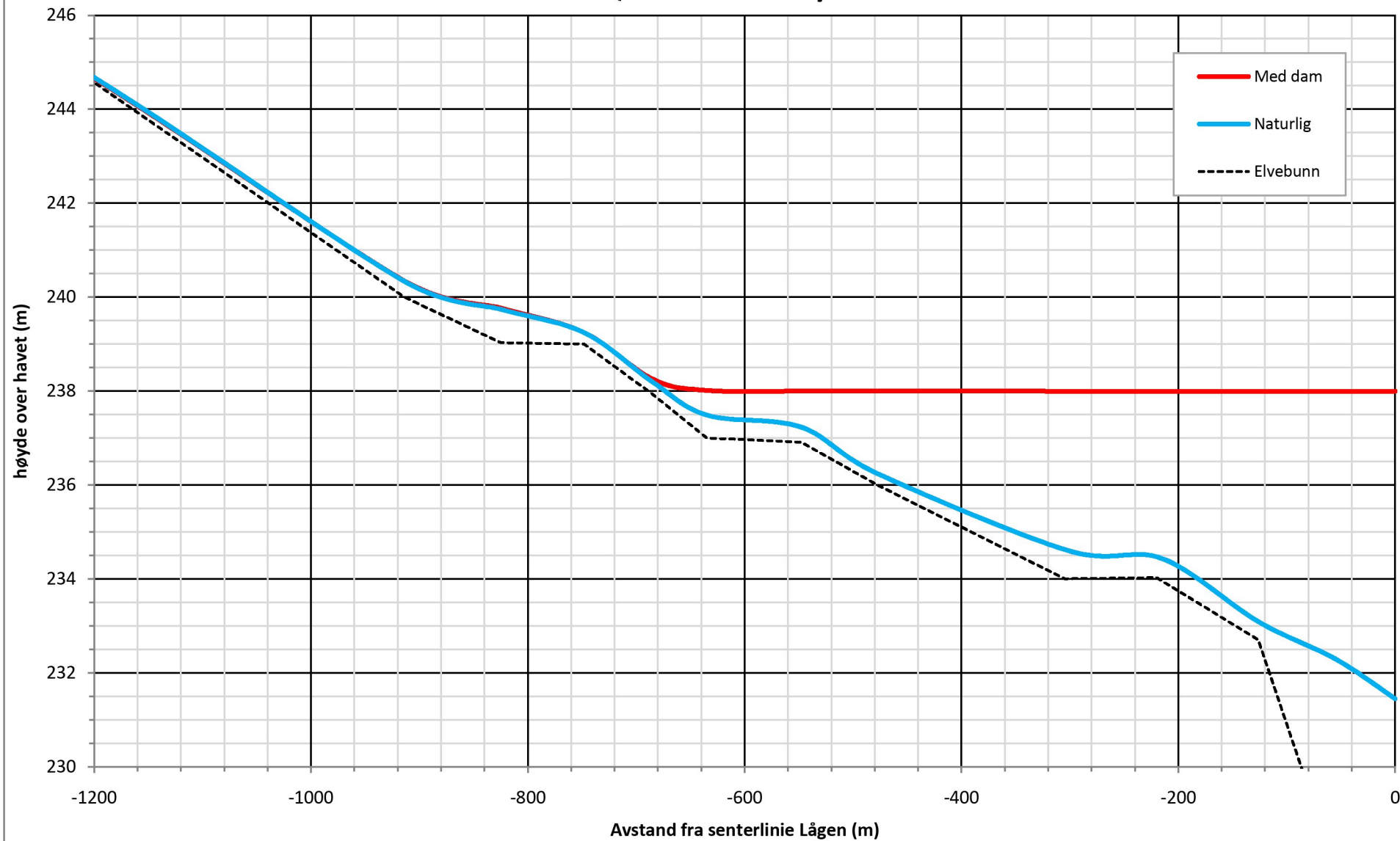
Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Vinstra elv

$Q = 5 + 145 \text{ m}^3/\text{s}$



Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Vinstra elv

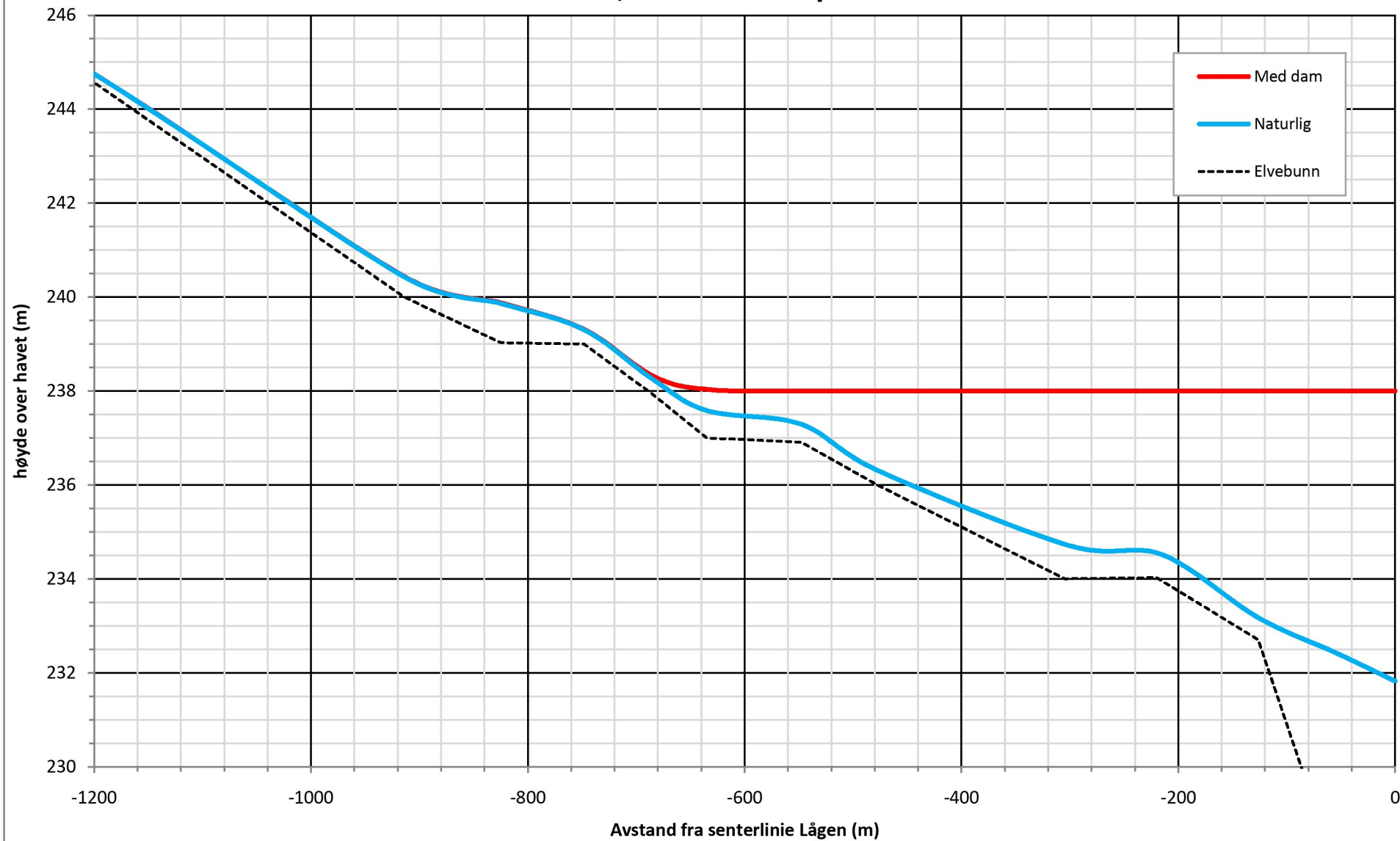
$Q = 10 + 310 \text{ m}^3/\text{s}$



Figur 12

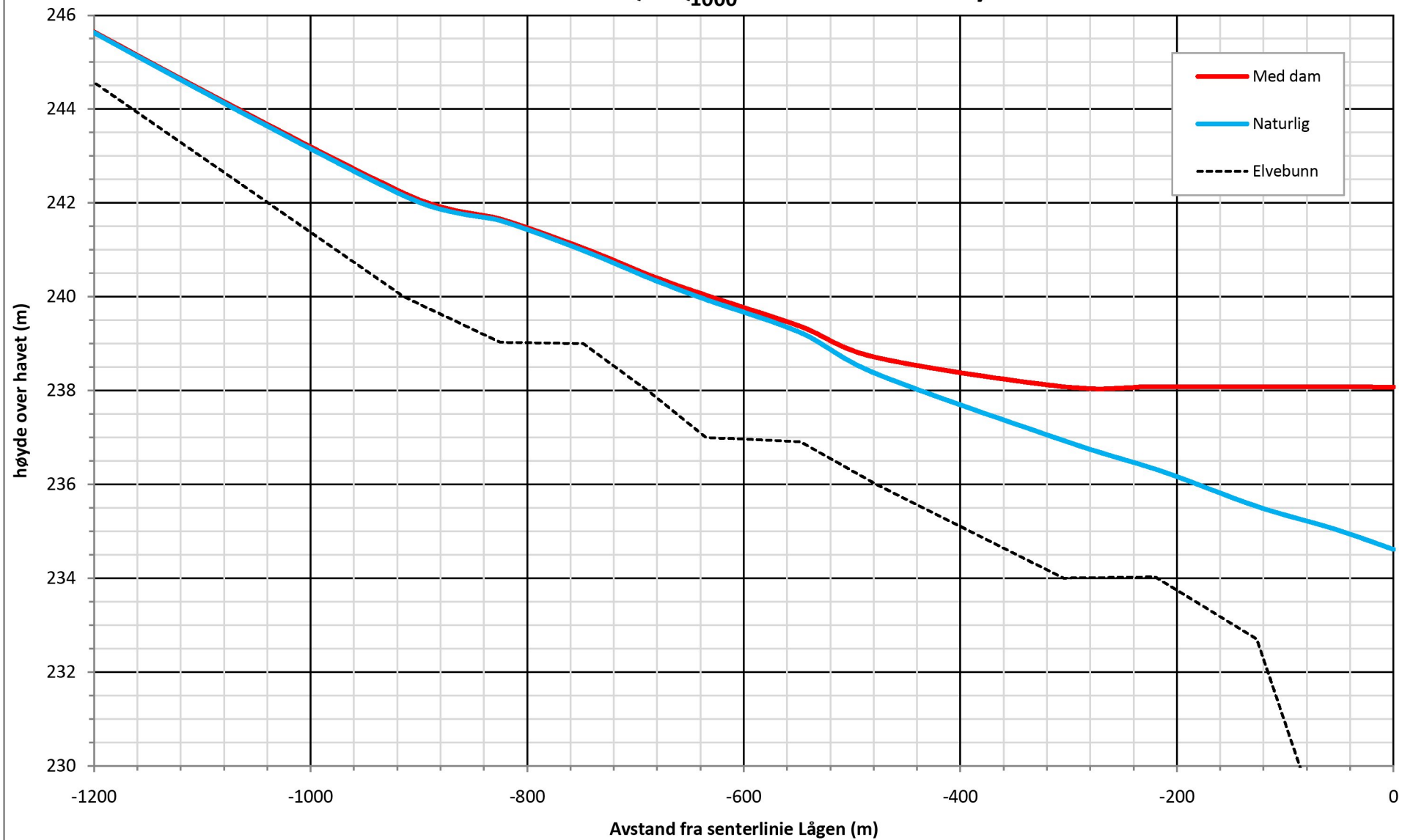
Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Vinstra elv

$Q = 15 + 315 \text{ m}^3/\text{s}$



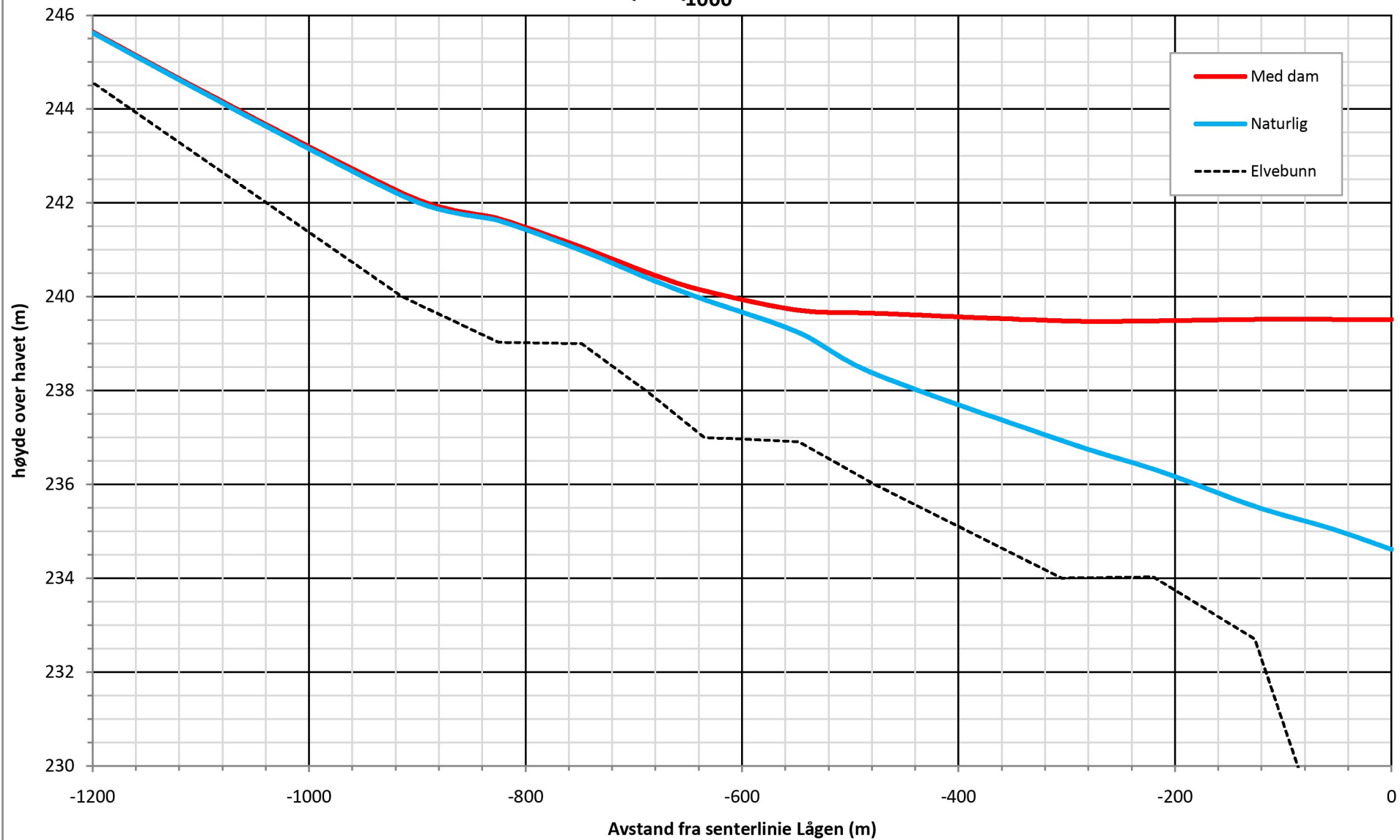
Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Vinstra elv

$$Q = Q_{1000} = 426 + 2217 \text{ m}^3/\text{s}$$



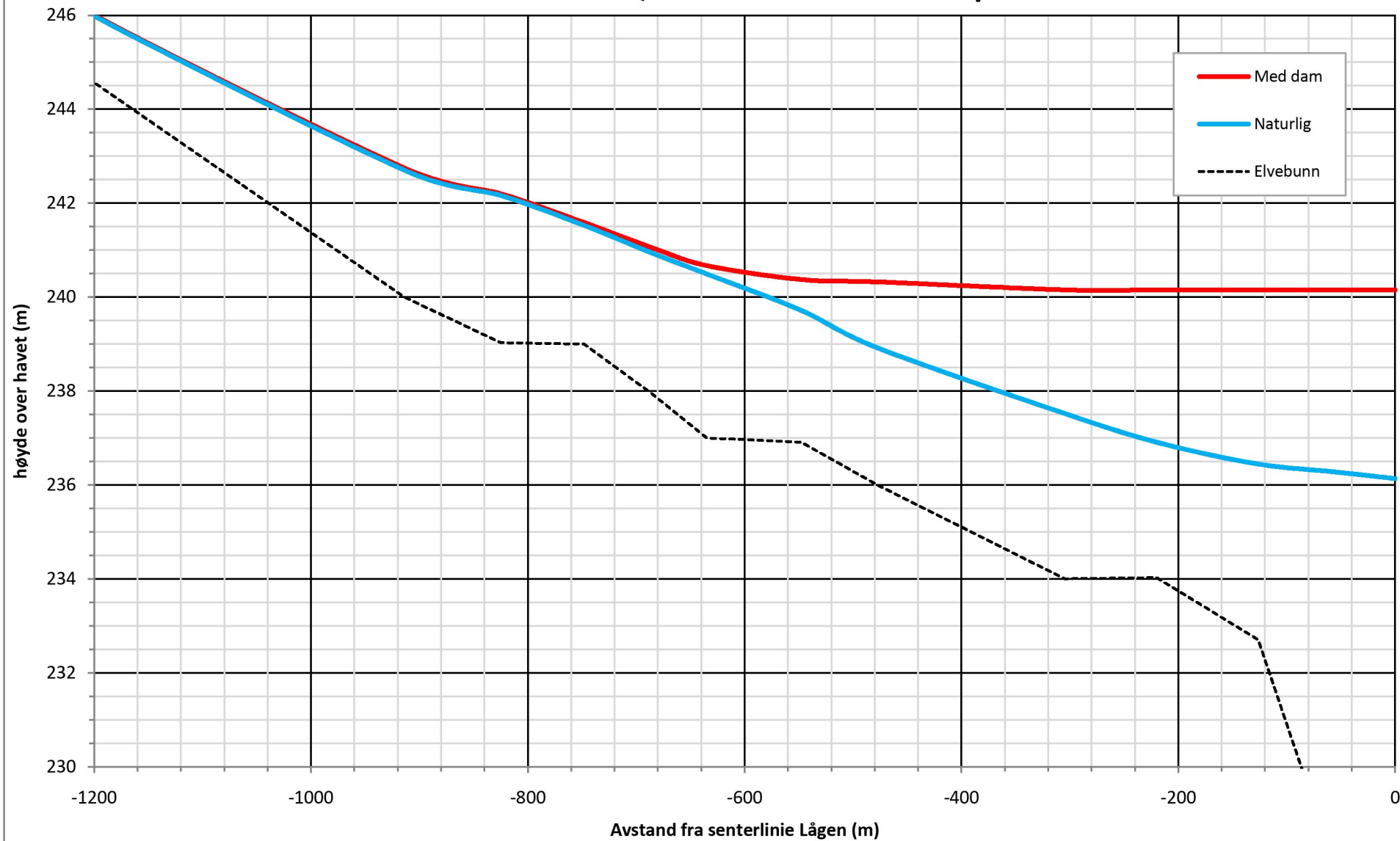
Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Vinstra elv

$Q = Q_{1000}$ med 2 to lukesvikt



Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Vinstra elv

$$Q = \text{PMF} = 689 + 4192 \text{ m}^3/\text{s}$$



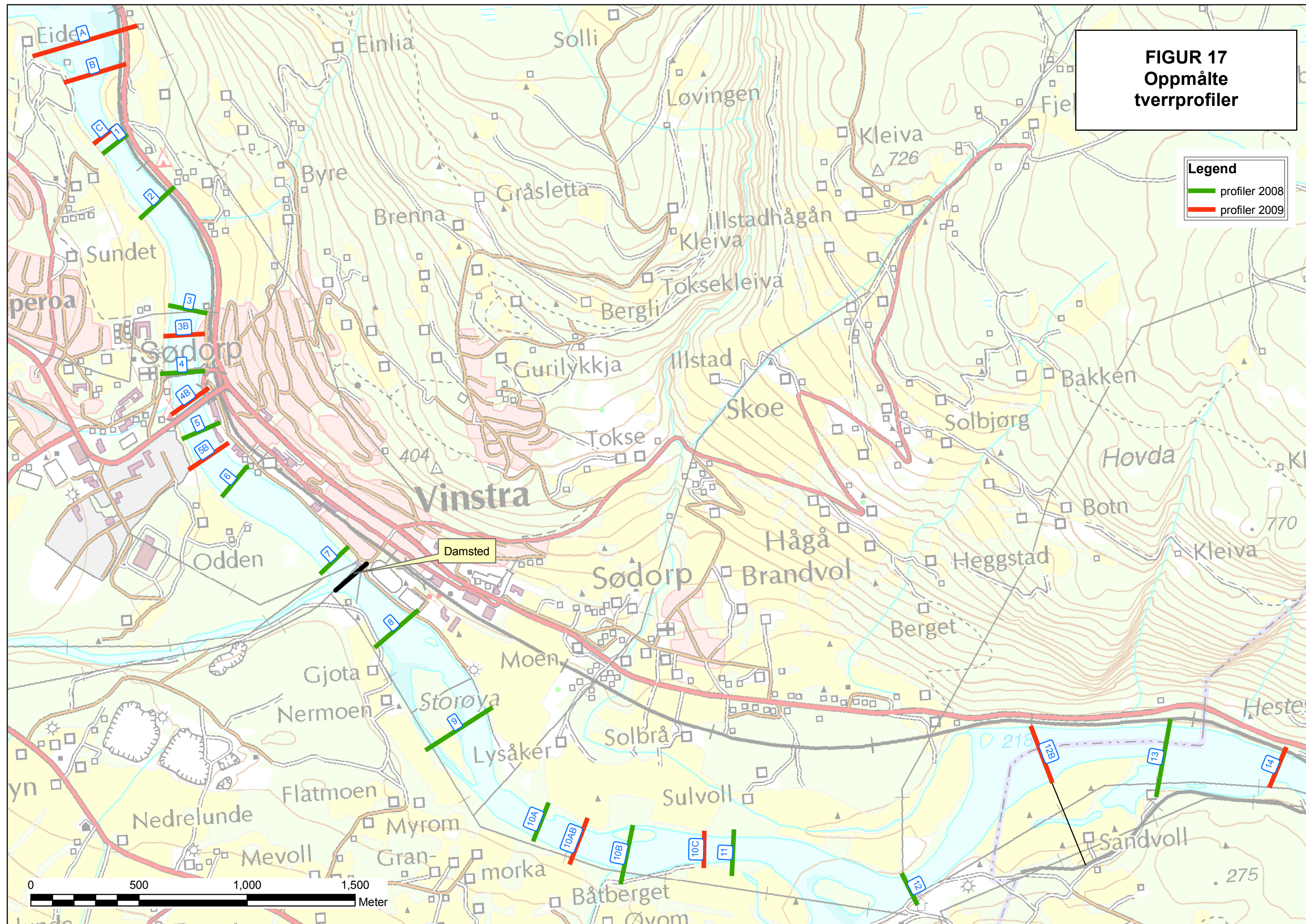
FIGUR 17
Oppmålte
tverrprofiler

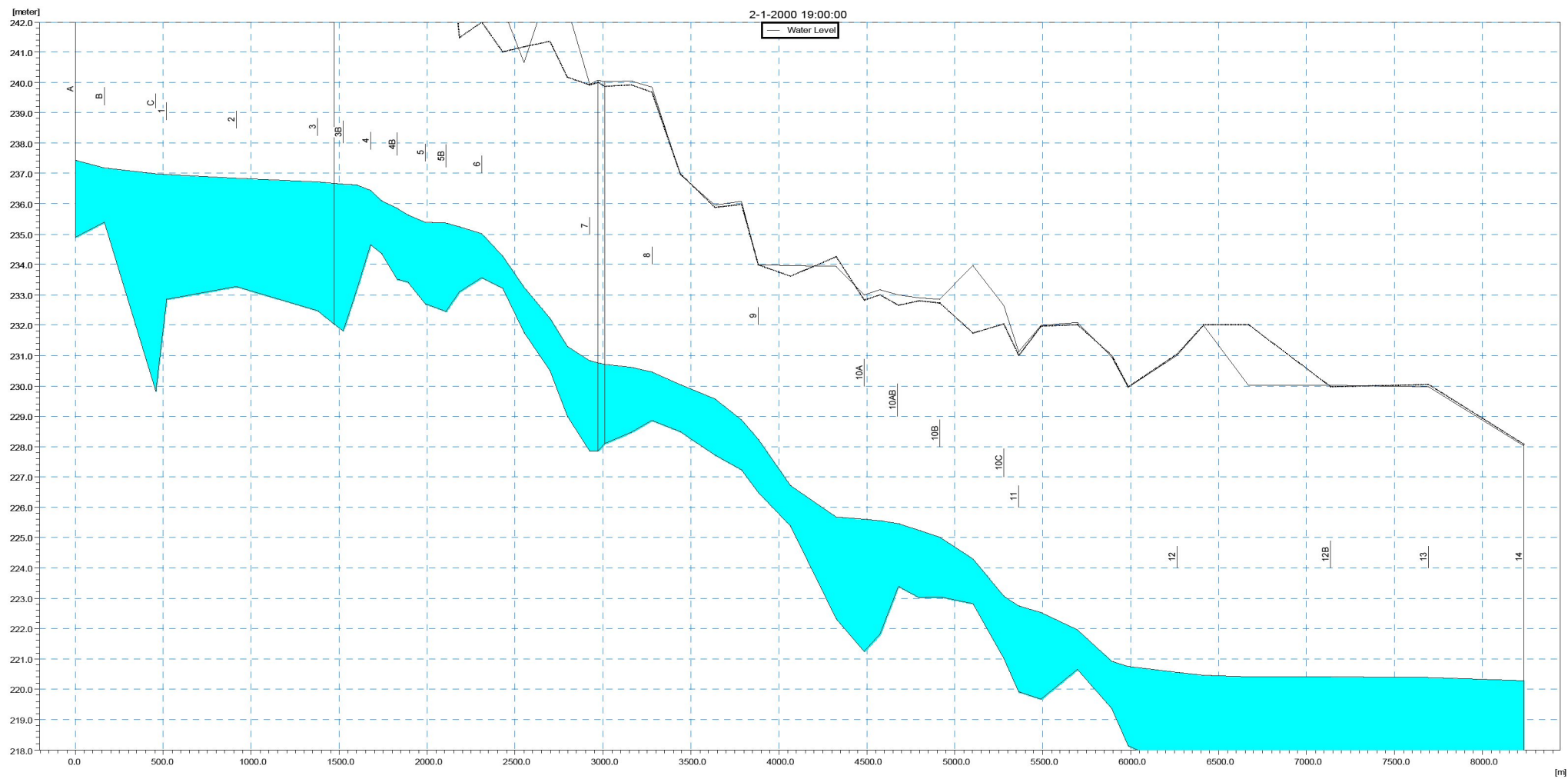
Legend

profiler 2008

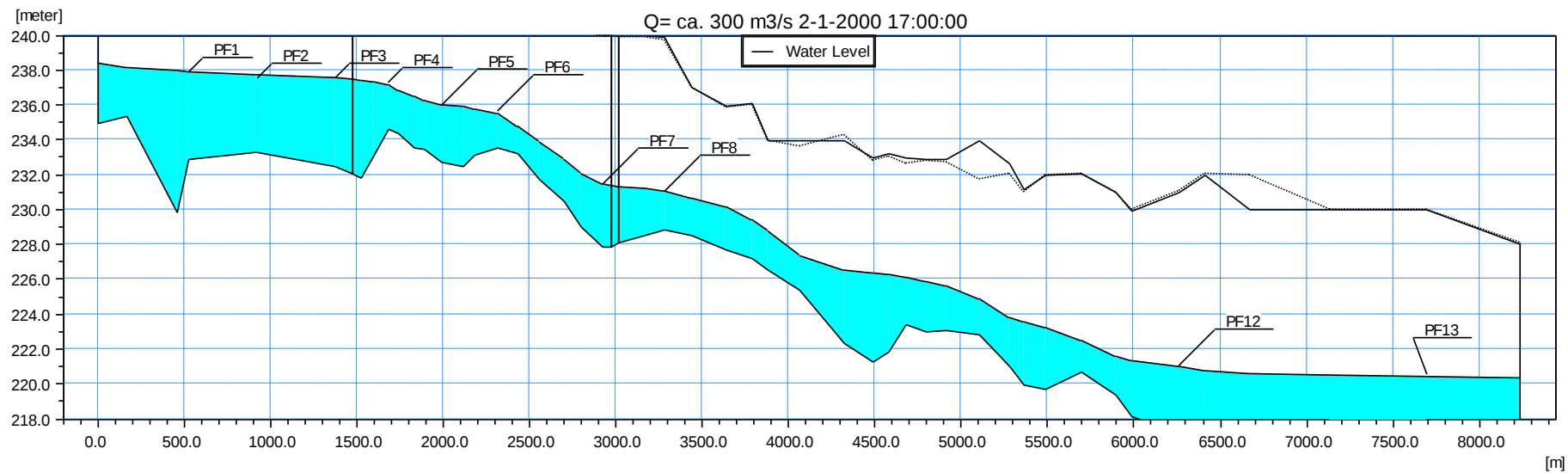
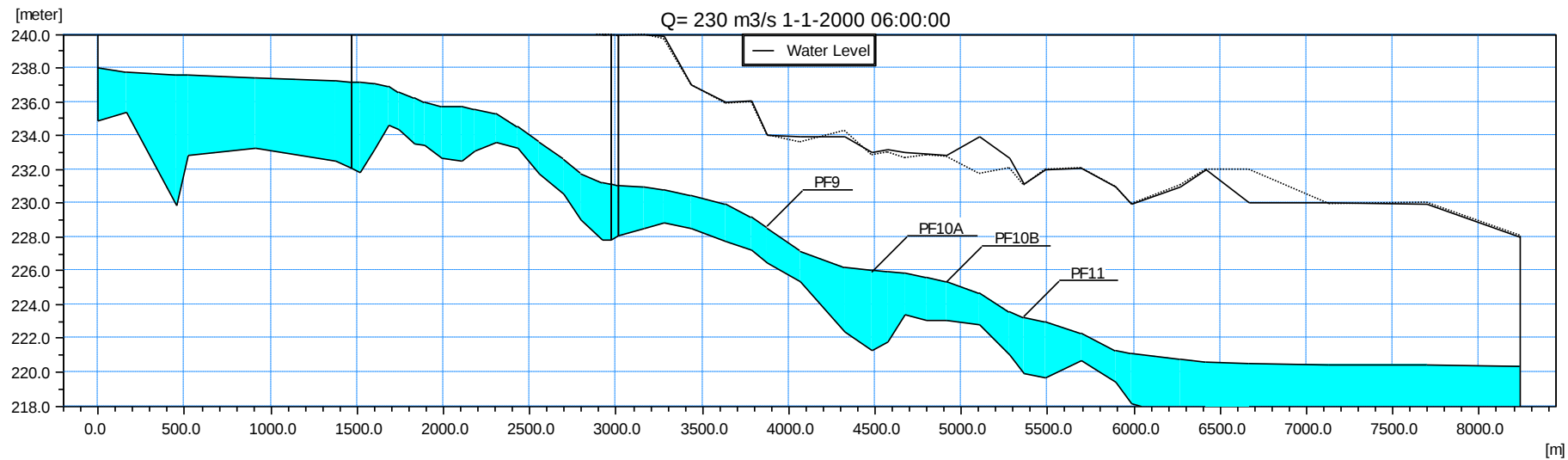
profiler 2009

profiler 2009





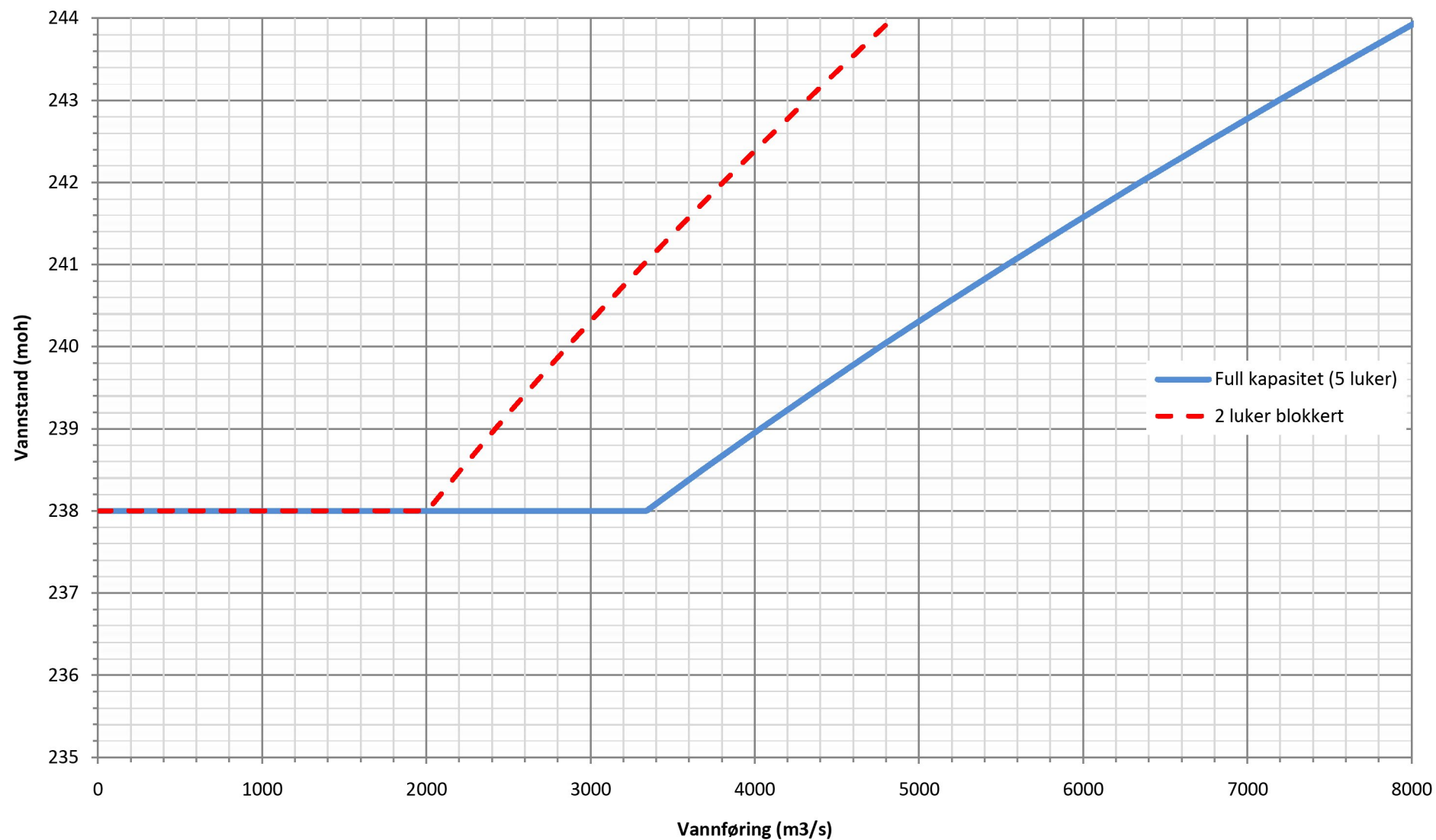
FIGUR 18
PLASSERING AV TVERRPROFILER



Figur 19 Resultat av kalibrering. Nedre endepunkt av de skrå linjene viser observert vannstand i tverrprofiler. Blå utfylling viser simulert vannstand. Q= 230 (øverst) og Q=300 (nederst)

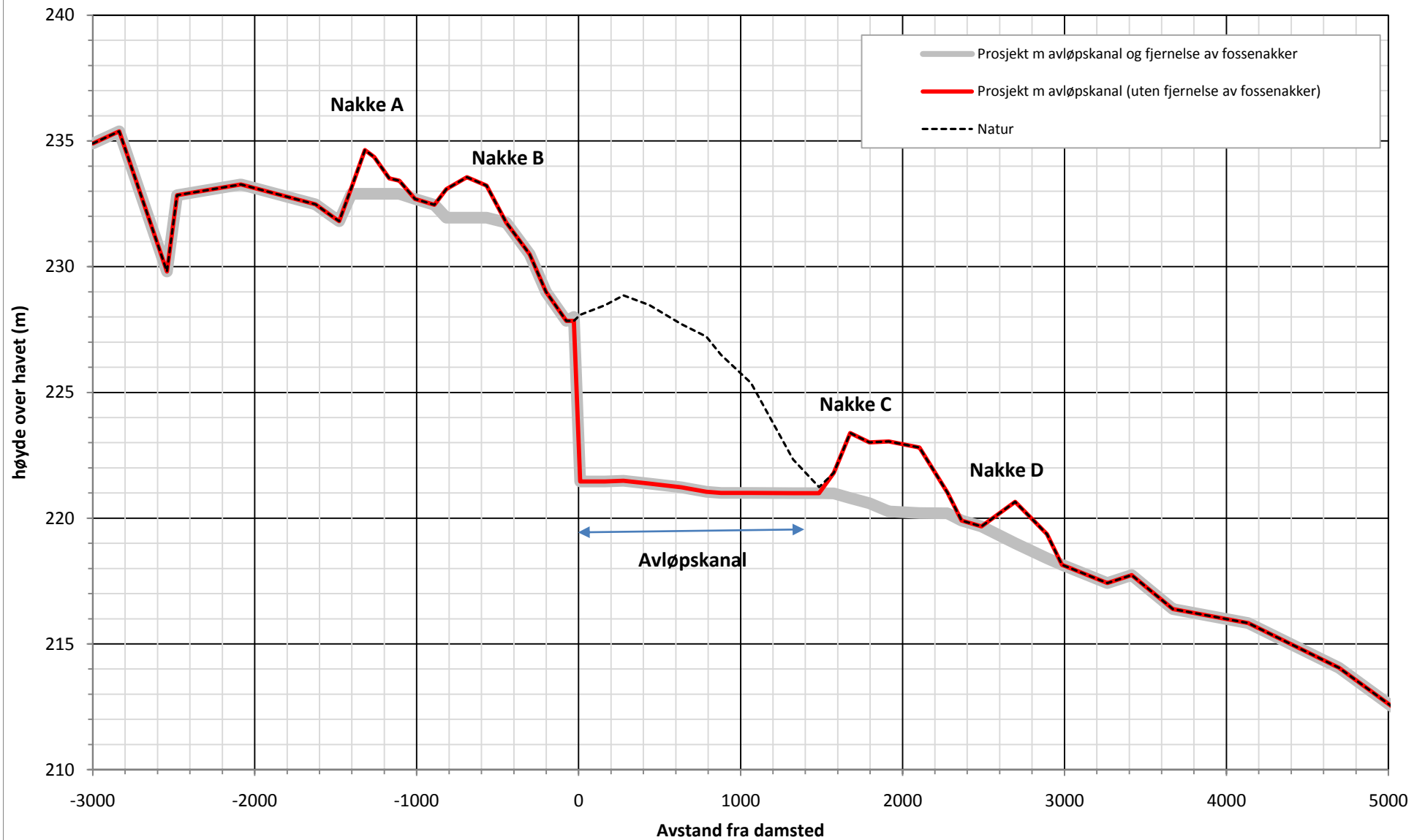
Vannføringskurve Overløp Kåja

Basert på Flomberegningsrapport Norconsult 2009

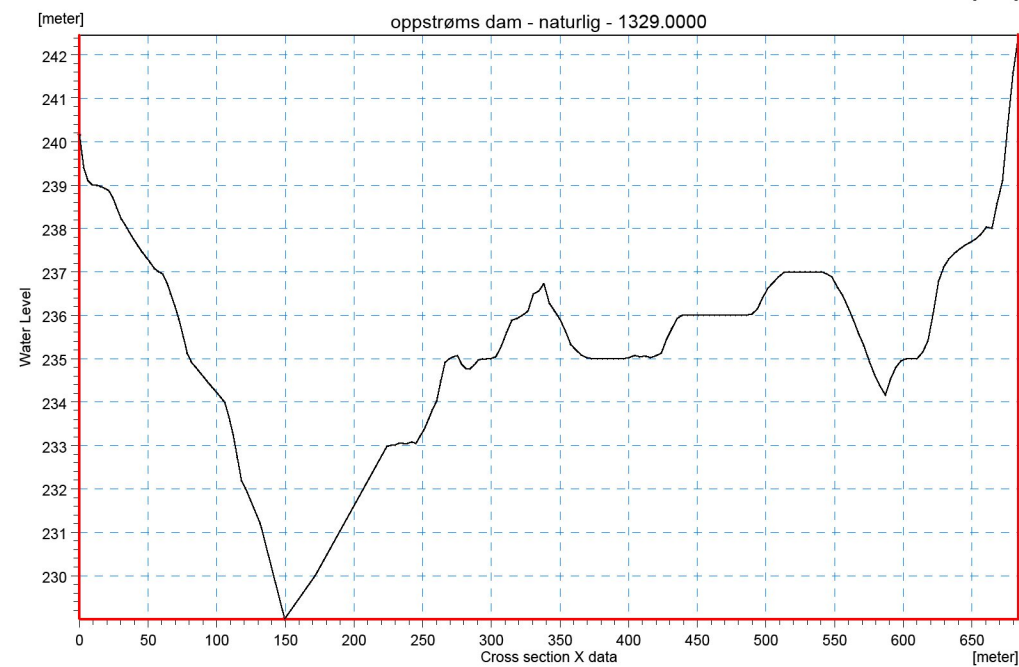
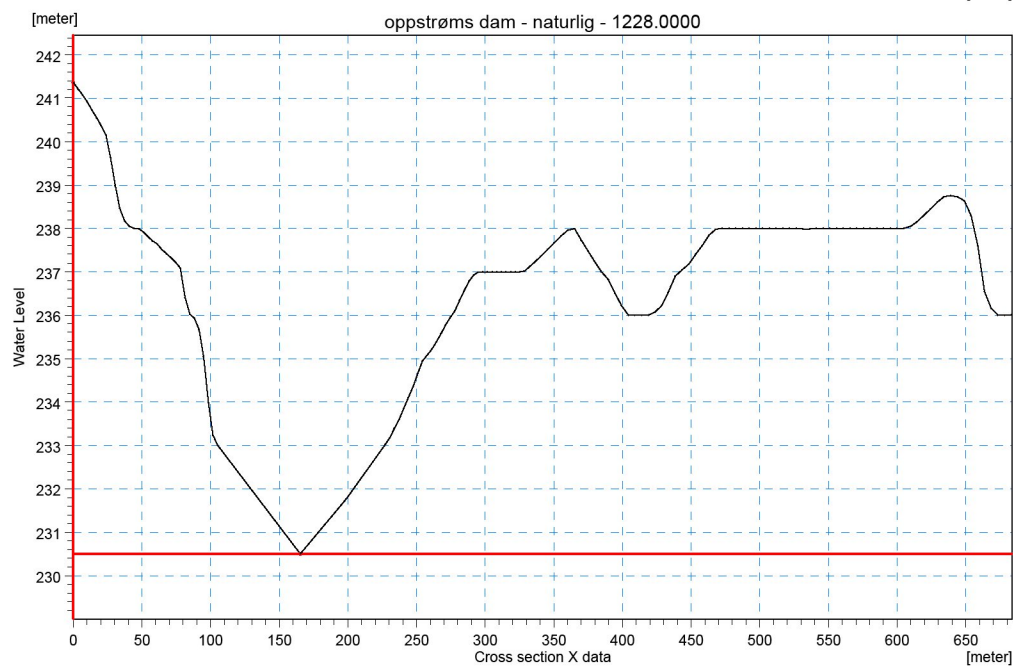
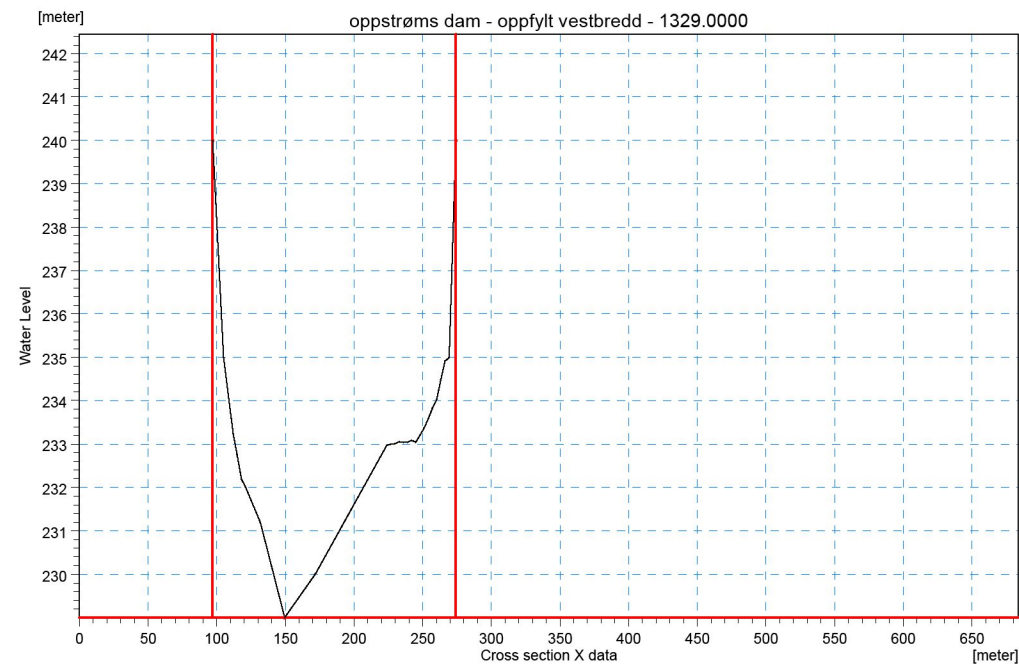
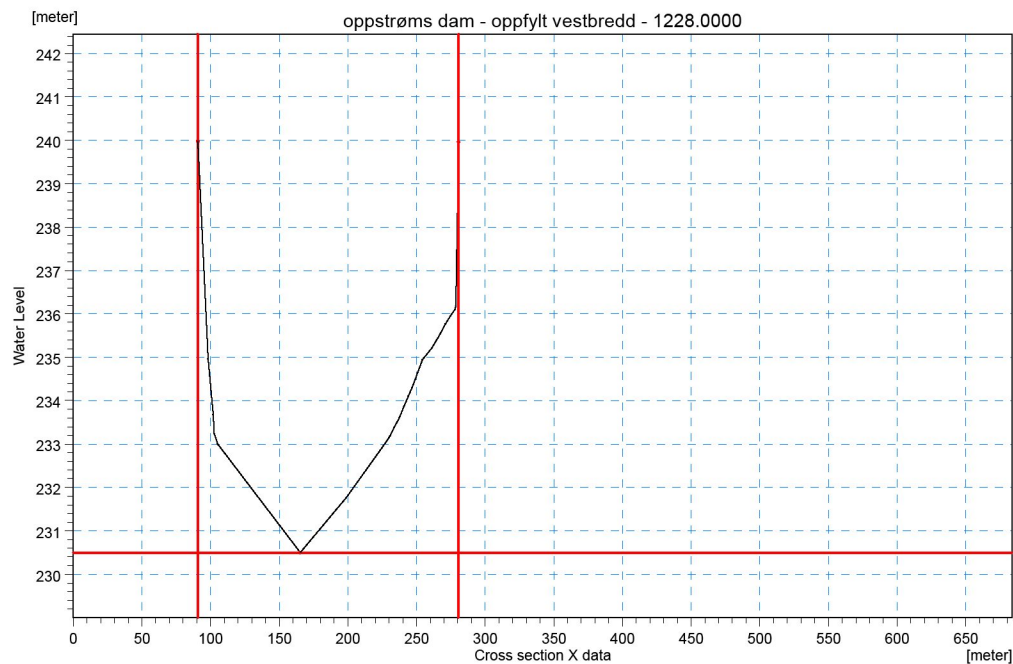


Figur 20

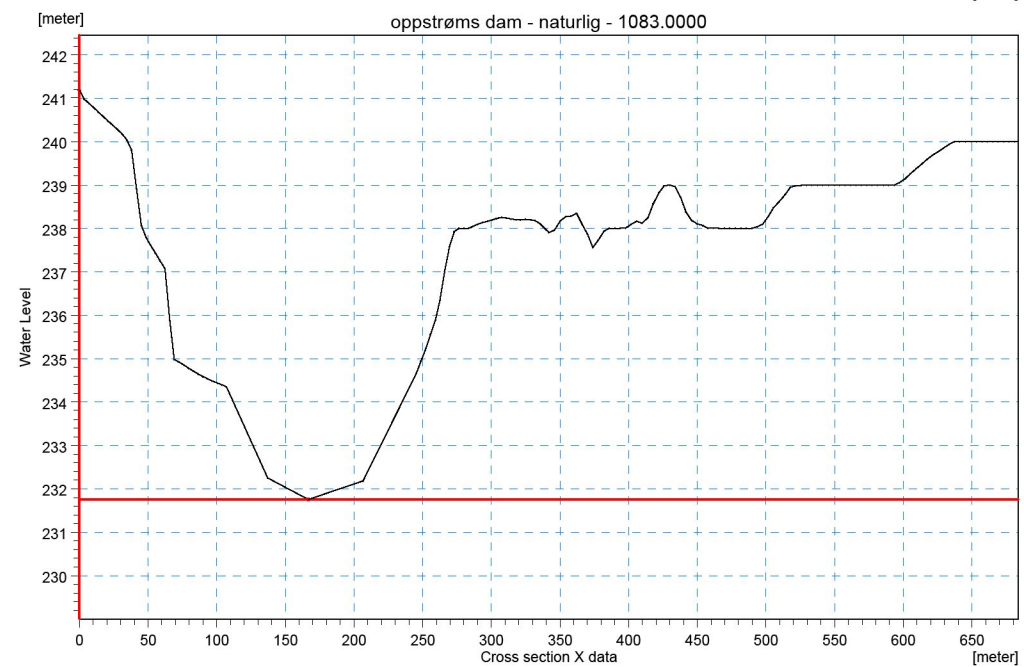
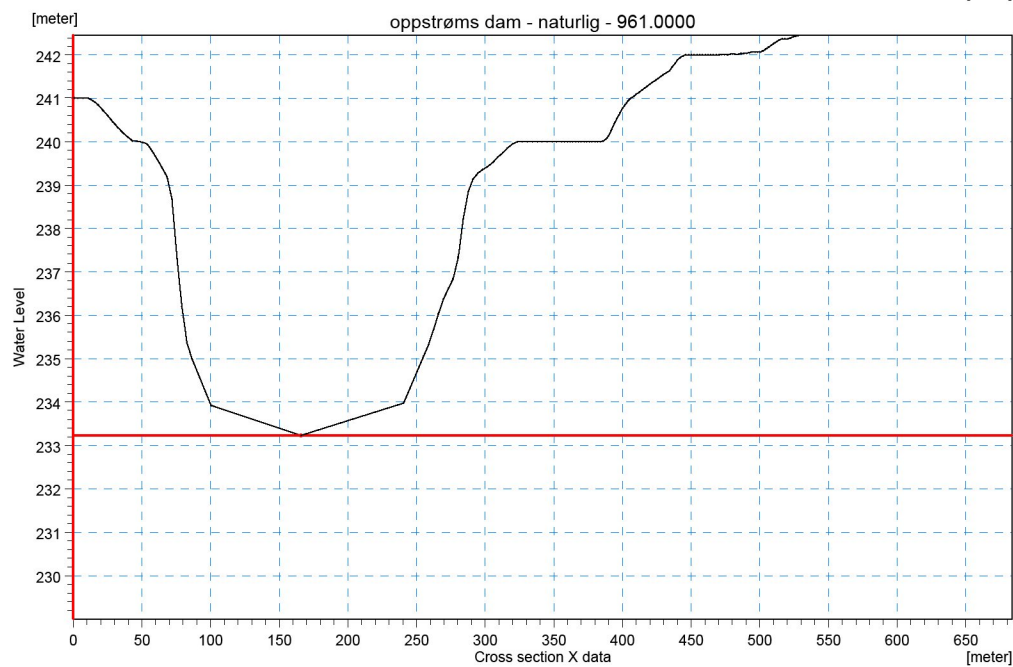
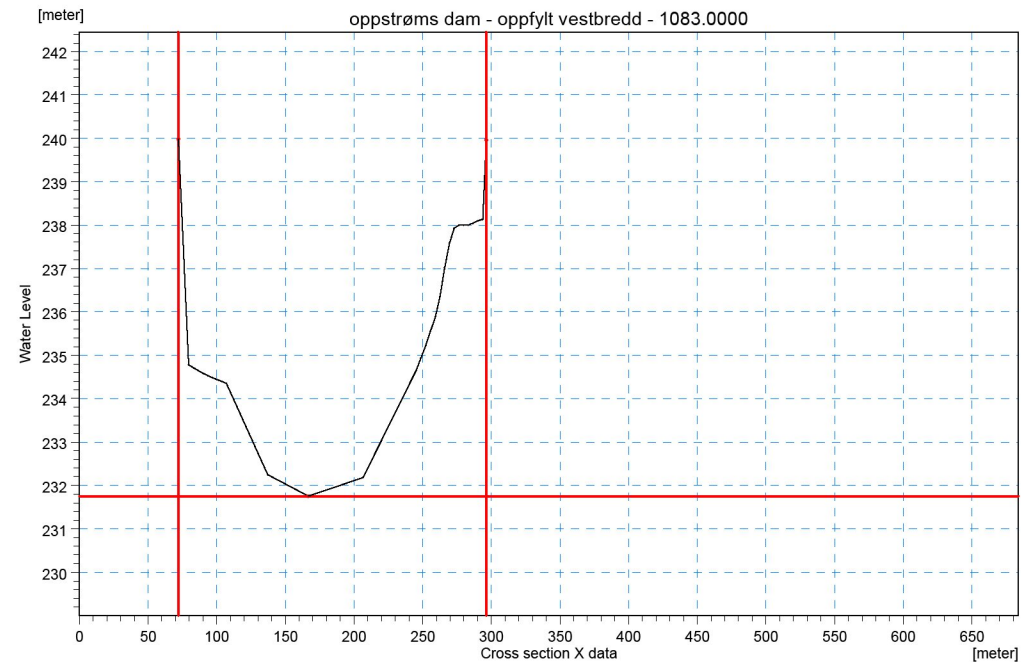
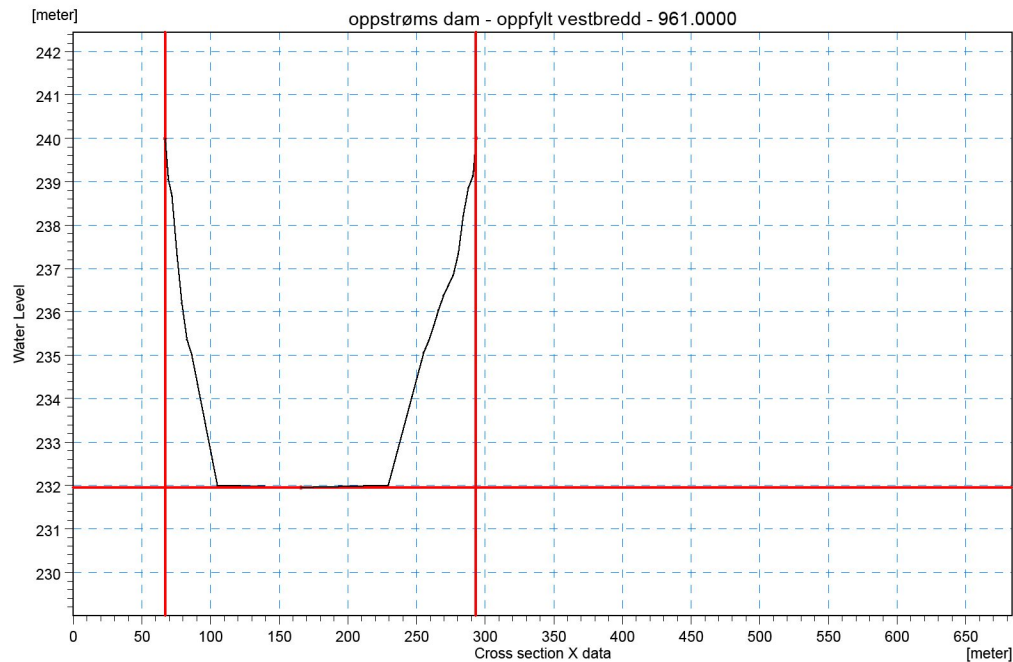
Elvebunn Lågen Med og uten forandringer



Figur 21



Figur 22 / 1

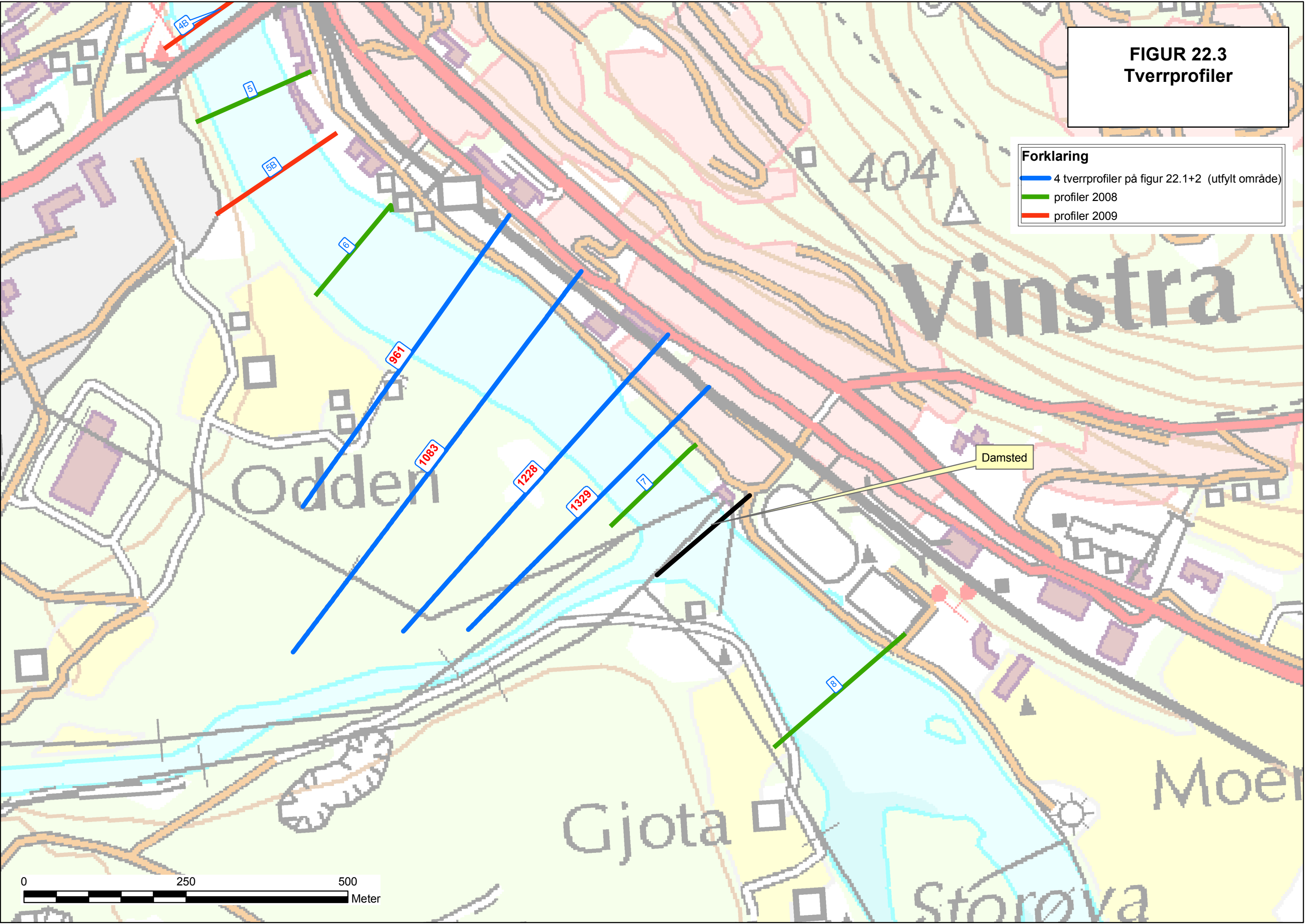


Figur 22 / 2

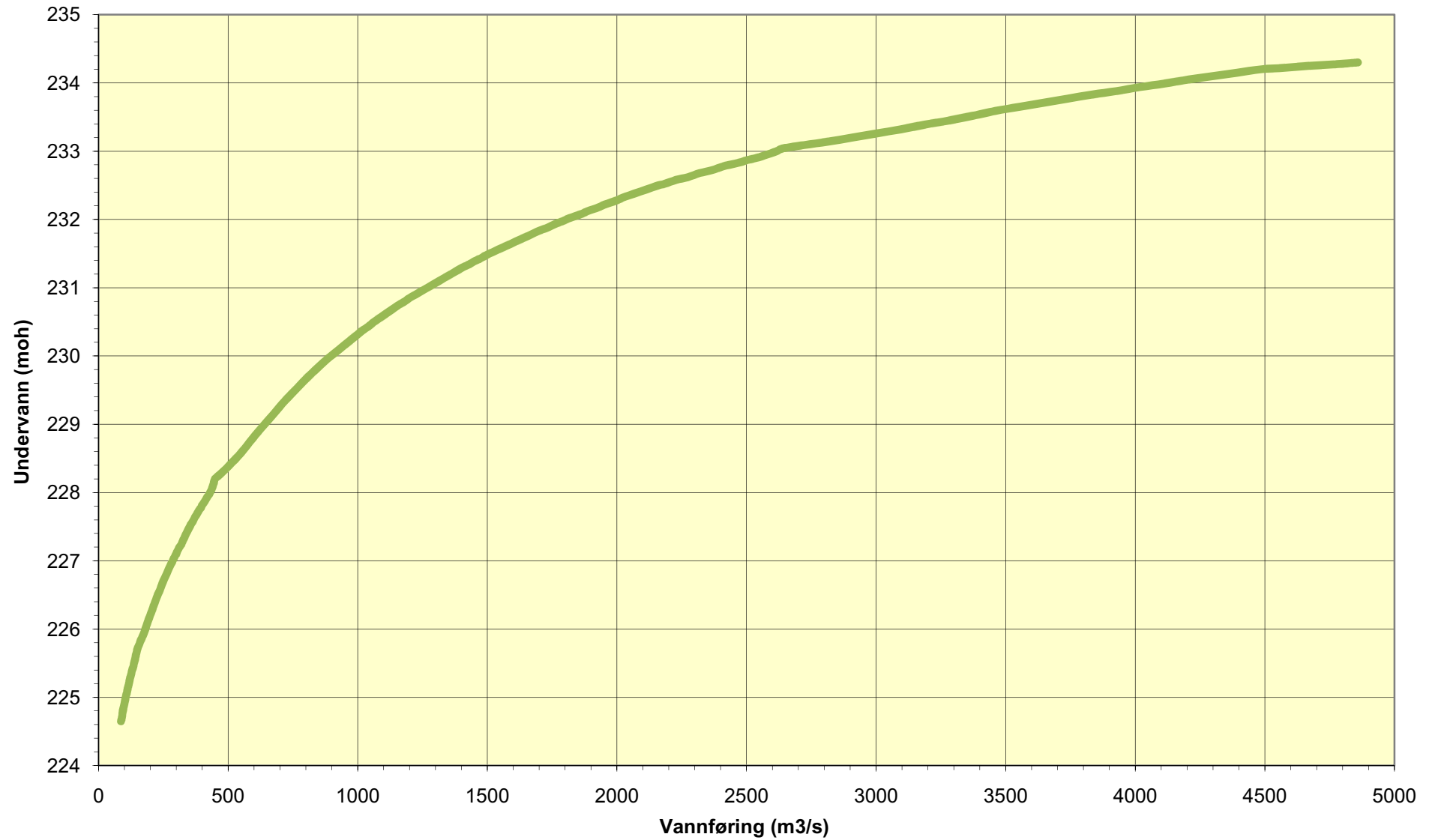
FIGUR 22.3
Tverrprofiler

Forklaring

- 4 tverrprofiler på figur 22.1+2 (utfylt område)
- profiler 2008
- profiler 2009

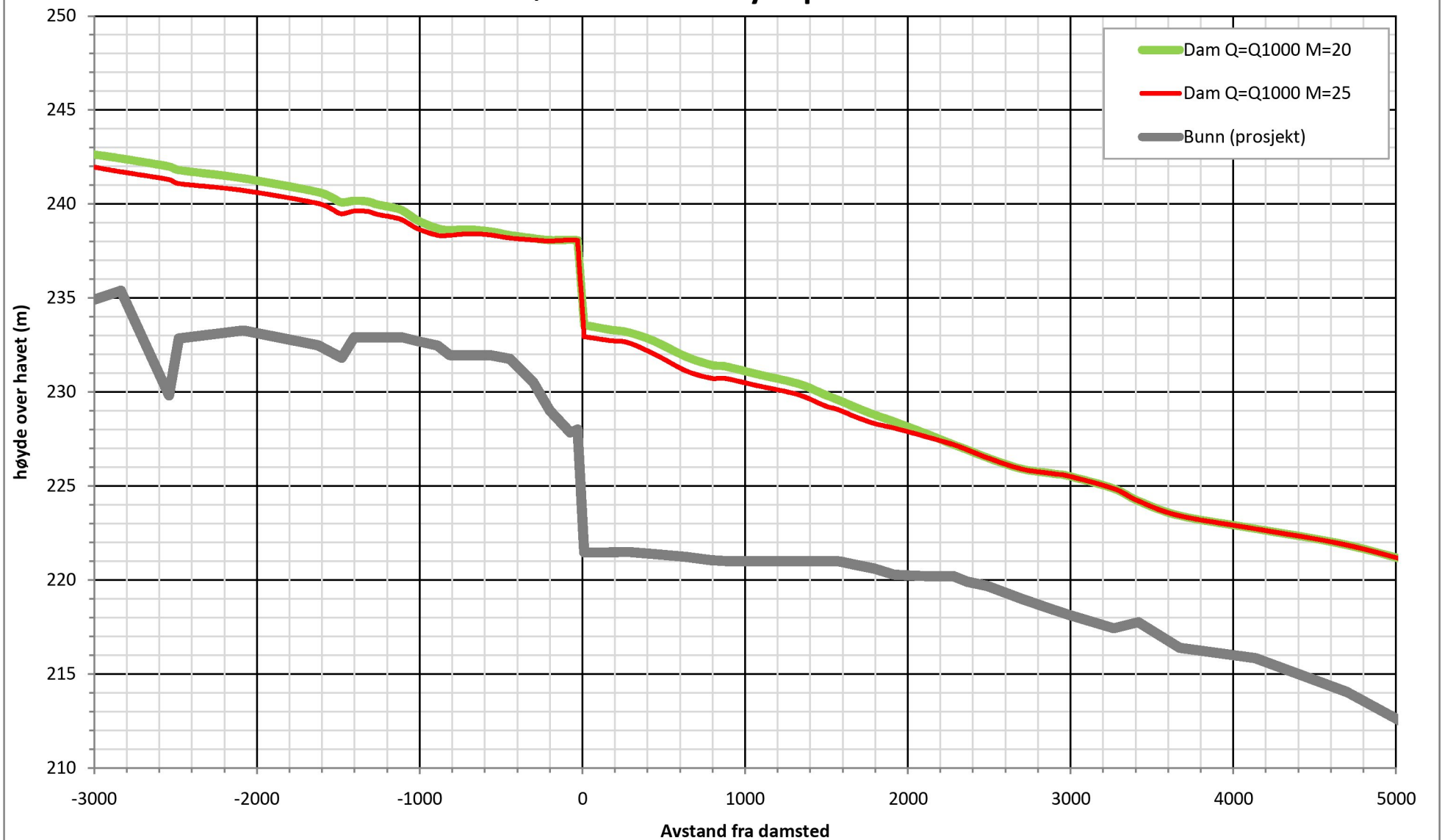


Undervannskurve -Vannstand nedstrøms dam Kåja



Figur 23

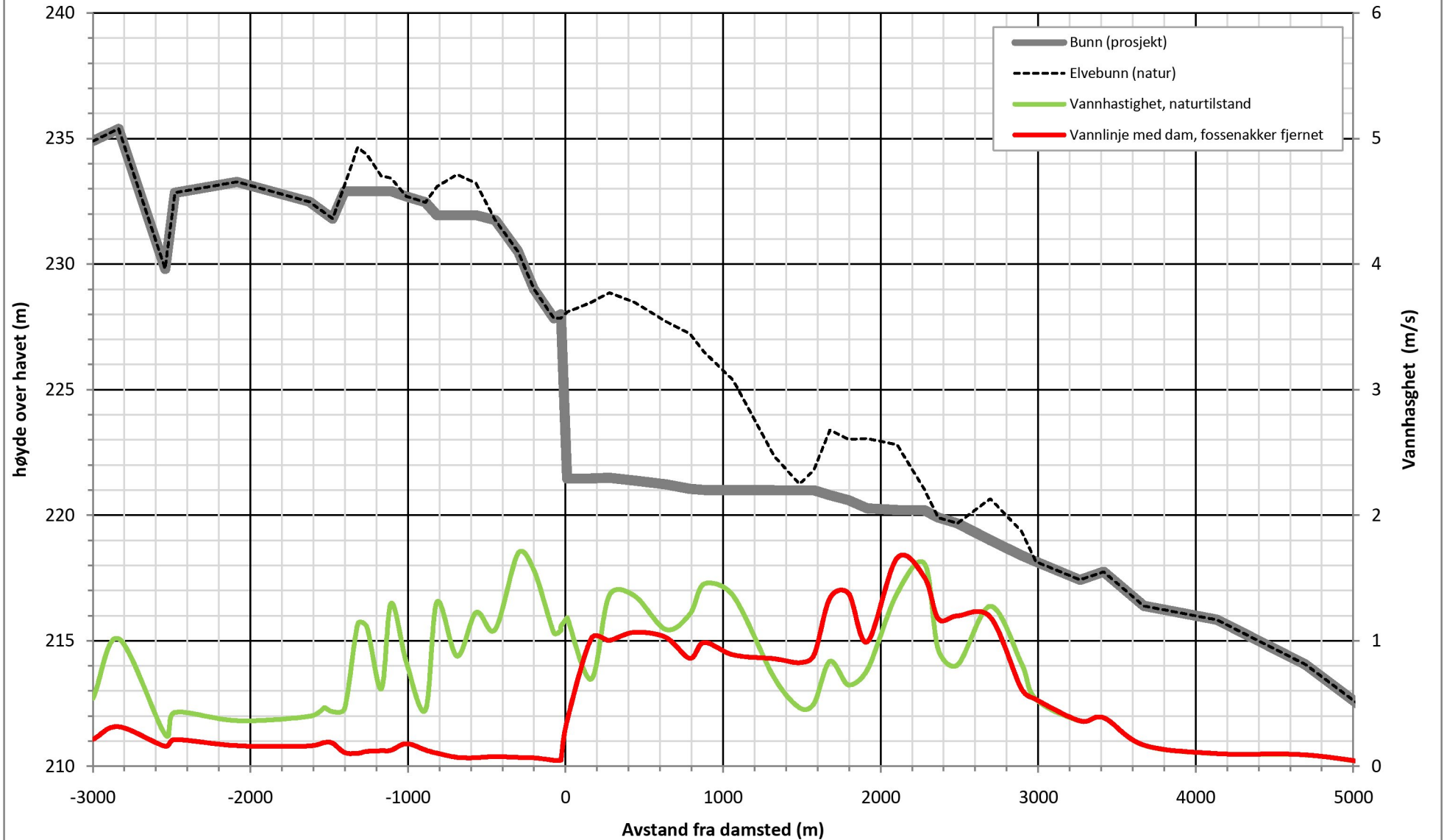
Vannlinje Lågen m Prosjekt Kåja Følsomhetsanalyse på ruhet



Figur 24

Kåja kraftverk - Hastighetsprofil Lågen

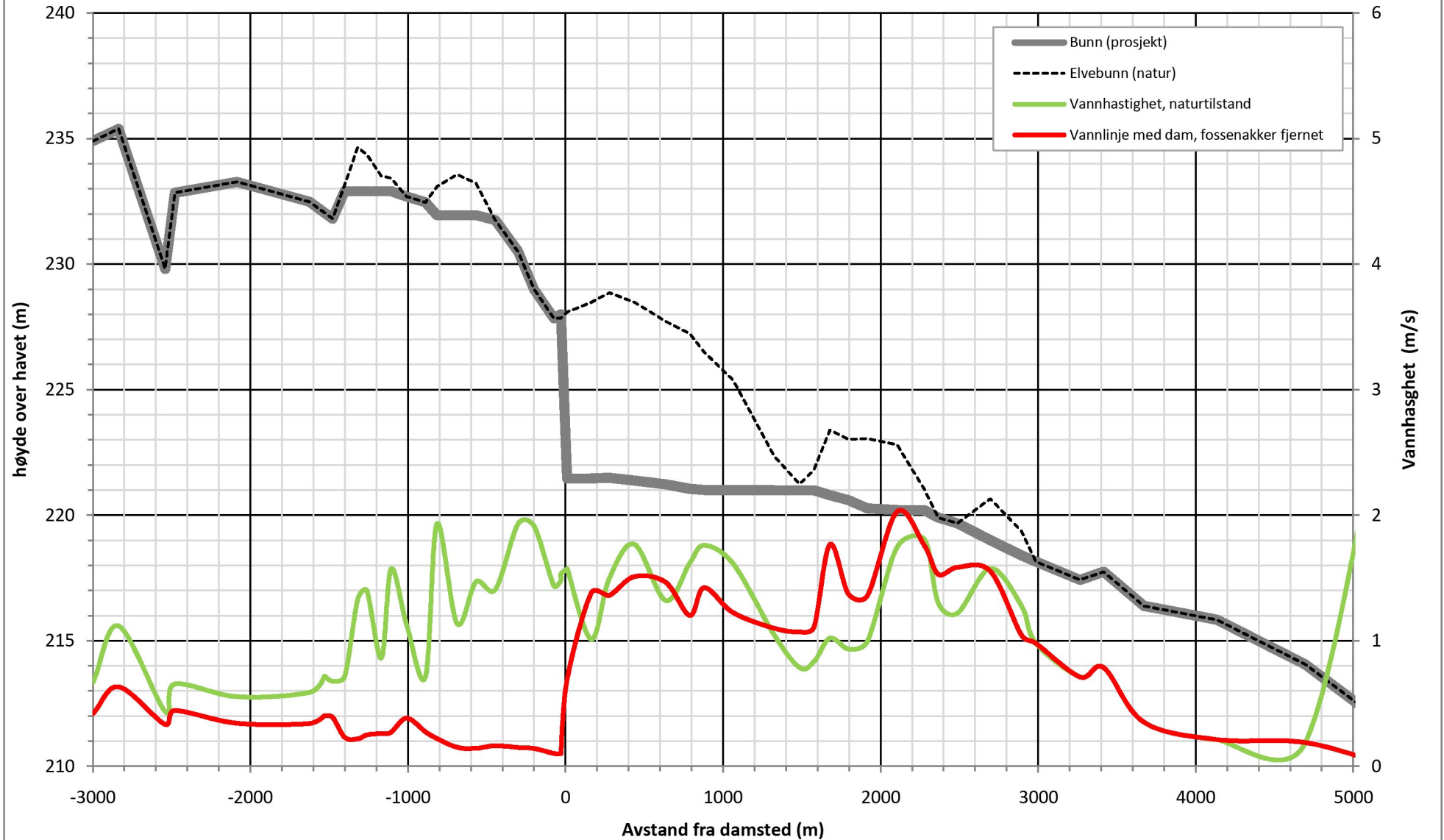
$Q=70 \text{ m}^3/\text{s}$



Figur 25.1

Kåja kraftverk - Hastighetsprofil Lågen

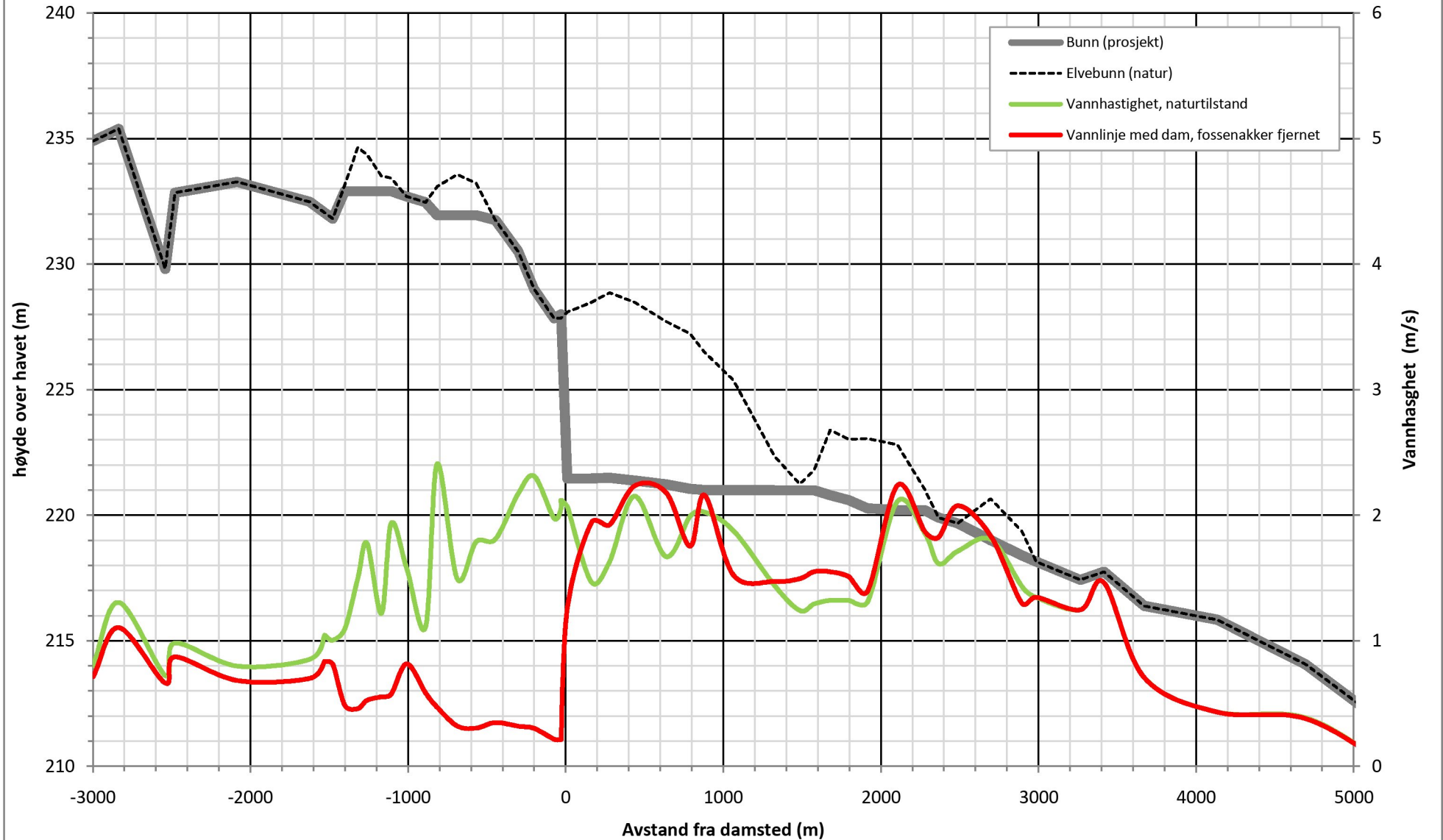
Q=150 m³/s



Figur 25.2

Kåja kraftverk - Hastighetsprofil Lågen

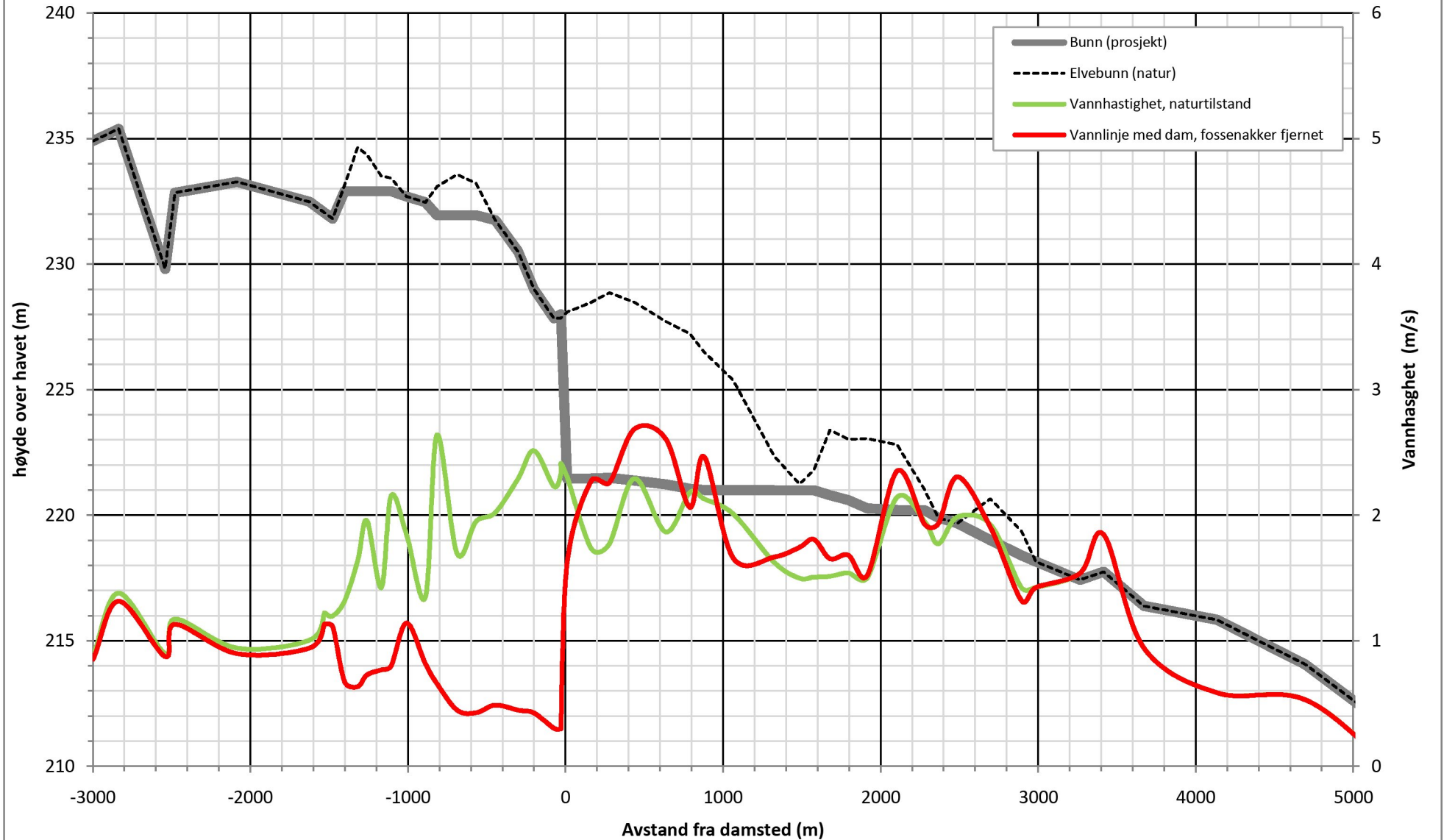
$Q=320 \text{ m}^3/\text{s}$



Figur 25.3

Kåja kraftverk - Hastighetsprofil Lågen

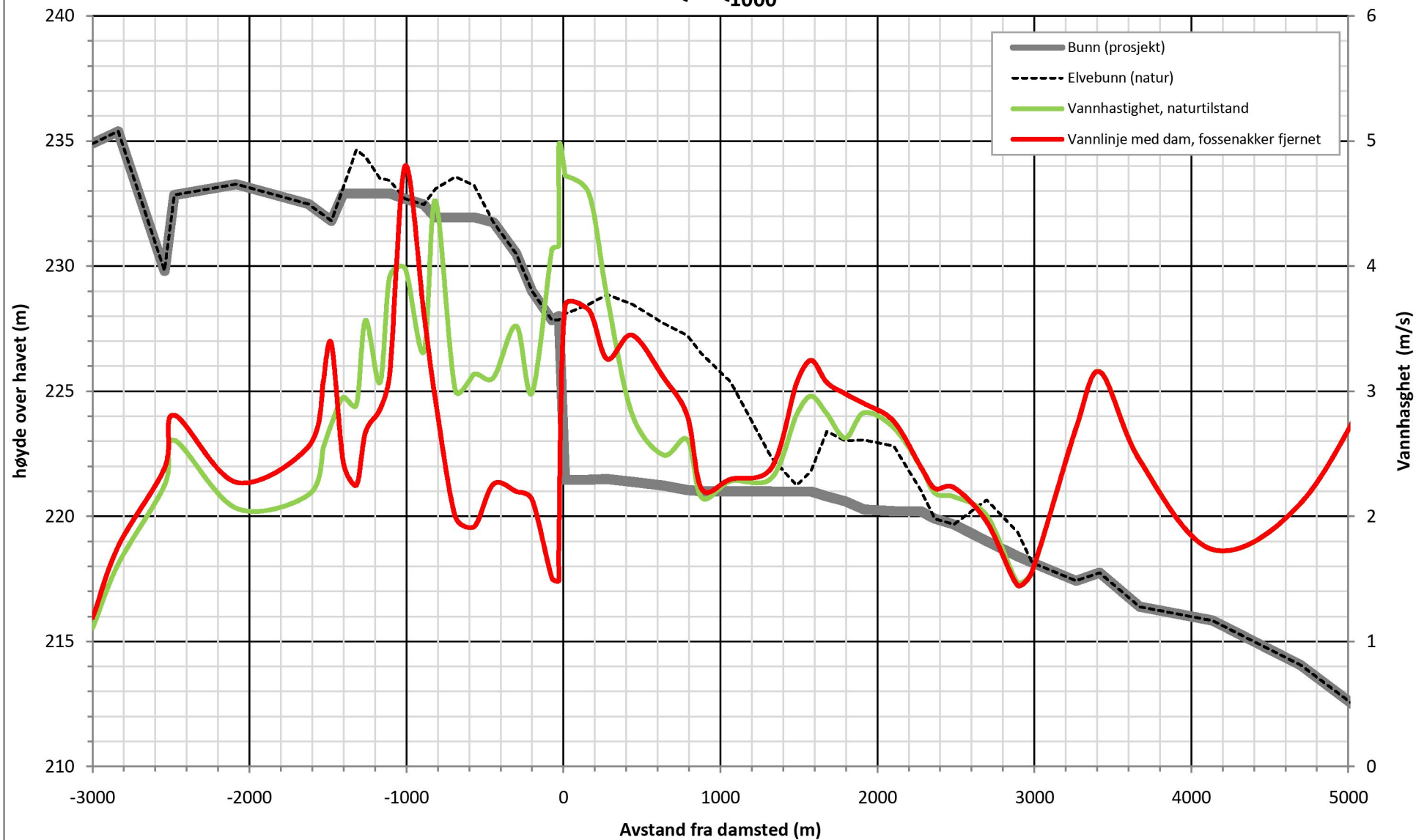
$Q=450 \text{ m}^3/\text{s}$



Figur 25.4

Kåja kraftverk - Hastighetsprofil Lågen

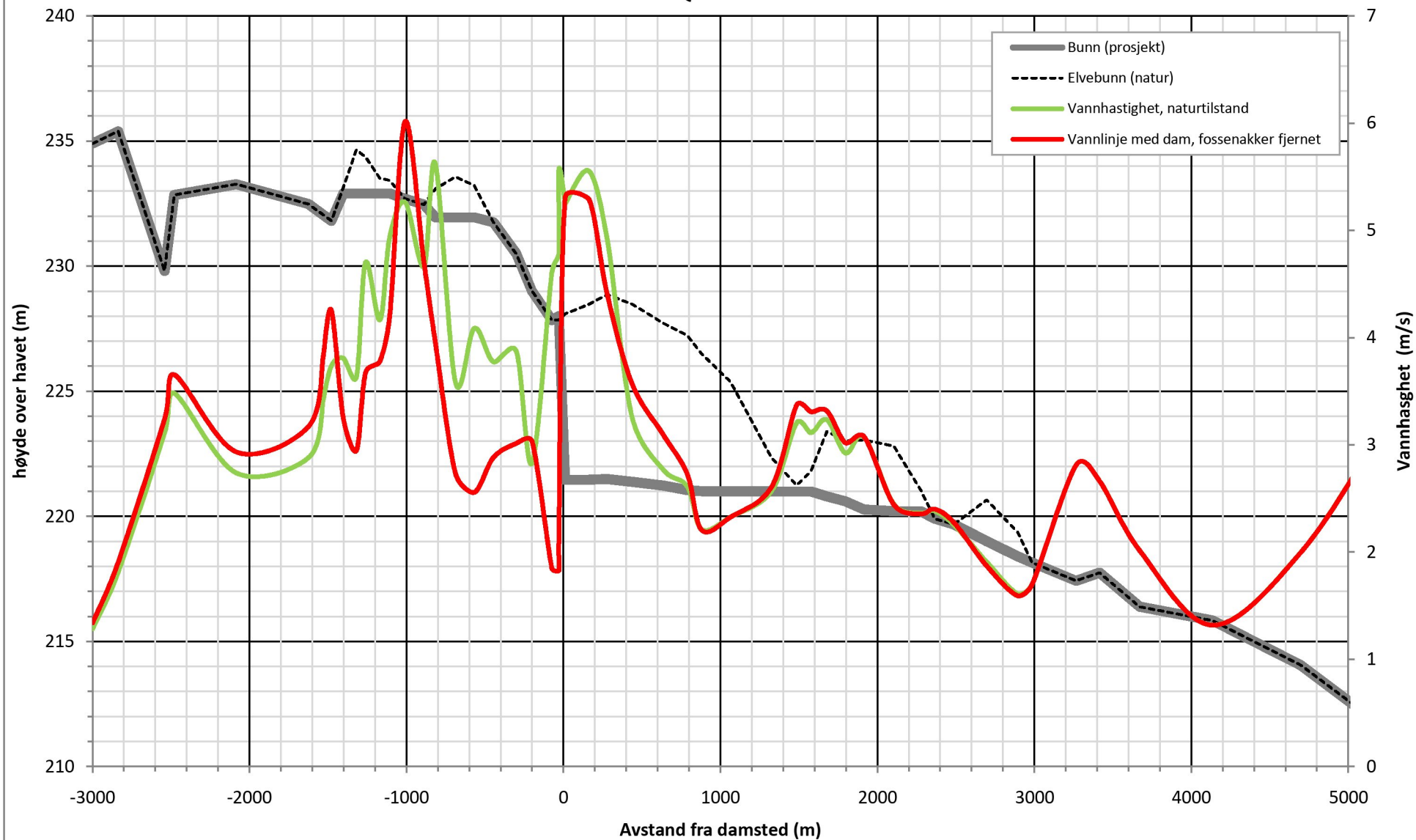
$Q=Q_{1000}$



Figur 25.5

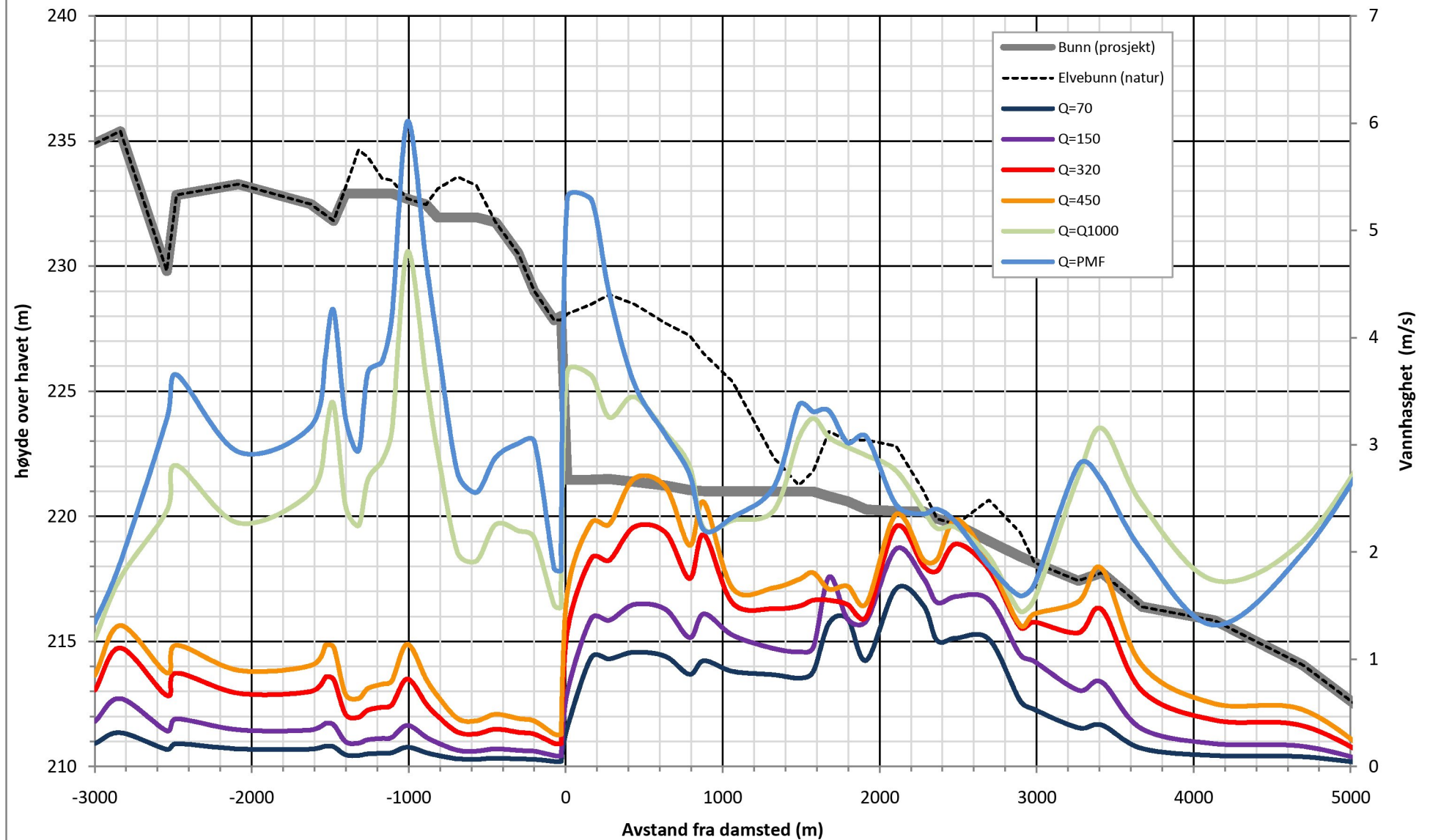
Kåja kraftverk - Hastighetsprofil Lågen

Q=PMF



Figur 25.6

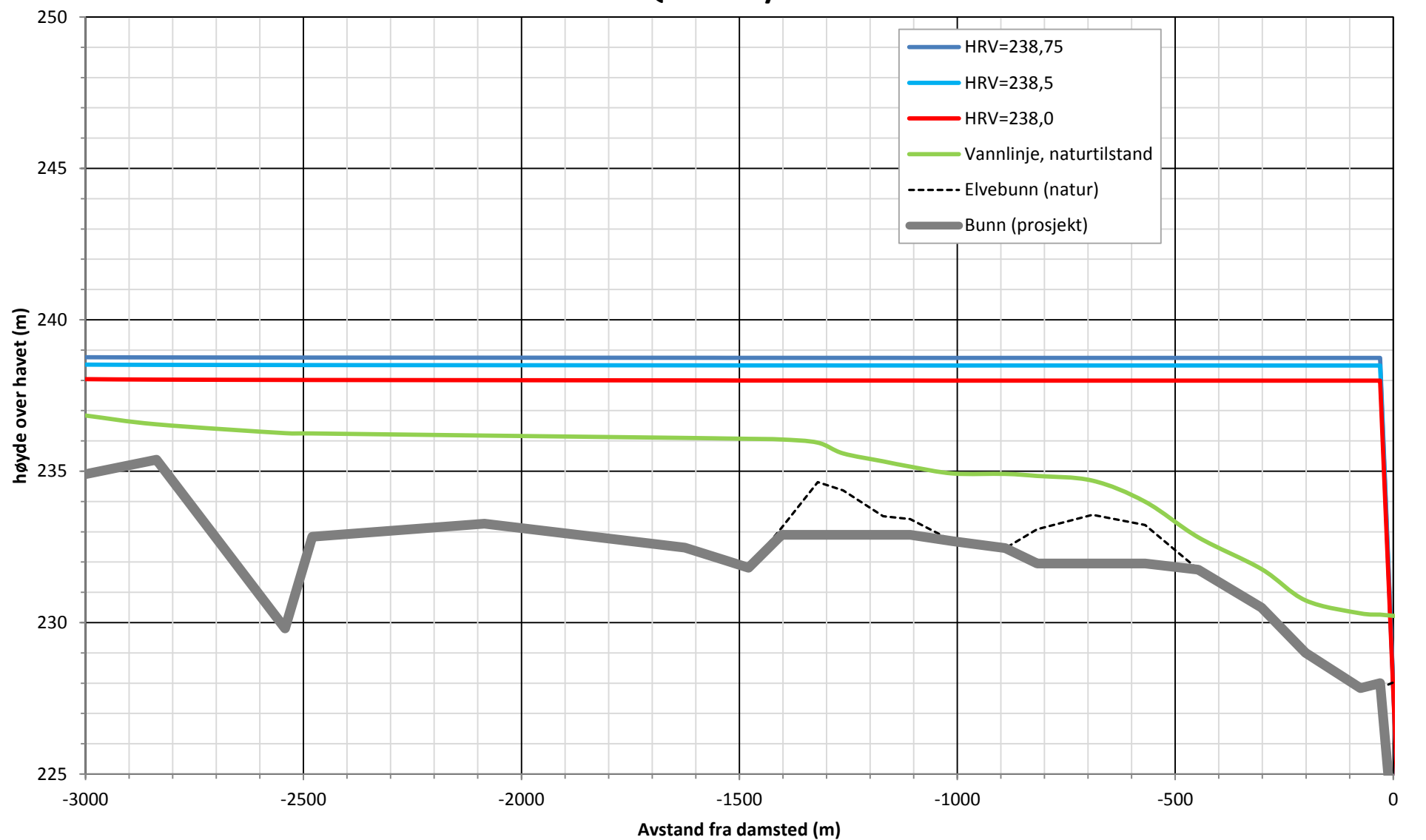
Kåja kraftverk - Hastighetsprofil Lågen



Figur 25.7

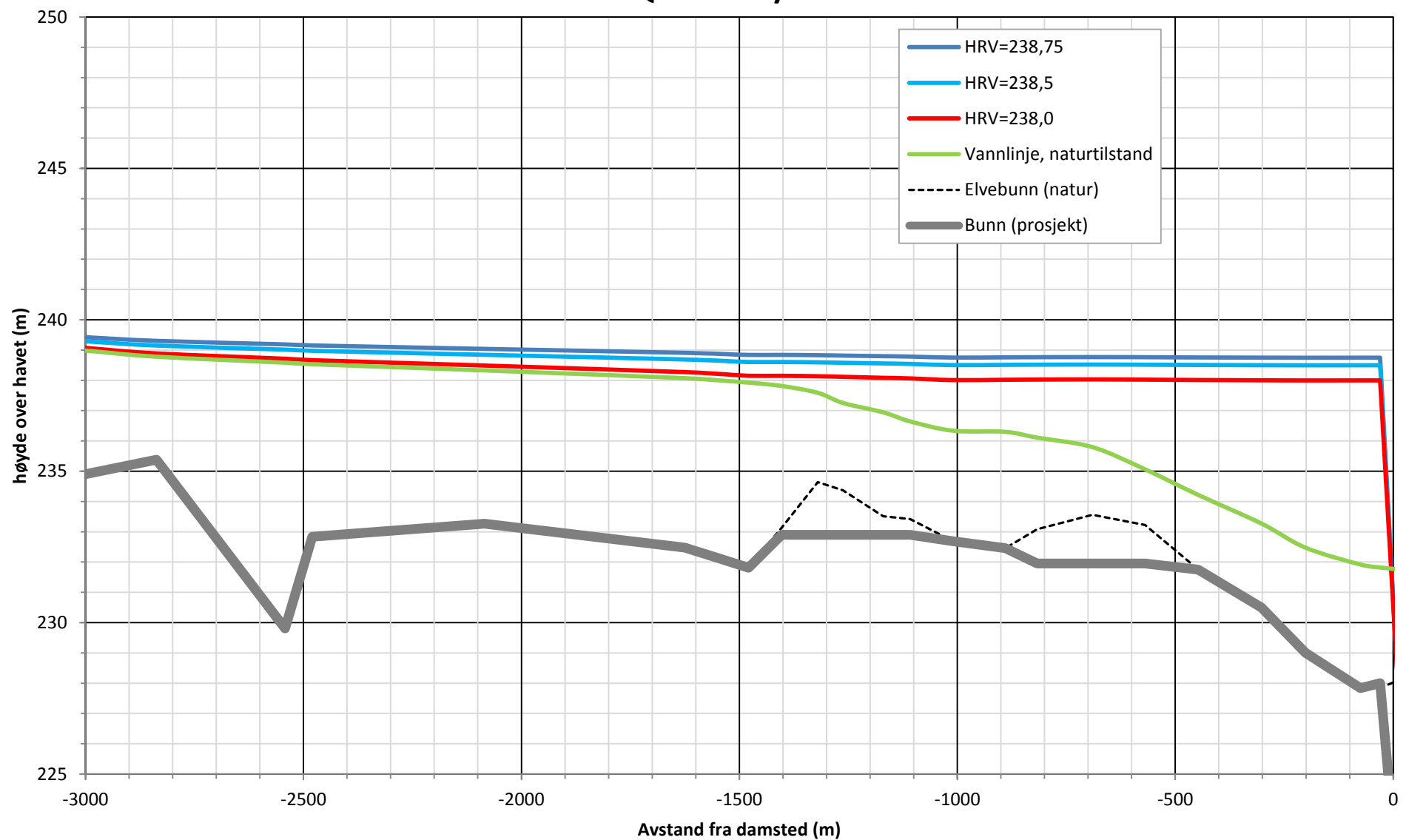
Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen

$Q=70 \text{ m}^3/\text{s}$



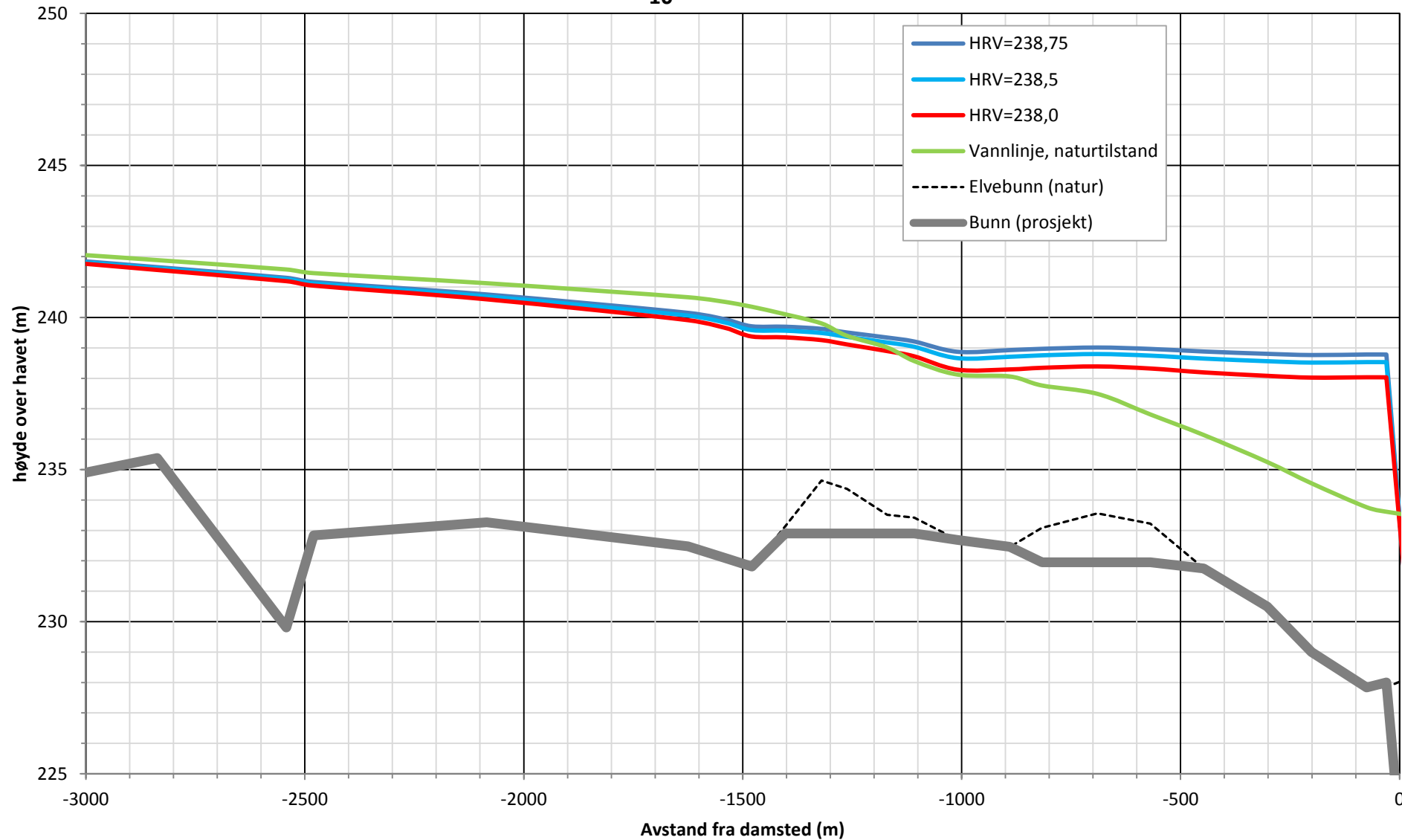
Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen

$Q=450 \text{ m}^3/\text{s}$



Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen

$$Q=Q_{10} = 1580 \text{ m}^3/\text{s}$$



Kåja kraftverk - Vannlinjeberegning Lågen

$Q=Q_{1000}$

