



Kostnadsgrunnlag for vannkraft

Kostnadsnivå januar 2015

46
2016

R
A
P
P
O
R
T



Rapport nr 46-2016

Kostnadsgrunnlag for vannkraft

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør: Kjell Erik Stensby

Forfattere: Norconsult AS

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag:

Forsidefoto: Foto: NVE

ISBN

ISSN 1501-2832

Sammendrag: Kostnadsgrunnlaget er utarbeidet for beregning av gjennomsnittlig påregnelige kostnader for bygningsmessige arbeider og mekanisk og elektroteknisk utstyr i en tidlig fase i planlegging av vannkraftverk. Kostnadene kan variere fra anlegg til anlegg. Dette forutsetter at brukeren har gode fagkunnskaper. Spesielt gjelder dette for de bygningsmessige arbeidene.

Emneord: Gjennomsnittlige kostnader, vannkraftverk, bygningsmessige arbeider, mekanisk og elektroteknisk utstyr.

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

KOSTNADSGRUNNLAG FOR VANNKRAFTANLEGG

Prisnivå 01.01.2015

**Norges vassdrags- og
energidirektorat**

2015

FORORD	8
1 FELLESKAPITTEL STORE KRAFTVERK.....	9
1.1 Generelt	9
1.1.1 Orientering.....	9
1.1.2 Rapportens innhold	10
1.1.3 Rapportens hensikt.....	10
1.1.4 Rapportens oppbygging.....	11
1.1.5 Bruk av rapporten	11
1.1.6 Prisnivå	11
1.2 Økonomi for O/U-prosjekter (opprusting/utvidelse)	12
1.2.1 Driftsstans og kostnader	12
1.2.2 Betraktninger rundt verdi av magasinøkning.....	16
1.2.3 Betraktninger rundt verdien av effekt	18
1.2.4 Elsertifikater.....	19
2 BYGNINGSMESSIGE ARBEIDER.....	20
2.1 Generelt	20
2.1.1 Gjennomsnittlig påregnelige kostnader og usikkerhet.....	20
2.1.2 Prisvariasjon.....	20
2.1.3 Entreprenøromkostninger - Medtatte/ikke medtatte kostnadselementer	21
2.1.4 Byggherreutgifter	22
2.1.5 Entreprenøromkostninger - prisnivå.....	23
2.1.6 Anleggsstedets beliggenhet.....	23
2.1.7 Planlegging og byggeledelse	23
2.2 Steinfyllingsdam med morenekjerne.....	24
2.2.1 Dammens hoveddimensjoner	24
2.2.2 Damfundament.....	25
2.2.3 Damkroppen.....	26
2.2.4 Prisnivå	29
2.2.5 Medtatte/ikke medtatte kostnader	29

2.2.6	Usikkerhet i kostnadsberegningen	29
2.2.7	Økt høyde på eksisterende dammer	30
2.3	Steinfyllingsdam med asfaltbetongkjerne.....	44
2.3.1	Dammens hoveddimensjoner	44
2.3.2	Damfundament.....	45
2.3.3	Damkroppen.....	46
2.3.4	Prisnivå	48
2.3.5	Medtatte/ikke medtatte kostnader	49
2.3.6	Usikkerhet i kostnadsberegningen.....	49
2.3.7	Økt høyde på eksisterende dammer	49
2.4	Betongdammer.....	61
2.4.1	Generelt	61
2.4.2	Betong gravitasjonsdam	64
2.4.3	Betong platedam	64
2.4.4	Betong buedam	64
2.4.5	Labyrintoverløp.....	65
2.4.6	Dam av valsebetong (RCC).....	65
2.4.7	Økt høyde på eksisterende dammer	66
2.5	Sprengte tunneler	76
2.5.1	Generelt	76
2.5.2	Prisnivå og usikkerhet i overslaget.....	78
2.6	Diverse vedrørende sprengte tunneler	80
2.6.1	Forskjæring	80
2.6.2	Tverrslag	80
2.6.3	Lukesjakt, bekkeinntak, lukehus	81
2.6.4	Tunnelinntak og utslag under vann	84
2.6.5	Fordelingsbasseng	85
2.6.6	Strossing av tunneler	86
2.7	Borede tunneler.....	91
2.7.1	Fullprofilboring.....	91
2.8	Sprengte sjakter	93
2.8.1	Generelt	93

2.8.2	Råsprengt sjakt.....	93
2.8.3	Stålforet trykksjakt	93
2.8.4	Usikkerhet	94
2.9	Borede sjakter	98
2.9.1	Generelt	98
2.9.2	Kostnadskurve.....	98
2.9.3	Usikkerhet	99
2.10	Rørgater	101
2.10.1	Generelt.....	101
2.10.2	Tradisjonell rørgate.....	102
2.10.3	Grøfter	103
2.10.4	Rørgate i tunnel	104
2.11	Kraftstasjon i berg. Kraftstasjonsområdet	107
2.11.1	Generelt.....	107
2.11.2	Kraftstasjon.....	107
2.11.3	Grunnlag og forutsetninger for nye anlegg	107
2.11.4	Adkomsttunneler.....	112
2.12	Kraftstasjon i dagen.....	118
2.12.1	Gjennomsnittlig påregnelige kostnader og usikkerhet	118
2.12.2	Kostnadselementer	118
2.13	Transportanlegg	120
2.13.1	Anleggsveier.....	120
2.13.2	Betongtransport på vei.....	120
2.13.3	Transportpriser for helikopter	120
2.14	Kanaler.....	123
2.14.1	Generelt.....	123
3	ELEKTROTEKNISKE ARBEIDER.....	126
3.1	Generelt	126
3.1.1	Gjennomsnittlig påregnelige kostnader og usikkerhet.....	126
3.1.2	Forutsetninger for bruken av prisunderlaget	126
3.1.3	Kostnadselementer.....	126
3.1.4	Kostnader som ikke er med	127

3.1.5	Prisnivå	127
3.1.6	Effektfaktor ($\cos\phi$)	127
3.2	Generatorer	128
3.2.1	Generatorer med ytelse under 10 MW	128
3.2.2	Generatorer med ytelse over 10 MW	128
3.2.3	Prisnivå	128
3.2.4	Kostnader for økt virkningsgrad	129
3.3	Transformatorer	132
3.3.1	Omfang	132
3.3.2	Prisnivå	132
3.3.3	Kostnader ved å bedre virkningsgraden	132
3.3.4	Økt nypris som følge av EU-direktiv 548/2014	132
3.3.5	Kostnader ved oppgradering av spenningsnivået fra 300 kV til 420 kV	133
3.3.6	Løsninger og kostnader	133
3.4	Høyspent koblingsanlegg	137
3.4.1	Omfang	137
3.4.2	Prisnivå	137
3.4.3	Medtatte/ikke medtatte kostnader	137
3.4.4	Valg av koblingsanlegg	137
3.5	Kontrollanlegg	142
3.5.1	Analysens omfang	142
3.5.2	Priskurvene	142
3.5.3	Prisnivå	142
3.5.4	Stasjoner med flere enn to aggregater	142
3.6	Hjelpeanlegg	145
3.6.1	Analysens omfang	145
3.6.2	Priskurvene	145
3.6.3	Prisnivå	145
3.6.4	Stasjoner med flere enn to aggregater	145
3.7	Kabelanlegg	148
3.7.1	Analysens omfang	148
3.7.2	Priskurvene	148

3.7.3	Prisnivå	148
3.7.4	Medtatte/ikke medtatte kostnader	148
3.8	Kraftlinjer	150
3.8.1	Analysens omfang	150
3.8.2	Kostnadsvariasjoner	150
3.8.3	Prisnivå	150
3.8.4	Komposittmaster.....	150
3.8.5	Medtatte/ikke medtatte kostnader	150
3.8.6	Økonomisk belastning	150
3.8.7	Valg av spenning og linjetverrsnitt	151
3.8.8	Overføringsevne for kraftlinjer 300-420 kV.....	151
3.9	Totale kostnader.....	158
3.9.1	Generelt	158
3.9.2	Stasjoner fra 5 MVA og oppover	158
3.9.3	Variasjoner i stasjonsutforming	158
3.9.4	Anleggsdeler som ikke er inkludert i overslaget	158
3.9.5	Stasjoner med flere enn 2 aggregater.....	158
3.10	Anleggskraft	163
3.10.1	Generelt.....	163
3.10.2	Høyspentlinje.....	163
3.10.3	Kabelanlegg.....	163
3.10.4	Kiosker	163
3.10.5	Prisnivå.....	163
4	MASKINTEKNISKE ARBEIDER.....	164
4.1	Generelt	164
4.1.1	Gjennomsnittlig påregnelige kostnader og usikkerhet.....	164
4.1.2	Medtatte/ikke medtatte kostnader	164
4.1.3	Byggherreutgifter	164
4.1.4	Prisnivå	165
4.2	Turbiner.....	166
4.2.1	Generelt	166
4.2.2	Virkningsgrader	166

4.2.3	Peltonturbiner med ytelse over ca. 10 MW	167
4.2.4	Francisturbiner med ytelse over ca. 10 MW	168
4.2.5	Kaplanturbiner med ytelse over ca. 10 MW	168
4.2.6	Pumpeturbiner	168
4.2.7	Tiltak for forbedring av turbinvirkningsgrad	168
4.3	Pumper	175
4.4	Luker	177
4.4.1	Generelt	177
4.4.2	Segmentluker	177
4.4.3	Klappeluker	177
4.4.4	Gummiluker	177
4.4.5	Rulleluker	178
4.4.6	Glideluker	178
4.4.7	Sugerørsluker	179
4.4.8	Tverrslagsporter	179
4.5	Diverse utstyr	187
4.5.1	Generelt	187
4.5.2	Inntaksvaregrinder	187
4.5.3	Maskinsalkraner	187
4.5.4	Kjøle- og lenseanlegg	187
4.5.5	Sugerørsluker	187
4.6	Ventiler	190
4.6.1	Kuleventiler	190
4.6.2	Spjeldventiler (rørbruddsventiler)	190
4.7	Rør	193
4.7.1	Frittliggende og nedgravde rør	193
4.7.2	Stålforede trykksjakter	193

FORORD

NVEs kostnadsgrunnlag for vannkraft ble første gang utgitt i 1982. Kostnadsgrunnlaget ble utarbeidet for bruk i kostnadsberegninger i «Samlet plan for forvaltning av vannressursene» (SP) for at alle som utførte kostnadsoverslag for SP-prosjektene skulle ha et mest mulig likt grunnlag for beregningene. Kostnadsgrunnlaget er senere oppdatert flere ganger, og i en årrekke har det kommet ny utgave hvert 5. år. Forrige gang var i 2010, med kostnadsnivå 2010. Nåværende utgave har kostnadsnivå januar 2015.

Parallelt med «Kostnadsgrunnlag for vannkraftverk», som gir kostnader for kraftverk med ytelse over 10 MW, har det tradisjonelt også vært utarbeidet et noe mindre omfattende «Kostnadsgrunnlag for små vannkraftanlegg (< 10 000 kW)». Så er tilfelle også for 2015-utgaven. Begge oppdragene i 2015 har vært satt bort til Norconsult AS.

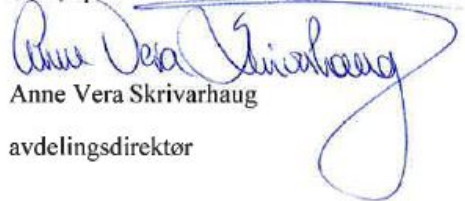
I likhet med den første utgaven i 1982 er også senere utgaver et hjelpemiddel til forholdsvis raske kostnadsberegninger i tidlige prosjektfaser. Nå brukes imidlertid grunnlaget i hovedsak i andre prosjekter enn SP-prosjekter, som forprosjekter og i senere konsesjonssøknader. Men hensikten er fortsatt å gi et mest mulig likt grunnlag for kostnadsberegninger. I planleggingen avveies økonomi og konflikt med andre brukerinteresser. Det er derfor viktig at utbyggingskostnadene for de enkelte prosjektene og alternativene kan sammenlignes uten for store skjevheter som skyldes forskjellige priser og beregningsmetodikk. De som utarbeider konsesjonssøknader er derfor en viktig målgruppe, og NVE bruker selv grunnlaget i sin kontroll av kostnadsoverslag i konsesjonssøknader.

I en tidlig fase er det selvsagt usikkerheter i kostnadsoverslag. Kostnadsgrunnlaget gir gjennomsnittskostnader for bygningsmessige arbeider så vel som for elektroteknisk og mekanisk utstyr. Kostnadene kan variere med en rekke forhold, slik at bruk av grunnlaget må kombineres med faglig skjønn. Dette gjelder særlig for de bygningsmessige arbeidene.


I tillegg til kostnadskurver er det også beskrevet vanlige tekniske utførelser samt forutsetninger for kostnadskurvene. Kostnadsgrunnlaget gir derfor også en god oversikt over vannkraftutbygginger generelt.

Vi tror at kostnadsgrunnlaget for vannkraftanlegg fortsatt vil være et nyttig hjelpemiddel i planlegging av og kostnadsberegning for vannkraftutbygginger.

Oslo, april 2016



Anne Vera Skriverhaug
avdelingsdirektør



Kjell Erik Stensby
prosjektleder

1 FELLESKAPITTEL STORE KRAFTVERK

1.1 Generelt

1.1.1 Orientering

I 1982 fikk Vassdragsdirektoratet, Avdeling for vasskraftundersøkelser (VU), laget et hjelpemiddel for utarbeidelse av påregnelige anleggsomkostninger for vannkraftanlegg som et ledd i arbeidet med Samlet plan for Forvaltning av vannressursene. Dette arbeidet førte fram til en todelt rapport datert juli 1982.

I 1987 ble det utarbeidet en revidert utgave av 1982-rapporten med angitte priser i prisnivå januar 1986. Det ble også angitt en estimert prisvekst fra januar 1986 til januar 1987.

Nye revideringer ble gjort hvert femte år fra og med 1990 med prisnivå 1. januar i utgivelsesåret, til og med denne utgaven med prisnivå 01.01.2015.

Rapportens deler ble opprinnelig utarbeidet og tidligere revidert av henholdsvis Ingeniør Chr. F. Grøner A.S. (bygningmessige arbeider), Nybro-Bjerck as (maskinelt utstyr) og Ingeniør A.B. Berdal A/S (elektroteknisk utstyr).

Oppdatering av rapporten i 1995 ble gjort av Statkraft Engineering AS (maskinelt- og elektroteknisk utstyr) og Berdal Strømme A/S (bygningmessige arbeider). Kapittel 2.4.4 Betong buedam og kapittel 2.12 Kraftstasjoner i dagen ble hentet fra NVEs "Kostnadsgrunnlag for mindre vannkraftanlegg (opp til 10 000 kW), og er utarbeidet av NVK A/S Norsk Vandbyggningskontor. Oppdateringen av rapporten i 2000 ble i sin helhet utført av Norconsult AS. I 2005 og 2010 ble oppdateringen utført av hhv. Sweco Grøner AS og Sweco Norge AS

Herværende rapport som er en revisjon av 2010-rapporten med angitte priser etter prisnivå 1. januar 2015, er utført av Norconsult AS.

1.1.2 Rapportens innhold

Rapporten angir grunnlag for beregning av **gjennomsnittlig påregnelige entreprenør-utgifter** (bygningmessige arbeider) og **leverandørutgifter** (mekanisk og elektrisk utstyr). Disse omkostningene vil være avhengig av en rekke forhold som kan variere fra anlegg til anlegg, og for det enkelte kraftverk må det vurderes hvordan stedlige forhold vil påvirke omkostningene.

De gitte hjelpemidler (priskurver etc.) er basert på forutsetninger som kan anses som normale. De viktigste forutsetningene og anmerkningene er angitt på figurene og i tilhørende tekst.

Byggherreutgiftene er ikke inkludert i det angitte prisgrunnlaget.

Rapporten angir også de usikkerhetsmarginer en må regne med ved kostnadsoverslag.

1.1.3 Rapportens hensikt

I en tidlig fase i en vannkraftprosjektering vil det være viktig å avveie økonomi og konflikt mot andre brukerinteresser. I den sammenheng kommer påregnelige anleggsomkostninger inn. Det er viktig at omkostningskalkulasjonene utføres på en slik måte at utbyggingsprisen for de enkelte utbyggingsobjekter/alternativer kan sammenliknes uten for store skjevheter som måtte skyldes forskjellige framgangsmåter (inkluderte/ikke inkluderte omkostninger etc.).

De omkostningskurver, enhetspriser etc. for forskjellige anleggsdeler (dammer, tunneler, kraftstasjon etc.) som finnes i denne rapporten, er ment som hjelpemiddel for omkostningsberegningene, slik at:

1. Omkostningsberegningene kan utføres forholdsvis raskt, og
2. De beregnede omkostninger kan sammenliknes med akseptabel nøyaktighet. I denne sammenheng er det viktigere å oppnå korrekt relativ forskjell mellom de kalkulerte omkostningene for de enkelte utbyggingsobjekter, enn å anslå de virkelige anleggsomkostninger med stor nøyaktighet.

1.1.4 Rapportens oppbygging

Rapporten er inndelt i 4 hovedkapitler:

1. Felleskapittel
2. Bygningsmessige arbeider
3. Elektrotekniske arbeider
4. Maskintekniske arbeider

Hvert hovedkapittel har underkapitler hvor tekst og figurer vedrørende de enkelte anleggsdeler er plassert samlet. Ved bruk av rapporten bør tekst og figurer ses i sammenheng.

1.1.5 Bruk av rapporten

Rapporten kan benyttes til å beregne omkostninger for anleggsdeler på et tidlig stadium i planleggingen.

I rapporten angis et estimat for gjennomsnittlig påregnelige kostnadstall/kurver. Dersom en ønsker et kostnadsoverslag med stor sikkerhet mot overskridelser, må tillegg gjøres. De angitte usikkerhetsmarginer er til hjelp for dette.

Ikke alle kostnadsbærere er medtatt i det grunnlaget som er presentert. Forutsetningene for, og merknadene til, priskurvene må derfor studeres. Kostnader som ikke er inkludert må selvsagt kalkuleres separat dersom en ønsker et komplett overslag.

Rapporten er ikke ment å være et verktøy/hjelpemiddel under prosjektering til f.eks. optimalisering og valg av konstruksjonstyper.

1.1.6 Prisnivå

Rapporten angir priser med prisnivå 1. januar 2015.

1.2 Økonomi for O/U-prosjekter (opprusting/utvidelse)

1.2.1 Driftsstans og kostnader

1.2.1.1 Generelt om driftsstans

Driftsstans på grunn av O/U-tiltak vil alltid være planlagte og defineres derfor som revisjonsstans, i motsetning til havari. Ved revisjoner har man mulighet til å planlegge driftsstansen slik at produksjonstapet blir minimalisert.

For å redusere tapet ved en driftsstans er det viktig å peke på betydningen av at driftspersonellet har en grundig opplæring og at forebyggende vedlikehold er utført.

Videre er det nødvendig å være klar over at turbiner har en konveks virkningsgradskurve med et bestpunkt på ca. 75 % av full last. Virkningsgraden varierer også med fallhøyden. Produksjon utenfor bestpunktet gir dårligere energiutnyttelse, økt vibrasjon og kavitasjon slik at behovet for vedlikehold øker.

Hvis kraftverket har magasin vil tiltak som medfører kortvarig driftsstans ikke gi vanntap så lenge tilsiget kan lagres i magasinet. Dette betyr at planlagt produksjon må forskyves slik at magasinene tappes ned mest mulig i forkant av tiltaket. Under en slik nedtapping vil kraftverket tape produksjon, både på grunn av redusert fallhøyde og redusert turbinvirkningsgrad. Dersom driftsstansen blir langvarig kan vannstanden i magasinet stige over høyeste regulerte vannstand (HRV), noe som resulterer i flom og forbitapping. Produksjonstapet kan da bli betydelig.

Hvis vannstanden i magasinet er høyere enn ønsket etter at arbeidet er avsluttet, vil kraftverket i en periode gå med høy last inntil magasinet er nede på ønsket nivå. Denne ekstra produksjonen skjer da på større fallhøyde, men gevinsten kan bli oppveid av dårligere virkningsgrad i turbinen på full last.

Hvis magasinet må holdes nede mens arbeidene pågår, vil kraftstasjonen så langt det er mulig bli benyttet for å holde vannstanden nede. Men kraftverket vil da produsere på lavere fallhøyde og dårligere virkningsgrad. Alternativt må tilsiget tappes forbi, noe som igjen resulterer i et større produksjonstap. Når arbeidet er avsluttet vil magasin vannstanden være lavere enn ønsket. Kraftverket bør derfor stå i en periode slik at magasinet fylles til ønsket nivå.

Når produksjon blir forskjøvet i forhold til planlagt produksjon, vil konsekvensene normalt være at produksjonsinntekten går ned. Forskuttet produksjon gir tidligere inntekter og dermed også økt renteinntekt. Kraftpriser kan utvikle seg annerledes enn forventet. Det er derfor mulig at produksjonsinntekten i enkelte tilfeller kan øke eller falle når produksjonen forskyves.

Kraftverk som har leveringsforpliktelser vil være avhengig av å kjøpe kraft fra andre produsenter ved en driftsstans. Det antas at kostnader til eventuelt kraftkjøp vil være større enn kostnadene ved produksjon i eget kraftverk. Hvis kraftkjøp ikke er mulig vil kostnadene ofte bli betydelige ved en stans i kraftproduksjonen.

1.2.1.2 Nedslagsfelt

En utvidelse av nedslagsfeltet vil i seg selv ikke medføre driftsstans, men kan bety at kraftverkets kapasitet må økes. Ulike tiltak i magasin, inntak, vannveier og stasjon vil da bli aktuelt. De fleste av disse tiltakene vil medføre driftsstans av ulik varighet.

1.2.1.3 *Inntak*

Ved ombygging av bekkeinntak må tilsiget ledes forbi inntaket i byggeperioden. Dette medfører ikke driftsstans, kun redusert produksjon i byggetiden. Produksjonstapet varierer da med mengden vann som må ledes forbi i byggeperioden.

Ved ombygging av inntak må magasinet tappes ned i forkant og holdes nede så lenge arbeidene varer. I en slik situasjon vil kraftstasjonen bli kjørt på full last og på dårligere virkningsgrad/fallhøyde inntil magasinet er tømt. Mens arbeidene pågår vil stasjonen tidvis bli kjørt på lav fallhøyde og dårlig virkningsgrad slik at magasinet holdes nede. Hvis stasjonen ikke klarer å tømme og/eller holde magasinet nede, må tilsiget tappes forbi. Etter at arbeidet er avsluttet vil stasjonen stå stille slik at magasinet kan fylles til ønsket nivå.

Enkle tiltak for å redusere luftmedrivning og virvler i inntakene kan gjennomføres uten nevneverdig stans i produksjonen. Det samme gjelder ombygging av varegrinder.

1.2.1.4 *Økt kapasitet i vannveiene, falltapsreduksjon*

Glatting av tunneler. Glatting av tunneler med ulike metoder krever at stasjonen stanses og at tunnelen tørrlegges. Dersom arbeidet kan utføres med stengt inntak/revisjonsluke vil magasinet kunne være i bruk i perioden med driftsstans.

Utvidelse tverrsnitt – Ved strossing av eksisterende tunneler må kraftverket stå mens arbeidene pågår. Hvis angrepspunktet for strossing skjer via eksisterende tverrslag og inntaks/revisjonsluke er stengt, vil arbeidet kunne utføres med magasinet i bruk. Ettersom strossing er en tidkrevende prosess kan driftsstansen fort medføre flomtap fra magasinet.

Hvis ny tunnel drives parallelt med eksisterende vil det kun være nødvendig å stanse kraftverket når ny og gammel tunnel kobles sammen. Sammenkoblingen vil vanligvis kunne planlegges til tidspunkter uten nevneverdig økning av risiko for flomtap.

Rør – Ved utskifting av rør og ved innvendig vedlikehold av rør vil kraftverket stå eller ha redusert drift mens arbeidene pågår. Magasinet vil kunne brukes mens arbeidene pågår, men bør være nedtappet før arbeidene starter. Rørenes lengde og antall vil påvirke produksjonstapet.

Dersom det legges nye rør i parallell med eksisterende rør, er det kun når gammelt og nytt rør kobles sammen at kraftverket må stanse. Sammenkoblingen vil vanligvis kunne skje så raskt at risikoen for produksjonstap ikke øker. Det samme gjelder når en ny sjaktløsning erstatter eldre rør.

1.2.1.5 Forbedre aggregatvirkningsgrad

Opprusting av turbinhjul og ledeapparat samt ombygging av generator er arbeid som krever at aggregatet stanses i 1-2 måneder. For et godt regulert system bør en slik stans kunne innpasses i ordinær drift uten større tap, særlig hvis kraftstasjonen har flere aggregater som kan produsere mens det ene aggregatet er ute av drift. Med synkende reguleringsgrad og aggregatantall blir det viktigere å tilpasse driften ved nedtapping i forkant og magasinere mens arbeidet pågår. Uregulerte kraftverk med kun ett aggregat må slippe hele tilsiget forbi mens arbeidet pågår.

1.2.1.6 Endringer i manøvreringsreglement

Endringer i manøvreringsreglement kan medføre endring av produksjon. Det kan gå begge veier (økning eller reduksjon), men det vanligste vil nok være en reduksjon.

1.2.1.7 Redusere tekniske restriksjoner

Magasin

De fleste tiltak i magasin vil være å fjerne terskler slik at magasinet kan utnyttes ned til LRV. Mindre terskler som kan fjernes med dykkere/undervannsprengning vil ikke gi stans av betydning.

Fjerning av større terskler vil kreve at magasinet tappes ned og holdes nede mens arbeidet pågår. Dette betyr nedtapping i forkant, uregulert produksjon på lav fallhøyde og dermed dårligere virkningsgrad. Her vil man ha mulighet til å avbryte arbeidet for å fortsette neste sesong. Forbitapping er derfor ikke aktuelt så lenge kraftstasjonen kan brukes for å holde vannstanden nede. Produksjonstapet vil dermed bli begrenset ved denne typen arbeid.

Vannveier

I vannveiene vil det være aktuelt å redusere større singulærtap. Aktuelle tiltak kan være å gi utstøpninger en bedre hydraulisk utforming og fjerne strupinger som luftlommer etc. i vannveien.

Dette arbeidet krever at tunnelen er tørrlagt. Med stengt luke vil magasinet kunne benyttes slik at det totale produksjonstapet blir begrenset.

1.2.1.8 Øke installasjonen

Hvis et eldre aggregat skal byttes ut med et nytt, blir det driftsstans mens utskiftingsarbeidene pågår. Dette arbeidet vil ha noen måneders varighet, og varigheten er avhengig av størrelsen på aggregatet. For å begrense produksjonstapet bør arbeidet legges til perioder med lav magasinfylld og lave tilsig. Aktuelle magasin bør tappes ned før arbeidene starter. Magasinet kan benyttes mens arbeidene pågår.

I noen kraftverk er det satt av plass til nytt aggregat i eksisterende stasjon. I så fall kan nytt aggregat monteres uten at det er nødvendig å stanse kraftverket.

Hvis det bygges ny stasjon i tilknytning til den gamle, er det sannsynlig at eksisterende aggregater må stanses når det utføres arbeid nær disse aggregatene. Dette pleide spesielt å gjelde sprengningsarbeider, men forbedrede sprengningsteknikker har redusert rystelsene betraktelig slik at i de fleste tilfeller vil drift på eksisterende aggregat tillates også ved sprengning nær aggregatene. Dette betyr at det kun er nødvendig med en kortvarig stans mens gammelt og nytt aggregat kobles sammen.

Opprusting og utvidelse av kontrollanlegg vil sjelden medføre stans av betydning, særlig hvis det gjøres gjenbruk av eksisterende målepunkter. Hvis nye målepunkter må etableres kan dette medføre kortvarig stans i produksjon.

1.2.1.9 Magasin

Gjennomføring av tiltak på dammenes vannside betyr ofte at magasinet må tømmes før arbeidene starter og vannstanden holdes nede så lenge det er nødvendig. Eventuelt må det også tappes forbi for å holde vannstanden nede. Da produksjonstapet kan bli betydelig er det i noen tilfeller teknisk mulig – og regningssvarende å gjennomføre tiltak under vann.

Gjennomføring av tiltak på dammenes luftside vil vanligvis kunne gjennomføres uten produksjonstap.

1.2.1.10 Nye småkraftverk i eksisterende reguleringsområde

For eksisterende kraftverk kan det være aktuelt å bygge småkraftverk som utnytter fallet mellom et overført felt og ned til inntaksmagasinet (eller et magasin lenger opp). Det kan også være aktuelt å bygge småkraftverk som utnytter pålagt slipping av vann fra magasin.

Ved bygging av småkraftverk i overførte felt, bygges de enten som separate kraftverk, eller i forbindelse med eksisterende overføringstunneler. Selve kraftstasjonen kan bygges uten at overføringen stanses, men overføringen må stanses når den nye kraftstasjonen skal kobles sammen med den eksisterende overføringstunnelen. Med mindre kraftstasjonen får separat tilløp og avløp, vil det ikke være nødvendig å stanse overføringen. Produksjonstapet ved å bygge småkraftverk i et eksisterende reguleringsområde er derfor minimal, og driftsstansen bør enkelt kunne tilpasses den ordinære kraftverksdriften.

1.2.2 Betraktninger rundt verdi av magasinøkning

Kraftverksmagasiner benyttes for å utligne forskjeller mellom naturlig vannføring i et vassdrag og behovet for elektrisk energi. Norge har et klima som medfører at tilsig og forbruk er i motfase. Tidligere, med dårligere nettforbindelser mot Europa og større krav til egendekning av elektrisitet, ble vinterkraften vesentlig mer verdifull enn sommerkraften. Dette medførte at magasiner fikk høy prioritet i kraftverksutbyggingen.

Etter at nettforbindelsene mot Europa er blitt forbedret, er prisforskjellene mellom sommer og vinter blitt redusert, men det forventes en større prisvariasjon over døgnet. Dette betyr at det blir mindre verdifullt å lagre tilsiget til vinterproduksjon. Til gjengjeld øker interessen for effektkjøring. Men enkeltsituasjoner har vist viktigheten av å ha fulle magasiner om høsten.

Investeringer i økt magasinkapasitet begrunnes i dag vanligvis med:

- Redusert flomtap
- Økt fallhøyde
- Økt reguleringsbehov/effektkjøring
- Økt tørrårsikring

I utgangspunktet genererer ikke magasiner energi, men øker produksjon ved at flomtapet reduseres og at fallhøyden øker. Magasinene gir dessuten bedre muligheter for å produsere på høy turbinvirkningsgrad ved såkalt bestpunktdrift (intermitterende drift). Magasiner gir også større frihetsgrader for produksjon når kraftverdiene er høye, enten ved å overføre tilsig fra fylling til tappesesong, eller ved effektkjøring. Som kraftverksmagasin er det naturlig å skille mellom fire ulike magasintyper:

1.2.2.1 Døgn/ukemagasin

Døgn/ukemagasiner utjevner vannføringene slik at lavvannføringer kan samles opp og kjøres ut på god virkningsgrad, og reduserer flomtoppene. Aggregatslitasjen ved å produsere på lave vannføringer blir redusert, men oppveies av økt slitasje på grunn av økt start/stopp kjøring av aggregatene. Magasinene gir muligheter til effektkjøring ved at kraftstasjonen kan stanses om natten og produsere på dagtid.

Denne magasintypen er vanlig for småkraftverk og elvekraftverk. Verdien av å øke magasinene for disse kraftverkene er i første rekke å redusere flomtap, gi økt fallhøyde og gi bedre muligheter for effektkjøring.

1.2.2.2 Høydemagasin

Høydemagasiner er utelukkende etablert for å øke fallhøyden. Høydemagasiner har som regel beskjedent magasinvolum der magasinnivået øker raskt i forhold til økende damvolum. Dammen får da en høyde bestemt av damkostnader og produksjon.

Magasinene holdes normalt tett oppunder HRV, og tappes eventuelt kun ned i en flomsituasjon hvis reduksjonen i flomtap oppveier redusert fallhøyde. Redusert fallhøyde reduserer muligheten for effektkjøring. En økning av denne typen magasin er som regel ikke lønnsom fordi byggekostnadene øker raskere enn verdiøkningen av produksjonen.

1.2.2.3 Sesongmagasin

Sesongmagasiner lagrer tilsiget fra en sesong til en annen. Magasinene har kapasitet til å lagre opptil ca. 150 % av midlere årstilsig. Magasinene tømmes vanligvis i løpet av tappesesongen (vinter) og fylles opp i fyllingssesongen (sommer). På denne måten overfører magasinene tilsiget fra sesonger med lav etterspørsel etter elektrisk energi og høye tilsig, til sesonger med høy etterspørsel og lave tilsig. Kraftstasjonen får som regel en installasjon som gir en brukstid på 3000-4000 timer pr. år. Dette gir muligheter til effektkjøring innenfor de rammer som magasin og installasjon setter.

Magasintypen er vanlig for middels store kraftverk. Verdien av økt magasinkapasitet ligger primært i redusert flomtap. Verdien av økt fallhøyde og bedre muligheter for effektkjøring er noe begrenset for denne type magasin.

1.2.2.4 Flerårsmagasin

Flerårsmagasinene har kapasitet til å lagre mer enn 150 % av midlere årstilsig. Magasinene tappes svært sjeldent ned mot LRV, og da kun i ekstreme tørrårssituasjoner. Fordi vannstanden i magasinene vanligvis ligger høyt, vil kraftstasjonen utnytte tilsiget med stor fallhøyde og gode turbinvirkningsgrader. Flerårsmagasinene har gode muligheter for effektkjøring.

For denne type magasin er verdien av en magasinøkning begrenset til økt tørrårsikring. Hvorvidt økt tørrårsikring er bedriftsøkonomisk lønnsomt må vurderes svært nøye. Effektkjøring kan også være aktuelt, men for flerårsmagasinene er det vanligvis effektkjøring i kombinasjon med pumping (pumpekraftverk) som har størst interesse.

1.2.3 Betraktninger rundt verdien av effekt

I kraftsammenheng er det fornuftig å dele effektbegrepet i to typer;

1. Tilstrekkelig effekt - produseres i energiverk
2. Toppeffekt - produseres i effektverk.

Med tilstrekkelig effekt menes den effektytelse som er nødvendig for å kjøre ut et midlere årstilsig med en brukstid i området 3000-4000 timer/år. Med toppeffekt er det mulig å kjøre ut tilsiget på en vesentlig kortere brukstid, vanligvis i området 1000-2000 timer/år.

Krafttettersspørsmålet i Norge har vært preget av stor ohmsk last (forårsaket av smelteovner og elektriske varmeovner). Dette gir i sum en liten effektvariasjon. De største effekttoppene i Norge har inntruffet på vintrenes kaldeste dager. Det norske kraftsystemet består av en stor andel vannkraft med kort responstid. Effektdekningen i det norske vannkraftsystemet har dermed vært god, og har medført at interessen for å investere i toppeffekt har vært liten. Dette ble tydelig synliggjort i flere eldre kraftbygginger i forbindelse med industrireisning. Disse kraftverkene hadde som regel en brukstid i området 6000-7000 timer.

I Norge har investeringer i toppeffekt vært begrenset til kraftverk hvor falltapet er lavt, fallhøyden er stor og reguleringsevnen er god.

Kostnadene for toppeffekt knytter seg primært til økt aggregatkostnad. Men det vil fort bli aktuelt å utvide kraftstasjonen, øke tverrsnittet i vannveiene samt øke magasinkapasiteten. Effektkjøring medfører økt slitasje på aggregatene slik at driftskostnadene øker. Slitasjen er forårsaket av økt antall start/stopp og økt slitasje fra vibrasjon og kavitasjon. Ved drift på full last vil også energiutbyttet gå ned på grunn av redusert turbinvirkningsgrad.

Siden 1995 har investering i ny kraftproduksjon og spesielt toppeffekt i Norge vært synkende. Etterspørselen etter energi har imidlertid økt jevnt i flere år, og man så et økende elektrisitetsunderskudd i Norge. Den utvikling er nå snudd. I 2010-utgaven av kostnadsgrunnlaget ble det referert til høyt prisnivå som resultat av kvotehandel, og forventning om enda høyere priser. Dette har ikke vært tilfelle. Siden 2010 har det vært et betydelig fall i kraftpriser som følge av lavere pris på kvoter, lav vekst i etterspørsel og stadig høyere tilbud.

Utsiktene fremover kan tyde på fortsatt lave priser i flere år, med mulighet for noe høyere pris når nye sjøkabler til kontinentet ferdigstilles. Den viktigste faktoren er likevel utviklingen i kvotepriser. Klimamål fra EU, og hvorvidt de møtes, vil spille en vesentlig rolle i årene fremover.

1.2.4 Elsertifikater

Et felles elsertifikatmarked for Norge og Sverige ble innført i 2012, og skal bidra til mer produksjon av fornybar kraft. Ordningen er teknologinøytral, og nye anlegg får utstedt elsertifikater for de 15 første årene etter dato for godkjenning. Per 2015 gjelder ordningen i Norge også for tiltak som kommer på nett i løpet av 2021.

Elsertifikat er et (elektronisk) bevis utstedt av staten, og som viser at det er produsert 1 MWh fornybar elektrisitet i henhold til lov- og forskrift om elsertifikater. Sertifikatet kan selges og gir da en ekstrainntekt bekostet av strømforbrukeren over strømrregningen. Etterspørselen etter elsertifikater er avhengig av mengden ny kraftproduksjon fra fornybare energikilder som skal finansieres. Mengden i Norge forutsettes å øke jevnt fra 1,47 TWh i 2012 til 13,2 TWh i 2020. Etter hvert som kraftverk har fått elsertifikater i 15 år reduseres også mengden ny kraftproduksjon som skal finansieres. Det betyr at mengden kraftproduksjon fra fornybare energikilder som skal finansieres gradvis reduseres inntil elsertifikatordningen er helt faset ut i 2035.

2 BYGNINGSMESSIGE ARBEIDER

2.1 Generelt

2.1.1 Gjennomsnittlig påregnelige kostnader og usikkerhet

Kapitlet gir grunnlag for beregning av gjennomsnittlig påregnelige entreprenørutgifter for bygningsmessige arbeider. Med "gjennomsnittlig påregnelige" forstås at det er 50 % sannsynlighet for at de virkelige kostnader blir høyere, og 50 % sannsynlighet for at de blir lavere.

For de enkelte anleggsdeler er det også anslått usikkerhetsmarginer, typisk 30 %. Sannsynligheten for at de virkelige kostnader ligger innenfor de angitte marginer anslås å være 90 %. I tillegg til dette er noen svært variable priser oppgitt med et prisintervall.

2.1.2 Prisvariasjon

De enhetspriser som er gitt for hver anleggsdel er såkalte middelpriser basert på innkomne tilbudspriser og indeksverdier. Det innebærer at innsatsfaktorene er gitt en fast enhetspris for alle anleggsdelene, og en kan regne med normal adkomst og vanskelighetsgrad for utføring av arbeidene. I virkeligheten spiller en rekke faktorer inn på enhetsprisene, og en vil naturlig kunne oppleve store prisvariasjoner fra prosjekt til prosjekt og også innad i det enkelte prosjekt.

Dette tas det hensyn til gjennom usikkerhetsmarginer. Svært forenklet kan man si at under gunstige forhold trekkes f.eks. 20 % fra enhetsprisen, og tilsvarende kan det f.eks. legges til 30 % under ugunstige forhold.

For å gi et bilde på spennet som oppstår, er det nedenfor tabulert noen utvalgte innsatsfaktorer med enhetspriser. Dette er gjennomsnittspriser fra innkomne tilbud, og som innen hvert enkelt anleggsområde kan være meget varierende.

Innsatsfaktor	Anleggsområde	Snittpris [kr/enhet]	Enhet	Variasjonsfaktorer
Betong	Betongdam	2400	m ³	Mengde
	Rørgatefundament	3500		Transportlengde
	Lukeinnstøping	2600		Tilgjengelighet
	Kraftstasjon i berg	2600		Kvalitet
	Kraftstasjon i dagen	2300		Plunder og heft
	Helikoptertransport (vilkårlig anleggsområde)	5000 – 13000		
Armering	Kraftstasjon i dagen	16	kg	Mengde
	Rørgate	21		Transportlengde
	Lukeinnstøping	19		Tilgjengelighet

	Helikoptertransport (vilkårlig anleggsområde)	20-40		
Forskaling	Betongdam	1600	m ²	Mengde
	Lukeinnstøping	1700		Transportlengde
	Rørgatefundament	1100		Tilgjengelighet
	Helikoptertransport (vilkårlig anleggsområde)	1400 - 2500		
Graving	Betongdam	80	m ³	Geologiske forhold
	Rørgrøft	92		Omliggende terrengforhold/tilgjengelighet
	Rørgatefundament	78		Helning
Sprengning	Rørgatefundament	200	m ³	Geologiske forhold
	Rørgrøft	600		Omliggende terrengforhold/tilgjengelighet
	Kanaler	280		Konturklasser
	Kraftstasjon i berg	260		

2.1.3 Entreprenøromkostninger - Medtatte/ikke medtatte kostnadselementer

Til forskjell fra kostnadsgrunnlaget for 2010 er nå rigg- og driftskostnader **ikke** inkludert/medtatt i priskurvene.

Riggposten kan variere mye. Normalt vil kostnadene for vannkraftanlegg ligge i størrelsesorden 20-60 % av øvrige bygg- og anleggstekniske kostnader, og i spesielle tilfeller enda høyere. Dette må vurderes fra prosjekt til prosjekt, og er avhengig av kontraktsform, entreprenør, prosjektstørrelse og infrastruktur. Stor avstand til tettsteder/byer krever mer rigg på grunn av økte transport, reise- og oppholdskostnader. Riggkostnaden er også entreprenørvhengig. Store entreprenører har ofte dyrere/ større rigg, men dette blir likevel ikke nødvendigvis mer kostbart totalt sett. Det anbefales generelt et påslag på 30 % som riggkostnad, men dette kan vurderes og evt. korrigeres ut fra de stedlige forholdene dersom man har godt kjennskap til disse.

Det gitte prisgrunnlaget omfatter samtlige omkostninger til entreprenør med de unntak som er nevnt under de enkelte anleggsdeler.

Generelt gjelder at følgende er medtatt/ikke medtatt:

- Anleggsveier:
Bygge- og vedlikeholdskostnader for hovedvei til anlegget og for vei mellom f.eks. massetak og damkropp er ikke medtatt. Retningslinjer for å kalkulere slike kostnader er gitt i kapittel 2.13. Mindre lokale veier (faringer) er medtatt i kostnadsgrunnlaget for de enkelte anleggsdeler.
- Transportutgifter:

I de tilfeller der vei fører fram til anleggsplassen er alle transportutgifter medtatt i kostnadsgrunnlaget for de enkelte anleggsdeler.

Dersom det ikke er vei fram til anleggsstedet er det ikke inkludert ekstra kostnader til anlegg og drift av spesielle transportanlegg. Således er f.eks. helikopter og taubanetransport ikke medtatt i kostnadsgrunnlaget for de enkelte anleggsdeler. Retningslinjer for å beregne slike kostnader er gitt i kapittel 2.13.

- **Anleggskraft:**

Bygge- og vedlikeholdsutgifter for kraftlinjer og transformatorer er ikke medtatt. Normalt vil entreprenøren bli pålagt å betale for kraften han forbruker. Kostnader for kraft brukt på anlegget er derfor innkalkulert i enhetspriser og riggkostnader. Noen retningslinjer for å beregne slike kostnader er gitt i kapittel 3 Elektrotekniske arbeider.

- **Rydding av neddemte områder:**

Omkostninger for dette er ikke medtatt og må beregnes separat.

- **Avgifter:**

Kostnadene omfatter ikke merverdiavgift eller investeringsavgift.

2.1.4 Byggherreutgifter

Byggherreutgiftene er ikke medtatt i omkostningskurvene og må kalkuleres/vurderes separat for det enkelte anlegg.

Det har vært nokså vanlig å kalkulere byggherreutgiftene som prosentandel av entreprenørutgiftene (og leverandørutgiftene). Dette er ingen god framgangsmåte, ettersom det ikke er noen regelbundet sammenheng mellom entreprenørutgiftene og byggherrens ofte betydelige og meget variable utgifter knyttet til f.eks. rentenivå, beliggenhet, stedlige forhold og anleggets sammensetning av forskjellige anleggsdeler, forundersøkelser, erstatninger, skjønn, landskapspleie etc.

Byggherreutgiftene bør derfor brytes ned i sine enkelte deler og kalkuleres hver for seg, eller vurderes dersom kalkulasjon ikke er mulig på det stadium i prosjekteringen man befinner seg.

Separat kalkulasjon/vurdering av følgende kostnadsbærere innenfor byggherreomkostningene bør utføres:

- Oppmåling (kartlegging, profilering, stikning, etc.).
- Grunnundersøkelser (seismikk, sjakting, boring, laboratoriearbeider, etc.)
- Planlegging, forprosjekter, etc.
- Utarbeidelse av anbudsgrunnlag og byggetegninger, oppfølging, etc.
- Byggeledelse og kvalitetskontroll (administrasjon lokalt)
- Skatter og avgifter (merverdiavgift, 25 %)
- Administrasjon sentralt
- Landskapspleie, tiltak
- Grunnervervelse, skjønn/erstatninger

- Renter i anleggstiden, finansieringsomkostninger
- Fond og ytelser til kommuner o. a.
- Bygging av permanente boliger, verksted
- Terskler, spesiell landskapspleie (Normal opprydding og istandsetting av anleggsområdet med massetak og tipper er inkludert i kostnadskurvene)
- Magasinrydding (trefelling under HRV).

2.1.5 Entreprenøromkostninger - prisnivå

Kostnadene er gitt i prisnivå pr. 1. januar 2015.

Ved fastlegging av prisnivå har en hatt som målsetning å angi et prisnivå som reflekterer en normal markedssituasjon. Ved skiftende markedsforhold kan en oppleve markerte prisendringer over kort tid. Det er ikke funnet hensiktsmessig å la slike forhold influere på valg av basispriser. Grunnlaget skal brukes til å kalkulere kostnad for et anlegg hvis faktiske utførelse kan ligge langt fram i tid, og de relative markedsforholdene kan raskt endre seg.

2.1.6 Anleggsstedets beliggenhet

Kostnadene gitt i rapporten refererer seg til et gjennomsnittlig påregnelig nivå i Norge. For anlegg som ligger usentralt til med lange og/eller vanskelige kommunikasjonsforhold må det beregnes et tillegg.

Anlegg som ligger værhardt til, og med kort anleggssesong, må en forvente vil bli dyrere enn gjennomsnittet. Dette gjelder spesielt for damarbeider. Justeringer for slike forhold bør foretas etter skjønn.

Det anslås at variasjoner i pris innenfor normale rammer pga. anleggets beliggenhet kan være på mellom +25 % og -10 %.

2.1.7 Planlegging og byggeledelse

Kostnader for prosjektering av anlegg beregnes ofte som en prosentsats av byggekostnadene. Prosentpåslaget vil imidlertid være større for små anlegg enn for de store. Detaljprosjektering av anlegg, hvor tunneler utgjør en stor del av omkostningene, vil gi et lavere påslag enn anlegg hvor betongarbeider og vanlige bygningstekniske arbeider utgjør de dominerende kostnadene.

Omtrentlige kostnader for prosjektering og byggeledelse vil være:

- | | |
|---------------------------------------|--------|
| • Forprosjektering | 1-2 % |
| • Anbudsdokumenter | 2-3 % |
| • Detaljprosjektering, byggetegninger | 5-10 % |
| • Byggeledelse lokal | 5-10 % |

2.2 Steinfyllingsdam med morenekjerne

2.2.1 Dammens hoveddimensjoner

Dammens hoveddimensjoner vil, foruten bestemmelsene i *Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg (damsikkerhetsforskriften)* med underliggende retningslinjer og eventuelle minstemålskrav av beredskapshensyn, være bestemt av naturgitte forhold i damfundamentet, beskaffenhet/kvalitet og tilgjengelighet av materialer, flomstigning (flomdemping), magasinets overflate og beliggenhet (bølgepåkjenning). Av disse forholdene er det oftest bare beliggenheten og *Damsikkerhetsforskriftens* minimumskrav som vil være kjent på et tidlig stadium i planleggingen. De første orienterende mengde- og omkostningsberegningene må derfor baseres på antakelser når det gjelder de andre forholdene.

Dersom det foreligger spesielle forhold som en kjenner til og som kan få innflytelse på dammens hoveddimensjoner, bør disse forholdene fastlegges spesielt.

2.2.1.1 Normalverrsnitt

Det er valgt to normalverrsnitt som masseberegning kan foretas etter.

Normalverrsnitt A er vist på Figur 2.1.1. Tverrsnittet kan brukes i de tilfeller der løsmassene er så ubetydelige at hele dammen fundamenteres på fjell.

Damskråningene er 1:1,5.

Normalverrsnitt B er vist på Figur 2.1.2. Tverrsnittet kan brukes i de tilfeller der løsmassene er så mektige at støttefyllingene fundamenteres på løsmasse. Damskråningene er 1:1,7.

Mengdekurver for disse to normalverrsnittene er utarbeidet og vist på figurene 2.1.3, 2.1.4 og 2.1.5.

Kronebredde, fribord og bredde på de enkelte indre soner er valgt ut fra en største damhøyde på ca. 50 m. Ved større dammer vil også disse dimensjonene bli noe større. Vi har derfor på Figur 2.1.6 vist korreksjonsfaktorer for volumkurvene for dammer med andre maksimalhøyder.

Korreksjonsfaktoren er basert på følgende (angitt i m):

Maks damhøyde	Kronebredde	Bredde filter + overgangssone	Fribord
30	5,5	7,0	3,5
50	6,0	7,5	4,0
100	10,0	9,0	4,5
150	10,0	9,0	4,5

Med fribord menes her avstanden fra topp dam til dimensjonerende flomvannstand. Gjennomsnittlig damhøyde er antatt lik 80 % av største damhøyde.

Flomstigningen (Q_{1000}) er valgt lik 1,5 m, som i mange tilfeller vil være et rimelig flomdempingsmagasin. Det kan selvsagt være aktuelt med avvikende flomstigning, og i de tilfeller dette er klarlagt kan mengdene korrigeres for dette. Ved 2,5 m flomstigning avleses f.eks. volum ved damhøyde lik 20 m ved $H = 21$ m.

Damhøyde er i denne rapporten definert lik høyden fra HRV og ned til gjennomsnittlig høyde på damfundamentet i de enkelte soner.

Normaltverrsnittet må kun betraktes som et grunnlag for en kostnadsberegning på et tidlig stadium i planleggingen. Tverrsnittet for dammen må bestemmes på grunnlag av stedlige forhold, materialkvalitet og materialtilgjengelighet.

2.2.2 Damfundament

Omkostningene forbundet med damfundament er ordnet i tre grupper: løsmasseavdekking, fundament- og damforbehandling og injeksjonsarbeider. De angitte kostnadstall omfatter alle gjennomsnittlige, påregnelige entreprenøromkostninger, og er vist i Figur 2.1.7 for hver gruppe som funksjon av damhøyden

2.2.2.1 Løsmasseavdekking

Omfanget av løsmasseavdekking må som hovedregel alltid anslås/beregnes separat i hvert enkelt tilfelle. En må benytte alle de tilgjengelige opplysninger en har.

Det gis følgende retningslinjer:

I de tilfeller løsmassemektigheten er så liten at hele dammen forutsettes fundamentert på fjell kan en normalt regne gjennomsnittsavdekking på 2 m.

Dersom beregning/anslag gir høyere verdi, benyttes dette. Selv i de tilfeller der damfundamentet inneholder minimale løsmasseforekomster, regnes det med en kostnad tilsvarende 0,5 m avdekking av hele damfundamentet som et minimum.

Ved store løsmassemekktigheter der det forutsettes at støttefyllingene fundamenteres på løsmasse, kan en generelt regne med 1 m gjennomsnittsavdekking. I de tilfeller en har kartlagt myrområder eller andre massetyper som må fjernes, må en ta hensyn til dette og øke avdekkingsvolumet.

Morene og filtersoner skal forutsettes fundamentert på fjell, og løsmassemekktigheten i disse områdene må anslås/beregnes separat.

Kostnadsbæreren "løsmasseavdekking" settes lik volum løsmasse x 70 kr/m³.

2.2.2.2 Fundament- og damfotbehandling

Hovedelementene i disse kostnadene er følgende:

- Fjerning av fjell i fundamentet
- Rensk og rengjøring av fundamentet
- Utstøping med betong, slamming med sementvelling i fundamentet
- Utlegging av første morenelag
- Nødvendig sikring av fot for skråningsbeskyttelse

Omfanget av enkelte av disse arbeidene har et meget stort variasjonsområde, men totalt sett viser erfaringsmateriale at disse kostnadene kan settes lik 4000 kr/lm damfot pluss 1000 kr/m² morenesonefundament.

2.2.2.3 Injeksjonsarbeider

Omfanget av og omkostningene ved nødvendige injeksjonsarbeider er vurdert ut fra erfaringer med norske fyllingsdammer.

Det forutsettes et normalt injeksjonsopplegg ved overflateinjeksjon i 6 m dybde i 2 rader og hullavstand 5 m, og en 1-rads dypinjeksjonsskjerm til dybde lik halve vanntrykket, dog minst 10 m. Dypinjeksjonshull forutsettes boret inntil en tetthet lik 1 Lugeon er oppnådd.

Normalomkostningene kan settes lik 5500 kr/lm dam pluss 210 kr/m² for areal av injeksjonsskjerm dypere enn 10 m.

2.2.3 Damkroppen

Som øvrige kostnadsbærere for dammen er valgt volumene av de fem hovedsonene i fyllingsdammen: Tetningssone, filter, overgangssone, støttefylling og skrånings-/kronebeskyttelse.

De angitte kostnadstall omfatter alle gjennomsnittlige, påregnelige entreprenør-omkostninger for dambyggingen (inkl. massetakskostnader).

Kostnadene gjelder for dam av størrelse 500 000 m³. Enhetskostnadene vil erfaringsmessig bli mindre for store dammer og større for små. Dette korrigeres det for ved bruk av korreksjonsfaktor gitt i Figur 2.1.8. I tillegg kommer at de billigste sonene utgjør en større andel ved store dammer.

2.2.3.1 Tetningssonen

Mengdeberegning kan foretas ved hjelp av mengdekurver gitt på Figur 2.1.3, del 1, del 2 eller del 3.

Beliggenhet av ferdig preparert fundament bør vurderes på grunnlag av de stedlige forhold. Som generell regel anbefales det å anta ferdig damfundament 1 m lavere enn opprinnelig fjelloverflate.

Gjennomsnittskostnaden for tetningssonen settes lik 210 kr/m^3 . Forutsetningen for denne prisen er at morenetaket ligger innen en transportavstand på 2 km fra dammen. Dersom transportavstanden overstiger 2 km, kan det regnes med en tilleggskostnad lik $8 \text{ kr/m}^3/\text{km}$.

Sikting av morene og steinutskilling for øvrig i morenetak i et normalt omfang er inkludert i prisen.

Kostnadene 210 kr/m^3 består i hovedsak av følgende elementer:

- Omkostninger i morenetak til skogrydding, avdekking og arrondering etter endt drift
- Nødvendig grøfting under driften og evt. fjerning av ubrukbar masse
- Løsgjøring av morene
- Opplasting og transport (2 km)
- Utlegging og komprimering

2.2.3.2 Filtersonen

Mengdeberegning kan foretas ved hjelp av mengdekurver gitt på Figur 2.1.4.

Beliggenhet av fundamentet for filtersonen kan antas å være opprinnelig fjelloverflate.

Gjennomsnittskostnaden for filtersonen kan settes lik 195 kr/m^3 .

Det forutsettes at naturgrus finnes innen en transportavstand på 4 km. Som oftest vil det være nødvendig med en viss form for behandling av grusen for å sikre en tilfredsstillende korngradering etter de nye filterkriteriene. Innenfor rammen av den angitte gjennomsnittskostnaden ligger kostnader til f.eks. sikting eller mellomlagring.

Unntaksvis har en så gunstige grustak at tilfredsstillende korngradering oppnås direkte ved opplasting i grustak over vann. I slike tilfeller kan filterkostnaden settes lik 120 kr/m^3 .

Dersom avstanden til grustaket overstiger 4 km, bør det tillegges en kostnad lik $8 \text{ kr/m}^3/\text{km}$.

I de tilfeller brukbar naturgrus ikke er tilgjengelig innen økonomisk avstand, må det forutsettes at det brukes knuste materialer. Kostnaden kan i slike tilfeller settes lik 330 kr/m^3 .

Hovedelementene i normalprisen 195 kr/m^3 er følgende:

- Omkostninger i grustak til skogrydding, avdekking og arrondering etter endt drift, evt. fjerning av ubrukbar masse
- Opplasting og transport
- Sikting og mellomlagring
- Utlegging og komprimering

2.2.3.3 Overgangssonen

Mengdeberegning kan foretas ved hjelp av mengdekurver gitt på Figur 2.1.4.

Beliggenhet av fundamentet for overgangssonen kan antas lik fjelloverflate.

Gjennomsnittskostnad for overgangssonen kan settes lik 195 kr/m³. Denne kostnaden forutsetter at overgangssonen blir framstilt ved en enkel knuseprosess med sprengt stein som utgangspunkt, og at transportlengden ikke overstiger 2 km.

I enkelte tilfeller vil tunnelstein være tilgjengelig i dammens nærhet. Denne kan da i de fleste tilfeller bli brukbar som overgangssone ved en enklere sikteprosess. Kostnader kan i slike tilfeller settes lik 130 kr/m³.

I de tilfeller der filterets kvalitet og steinmateriale er ugunstig, kan en mer komplisert knuseprosess bli nødvendig. Kostnaden kan i slike tilfeller settes lik 200 kr/m³.

Hovedelementene i normalprisen 195 kr/m³ vil bestå av følgende:

- Andel av avdekking og istandsetting av bruddet etter endt drift. Arronderingsutgifter til knuseriggområdet.
- Sprengning av stein
- Opplasting og transport
- Knusing
- Transport (2 km).
- Utlegging og komprimering

2.2.3.4 Støttefylling

Mengdeberegning kan foretas ved hjelp av mengdekurver gitt på Figur 2.1.5, del 1, del 2 eller del 3.

Beliggenhet av fundamentet for støttefylling antas ved fjelloverflate, alternativ 1 m under terreng.

Gjennomsnittskostnad for støttefyllingen kan settes lik 105 kr/m³.

Prisen forutsetter at støttefyllingen blir produsert av bruddstein. Prisen forutsetter at et egnet bruddområde finnes innen en avstand på 1 km fra dammen.

Avdekkingsarbeidene har normalt et beskjedent omfang. I tilfeller der fjerning av større mengder løsmasse er nødvendig for å komme til fjell, må ekstrakostnader for dette legges til.

Dersom tunnelstein er tilgjengelig i dammens nærhet, vil denne normalt bli benyttet til støttefylling og til en lavere pris. I slike tilfeller kan kostnaden settes lik 65 kr/m³.

Hovedelementene i normalprisen 105 kr/m³ vil bestå av følgende:

- Avdekking og arrondering av steinbrudd
- Sprengning
- Opplasting og transport
- Utlegging og komprimering

2.2.3.5 Skrånings- og kronebeskyttelse

Mengdeberegning kan foretas ved hjelp av mengdekurver gitt på Figur 2.1.4.

Beliggenhet av fundament for skråningsbeskyttelse antas ved fjelloverflate alternativt 1 m under terrengoverflate.

Gjennomsnittskostnad for skrånings- og kronebeskyttelse kan settes lik 200 kr/m³. Denne prisen forutsetter at massene til støttefyllingen tas ut i steinbrudd og at grovsteinen i hovedsak framkommer som et produkt i denne prosessen. En viss utstrekning på salvene beregnet spesielt på grovsteinsproduksjon anses som normalt, og er inkludert i prisen.

Da behovet for grovstein relativt sett er størst under bygging av damtoppen, er en viss grad av mellomlagring av grovstein også normalt, og er inkludert i prisen.

Dersom støttefylling bygges av tunnelstein, vil det føre til at eget brudd for produksjon av grovstein må etableres. I slike tilfeller kan prisen settes lik 270 kr/m³.

2.2.4 Prisnivå

Det har vært bygget få større fyllingsdammer i Norge de siste årene, og storparten av de større damjobbene har knyttet seg til rehabilitering av eksisterende store dammer.

Som grunnlag for fastsetting av nye priser er "Kostnadsutvikling vannkraftprosjekter indeksregulering fra 1997 til 2015" fra Norconsult AS brukt, i tillegg til erfaringstall fra ulike prosjekter de siste fem årene. Denne indeksen viser en prisstigning for fyllingsdammer på ca. 18,5 % fra 2010 til 2015. Dette er omtrent samme prisstigning som for vannkraftanlegg generelt. Stigningen i konsumprisindeksen for samme periode har til sammenligning vært på ca. 8,5 %.

De angitte priser representerer prisnivå januar 2015.

2.2.5 Medtatte/ikke medtatte kostnader

Det vises til kapitlene 2.1.3 og 2.1.4. Spesielt gjelder:

- Bunnløp/omløp/fangdammer:
Kostnader for bunnløp, omløp og fangdammer er ikke inkludert i kostnadstallene. Disse kostnadene må kalkuleres separat.
- Flomløp og evt. nødtappeanordninger:
Kostnader til dette er ikke inkludert i kostnadstallene. Disse kostnadene må kalkuleres separat.
- Instrumenteringskostnader:
Kostnader er ikke medtatt.
- Luker, rister, varegrinder:
Kostnader er ikke medtatt. For lukekostnader, se kapittel 4.4 Luker.

2.2.6 Usikkerhet i kostnadsberegningen

Usikkerheten i beregning av damfundamentkostnadene anslås fra +70 % til -30%.

Usikkerheten i beregning av damkroppkostnadene anslås til ±25 %.

2.2.7 Økt høyde på eksisterende dammer

Det er vanskelig å gi generelle retningslinjer for hvor stor påbygging som er tilrådelig. I de fleste tilfeller vil forhøyningen være begrenset til noen få meter. De forskjellige sonene er dimensjonert etter materialkvalitet og vanntrykk, og avtrappet mot toppen av dammen. En økning av vannstanden gir økt gradient gjennom morenekjernen, og det må kontrolleres om materialkvalitet og dimensjoner tåler dette. En slik kontroll gir også svar på hvor langt ned de avtrappede sonene må fjernes før påbyggingen kan starte.

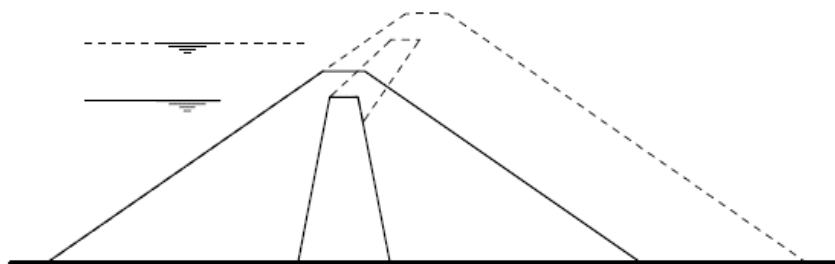
Spesielle forhold som tilgjengelighet og mektighet av masser, transportavstander o.l. kan ha gjort at dammens soner er gitt en utforming som ikke er statisk betinget, og dette har også betydning for hvilke muligheter det er til å øke damhøyden.

Påbyggingen vil i de fleste tilfeller foregå på nedstrøms side og på topp dam. Det kreves dermed ingen spesielle reguleringsrestriksjoner i anleggstiden.

Kostnadene kan beregnes ved å benytte enhetspriser som angitt i det foranstående, mens mengder må beregnes separat for hvert enkelt tilfelle.

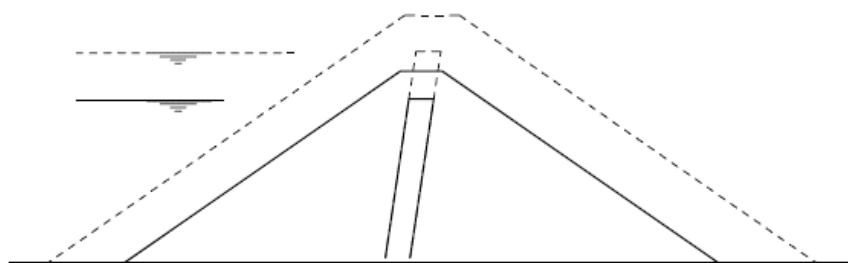
Det skal bemerkes at i de tilfeller der påbyggingen for det meste består av skråningsbeskyttelse, skal det tas hensyn til andelen av stor stein i relasjon til utsprengt volum. Prisen for skråningsbeskyttelse vil således kunne økes med inntil 100 %, men må vurderes i hvert enkelt tilfelle.

Eksempler på forhøyning av fyllingsdammer er vist i Figur 2.1.



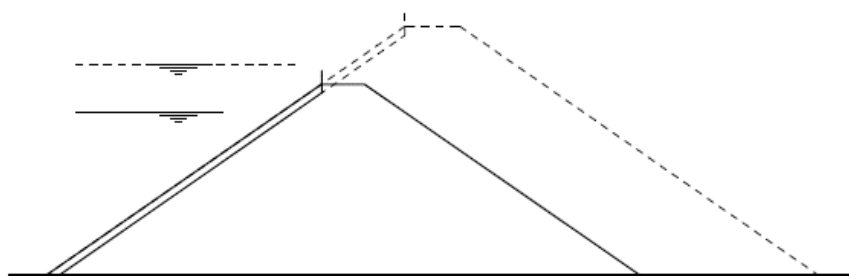
1. STEINFYLLINGSDAM MED MORENETETNING

Forhøyelse på noen meter vil som regel være teknisk mulig.



2. STEINFYLLINGSDAM MED SENTRAL ASFALTTETNING

Forhøyelse vil som regel være teknisk mulig. En forhøyelse som ikke berører oppstrøms side av dammen vil sannsynligvis begrense seg til 2-3 meter.



3. STEINFYLLINGSDAM MED FRONTAL TETNING

Denne damtypen gir mulighet til forhøyelse uten vesentlige restriksjoner i anleggstiden med hensyn til vannstanden i magasinet.

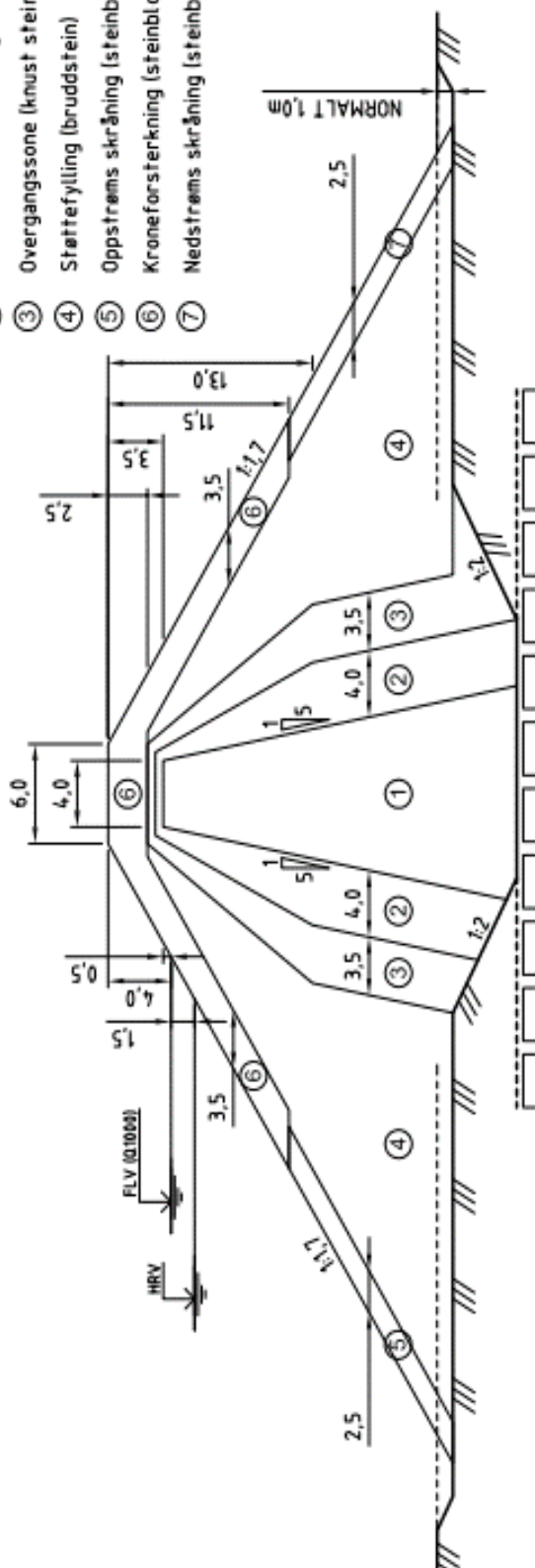


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

EKSEMPLER PÅ FORHØYNING AV STEINFILLINGS DAMMER

Fig 2.1
01.01.15

- ① Tetningskjerne (morene)
- ② Filter (forutsatt naturgrus)
- ③ Overgangssone (knuet stein)
- ④ Støttefylling (bruddstein)
- ⑤ Oppstrøms skråning (steinblokk)
- ⑥ Kroneforsterking (steinblokk)
- ⑦ Nedstrøms skråning (steinblokk)



ANMERKNINGER

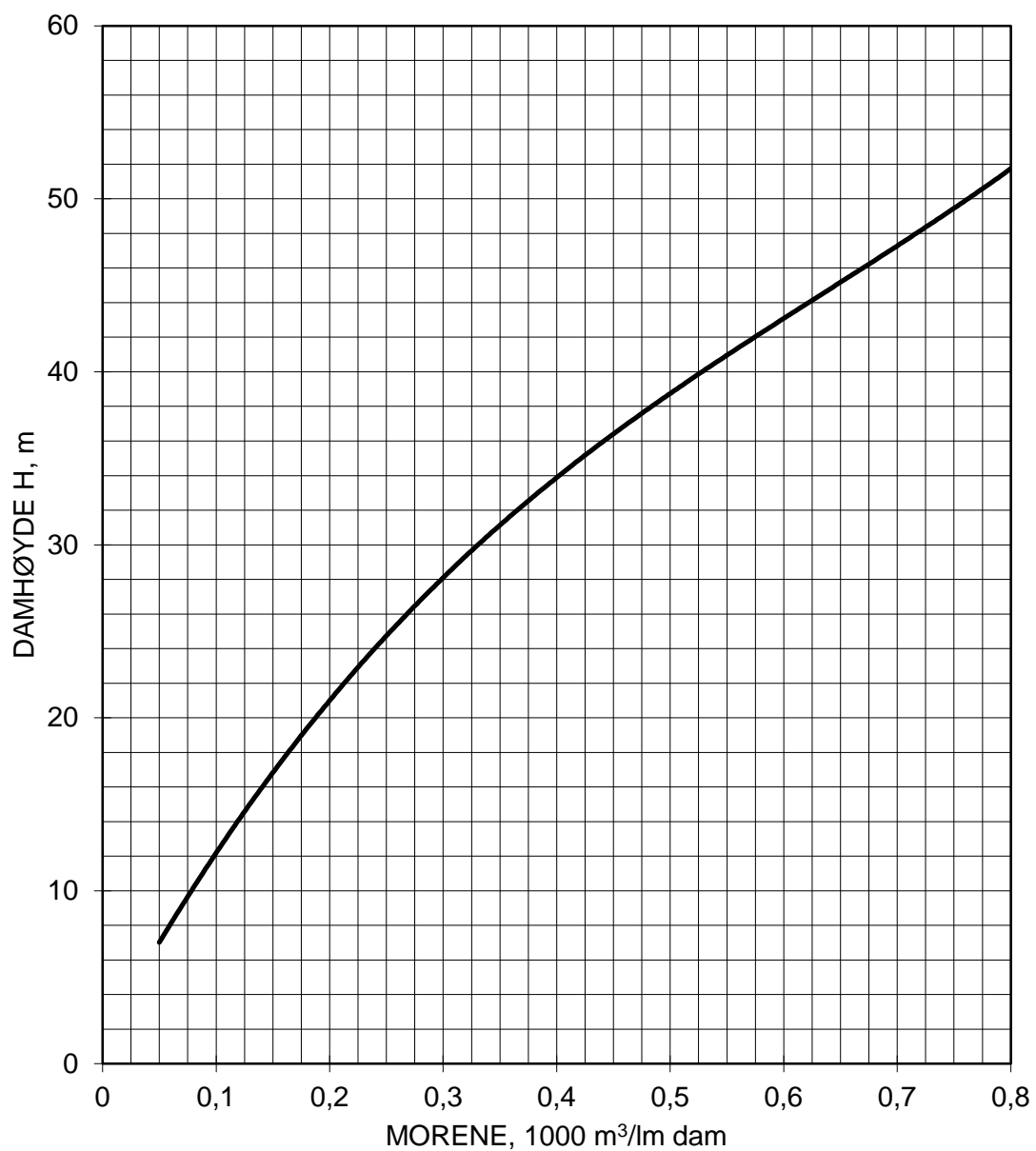
1. Valgt høyde mellom HRV og topp morene avhenger av flomstigning (Q1000 og PMF) og magasinets funksjon også til flomdemping.
2. Damhøyde tillagt 1% som kompensasjon for setning i mengdeberegningene.
3. Kroneforsterkingsmålingene vil kunne fravike fra de angitte (KSFNs vurdering).
4. Gyldig kun som grunnlag for mengdeberegning for mengdeberegning for omkostningsoverslag.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

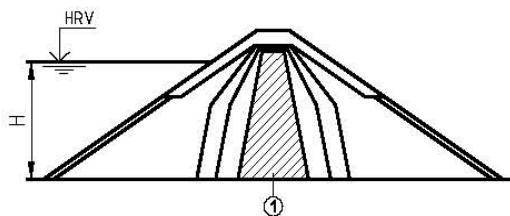
FYLLINGSDAM M/SENTRAL
MORENETETNING.
DAMTVERRSNITT FORUTSATT FOR
MENGDE- OG KOSTNADSBEREGNING.
SIDESKRÅNING 1: 1,7

Fig 2.1.2
01.01.15



ANMERKNINGER:

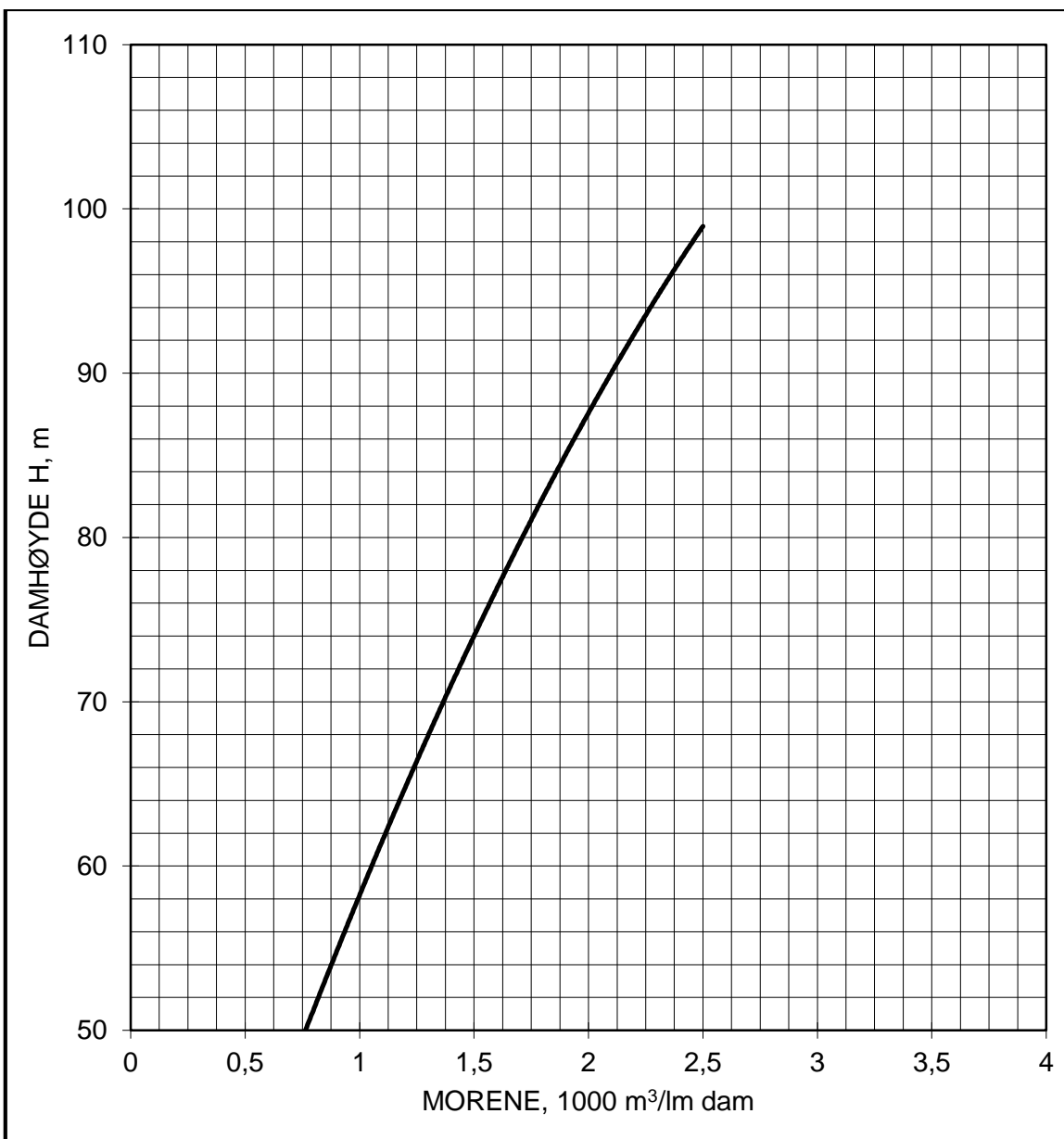
1. Damhøyde H regnes fra HRV.
2. Forutsatt damtverrsnitt, se Fig. 2.1.1 og 2.1.2.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

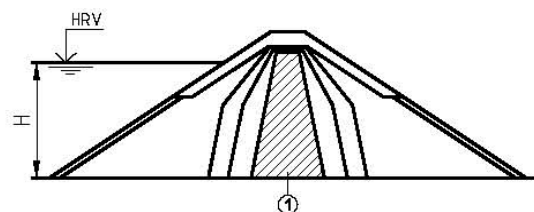
**STEINFYLLINGSDAM
M/MORENEKJERNE
MENGDEKURVE MORENE**

Fig. 2.1.3 del 1
01.01.15



ANMERKNINGER:

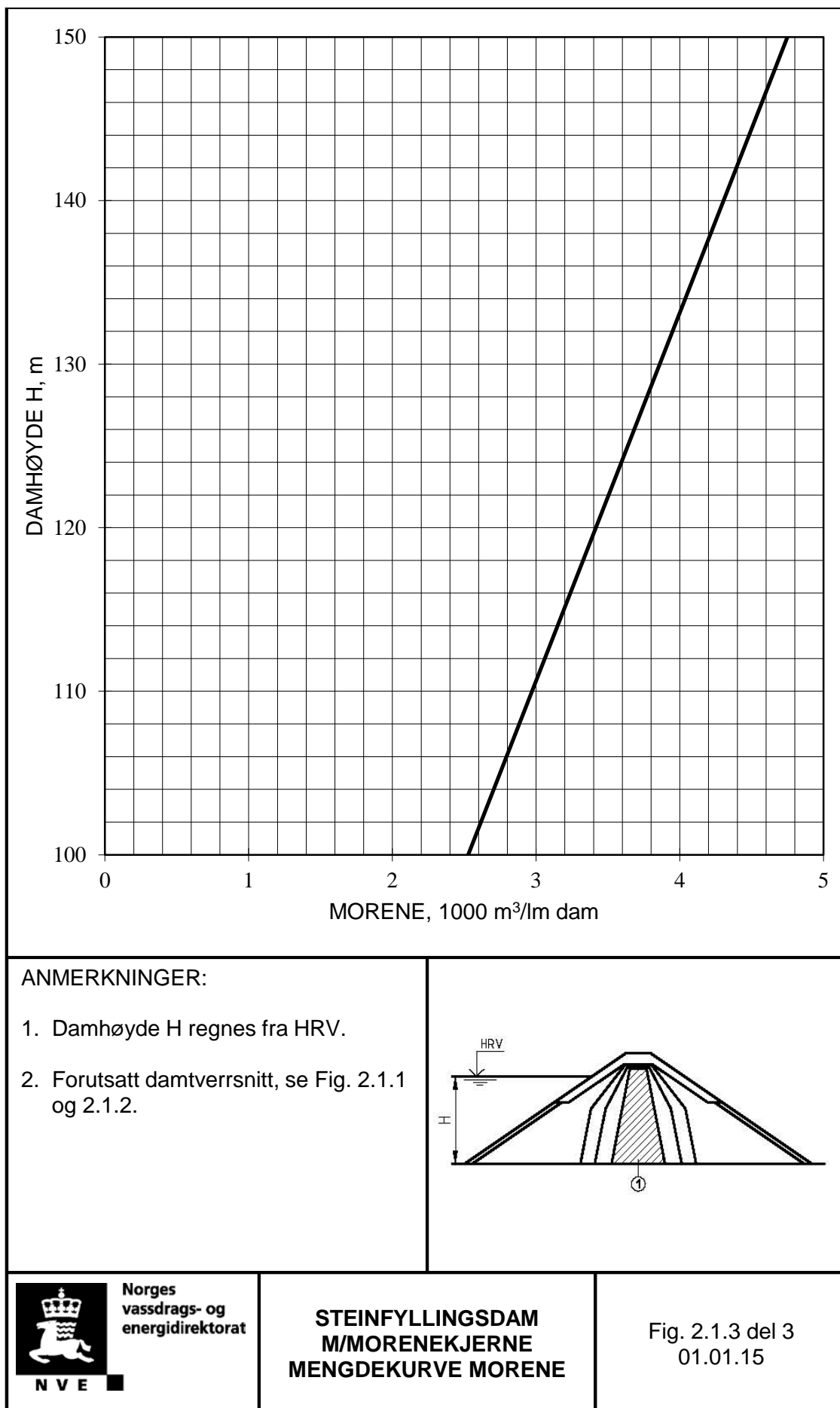
1. Damhøyde H regnes fra HRV.
2. Forutsatt damtverrsnitt, se Fig. 2.1.1 og 2.1.2.

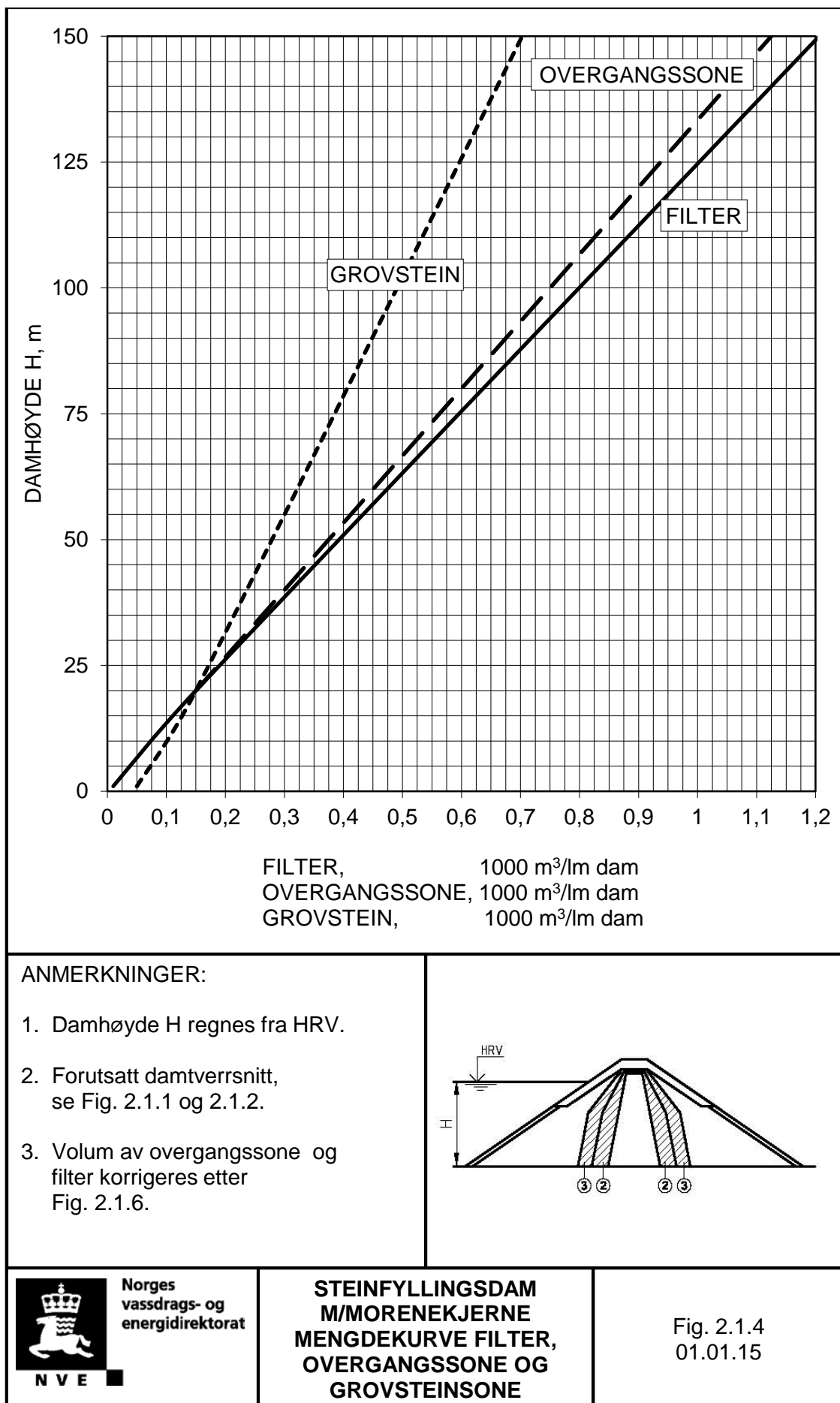


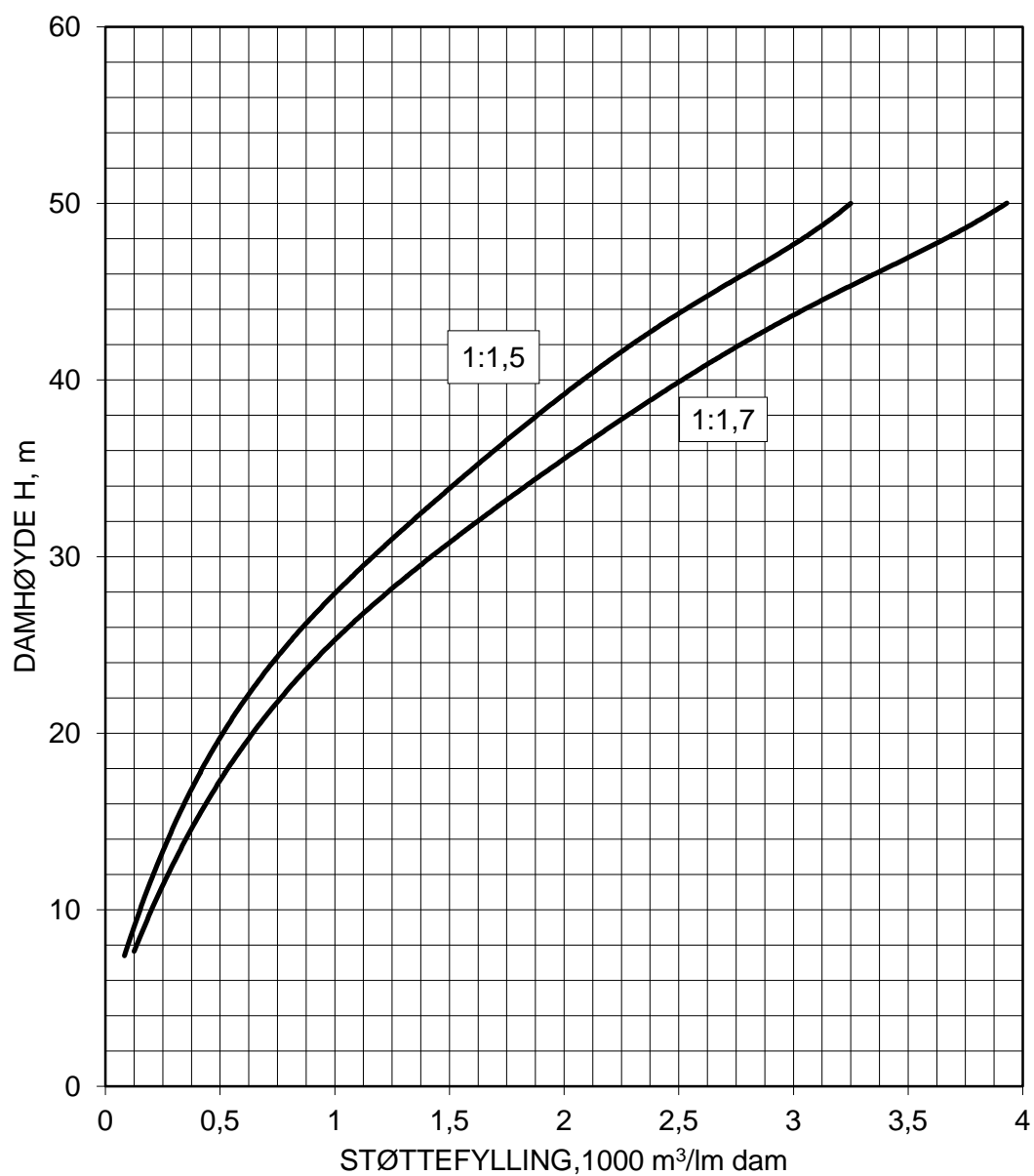
Norges
vassdrags- og
energidirektorat

**STEINFYLLINGSDAM
M/MORENEKJERNE
MENGDEKURVE MORENE**

Fig. 2.1.3 del 2
01.01.15

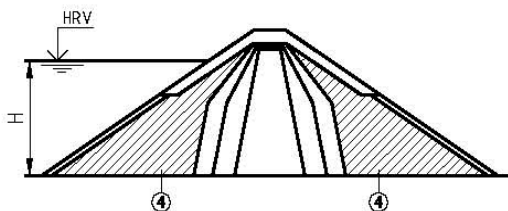






ANMERKNINGER:

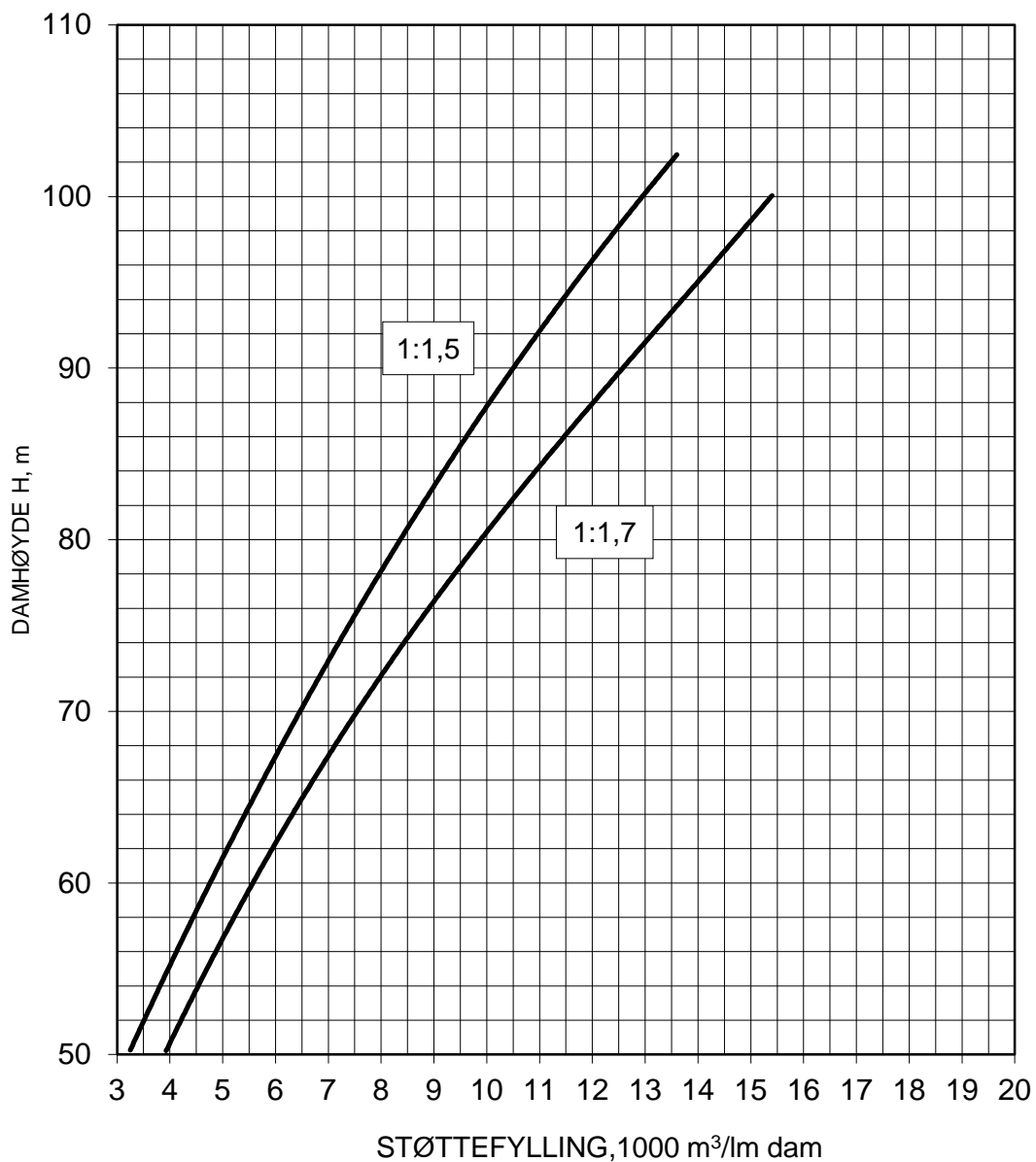
1. Damhøyde H regnes fra HRV.
2. Forutsatt damtverrsnitt, se Fig. 2.1.1 og 2.1.2.
3. Volum av støttefylling korrigeres etter Fig. 2.1.6.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

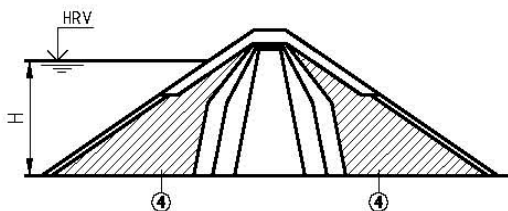
**STEINFYLLINGSDAM
M/MORENEKJERNE
MENGDEKURVE FOR
STØTTEFYLLING 1:1,5 OG
1:1,7**

Fig. 2.1.5 del 1
01.01.15



ANMERKNINGER:

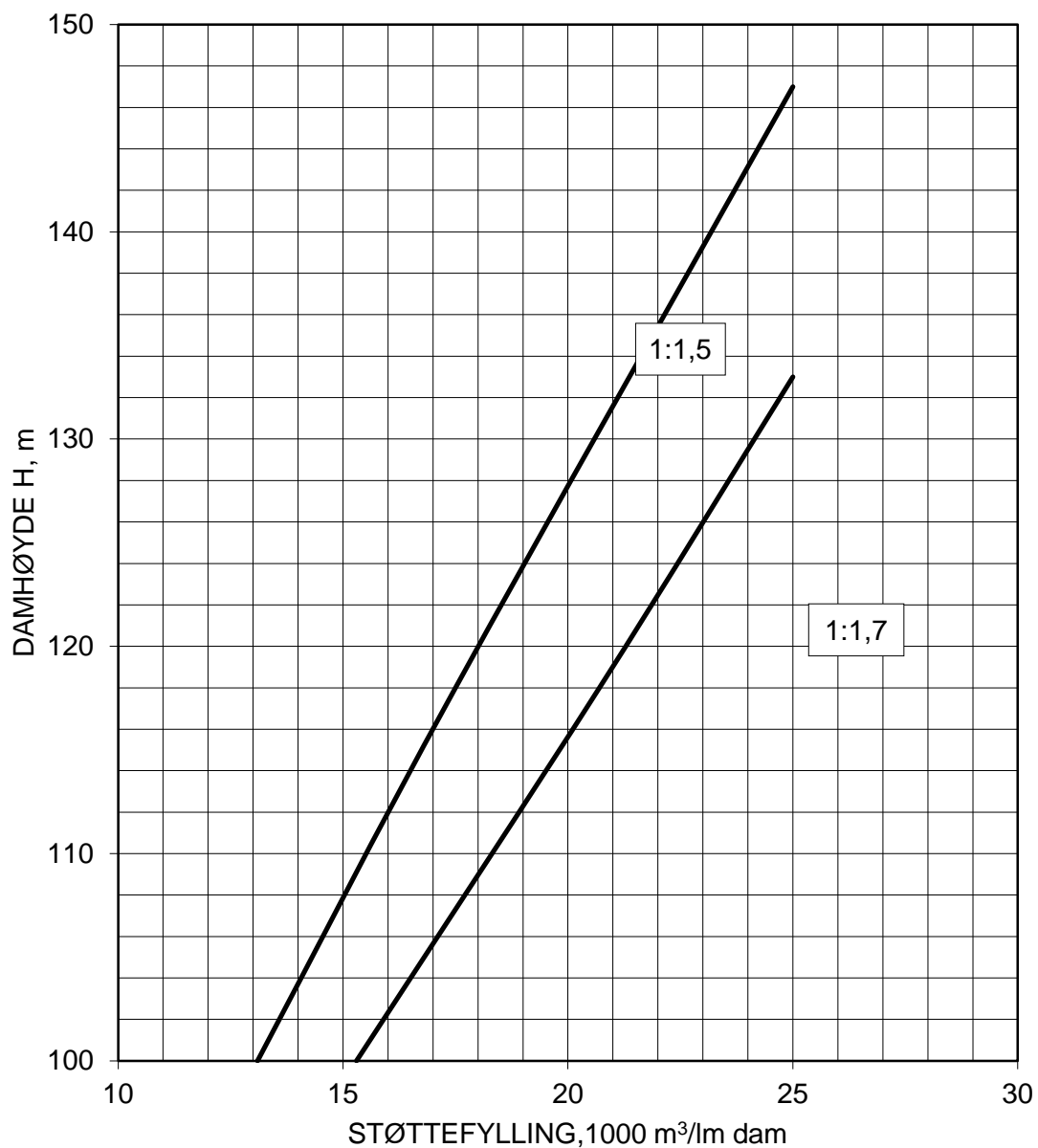
1. Damhøyde H regnes fra HRV.
2. Forutsatt damtverrsnitt, se Fig. 2.1.1 og 2.1.2.
3. Volum av støttefylling korrigeres etter Fig. 2.1.6.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

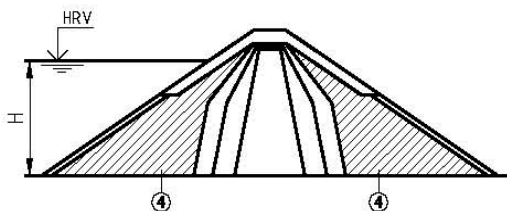
**STEINFYLLINGSDAM
M/MORENEKJERNE
MENGDEKURVE FOR
STØTTEFYLLING 1:1,5 OG
1:1,7**

Fig. 2.1.5 del 2
01.01.15



ANMERKNINGER:

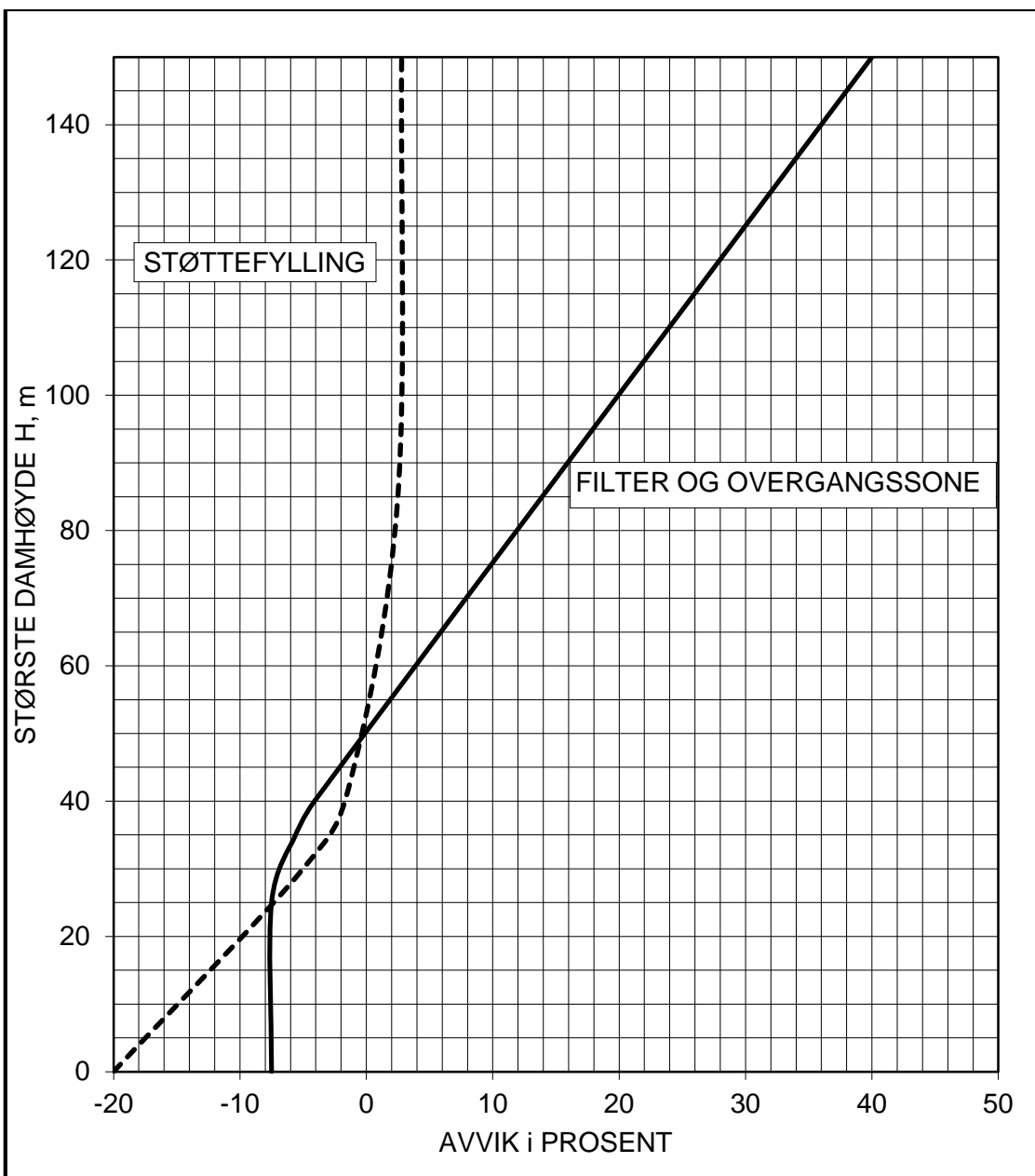
1. Damhøyde H regnes fra HRV.
2. Forutsatt damtverrsnitt, se Fig. 2.1.1 og 2.1.2.
3. Volum av støttefylling korrigeres etter Fig. 2.1.6.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

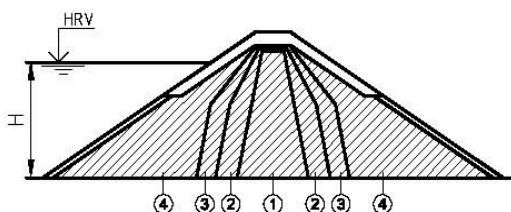
**STEINFYLLINGSDAM
M/MORENEKJERNE
MENGEDEKURVE FOR
STØTTEFYLLING 1:1,5 OG
1:1,7**

Fig. 2.1.5 del 3
01.01.15



ANMERKNINGER:

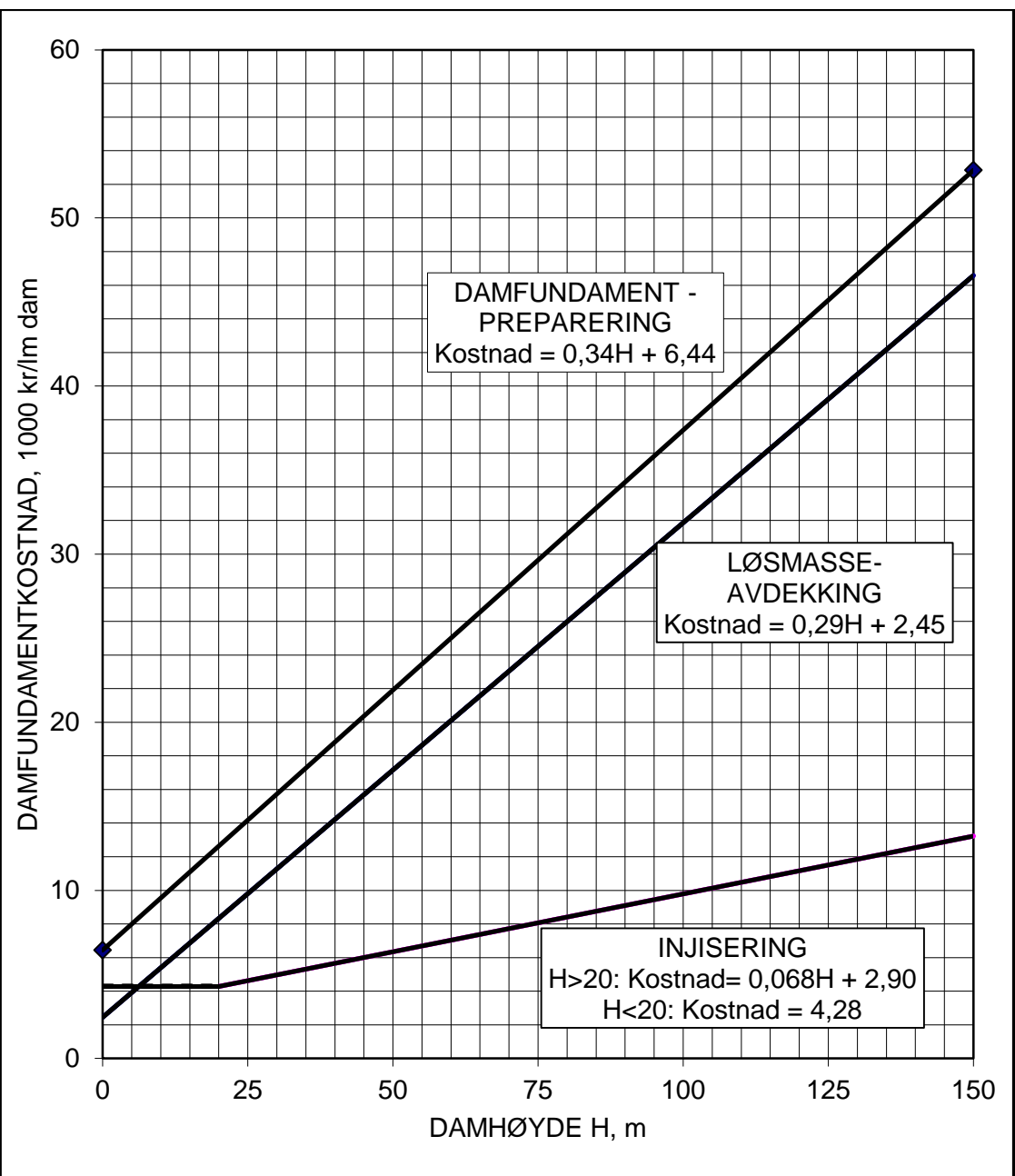
1. Figuren angir korreksjonsfaktor for totalt volum av overgangssone og støttefylling som funksjon av største damhøyde.
2. Jf. kap. 2.1.1.1.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

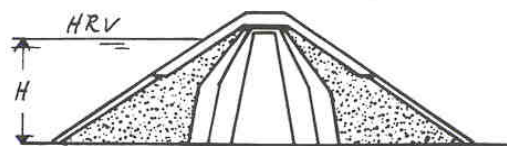
**STEINFYLLINGSDAM
M/MORENEKJERNE, STØTTEFYLLING,
FILTER OG OVERGANGSSONE
KORREKSJONSFAKTOR FOR VOLUM**

Fig. 2.1.6
01.01.15



ANMERKNINGER:

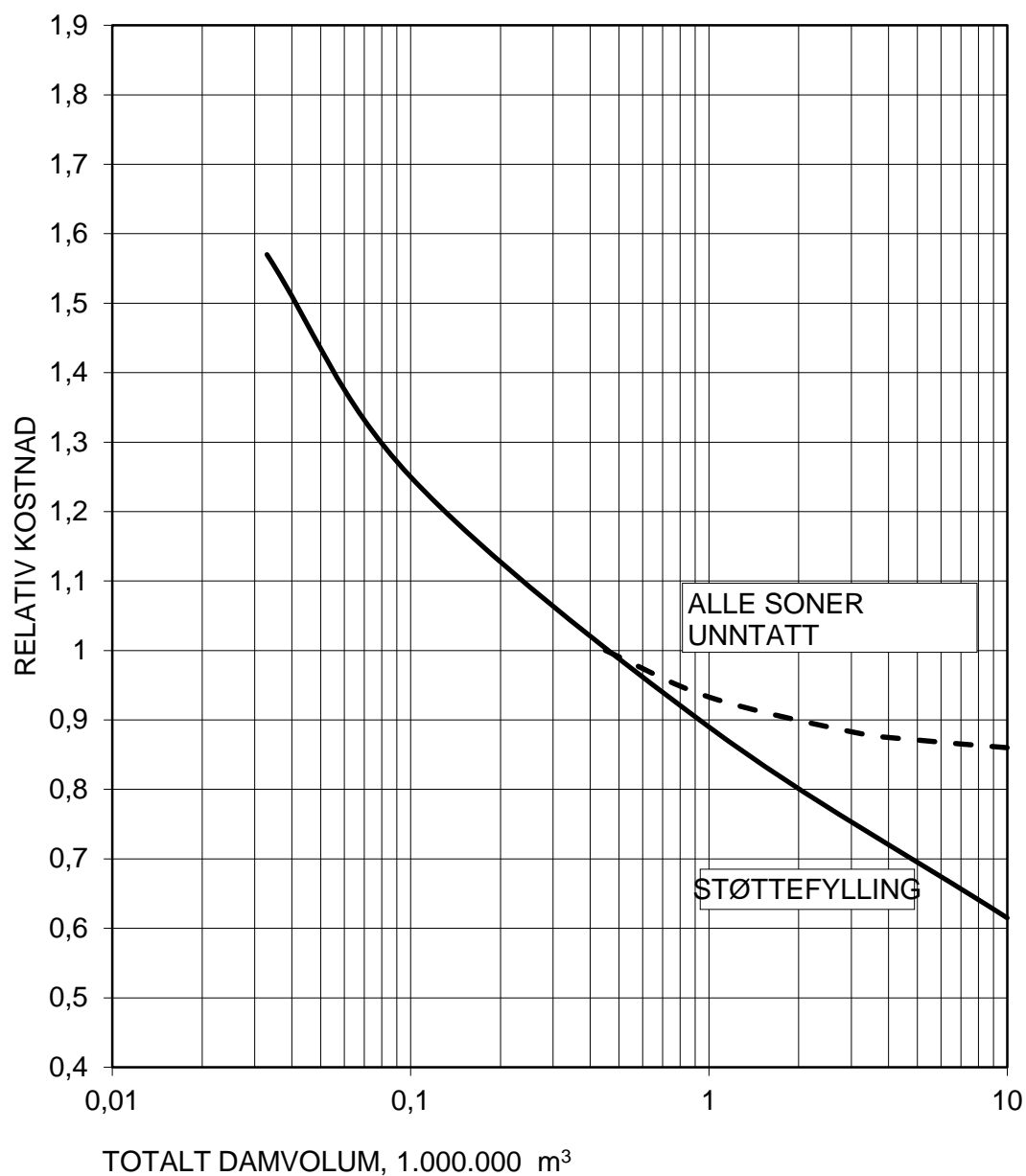
1. Prisnivå januar 2015
2. Kostnad for løsmasseavdekking er angitt for løsmassedybde 2 m.
3. Kostnadene er angitt for damtverrsnitt gitt på Fig. 2.1.1.
4. Damhøyde H regnes fra HRV.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

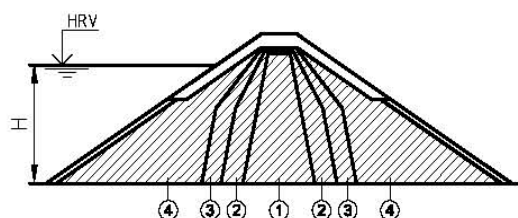
**STEINFYLLINGS-DAM
M/MORENEKJERNE
DAMFUNDAMENTKOSTNAD**

Fig 2.1.7
01.01.15



ANMERKNINGER:

1. Figuren angir korreksjonsfaktor for kostnadene av damsonene avhengig av totalt damvolum.
2. Jf. kap. 2.1.3



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

**STEINFYLLINGS DAM
M/MORENEKJERNE
KORREKSJONSFAKTOR FOR
KOSTNAD I FORHOLD TIL TOTALT
DAMVOLUM**

Fig 2.1.8
01.01.15

2.3 Steinfyllingsdam med asfaltbetongkjerne

2.3.1 Dammens hoveddimensjoner

Dammens hoveddimensjoner vil, foruten bestemmelsene i *Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg (damsikkerhetsforskriften)* med underliggende retningslinjer og eventuelle minstemålkrav av beredskapshensyn, være bestemt av naturgitte forhold i damfundamentet, beskaffenhet/kvalitet og tilgjengelighet av materialer, flomstigning (flomdemping), magasinets overflate og beliggenhet (bølgepåkjenning). Av disse forholdene er det oftest bare beliggenheten og *Damsikkerhetsforskriftens* minimumskrav som vil være kjent på et tidlig stadium i planleggingen. De første orienterende mengde- og omkostningsberegningene må derfor baseres på antakelser når det gjelder de andre forholdene.

Dersom det foreligger spesielle forhold som en kjenner til og som kan få innflytelse på dammens hoveddimensjoner, bør disse forholdene fastlegges spesielt.

2.3.1.1 Normalverrsnitt

Vi har valgt to normalverrsnitt som masseberegning kan foretas etter.

Normalverrsnitt A er vist på Figur 2.2.1. Tverrsnittet kan brukes i de tilfeller der løsmassene er så ubetydelige at hele dammen fundamenteres på fjell. Damskråningene er 1:1,5.

Normalverrsnitt B er vist på Figur 2.2.2. Tverrsnittet kan brukes i de tilfeller der løsmassene er så mektige at støttefyllingene fundamenteres på løsmasse. Damskråningene er 1:1,7.

Mengdekurver for disse to normalverrsnittene er utarbeidet og vist på figur 2.2.3 og 2.2.4.

Kronebredde, fribord og bredde på de enkelte indre soner er valgt ut fra en største damhøyde på ca. 50 m. Ved større dammer vil også disse dimensjonene bli noe større, og vi har derfor på figur 2.2.5 vist korreksjonsfaktorer for volumkurvene for dammer med andre maksimalhøyder.

Korreksjonsfaktoren er basert på følgende (angitt i m):

Maks damhøyde	Kronebredde	Bredde filter + overgangssone	Fribord
30	5,5	4,5	3,5
50	6,0	4,5	4,0
100	10,0	6,0	4,5
150	10,0	6,0	4,5

Med fribord menes her avstanden fra topp dam til dimensjonerende flomvannstand. Gjennomsnittlig damhøyde er antatt lik 80 % av største damhøyde.

Flomstigningen (Q_{1000}) er valgt lik 1,5 m, som i mange tilfeller vil være et rimelig flomdempingsmagasin. Det kan selvsagt være aktuelt med avvikende flomstigning, og i de tilfeller dette er klarlagt, kan mengdene korrigeres for dette. Ved 2,5 m flomstigning avleses f.eks. volum ved damhøyde lik 20 m ved $H = 21$ m.

Damhøyde er i denne rapporten definert lik høyden fra HRV og ned til gjennomsnittlig høyde på damfundamentet i de enkelte soner.

Normaltverrsnittet må kun betraktes som et grunnlag for en kostnadsberegning på et tidlig stadium i planleggingen. Tverrsnittet for dammen må bestemmes på grunnlag av stedlige forhold, materialkvalitet og materialtilgjengelighet.

2.3.2 Damfundament

Omkostningene forbundet med damfundament er ordnet i tre grupper: løsmasseavdekking, fundament- og damforbehandling og injeksjonsarbeider. De angitte kostnadstall omfatter alle gjennomsnittlige, påregnelige entreprenøromkostninger, og er vist i figur 2.2.6 for hver gruppe som funksjon av damhøyden

2.3.2.1 Løsmasseavdekking

Omfanget av løsmasseavdekking må som hovedregel alltid anslås/beregnes separat i hvert enkelt tilfelle. En må benytte alle de tilgjengelige opplysninger en har.

Det gis følgende retningslinjer:

I de tilfeller løsmassemektigheten er så liten at hele dammen forutsettes fundamentert på fjell, kan en normalt regne gjennomsnittsavdekking på 2 m.

Dersom beregning/anslag gir høyere verdi, benyttes dette. Selv i de tilfeller der damfundamentet inneholder minimale løsmasseforekomster, regnes det med en kostnad tilsvarende 0,5 m avdekking av hele damfundamentet som et minimum.

Ved store løsmassemektigheter der det forutsettes at støttefyllingene fundamenteres på løsmasse, kan en generelt regne med 1 m gjennomsnittsavdekking. I de tilfeller en har kartlagt myrområder eller andre massetyper som må fjernes, må en ta hensyn til dette og øke avdekkingsvolumet.

Tetnings-, filter- og overgangssone skal forutsettes fundamentert på fjell, og løsmassemektigheten i disse områdene må anslås/beregnes separat.

Kostnadsbæreren "løsmasseavdekking" settes lik volum løsmasse x 70 kr/m³.

2.3.2.2 Fundament- og damfotbehandling

Hovedelementene i disse kostnadene er følgende:

- Fjerning av fjell i fundamentet
- Rensk og rengjøring av fundamentet
- Støping av betongsokkel som fot for tetnings- og filtersone
- Nødvendig sikring av fot for skråningsbeskyttelse

Omfanget av enkelte av disse arbeidene har et meget stort variasjonsområde, men totalt sett viser erfaringsmateriale at disse kostnadene kan settes til 34 000 kr/lm damfot for damhøyder inntil 50 m, og til 36 500 kr/lm for damhøyde på 100 m. For damhøyder inntil 150 m kan kostnadene settes til 39 000 kr/lm.

2.3.2.3 Injeksjonsarbeider

Omfanget av og omkostningene ved nødvendige injeksjonsarbeider er vurdert ut fra erfaringer ved norske fyllingsdammer.

Det forutsettes et normalt injeksjonsopplegg ved overflateinjeksjon i 6 m dybde i 2 rader og hullavstand 5 m, og en 1-rads dypinjeksjonsskjerm til dybde lik halve vanntrykket, dog minst 10 m. Dypinjeksjonshull forutsettes boret inntil en tetthet lik 1 Lugeon er oppnådd.

Normalomkostningene kan settes lik 5500 kr/lm dam pluss 210 kr/m² for areal av injeksjonsskjerm dypere enn 10 m.

2.3.3 Damkroppen

Som øvrige kostnadsbærere for dammen er valgt volumene av de fem hovedsonene i fyllingsdammen: Tetningssone, filter, overgangssone, støttefylling og skrånings-/kronebeskyttelse.

De angitte kostnadstall omfatter alle gjennomsnittlige, påregnelige entreprenør-omkostninger for dambyggingen (inkl. massetakskostnader).

Kostnadstallene gjelder for dam av størrelse 1 000 000 m³. Enhetskostnadene vil erfaringsmessig bli mindre for store dammer og større for små. Dette korrigeres for ved bruk av korreksjonsfaktor gitt i Figur 2.2.7. I tillegg kommer at de billigste sonene utgjør en større andel ved store dammer.

2.3.3.1 Tetningssonen

Mengdeberegning kan foretas ved hjelp av mengdekurver gitt på Figur 2.2.3, del 1, del 2 eller del 3.

Beliggenhet av ferdig preparert fundament bør vurderes på grunnlag av de stedlige forhold. Som generell regel anbefales det at ferdig damfundament (topp av betongsokkel) antas 1 m lavere enn opprinnelig fjelloverflate.

Gjennomsnittskostnaden for tetningssonen settes lik 4400 kr/m³.

2.3.3.2 Filtersonen

Mengdeberegning kan foretas ved hjelp av mengdekurver gitt på Figur 2.2.3, del 1, del 2 eller del 3.

Beliggenheten av fundamentet for filtersonen kan antas å være 1 m under opprinnelig fjelloverflate.

Gjennomsnittskostnaden for filtersonen kan settes lik 335 kr/m³. Filtersonen blir lagt ut i samme operasjon som tetningssonen, og disse kostnadene må ses i sammenheng.

Det er forutsatt brukt knust stein til filtersonen, og dette vil normalt være nødvendig pga. strenge kvalitetskrav. Transportlengden er forutsatt lik 2 km.

Hovedelementene i normalprisen 335 kr/m³ er følgende:

- Andel av avdekking og istandsetting av bruddet etter endt drift. Arronderingsutgifter til knuseriggområdet.
- Sprengning av stein
- Opplasting og transport (2 km)
- Knusing
- Utlegging og komprimering

2.3.3.3 Overgangssonen

Mengdeberegning kan foretas ved hjelp av mengdekurver gitt på Figur 2.2.3, del 1, del 2 eller 3.

Beliggenhet av fundamentet for overgangssonen kan antas lik 1 m under fjelloverflate.

Gjennomsnittskostnad for overgangssonen kan settes lik 200 kr/m³. Denne prisen forutsetter at overgangssonen blir framstilt ved en enkel knuseprosess med sprengt stein som utgangspunkt, og at transportlengden ikke overstiger 2 km.

I enkelte tilfeller vil tunnelstein være tilgjengelig i dammens nærhet. Denne kan da i de fleste tilfeller bli brukbar som overgangssone ved en enklere sikteprosess. Kostnader kan i slike tilfeller settes lik 130 kr/m³.

Hovedelementene i normalprisen 200 kr/m² vil bestå av følgende:

- Andel av avdekking og istandsetting av bruddet etter endt drift. Arronderingsutgifter til knuseriggområdet.
- Sprengning av stein, opplasting og transport (2 km)
- Knusing
- Utlegging og komprimering

2.3.3.4 Støttefylling

Mengdeberegning kan foretas ved hjelp av mengdekurver gitt på Figur 2.2.5, del 1, del 2 eller del 3.

Beliggenhet av fundamentet for støttefylling antas ved fjelloverflate, alternativ 1 m under terreng.

Gjennomsnittskostnad for støttefyllingen kan settes lik 100 kr/m³.

Prisen forutsetter at støttefyllingen blir produsert av bruddstein, og at et egnet bruddområde finnes innen en avstand på 1 km fra dammen.

Avdekkingsarbeidene har normalt et beskjedent omfang. I tilfeller der fjerning av større mengder løsmasse er nødvendig for å komme til fjell, må ekstrakostnader for dette legges til.

Dersom tunnelstein er tilgjengelig i dammens nærhet, vil denne normalt bli benyttet til støttefylling og til en lavere pris. I slike tilfeller kan kostnaden settes lik 65 kr/m³.

Hovedelementene i normalprisen 100 kr/m³ vil bestå av følgende:

- Avdekking og arrondering av steinbrudd
- Sprengning
- Opplasting og transport
- Utlegging og komprimering

2.3.3.5 Skrånings- og kronebeskyttelse

Mengdeberegning kan foretas ved hjelp av mengdekurver gitt på Figur 2.2.3, del 1, del 2 eller del 3.

Beliggenhet av fundament for skråningsbeskyttelse antas ved fjelloverflate alternativt 1 m under terrengoverflate.

Gjennomsnittskostnad for skrånings- og kronebeskyttelse kan settes til 205 kr/m³. Denne prisen forutsetter at massene til støttefyllingen tas ut i steinbrudd og at grovsteinen i hovedsak framkommer som et produkt i denne prosessen. En viss utstrekning på salvene beregnet spesielt på grovsteinsproduksjon anses som normalt, og er inkludert i prisen.

Da behovet for grovstein relativt sett er størst under bygging av damtoppen, er en viss grad av mellomlagring av grovstein også normalt, og er inkludert i prisen.

Dersom støttefylling bygges av tunnelstein, vil det føre til at eget brudd for produksjon av grovstein må etableres. I slike tilfeller kan prisen settes lik 270 kr/m³.

2.3.4 Prisnivå

Det har bare vært bygget noen få fyllingsdammer med asfaltbetongkjerne i Norge på 2000-tallet. Alle disse er relativt små (< 20 m).

Som grunnlag for indeksregulering av prisene er *"Kostnadsutvikling vannkraftprosjekter indeksregulering fra 1997 til 2015"* fra Norconsult AS brukt. Det vises til kapittel 2.2.4.

De angitte priser representerer prisnivå januar 2015.

2.3.5 Medtatte/ikke medtatte kostnader

Det vises til kapitlene 2.1.3 og 2.1.4. Spesielt gjelder:

- Bunnløp/omløp/fangdammer:

Kostnader for bunnløp, omløp og fangdammer er ikke inkludert i kostnadstallene. Disse kostnadene må kalkuleres separat.

- Flomløp og evt. nødtappeanordninger:

Kostnader til dette er ikke inkludert i kostnadstallene. Disse kostnadene må kalkuleres separat.

- Instrumenteringskostnader:

Kostnader er ikke medtatt.

- Luker, rister, varegrinder:

Kostnader er ikke medtatt. For lukekostnader, se kapittel 4.4 Luker.

2.3.6 Usikkerhet i kostnadsberegningen

Usikkerheten i beregning av damfundamentkostnadene anslås fra +70 % til -30%.

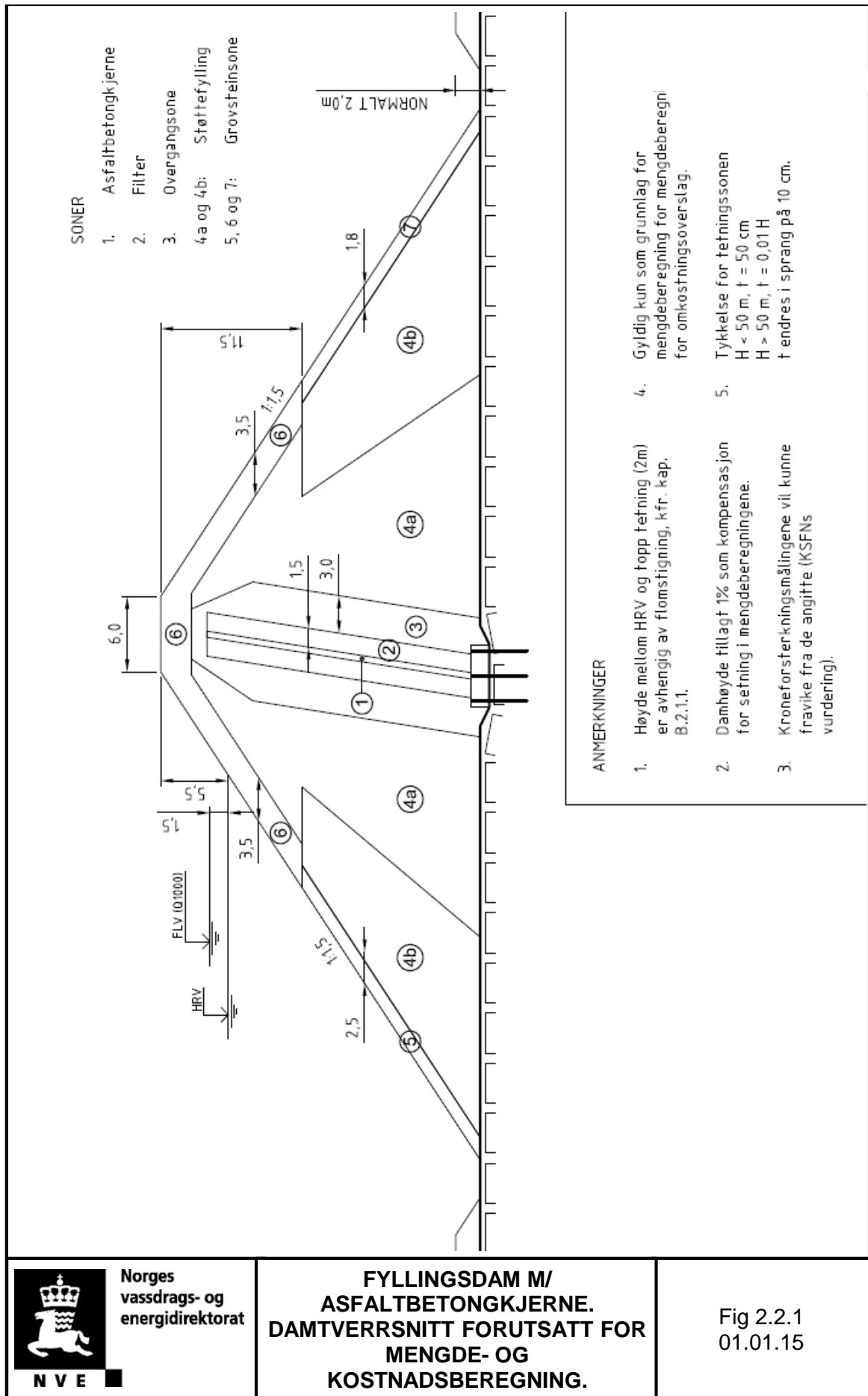
Usikkerheten i beregning av damkroppkostnadene anslås til ± 25 %.

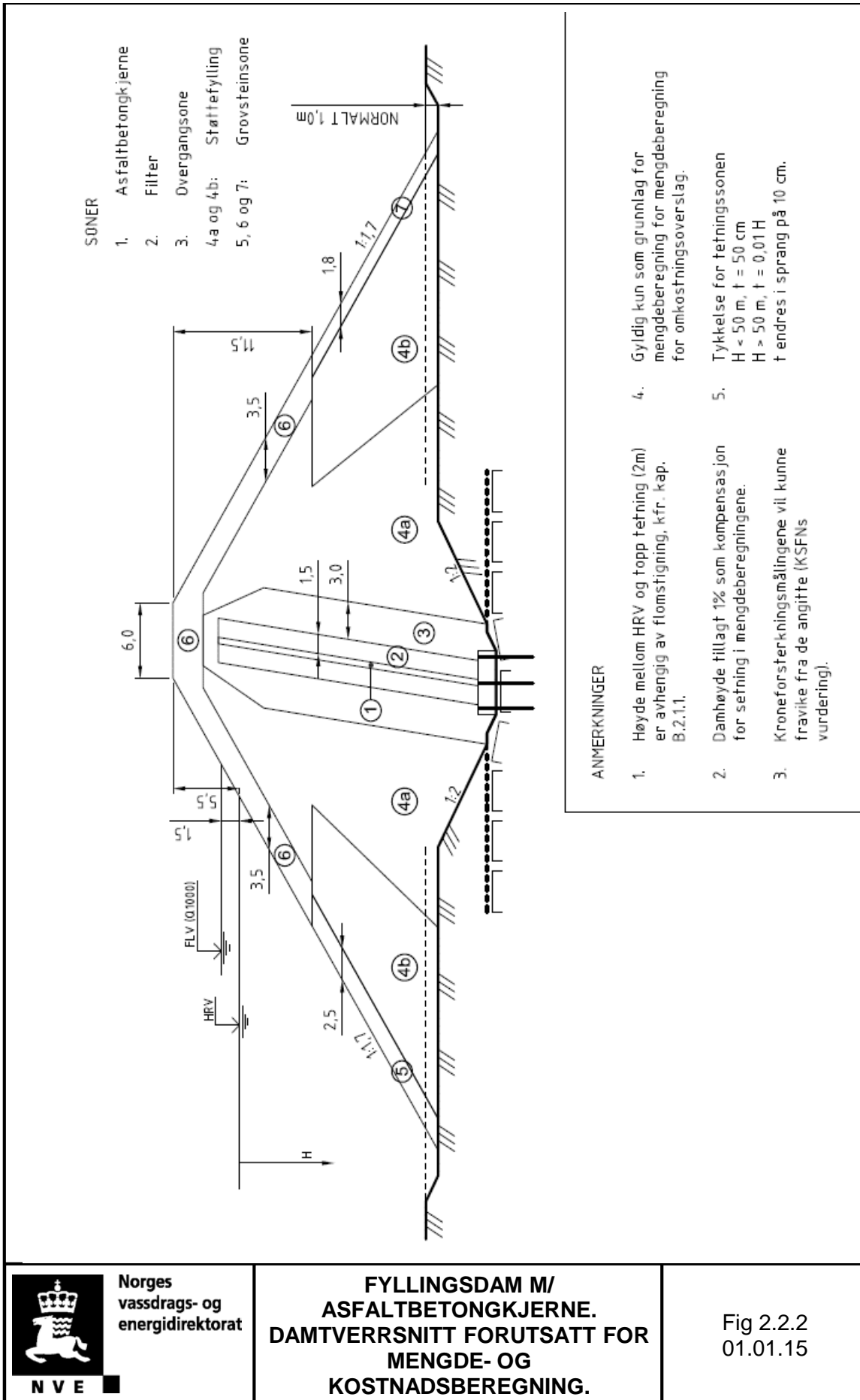
2.3.7 Økt høyde på eksisterende dammer

Det er vanskelig å gi generelle retningslinjer for hvor stor påbygging som er tilrådelig. Bestående dam er dimensjonert etter nåværende vanntrykk, og utførelse av forhøyelsen vil avhenge av om de deler av dammen som ikke lar seg forsterke, tåler den økte belastningen. Injeksjonsskjernens dybde avhenger av damhøyden, og med økt damhøyde vil dette forholdet endres. Lekkasje vil øke med økt vanntrykk, og det må vurderes om arrangement for lekkasjemåling og dammen for øvrig kan ivareta dette på en forsvarlig måte. Tetningskjernen er anbefalt å ha en tykkelse på minst 1 % av høyden, og ikke mindre enn 50 cm. For damhøyder over ca. 50 m vil en økning av høyden etter dette medføre at anbefalt minstetykkelse overskrides, og det må vurderes nøye om den aktuelle utførelsen tillater dette.

Kostnadene beregnes ved å benytte enhetspriser som angitt i det foranstående, mens mengder må beregnes separat for hvert enkelt tilfelle.

Ref. kommentar om krone- og skråningsbeskyttelse i kapittel 2.3.3.5

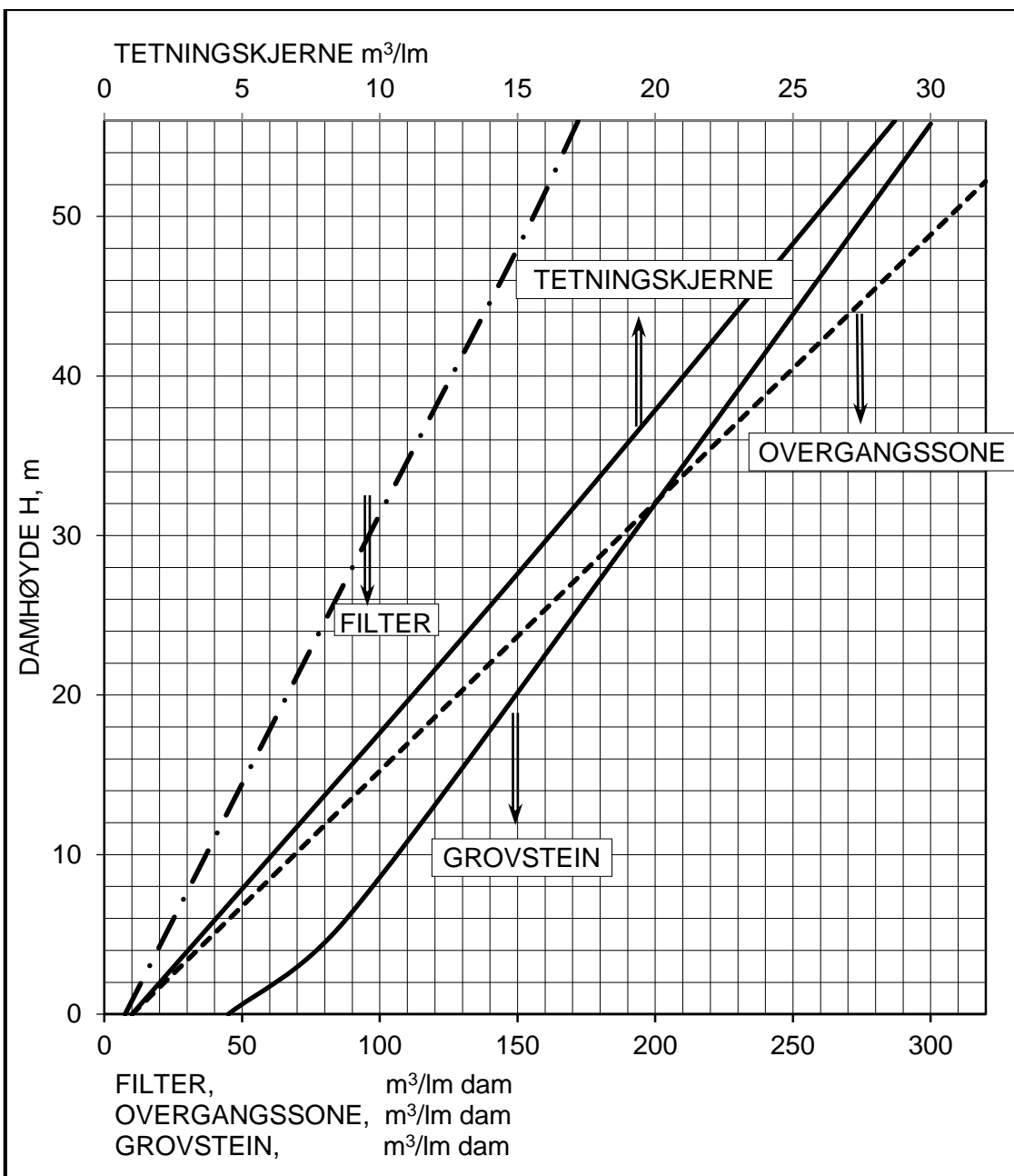




Norges
vassdrags- og
energidirektorat

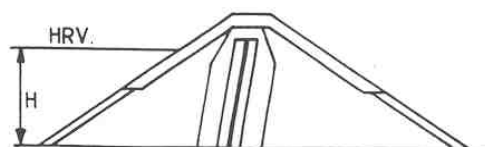
**FYLLINGS DAM M/
ASFALTBETONGKJERNE.
DAMTVERRSNITT FORUTSATT FOR
MENGE- OG
KOSTNADSBEREGNING.**

Fig 2.2.2
01.01.15



ANMERKNINGER:

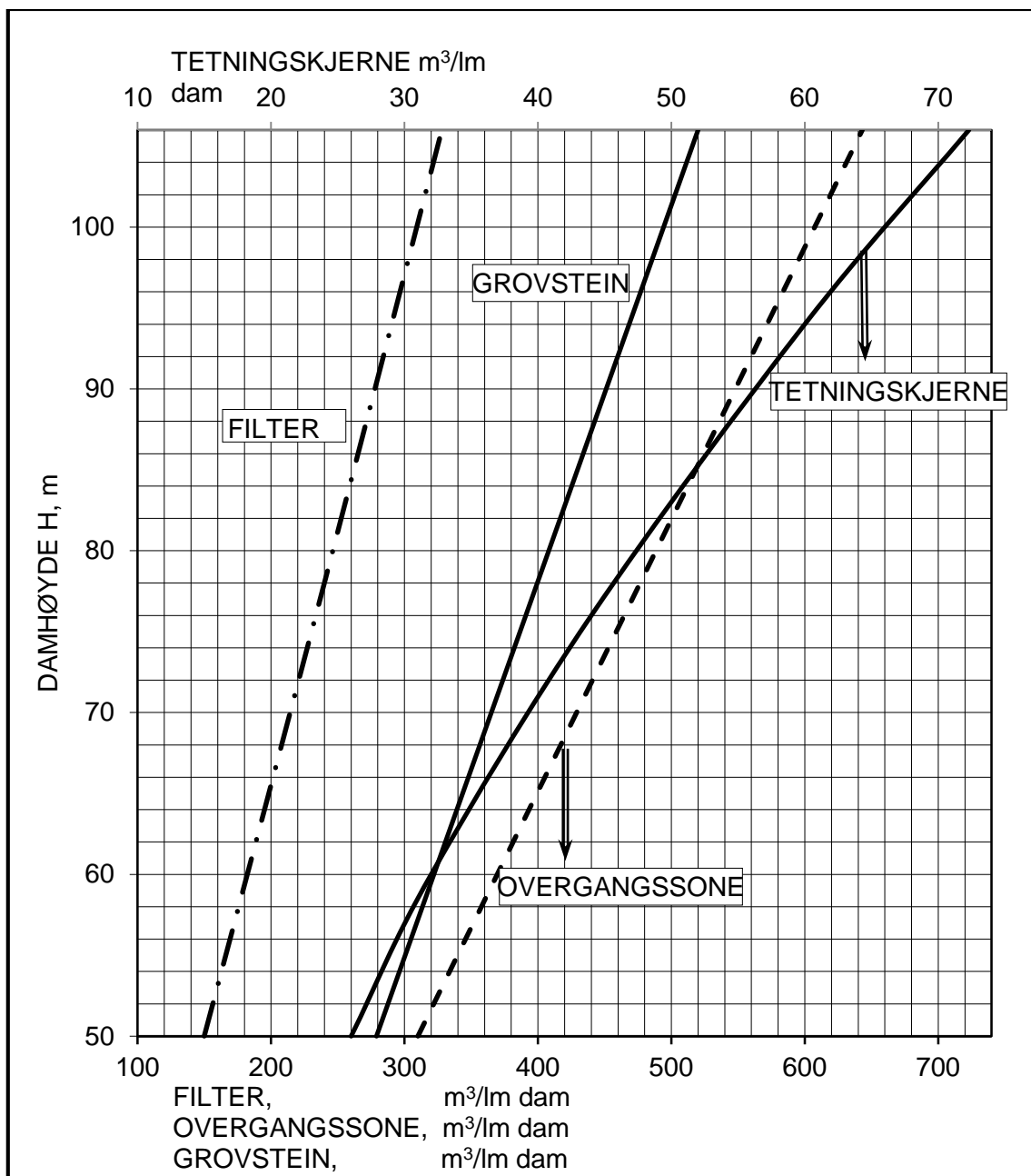
1. Damhøyde H regnes fra HRV.
2. Forutsatt damtverrsnitt, se Fig. 2.2.1 og 2.2.2.
3. Volum av overgangssone og støttefylling korrigeres etter Figur 2.2.5.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

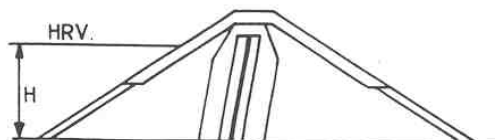
**STEINFYLLINGSDAM M/
ASFALTBETONGKJERNE
MENGEDEKURVER FOR TETNING,
FILTER, OVERGANGSSONE OG
GROVSTEINSONE**

Fig 2.2.3 del 1
01.01.15



ANMERKNINGER:

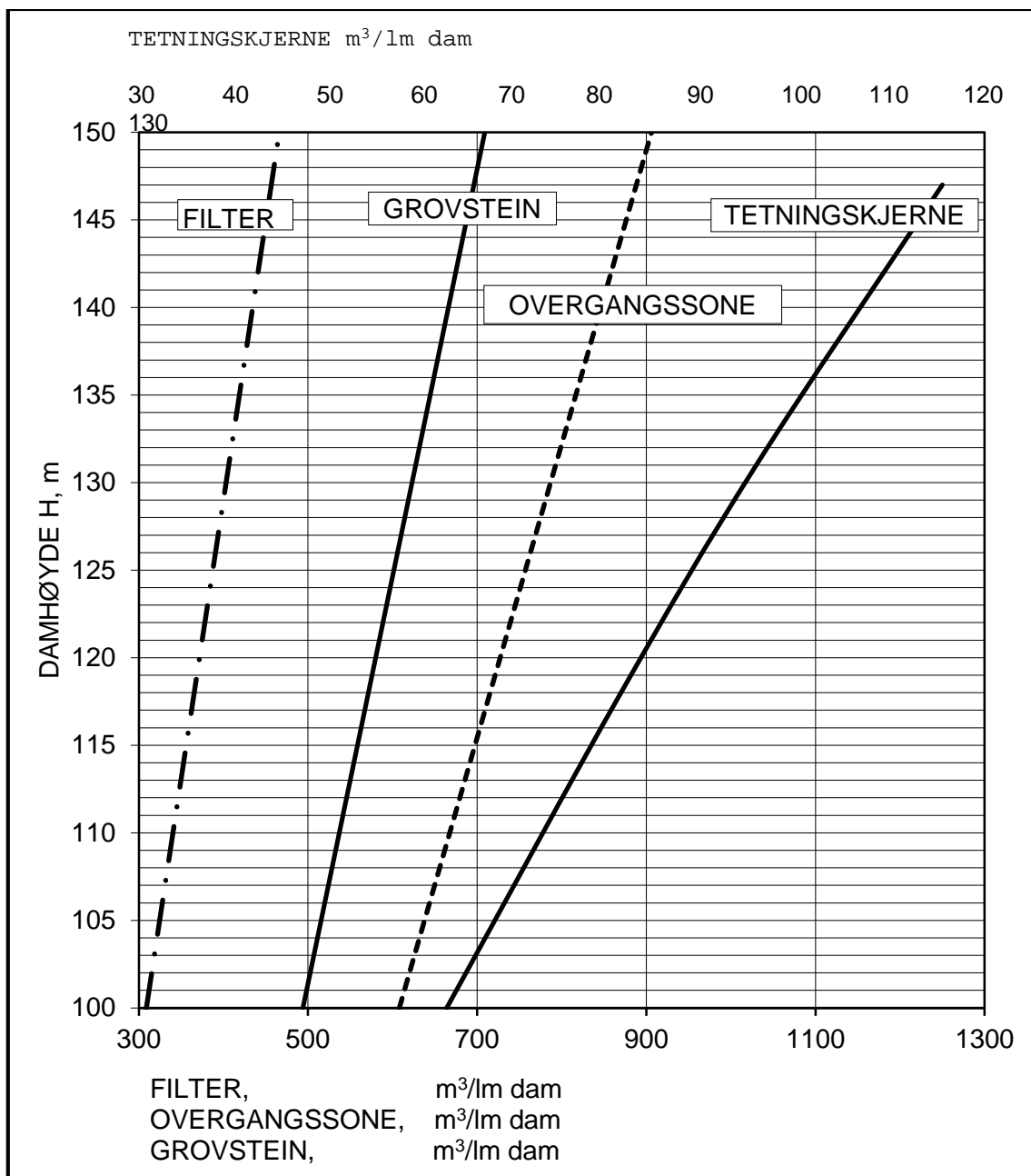
1. Damhøyde H regnes fra HRV.
2. Forutsatt damtverrsnitt, se Fig. 2.2.1 og 2.2.2.
3. Volum av overgangssone og støttefylling korrigeres etter Fig. 2.2.5.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

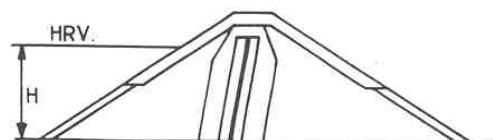
STEINFYLLINGSDAM M/
ASFALTBETONGKJERNE
MENGDEKURVER FOR TETNING,
FILTER, OVERGANGSSONE OG
GROVSTEINSONE

Fig 2.2.3 del 2
01.01.15



ANMERKNINGER:

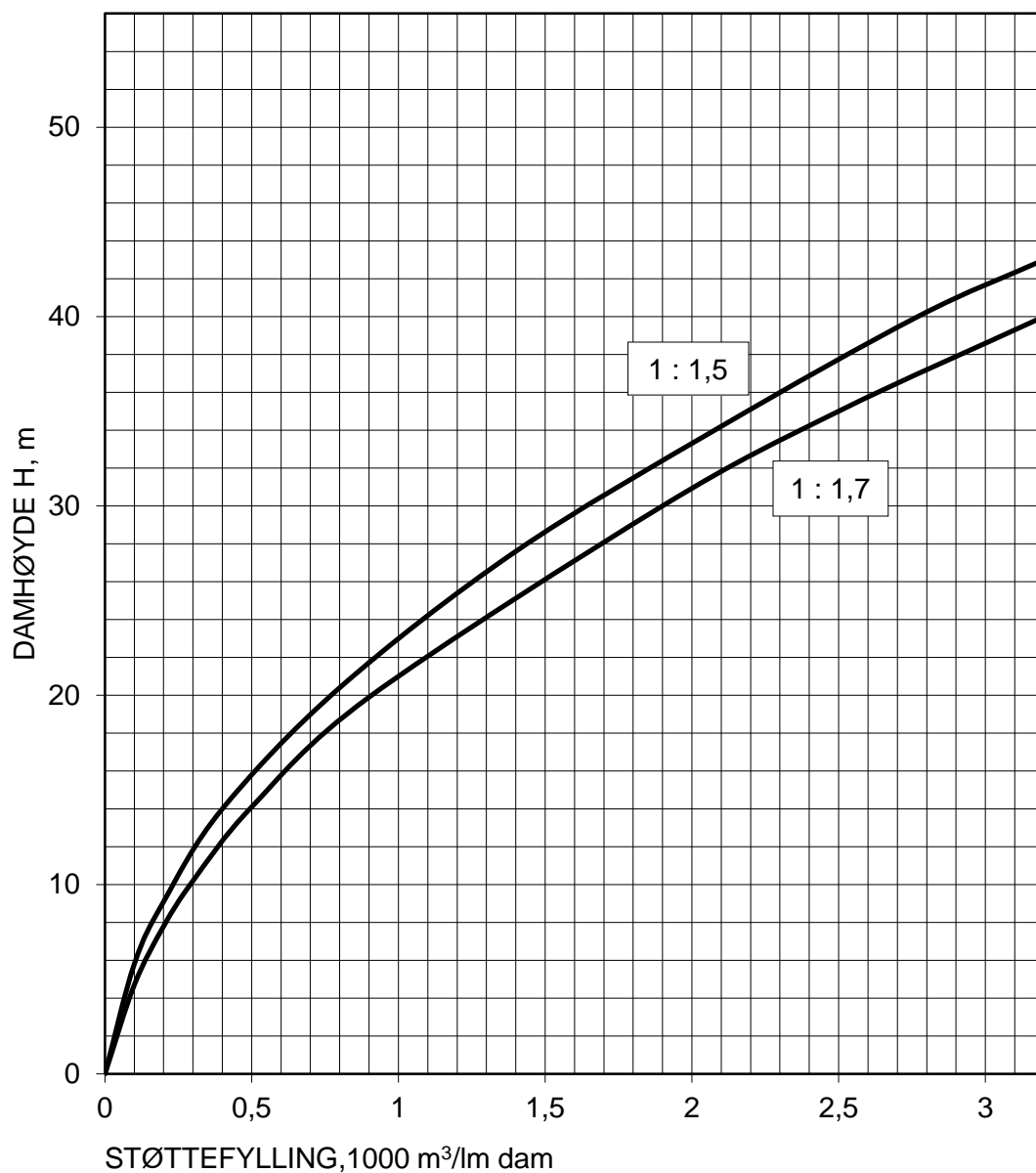
1. Damhøyde H regnes fra HRV.
2. Forutsatt amtverrsnitt, se Fig. 2.2.1 og 2.2.2.
3. Volum av overgangssone og støttefylling korrigeres etter Fig. 2.2.5.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

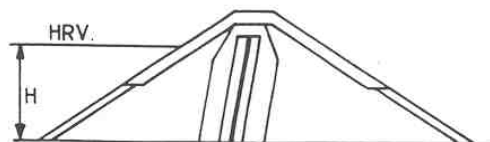
**STEINFYLLINGSDAM M/
ASFALTBETONGKJERNE
MENGDEKURVER FOR TETNING,
FILTER, OVERGANGSSONE OG
GROVSTEINSONE**

Fig 2.2.3 del 3
01.01.15



ANMERKNINGER:

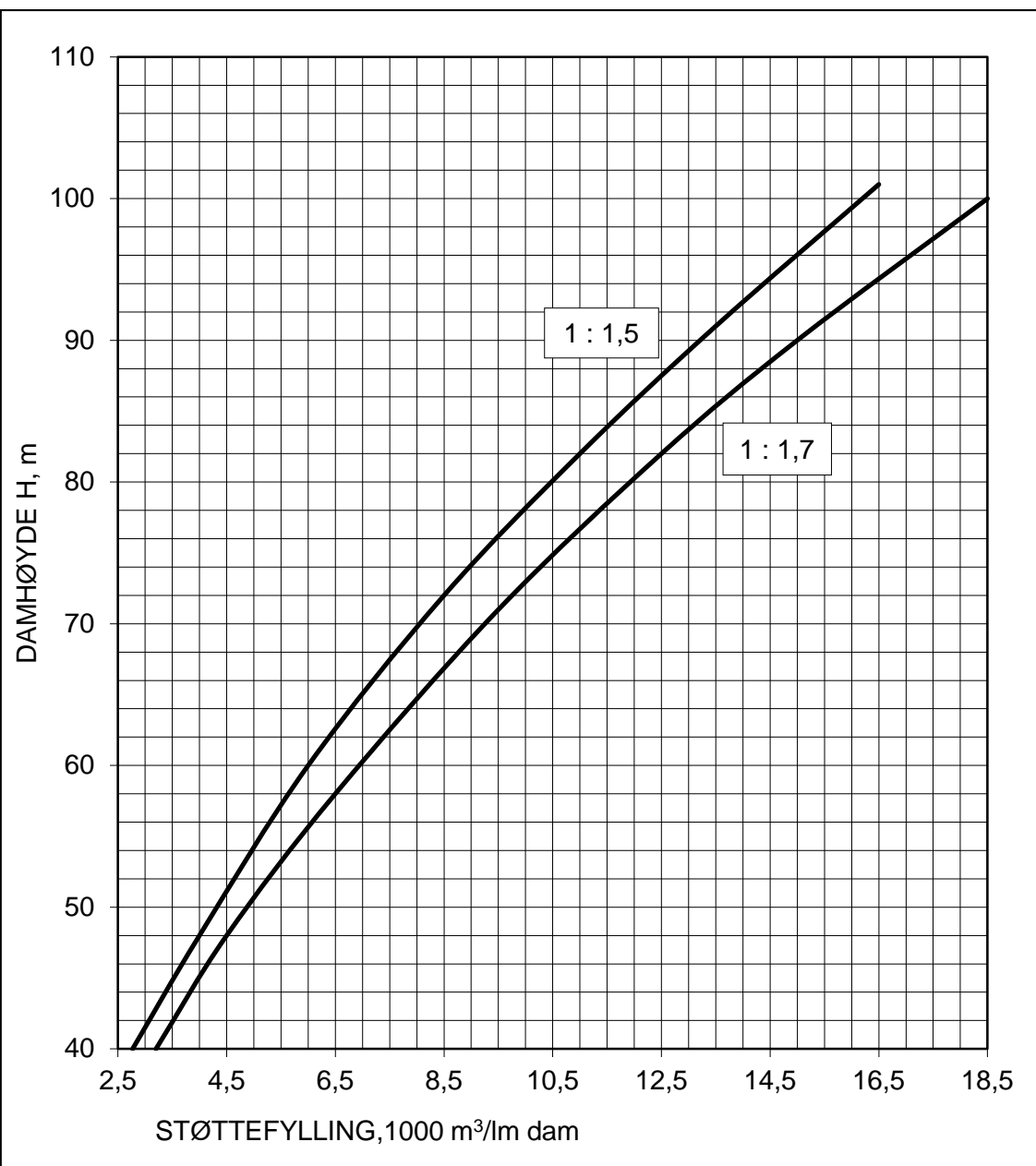
1. Damhøyde H regnes fra HRV.
2. Forutsatt damtverrsnitt, se Fig. 2.2.1 og 2.2.2.
3. Volum av støttefylling korrigeres etter Fig. 2.2.5.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

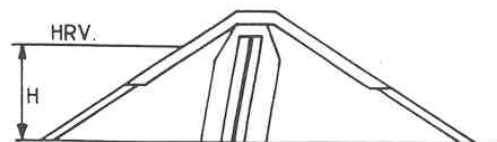
**STEINFYLLINGSDAM
M/ASFALTBETONGKJERNE
MENGDEKURVER FOR
STØTTEFYLLING**

Fig. 2.2.4 del 1
01.01.15



ANMERKNINGER:

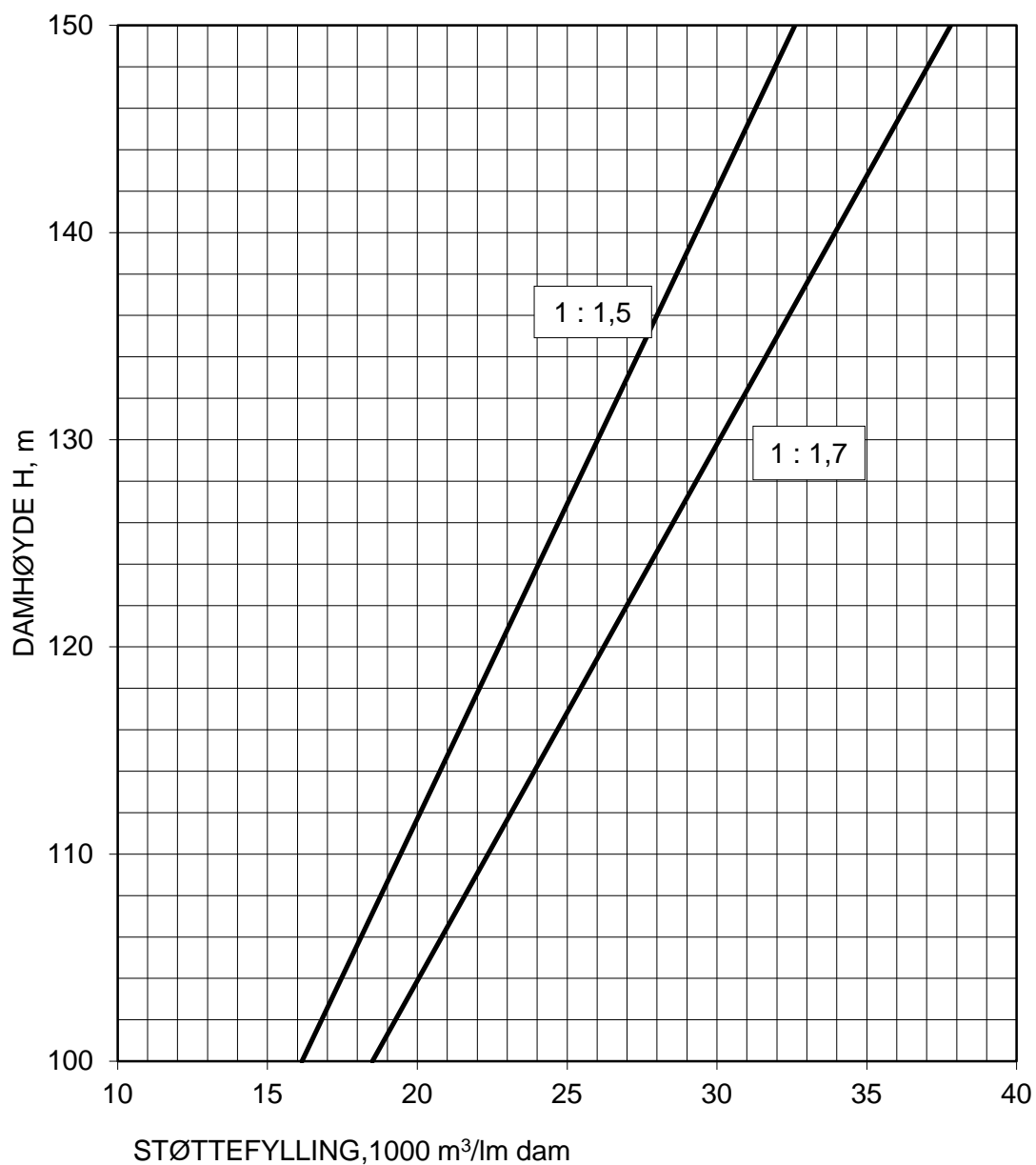
1. Damhøyde H regnes fra HRV.
2. Forutsatt damtverrsnitt, se Fig. 2.2.1 og 2.2.2.
3. Volum av støttefylling korrigeres etter Fig. 2.2.5.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

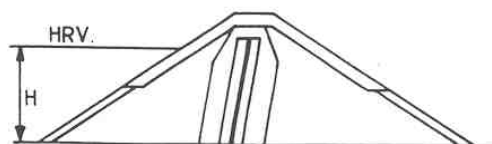
**STEINFYLLINGSDAM
M/ASFALTBETONGKJERNE
MENGDEKURVER FOR
STØTTEFYLLING**

Fig. 2.2.4 del 2
01.01.15



ANMERKNINGER:

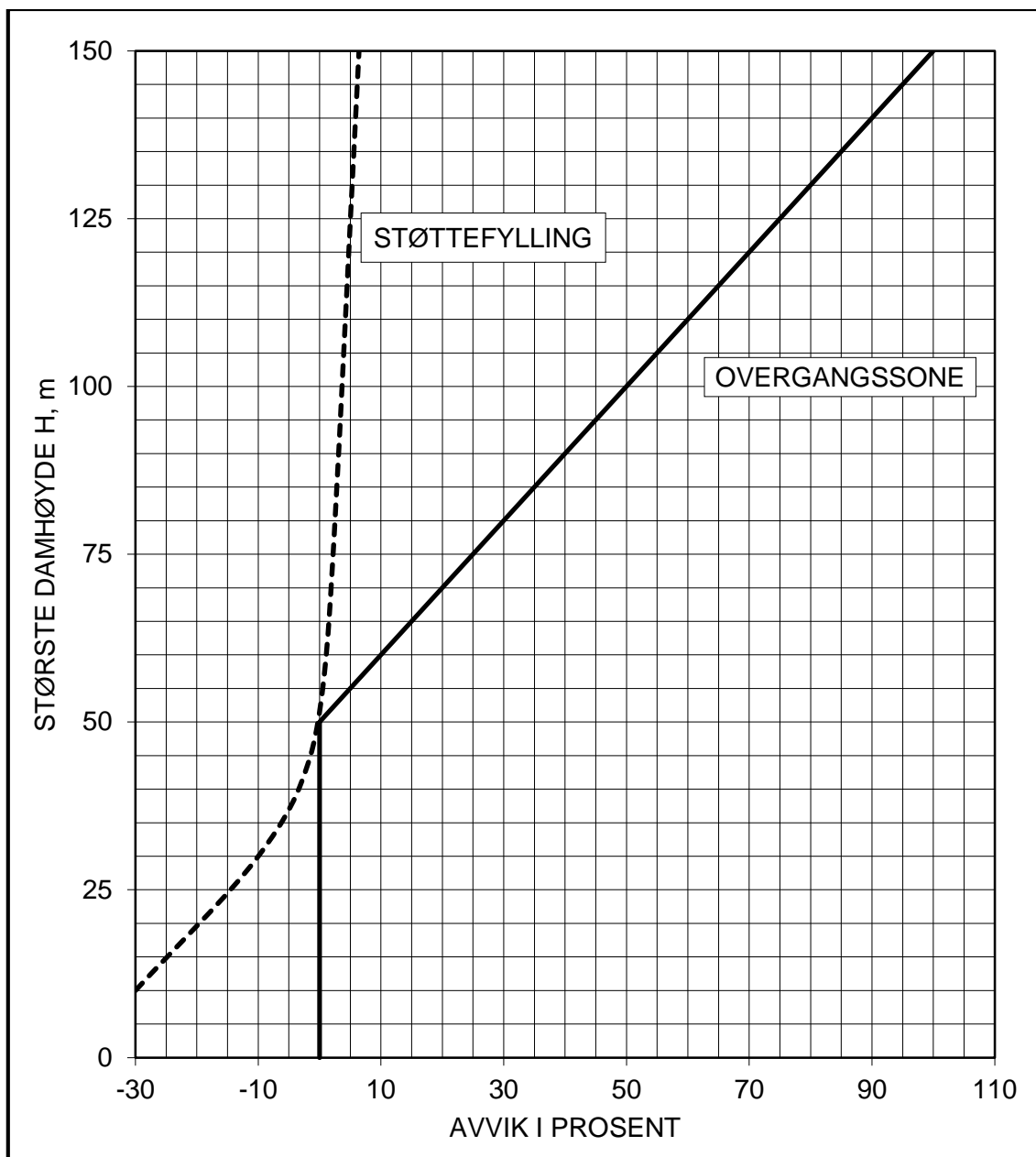
1. Damhøyde H regnes fra HRV.
2. Forutsatt damtverrsnitt, se Fig. 2.2.1 og 2.2.2.
3. Volum av støttefylling korrigeres etter Fig. 2.2.5.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

**STEINFYLLINGSDAM
M/ASFALTBETONGKJERNE
MENGDEKURVER FOR
STØTTEFYLLING**

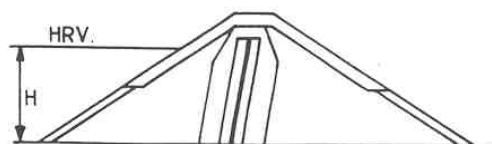
Fig. 2.2.4 del 3
01.01.15



ANMERKNINGER:

1. Figuren angir korreksjonsfaktor for totalt volum av overgangssone og støttefylling som funksjon av største damhøyde.

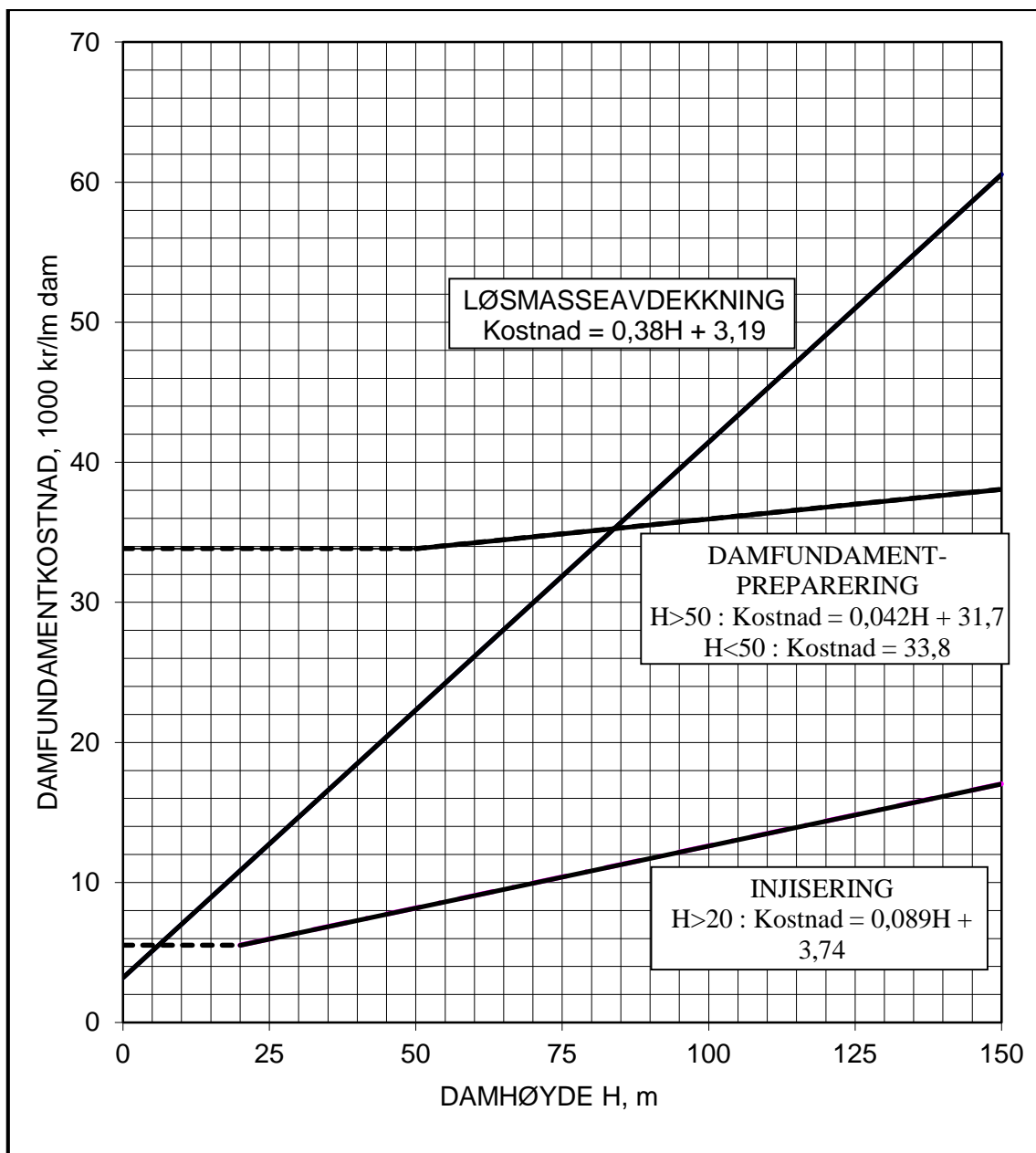
2. Jf. kap. 2.2.1.1.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

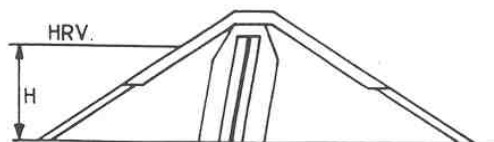
**STEINFYLLINGSDAM M/
ASFALTBETONGKJERNE STØTTE-
FYLLING OG OVERGANGSSONE
KORREKSJONSFAKTOR FOR
VOLUM**

Fig. 2.2.5
01.01.15



ANMERKNINGER:

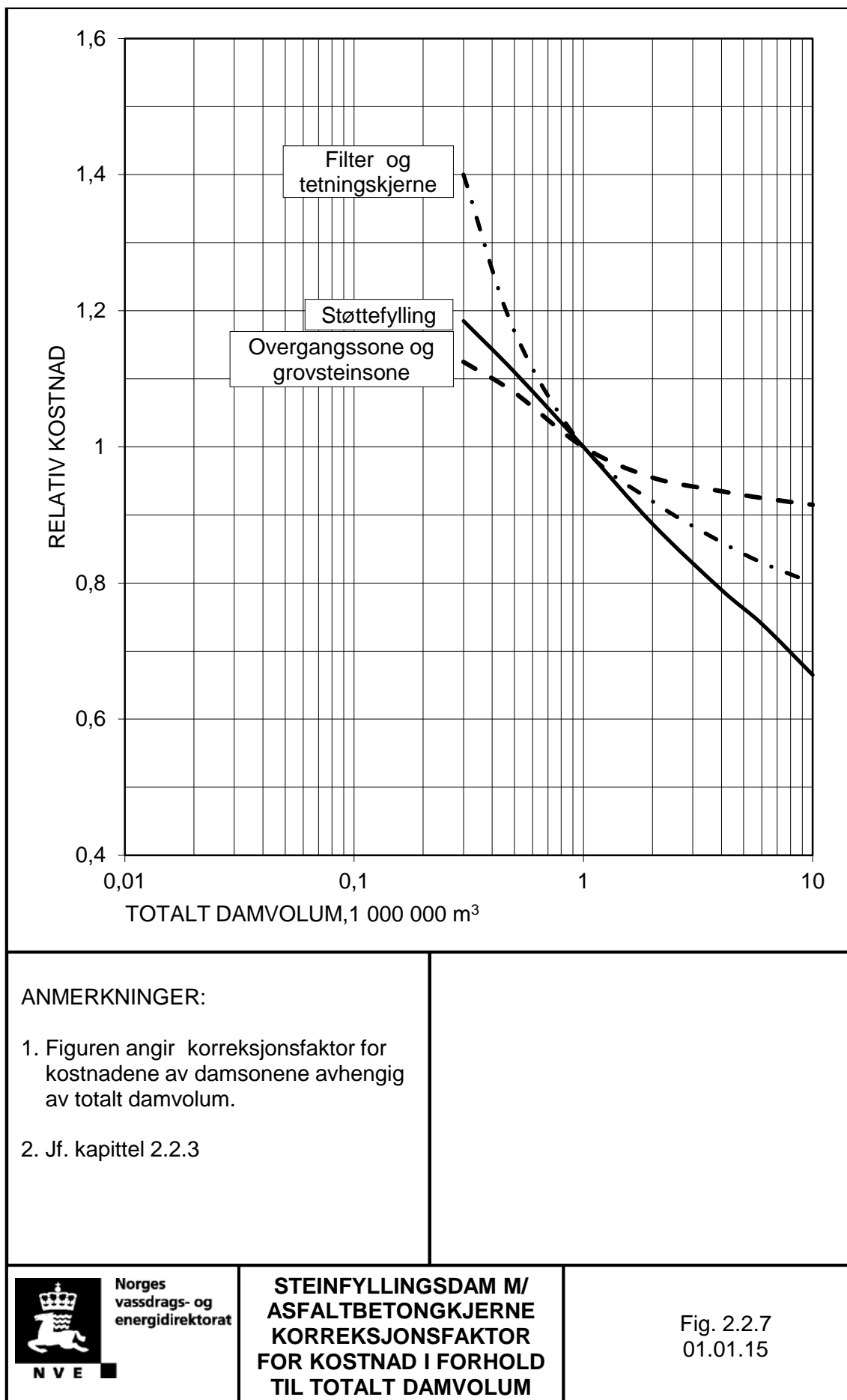
1. Prisnivå januar 2015
2. Kostnad for løsmasseavdekkning er angitt for løsmassedybde 2 m.
3. Kostnadene er angitt for damtverrsnitt gitt på Fig. 2.2.1.
4. Damhøyde H regnes fra HRV.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

**STEINFYLLINGS-
M/ASFALTBETONGKJERNE
DAMFUNDAMENTKOSTNAD**

Fig. 2.2.6
01.01.15



2.4 Betongdammer

2.4.1 Generelt

2.4.1.1 Vurderinger

Flere typer betongdammer kan være aktuelle. De forskjellige damtypenes aktualitetsområder overlapper hverandre.

De forskjellige damtypene overlapper hverandre kostnadmessig. For enkle damsteder med dammer av moderat høyde er det derfor ikke av avgjørende betydning for kostnadene at endelig damtype fastlegges når prosjektmuligheter undersøkes. Det er her utarbeidet kurver for følgende fire damtyper: Gravitasjonsdammer, platedammer og buedammer i normalbetong, samt RCC (Roller Compacted Concrete). Lukedammer kan også være aktuelle, men slike dammer egner seg dårlig for skjematiskerte omkostningsberegninger og bør kalkuleres separat i det enkelte tilfelle. RCC dammer er et spesialtilfelle av gravitasjonsdam i betong, og kan være aktuelt for større dammer og konkurrerer da prismessig også med steinfyllingsdammer.

I en sammenligning mellom fyllingsdam og betongdam bemerkes det at flomløp ikke koster noe for betongdammer om flomvannet kan avledes i fast overløp over dammen. Videre bemerkes det at betongdammer som regel gir betydelig rimeligere omløp i byggetiden enn steinfyllingsdammer, da det ikke kreves omløpstunnel forbi damstedet. Elven kan legges i en betongkulvert som senere inngår i betongdammen, eventuelt ledes gjennom bunnluke i dammen ved bruk av fangdammer. Endelig bemerkes at betongdammene oftest gir de billigste anleggsveiene.

Av disse grunner vil en betongdam i noen tilfeller bli rimeligere enn en fyllingsdam for damhøyder opp til 18-20 m. Dette forhold forsterkes ytterligere dersom dammen klassifiseres som viktig i forsvars- eller sikkerhetsmessig sammenheng.

2.4.1.2 Hovedforutsetninger

- Prisnivå januar 2015.
- Ved utarbeiding av kurver for RCC dammer ble det i 1995 benyttet priser fra internasjonale anbud og opplysninger fra norske entreprenører. Etter dette har en kun oppdatert enhetsprisene som ligger til grunn for kurvene. Da lite slikt arbeid er utført i Norge de seneste årene, anbefales det å verifisere kostnadsestimat mot lignende RCC dam-prosjekt i utlandet.
- Kurver og enhetspriser gir påregnelige entreprenørutgifter (bygningstekniske arbeider) ekskl. merverdiavgift/investeringsavgift, med unntak som nedenfor spesifisert. For RCC dammer gjelder kurvene for de angitte totale damvolumer. Ved volum under 30 000 m³ er trolig ikke RCC dam konkurransedyktig.
- Forutsetninger vedrørende stedlige forhold fremgår av prinsippskissene av tverrsnittene som vist på kurvene, samt tekst andre steder i pris-/omkostningsmaterialet.
- Hovedplan for damanlegget utarbeides slik at grunnlaget foreligger for omkostningsberegning av anleggsveier, bunnløp/omløp og flomtap.

- Damhøyde er for alle betongdammer definert lik høyden fra HRV og ned til gjennomsnittlig høyde på damfundamentet. Dette gir aktuell damhøyde for seksjoner i overløpspartiet for dammer med fritt overløp. Normalt vil damtverrsnittet i overløpsseksjoner og ikke-overløpsseksjoner være identiske. Det vil for ikke-overløpsseksjoner kun være gjort en påbygning på damkronen med bredde som gang-/veibane eller som en brystning. Kostnader som avlest på kurvene vil da med den nøyaktighet det normalt er mulig å oppnå bli tilnærmet like enten det dreier seg om en overløpsseksjon eller en ikke-overløpsseksjon. Ved store flomstigninger bør man legge til flomstigning ut over 0,5-1 m på damhøyden for både overløps- og ikke-overløpsseksjoner.

2.4.1.3 Medtatte/ ikke medtatte omkostninger

Det vises til kapitlene 2.1.3 og 2.1.4. Spesielt gjelder:

Medtatte omkostninger:

- Kun kostnader til bygging av selve betongdamkroppen og damfundamentarbeider inkl. 2 m avdekking er inkludert i kostnadskurvene.
- Det er regnet med 150 km transportlengde for sement.
- Damfundamentarbeidene er medtatt i kostnadene i figurene 2.3.1, 2.3.3 2.3.5, 2.3.6 og 2.3.7. Kostnadene vedrørende løsmasseavdekking. Beliggenhet av fremtidig ferdig preparert løsmasseavdekking og beliggenhet av fremtidig ferdig preparert damfundament bør fastlegges ved en vurdering av de stedlige forhold. Selv ved de gunstigste forhold anbefaler vi at en medtar kostnader tilsvarende 1 m avdekking og at ferdig preparert damfundament antas 1 m under terreng.
- I totalkostnadene gitt i figurene er det normalt medtatt kostnader for 2 m avdekking.

Ikke medtatte omkostninger:

- Bunnløp/omløp/fangdammer:
Kostnader til bunnløp, omløp og fangdammer er ikke inkludert i kostnadstallene. Disse kostnadene må kalkuleres separat.
- Flomløp og eventuelle nødtappeanordninger:
Ved overløp direkte på dammen er alle kostnadene medtatt
Ved andre flomløpsarrangementer må kostnader for disse kalkuleres separat:
- Kostnader knyttet til eventuell bro langs damkronen er ikke medtatt
- Kostnader for instrumentering er ikke medtatt
- Luker, rister, varegrinder:
Kostnader er ikke medtatt. For lukekostnader, se kapittel 4.4.

2.4.1.4 Bruk av omkostningskurvene

Påregnelige entreprenøromkostninger pr. 1 m dam for gravitasjonsdammer og platedammer i betong kan avleses direkte på henholdsvis Figur 2.3.1 og Figur 2.3.3. Basert på lengdeprofil i damaksen av antatt ferdig preparert damfundament deles dammen inn i passende seksjoner. Omkostningene for hver seksjon kan da beregnes.

For buedammer beregnes dammens areal som multipliseres med en kostnad pr m² gitt av kurven. Dammens form, forholdet mellom bredde i topp og bunn av dammen, og dammens høyde i forhold til bredde bestemmer betongvolumet og dermed prisen pr. m².

Sum omkostninger for hver seksjon gir påregnelige entreprenørutgifter for dammen. Omkostninger som ikke er inkludert i kurven beregnes/anslås for seg og legges til omkostningene funnet ved hjelp av kurvene.

2.4.1.5 Kostnadsbærere

Kostnadskurven i figurene er basert på følgende hovedkostnadsbærere.

- Løsmasseavdekking, markrydding og masseflytting: 70 kr/m³
- Fundamentpreparering: 800 kr/m²
- Fundamentpreparering, buedam inkl. betongfot: 2900 kr/m³
- Forskaling: 1300 kr/m²
- Forskaling, buedam systemforskaling av lemmer: 1400 kr/m²
- Forskaling, buedam krum bordforskaling: 1600 kr/m²
- Forming av RCC dammens ytterflater: 1100 kr/m²
- Armering: 19 000 kr/tonn
- Betong: 2400 kr/m³
- Betong til RCC dam:
 - Tilslag: fremstilling transport, lagring, blanding utlegging og komprimering i dammen, (avhenging av dammens totale volum) 200 – 650 kr/m³
 - innkjøp av sement 800 kr/m³
 - innkjøp av pozzolan 450 kr/m³
- Diverse og uforutsett: 10 %

Prisene er gitt med normalt variasjonsområde.

2.4.1.6 Usikkerhet i kostnadsberegningen

Usikkerhet i beregningen av kostnadene anslås til $\pm 25 \%$.

2.4.2 Betong gravitasjonsdam

Entreprenørutgifter knyttet til bygging av gravitasjonsdammer i betong er vist på figur 2.3.1. Mengdekurver for de sentrale kostnadsbærere er vist på Figur 2.3.2. For å redusere riss som har sin opprinnelse i tidlig herdefase vil valg av betongkvalitet være avgjørende. Betongen må være bestandig og kvaliteten velges ut i fra gjeldende standarder for dimensjonering og utførelse av betongkonstruksjoner (NS 3473/Eurocode 2 og NS3465). Seksjonering av gravitasjonsdammer vil også være avgjørende for grad av opprissing. I det senere er seksjonene blitt mindre, og en seksjonsbredde på ca. 6 meter er i dag anbefalt. Eventuelle andre tiltak for å begrense risssdannelse, f.eks. kjølerør i damkroppen, er ikke medtatt i kostnadsberegningene.

2.4.3 Betong platedam

Entreprenørutgifter knyttet til bygging av platedammer i betong er vist på Figur 2.3.3. Mengdekurver for de sentrale kostnadsbærerne er vist på Figur 2.3.4. En platedam av betong vil tilpasses mot vederlagene ved en overgang bestående av en betong gravitasjonsdam. Kostnadene for dette finner man ved å benytte kostnadskurven for betong gravitasjonsdammer. I kostnadstallene som her er presentert er det forutsatt en pilaravstand på 6 meter, mens det i praksis er blitt benyttet avstander mellom 4,5 og 6,5 meter. Utforming av pilarer og seksjonering ved hjelp av pilaravstand er primært bestemt av det statiske systemet man velger å dimensjonere frontplaten etter. Mellom pilarene er det også forutsatt konstruert en isolasjonsvegg. Eventuelle andre tiltak for å unngå isdannelse er ikke medtatt i kostnadskurven på Figur 2.3.3.

Betongdammer skal i henhold til Prosjektering av betongkonstruksjoner og NS 3465 dimensjoneres etter gitte bestandighetsklasser og eksponeringsklasser. Dette har særlig innflytelse på krav til betong som benyttes.

2.4.4 Betong buedam

Smale damsteder vil kunne egne seg for en buedam. En buedam i betong kjennetegnes ved lite massevolum i forhold til høyden og er derfor svært gunstig ved smale og trange damsteder.

I kostnadskurven for buedam er minste tykkelsen satt til 0,6 . Dammen er uisolert og fungerer som flomløp. Det er ikke medregnet andre tilstøtende kostnader som for tappeluken, gangbane, større vederlag etc.

Bortrensket fjell i damfot erstattes med betong. Da det for buedammer er store variasjonsområder både med hensyn til damsted og utforming generelt som f.eks. hvelvtype, krumningsradius og slankhet, er det vanskelig å lage enkle kurver der dammene kommer opp i en viss størrelse. For større dammer, med høyde over 15 m, anbefales derfor at man foretar en egen dimensjonering.

2.4.5 Labyrintoverløp

For damsteder der plassen er begrenset vil et labyrintoverløp være aktuelt. Et labyrintoverløp vil kreve betydelig kortere total bredde enn et ordinært terskeltverrsnitt, type gravitasjonsdam. Labyrintoverløpets utforming er gitt ved overløpets åpningsvinkel, terskellengde og total bredde. På Figur 2.3.5 er kostnaden gitt pr. løpemeter terskel mot overløpshøyde. I kostnadene er det antatt at fundamentet for overløpsterskelen har en tykkelse på minimum 0,5 m og at fundamentarealet er ca. 50 % av totalt areal, definert som overløpets ytre begrensninger. Fundamentet vil gi overløpet tilfredsstillende stabilitet mot velting og glidning.

2.4.6 Dam av valsebetong (RCC)

2.4.6.1 Generelt

Valsebetong, eller *Roller Compacted Concrete* (RCC), har i utlandet fått økt innpass i markedet for gravitasjonsdammer i betong og fyllingsdammer. Utviklingen av damtypen fra ca. 1980 har ført til at valsebetongdammen er en fullt akseptert damkonstruksjon. Man skiller i hovedsak mellom to metoder, en svært mager betong i damkroppen med oppstrøms tettemembran eller bruk av fetere betong slik at hele damkroppen fungerer som tettemedium.

Valsebetongen karakteriseres av et lavt til normalt sementinnhold (35 – 200 kg/m³). Betongens vanninnhold (80 - 130 l/m³) tilpasses slik at den ferske betongen får en fast konsistens som sikrer at den kan transporteres og kjøres på av tungt anleggsutstyr. Betongen legges ut i horisontale lag opp til 30 cm og komprimeres. Tilslagsmateriale av forskjellig type og korngradering benyttes. Det finnes mange variasjoner av damtypen med ulike egenskaper.

Dammens vannside er tilnærmet vertikal, mens nedstrøms side har en helning på 1,0:0,7 – 1,0:0,9 og utformes oftest som trappetrinn. Avslutningen utføres vanligvis med sementanrikt RCC, konstruksjonsbetong mot forskaling, betongelementer eller paneler. Nedstrøms kan dammen også avsluttes som ubehandlet skråning. Andre deler av dammen som flomløp, damkrone og inspeksjonsgallerier bygges ofte i armert betong.

Dammene vil i dag konstrueres i henhold til gjeldende krav om stabilitet, vanntetthet, temperatur og rissutvikling, betongproporsjonering, støpeskjøter og tilgjengelig anleggsutstyr.

- Betongkvalitet B25 - B35, antatt sammensetning:
- v/c forhold = 0,45 (vann/semment og pozzolan)
 - semment: 150 kg/m³ betong
 - pozzolan: 80 kg/m³ betong

2.4.6.2 Valsebetongdammer i norsk klima

Forutsetningene for kostnadene gitt nedenunder er at det produseres en betong av god kvalitet for hele damkroppen. Denne betongen vil være motstandsdyktig mot de fleste miljøpåvirkninger og laster. Frostbestandighet vil normalt sikres med frostsikker betong med egnet luftporevolum.

Utlekking av valsebetong er betinget av at den ferske betongen ikke fryser det første døgnet etter utlegging. Dette begrenser byggetiden til noen få måneder hvert år de fleste steder i Norge.

Sterkt regnvær vil umuliggjøre utlegging, men en nedbørintensitet på 2 til 4 mm/time vil normalt ikke være et problem. Unntaksvis er større intensiteter blitt tillatt på eksisterende dammer.

2.4.7 Økt høyde på eksisterende dammer

2.4.7.1 Generelt

Det kan vanskelig gis generelle retningslinjer for kostnadene ved å øke høyden på en eksisterende betongdam. Forhøyelsen må tilpasses den eksisterende damtypen, og behovet for forsterkning av eksisterende konstruksjoner vil variere fra dam til dam. Det anbefales derfor at dammene planlegges og kalkuleres separat i det enkelte tilfelle.

2.4.7.2 Betong gravitasjonsdam

Betong gravitasjonsdam er nok den damtypen som enklest kan forhøyes. Det må etableres samvirke mellom eksisterende og ny betong, og dammen kan forhøyes uten at det går ut over magasinutnyttelsen. Se Figur 2.3.8.

For et overslag over kostnadene kan kostnadskurven Figur 2.3.1.benyttles, ved at kostnader for dam med "gammel" høyde trekkes fra kostnader for dam med "ny" høyde.

Sannsynligvis vil utforming av eksisterende dam avvike nokså mye fra det som ligger til grunn for kostnadskurven. Det anbefales derfor at kostnadene regnes ved at dammen masseberegnes, og at det så benyttes enhetspriser som gitt i kapittel 2.4.1.5. Det må i tillegg tas med kostnader med å klargjøre dammen for påbygging. Kostnadene må omfatte riving av brystning og rekkverk, etablering av samvirke og behandling av gammel betongoverflate. For overslagsberegning kan kostnadene settes til 2700 kr/lm + 350 kr/m² betongoverflate som skal prepareres (kontaktflaten mot ny betong).

2.4.7.3 Betong platedam

En betong platedam er generelt ikke godt egnet for forhøyelse, og det må kontrolleres i hvert enkelt tilfelle om dammen tåler de økte belastningene.

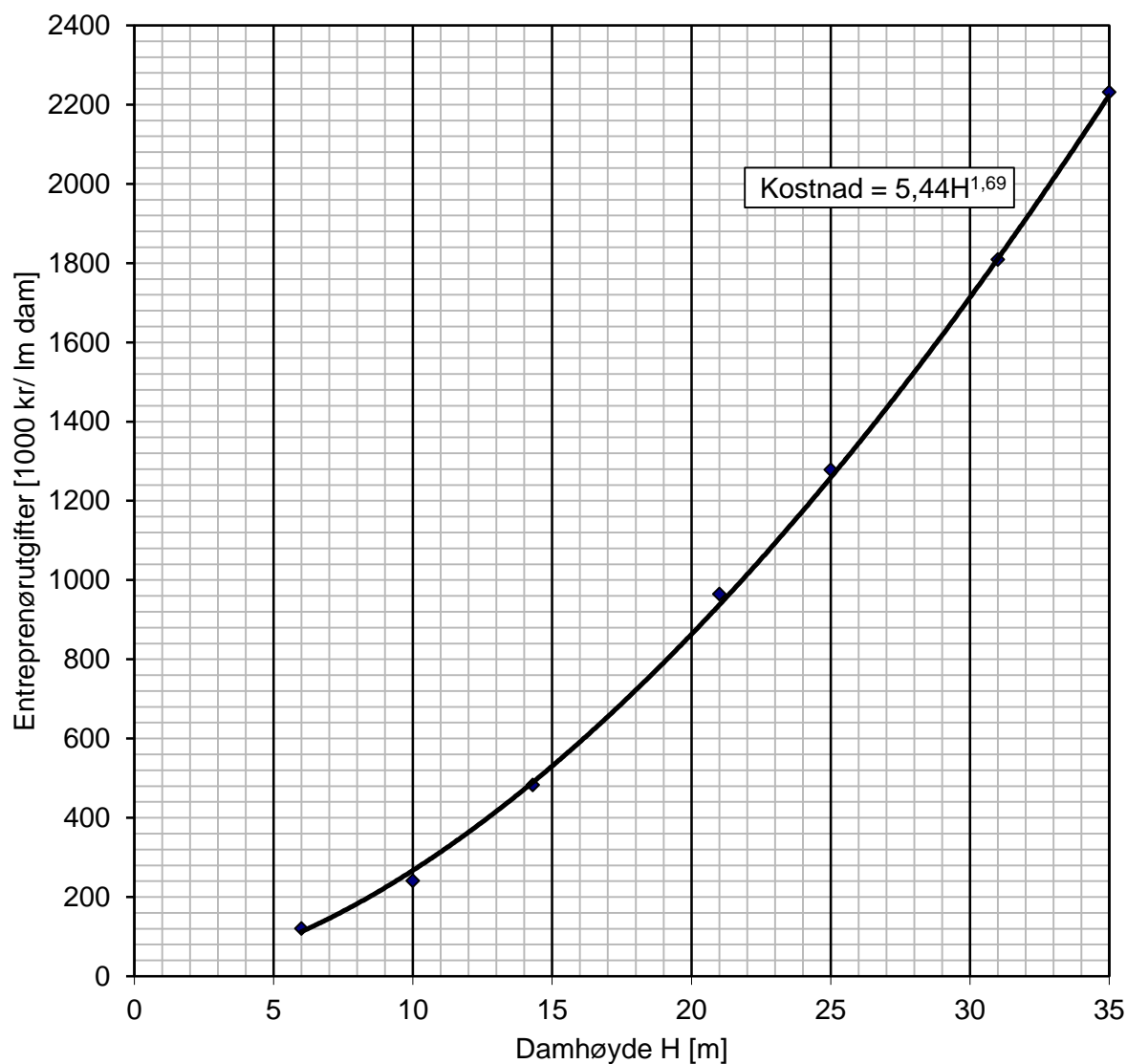
Utførelsen må planlegges og kostnadsregnes separat i det enkelte tilfelle.

2.4.7.4 Betong buedam

En buedam er generelt ikke godt egnet for forhøyelse, og utførelsen må planlegges og kostnadsregnes separat i det enkelte tilfelle.

2.4.7.5 Øvrige damtyper

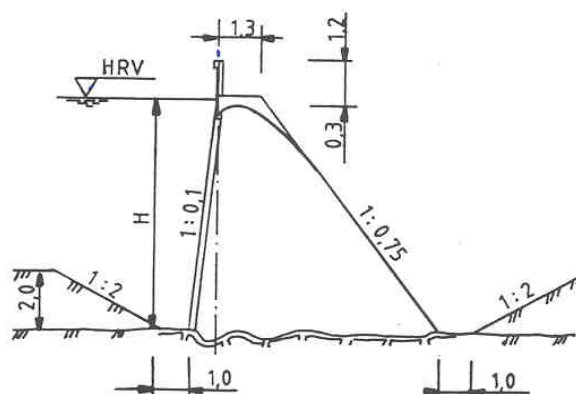
Utførelsen må planlegges og kostnadsregnes separat i det enkelte tilfelle.



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2015. For lavere dammer, se kostnadsgrunnlag for små vannkraftanlegg
2. Kostnadskurven omfatter alle entreprenørutgifter for de bygningsmessige arbeider for damlegeme og damfundament.
3. Det er medtatt kostnader for fjerning av 2 meter løsmasse over fjell.
4. Utgifter til bunnløp, forberedning av vann i byggetiden, flomløp og bygningselementer knyttet til beredskapskrav (f.eks. sprengbart felt) er ikke medtatt.

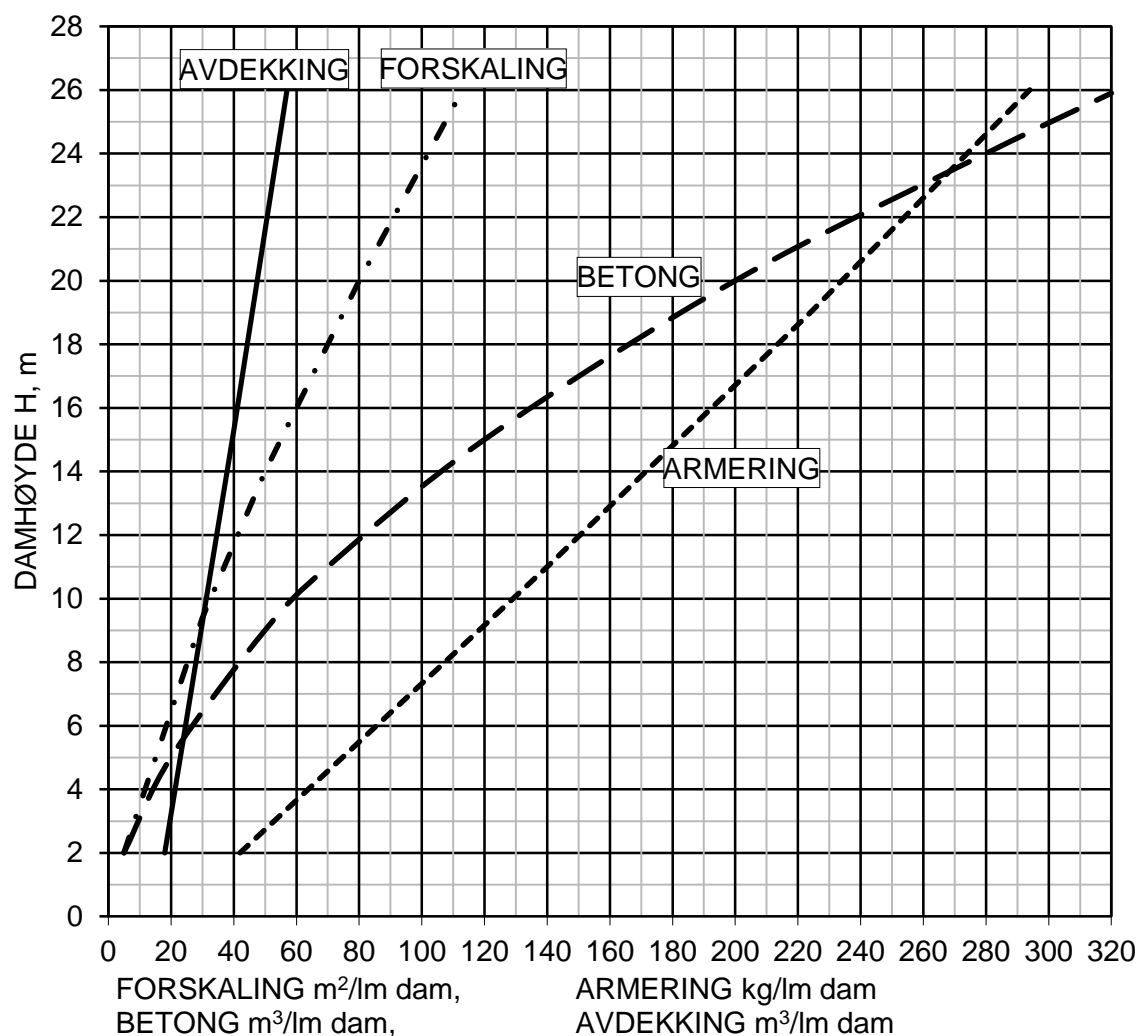
5. Damhøyde H regnes fra HRV.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

**GRAVITASJONSDAM
ENTREPRENØRUTGIFTER FOR
STORE DAMMER, H = 6 - 35 m**

Fig 2.3.1
01.01.15



ANMERKNINGER:

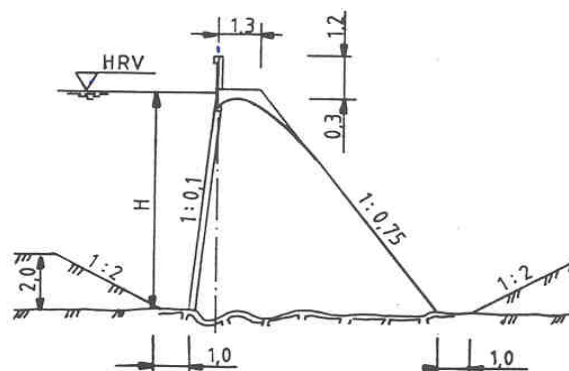
Mengder er gitt pr. 1m dam.
Seksjonslengde er forutsatt lik 6,1 m.
Armering K 400 TS c 300 på vannside.

Tillegg for brystning:

Forskaling 2,55 m^2/lm dam
Armering 20 kg/lm dam
Betong 0,273 m^3/lm dam

Tillegg for flomoverløp

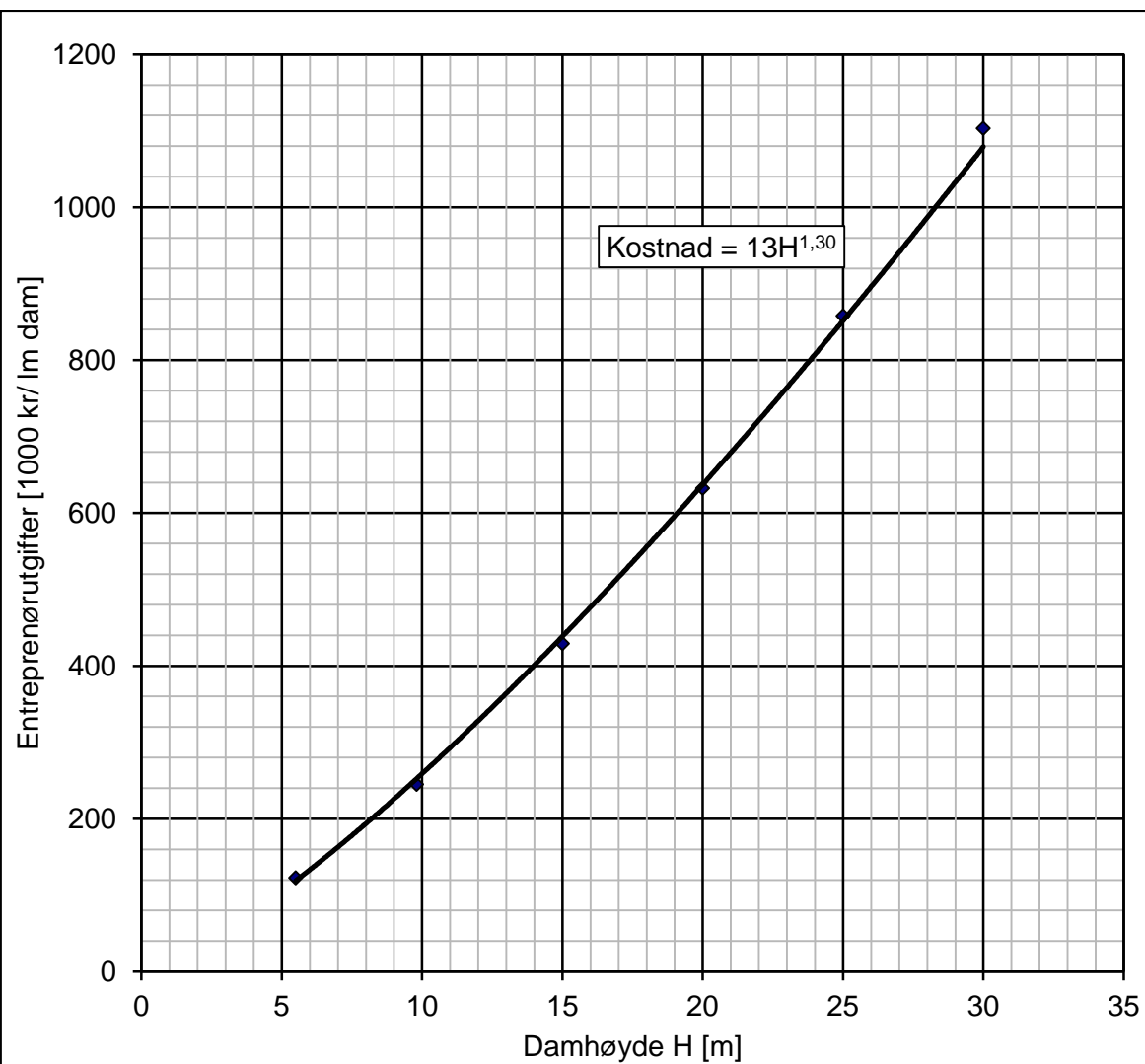
Intet tillegg inntil
overløpshøyden større enn 1,5 m.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

GRAVITASJONSDAM (BETONG) MENGDEKURVER

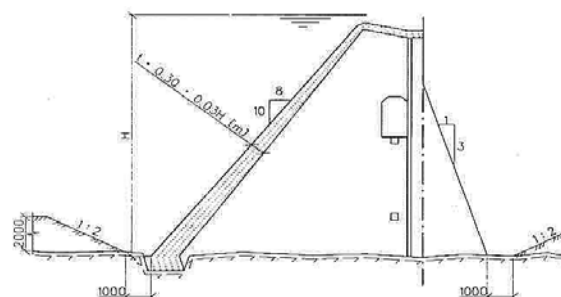
Fig 2.3.2
01.01.15



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2015.
2. Kostnadskurven omfatter alle entreprenørutgifter for de bygningsmessige arbeider for damlegeme og damfundament.
3. Det er medtatt kostnader for fjerning av 2 meter løsmasse over fjell.
4. Utgifter til bunnløp og forberedning av vann i byggetiden er ikke medtatt.

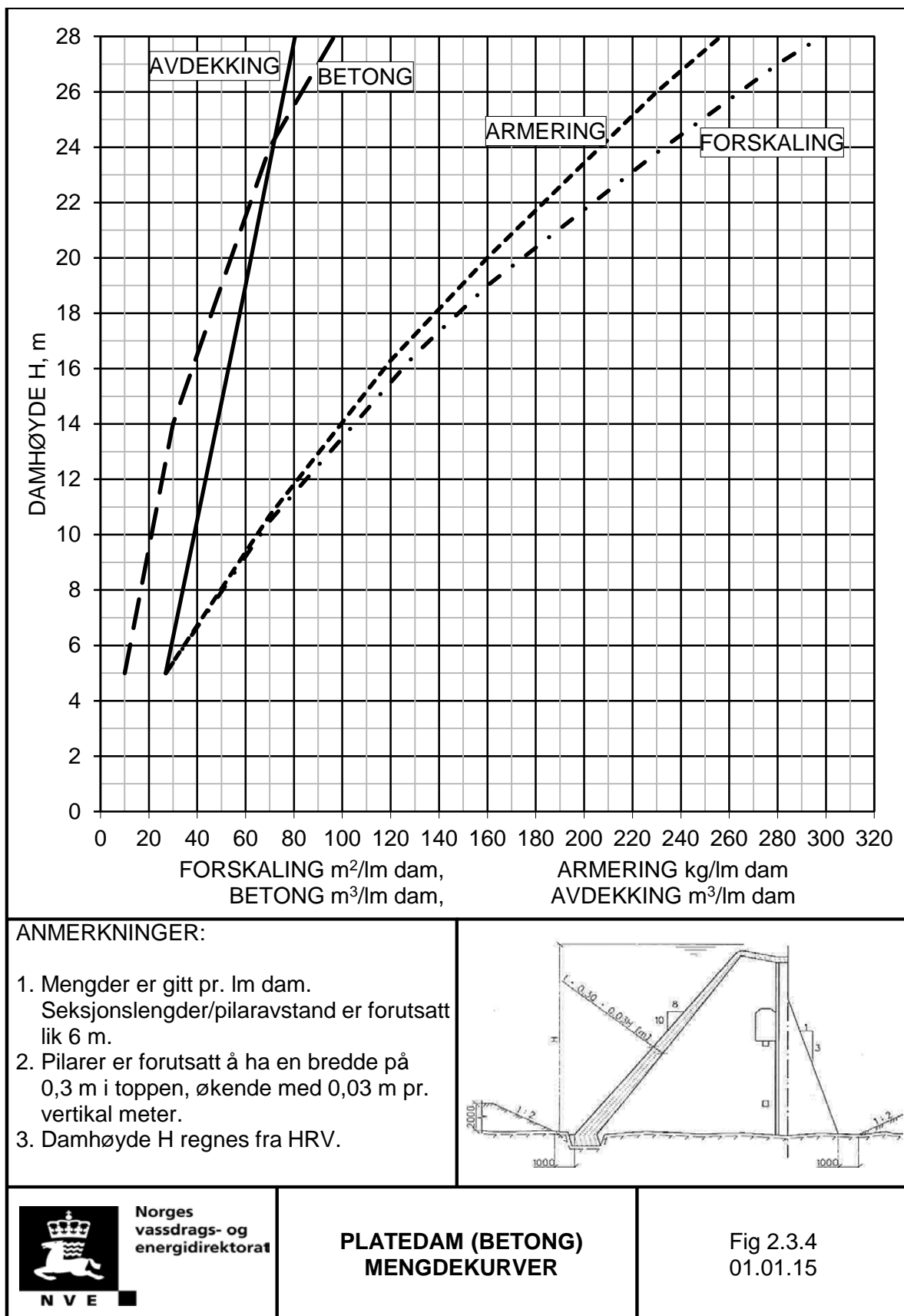
5. Damhøyde H regnes fra HRV.

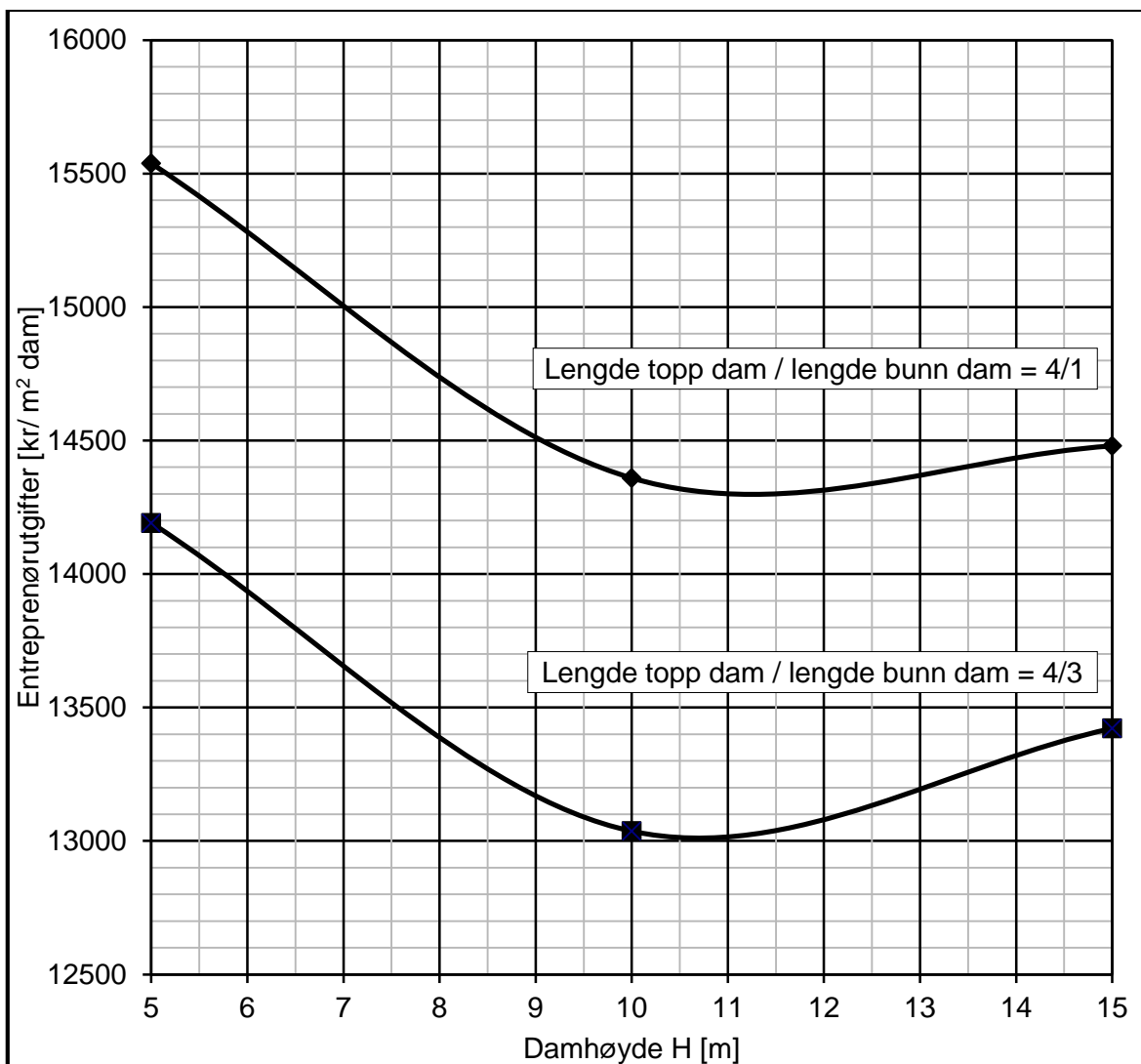


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

PLATEDAM BETONG ENTREPRENØRUTGIFTER

Fig 2.3.3
01.01.15





ANMERKNINGER:

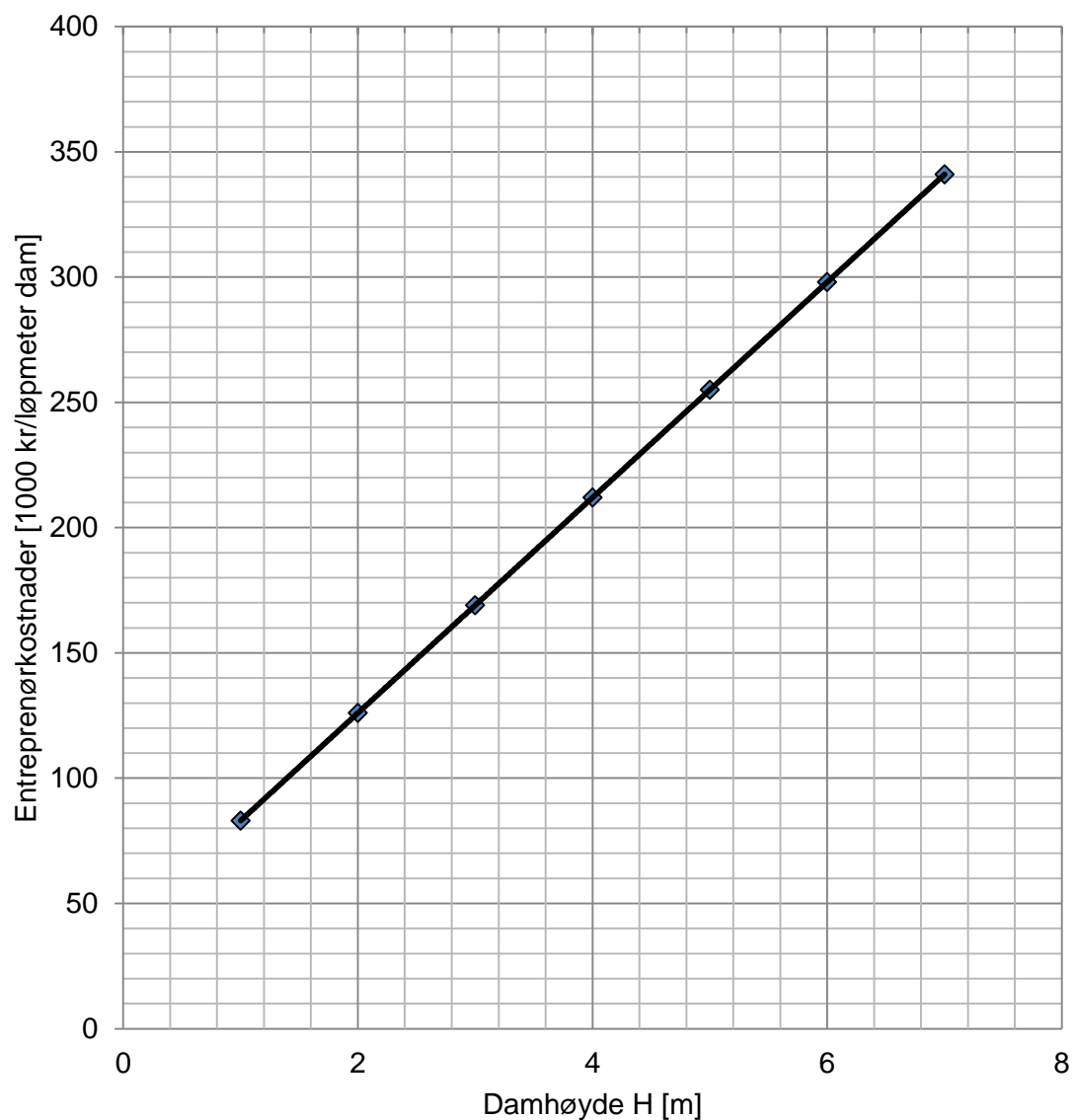
1. Prisnivå januar 2015.
2. Kostnadskurven omfatter alle entreprenørutgifter for de bygningsmessige arbeider for damlegeme og damfundament.
3. Minste tykkelse 60 cm. Tykkelsen økes med avstand fra krone.
4. Området mellom kurvene dekker de fleste aktuelle damtverrsnitt.
5. Damhøyde H regnes fra HRV



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

BETONG-BUEDAM ENTREPRENØRUTGIFTER

Fig 2.3.5
01.01.15



ANMERKNINGER:

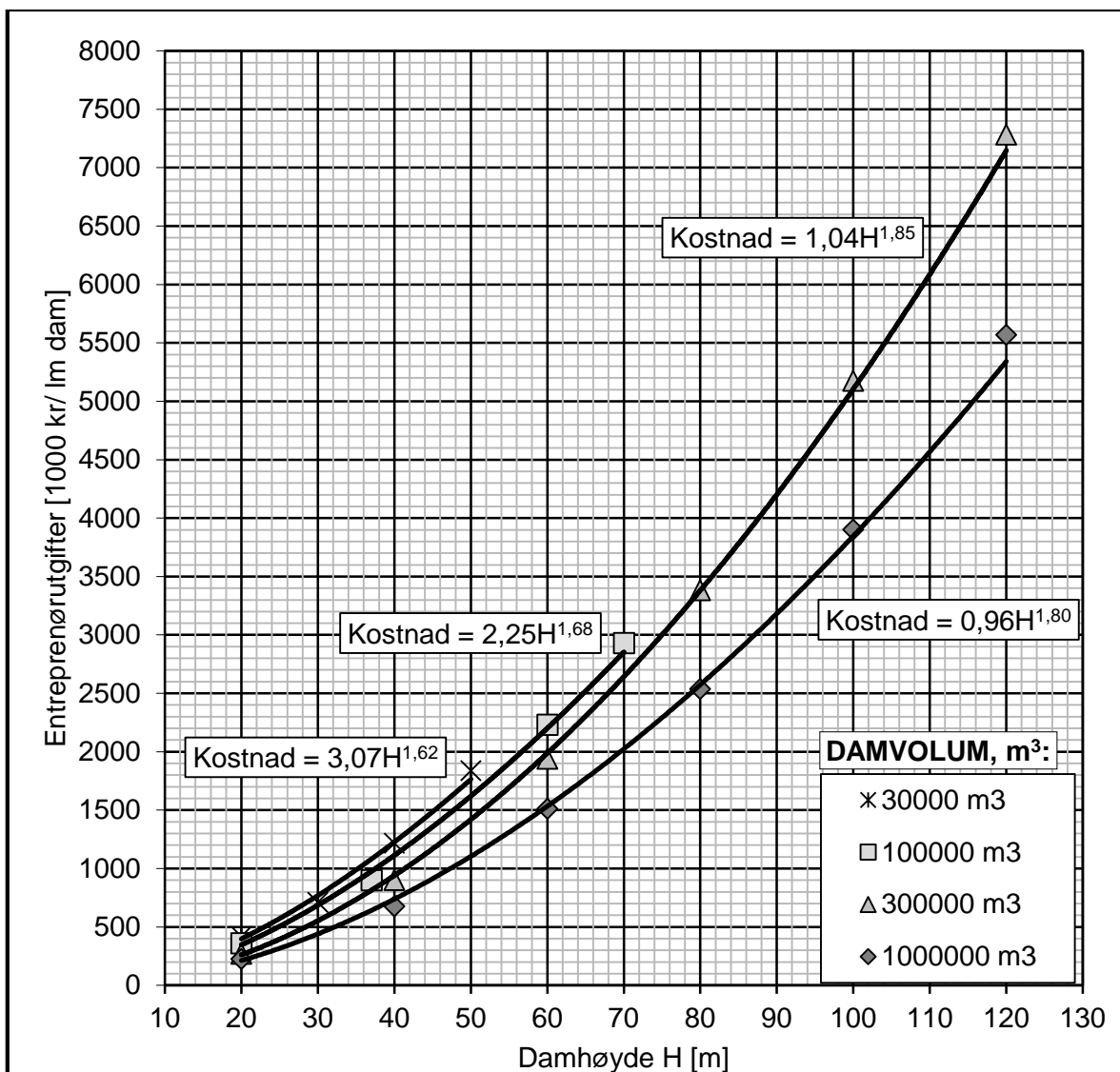
1. Prisnivå januar 2015.
2. Antatt kostnad for overløp lik 40 000 kr per m overløpshøyde.
3. Antatt kostnad for overløpsfundament lik 40 000 kr+ 3 000 kr per m overløpshøyde



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

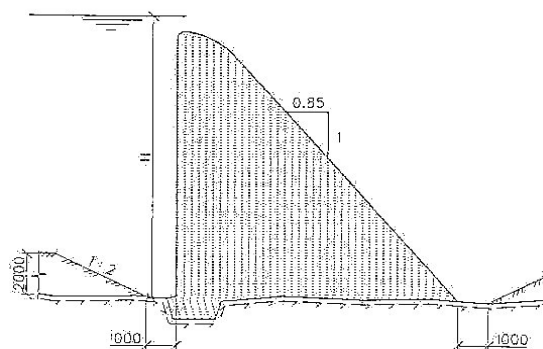
**LABYRINTOVERLØP
BYGGNINGSTEKNISKE
KOSTNADER**

Fig 2.3.6
01.01.15



ANMERKNINGER:

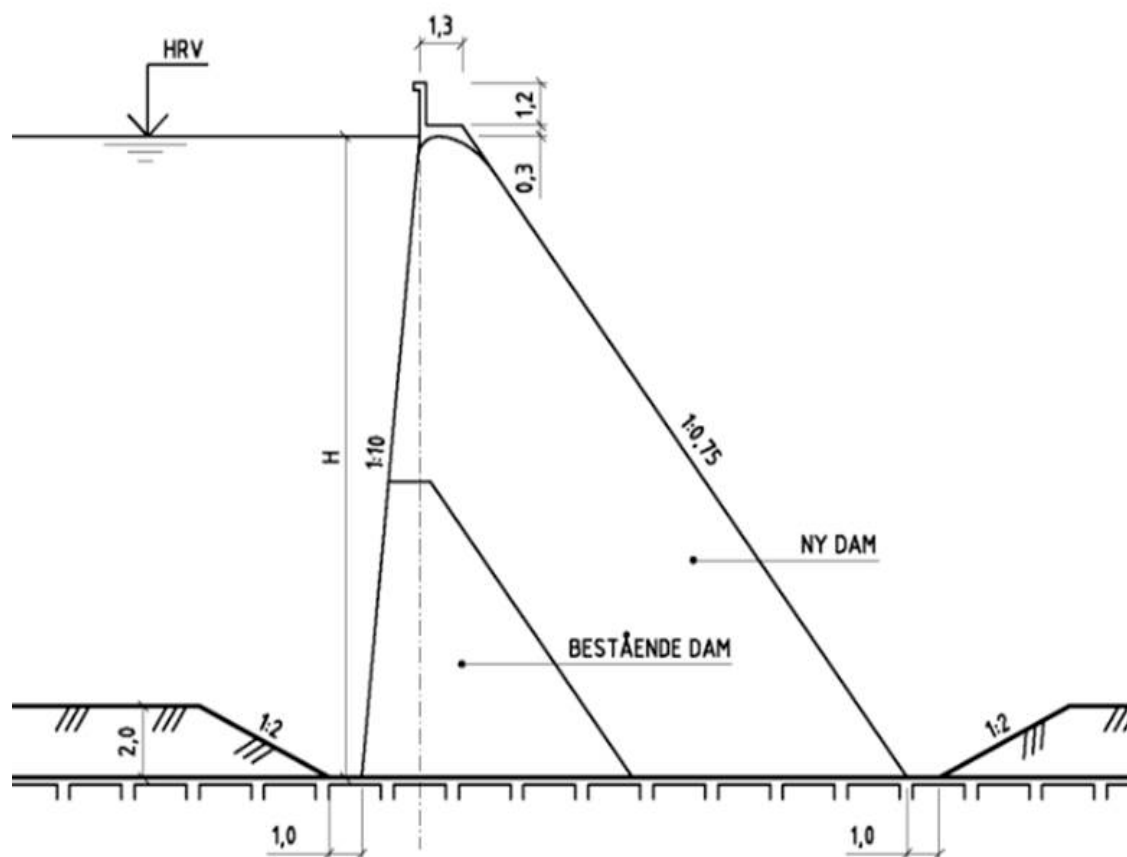
1. Prisnivå januar 2015.
2. Kostnadskurven omfatter alle entreprenørutgifter for de bygningsmessige arbeider for damlegeme og damfundament. En løsmassedybde på 2 m er forutsatt.
3. Damhøyde H regnes fra HRV
4. Pris på tilslag er svært variabel, her medtatt med 250 kr/m³. Kostnad ofte mellom 200 kr/m³ og 600 kr/m³ avhengig av volum.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

RCC - DAM ENTREPRENØRUTGIFTER

Fig 2.3.7
01.01.15



Det må etableres samvirke med bestående dam ved at vannsidearmeringen frimeisles, eller ved forankringsbolter. Fugebånd frimeisles og skjøten til nytt fugebånd sveises.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

GRAVITASJONSDAM (BETONG) PRINSIPP FOR FORHØYELSE

Fig 2.3.8
01.01.15

2.5 Sprengte tunneler

2.5.1 Generelt

Entreprenøromkostningene for en tunnel vil dekke omkostningene for følgende deler:

- Forskjæring:
Må omkostningsberegnes separat. Grunnlag for dette finnes i kapittel 2.6.1.
- Påhugg med eventuell portal:
Må omkostningsberegnes separat. Grunnlag for dette finnes i kapittel 2.6.1.
- Tunneldriving:
Er medtatt i omkostningene i dette kapittel for tunneler.
- Sikring og eventuell injisering:
Er medtatt i omkostningene i dette kapittel for tunneler.
- Tverrslag:
Må omkostningsberegnes separat. Grunnlag for dette i kapittel 2.6.2.
- Utslag:
Må omkostningsberegnes separat. Grunnlag for dette i kapittel 2.6.4.2.
- Propper, porter, luker, bjelkestengsel:
Må omkostningsberegnes separat. Grunnlag for propper finnes i kapittel 2.6.2.2. Grunnlag for porter finnes i kapittel 2.6.1. Grunnlag for luker finnes i kapittel 2.6.3 (bygningmessige) og i kapittel 4.4. Bjelkestengsel må omkostningsberegnes på eget grunnlag.

Av de forskjellige deler er det bare selve tunnelen med tverrslag som egner seg for skjematisk omkostningsberegning. Men omkostningene for disse delene er også påvirket av flere parametere som varierer med bl.a. naturgitte forhold som man oftest har begrenset kjennskap til når de første overslagene skal utarbeides.

Enkeltfaktoren som kan ha størst betydning for omkostningene er sikringsarbeidene, spesielt eventuelle utstøpninger og injisering ved stor vanninntrengning. Behovet for sikring blir ikke sjelden undervurdert i omkostningskalkylene. Ikke bare påvirker sikringsarbeidene entreprenøromkostningene (bl.a. tilleggsregninger og eventuelt forseringstillegg), men også byggherreutgiftene (bl.a. renteutgiftene dersom tunnelen er bestemmende for anleggstiden). Det er viktig at behovet for sikringsarbeider ikke vurderes for optimistisk, og det er viktig for bruk av omkostningskurvene å ha i minne at kurven gjelder normale til gunstige forhold når det gjelder sikringsbehovet. En ingeniørgeologisk kartlegging tilpasset formålet vil i alle tilfeller være nyttig.

Løpemeterprisen for tunneldriving er under ellers like forhold avhengig av tunneltverrsnittet. Økende tverrsnitt muliggjør overgang til en mer rasjonell drift ved bruk av mer effektivt utstyr og andre drivemåter.

I tidligere utgaver av kostnadsgrunnlaget har det vært med priser på tunneler drevet med skinnedrift. I dag anses dette som en lite aktuell driveform siden det ikke finnes utstyr for

dette i landet. Det ventes å bli billigere å drive minimumstverrsnitt med hjuldrift enn å drive små tverrsnitt med skinnedrift.

I praksis er det en tendens til at tunneler blir drevet med større tverrsnitt enn angitt i anbudspapirene, ofte også i kontrakten. Situasjonen kan beskrives med følgende eksempel:

Anbudsdokumentene ber om pris på f.eks. en 20 m² tunnel, mens entreprenøren gir en så gunstig pris for en 25 m² tunnel at kontrakten blir basert på 25 m² tunneltverrsnitt. Byggherren kan imidlertid få andre omkostninger hvis han gjør denne avtalen, f.eks. større sikringsomfang, økte tipparealutgifter etc.

Det er atskillig flere forhold enn de som er berørt her som påvirker løpemeterprisen for tunneler og som kunne vært drøftet. Det kan nevnes at priskurven gir for lav pris for korte tunneler og at anbud gir betydelig prisspredning for kortere tunneler (noen hundre meter). Dette skyldes bl.a. at det sjelden oppnås rytme i arbeidet i starten, mulighet/ikke mulighet for vekseldrift på 2 stuffer etc. Det kan grovt tas hensyn til forholdet ved å korrigere for lengden i henhold til korreksjonskurvene.

Grunnprisen, her kr/lm ekskl. sikring, samt diverse og uforutsett, kan leses ut fra Figur 2.4.1. De samme verdier er angitt i tabellform nedenfor:

Tverrsnitt m ²	Grunnpris kr/lm (ca.)	Anmerkninger	
18	11 000	18-35 m ²	Hjullastere tas i bruk
35	12 900	35-70 m ²	Grovere transportutstyr er aktuelt
70	16 600	70 m ² og >	Større dumpere, boggie
85	18 200	85 m ² og >	Palling vil være aktuelt når tunnelhøyden overstiger 7,5 m

Tabellen viser løpemeterpriser og anmerkninger for aktuelle utstyrsskift.

Grunnprisen må justeres for forhold som avviker fra forutsetningen. Der kjennskap til de stedlige forhold er beskjedne, må justeringen i mange tilfeller skje på skjønnsmessig grunnlag.

På Figur 2.4.1 er det vist kostnadskurver for grunnpris og totalpris. Tunnelen er forutsatt drevet på stigning. Følgende forutsetninger inngår i kostnadskurven:

1. Grunnpris
 - a) Tunnellengde 3 km (korreksjon for avvik i henhold til egen figur).
 - b) Kontursprengning, hullavstand 0,7 m.
 - c) Opplasting og transport, Transportlengde antatt til totalt 600 m (300 + 300 m)
 - d) Middels sprengbarhet og borbarhet (DRI = 49). Korreksjon for tungsprengt eller tungboret berg maksimalt 5 % for mindre tverrsnitt, 10 % for større tverrsnitt).
 - e) Tunnelen er drevet på moderat stigning (3-6 ‰) og med moderat vanninntrenging (< 500 l/min).

Vanninntrenging > 500 l/min vil typisk kunne gi 650 kr/lm i tilleggskostnad.

Ved synkdrift tillegges 5 % ved forutsatt vanninntrenging < 500 l/min.

Dersom tunnelen drives på stigning, men har et tverrslag på synk, økes tunnelgrunnprisen med 1 %.
 - f) Normal, representativ beliggenhet.

2. Sikring

Sikringen vil være delt mellom stuffsikring og bakstuffsikring, og vil bestå av ekstra rensk, bolting, sprøytebetong, utstøping og noe injeksjon. Tillegg for sikring er beregnet etter 30 % av grunnprisen for mindre tunneltverrsnitt og 45 % av grunnprisen for større tunneltverrsnitt. Dette gjenspeiler normale til gunstige forhold. Det er tendenser i den senere tid til en mer utbredt bruk av sprøytebetong som arbeidssikring på bekostning av ekstra rensk. I tillegg har den økende fokus på HMS og krav til sikkerhet på arbeidsplassen gjort at omfanget av arbeidssikring har økt.

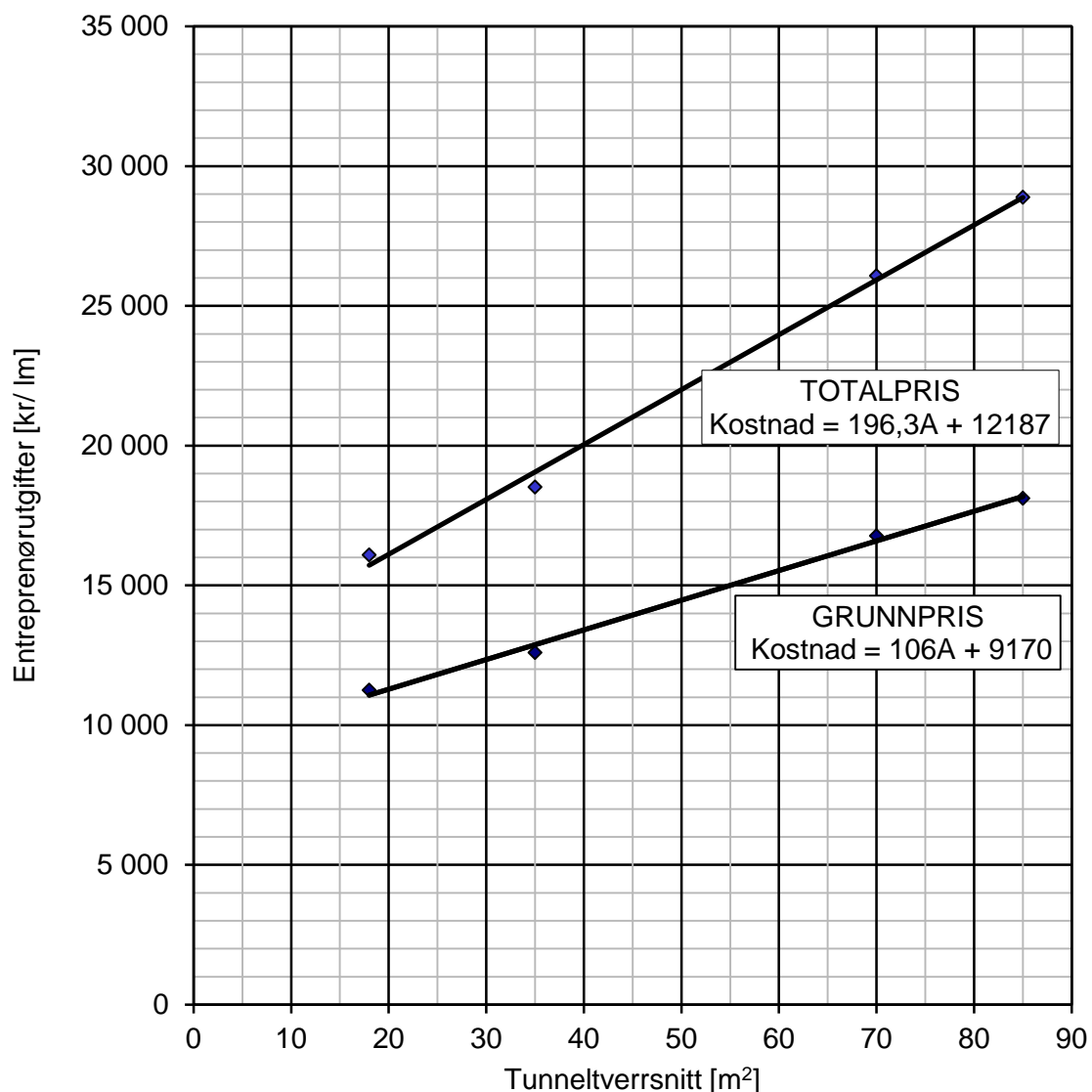
3. Diverse, uforutsett

Inngår i kurvene med 10 % av grunnpris + sikringsarbeider (1+2).

2.5.2 Prisnivå og usikkerhet i overslaget

De angitte priser er i prisnivå januar 2015.

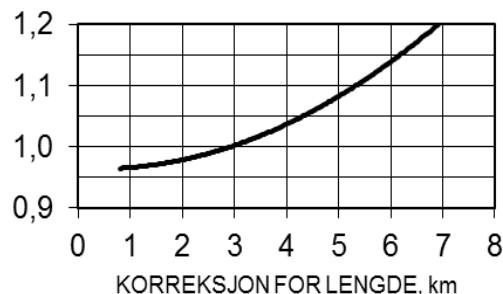
Usikkerhet i overslag basert på dette kapittel er anslått til + 30 % til - 20 %.



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2015
2. Forutsatt fjell av middels borbarhet og sprengbarhet.
3. Tunnellengde (stufflengde) 3 km eks. tverrslag. Korreksjon for avvikende lengde ifølge figur.
4. Tverrslag med lengde 300 m ikke inkludert i kurve.
5. Avstand påhugg tverrslagstipp 300 m.
6. Sikringsarbeider inkludert i kurvene for totalpris med 30 % av grunnpris for små tverrsnitt og 45 % for store

7. Diverse og uforutsett er inkludert med 10 % av grunnpris og sikring.
8. Korreksjon for driving på moderat synk: 5 %.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

SPRENGTE TUNNELER ENTREPRENØRUTGIFTER

Fig. 2.4.1
01.01.15

2.6 Diverse vedrørende sprengte tunneler

Alle priser er gitt i prisnivå januar 2015.

2.6.1 Forskjæring

Forskjæring med påhugg og vegg med port medtas under post for tverrslag (dersom tunnelen har tverrslag) eller direkte under tunnelposten.

Omkostningene for forskjæring m.v. er sterkt avhengig av de stedlige forhold. Kostnad for forskjæring bør baseres på mengdeoverslag med grunnlag i befaring/kart/profiler. Følgende totalenhetspriser (alle entreprenørkostnader inkludert) kan benyttes:

Sprenging, opplasting og transport til tipp: 350 kr/m³

Masseflytting: 70 kr/m³

Det er forutsatt at terrenget stiger 1:1 på påhuggstedet, at fjellet har 2 m løsmasseoverdekning og at påhugg oppnås ved fjelldekning på 4 m.

Det er videre forutsatt to raster med bolter over påhugget og en bolt pr. lm i veggene. Det er også forutsatt 10 cm sprøytebetong på flaten over påhugget.

Endelig er forutsatt 20 cm betongvegg med port 2,5 x 2,5 m og sjalusirist i påhugget. Ofte økes portstørrelsen til for eksempel 3 x 3,5 meter for tilpasning til dagens maskinpark. Det er ikke tatt med kostnad for ekstra beredskapssikring (ekstra betongvegg med gitterport). Slik kostnad kan settes lik kostnad for vegg m/port.

Forskjæringsomkostningene framgår av Figur 2.5.1. Det er gitt separate kostnadskurver for forskjæring og for vegg m/port som funksjon av tunneltverrsnitt.

Kurvene gir de normalt påregnelige entreprenørutgifter for forskjæring.

Kostnader for veier, anleggskraft og byggherreutgifter generelt er ikke medtatt.

2.6.2 Tverrslag

2.6.2.1 Tunnel

Tverrslagets tverrsnitt kan variere både med hovedtunnelens tverrsnitt og dens lengde. Videre kan transport av f.eks. luke og lukedeler være bestemmende for tverrslagets størrelse. Omkostningene pr. lm kan variere med tverrslagets lengde (høyere pris pr. lm for kort tverrslag).

I en tidlig planleggingsfase kan det være hensiktsmessig å forenkle dimensjonering og omkostningsberegning av tverrslag slik:

1. For tunneltverrsnitt opp til ca. 25 m² regnes tverrslaget å utgjøre en del av hovedtunnelen, dvs. tverrslagets lengde medtas i tunnellengden.
2. For tunneltverrsnitt over ca. 25 m² søkes tverrslagstverrsnittet holdt på ca. 25 m² og det kostnadsberegnes etter følgende enhetspriser inkl. sikring og uforutsett/diverse.

Kostnad: 24 000 kr/ lm

3. Kostnad for å oppnå påhugg medtas med kr 250 000.

Forskjæring etc: Se kapittel 2.6.1.

2.6.2.2 Tverrslagspropp

Entreprenøromkostningene for tverrslagspropp er beregnet under disse forutsetningene:

1. Propplengde $1/20$ av vanntrykket, men minst 4 meter.
2. Stålport 2,5 x 3 meter (porten er ikke inkludert i kurven).
3. Lengde av stålforing 4 meter, som kan være lite for høye trykk (foring er ikke inkludert i kurven).
4. Betongtykkelse mot berg oppstrøms for stålforingen 1,0 meter (som kan være snaut for høye trykk dersom det er mulig å tømme tunnelen raskt).

Bygningsmessige omkostninger framgår av Figur 2.5.2. I tillegg kommer kostnad til port med stålforing. Disse kostnadene kan finnes i kurven for tverrslagsporter i kapittel 4.8, Figur 4.4.7.

Det er også en tendens til at portstørrelsen i propper øker i forhold til tidligere, for eksempel opp til 3 x 3,5 meter ved lave trykk for tilpasning til dagens maskinpark og mulighet for adkomst til tunnelen på trykksiden.

Endelig propplengde må vurderes ihht. NVEs retningslinjer for stenge- og tappeorganer, rør og tverrslagsporter og av godkjent fagansvarlig for prosjekteringen i samråd med ingeniørgeolog.

Nødvendig betongpropplengde er ofte større enn lengden på stålkledningen. For grove anslag over lengden på betongproppen og uten nærmere undersøkelser av fjellet hvor proppen plasseres, skal betongproppen tilfredsstillende følgende 3 krav:

1. Skjærspenninger i kontaktflaten mellom betong og fjell (heftspenning).
Skjærspenningen skal ikke settes høyere enn $0,35 \text{ N/mm}^2$ dersom ikke nærmere undersøkelser av fjellet dokumenterer noe annet.
2. Hydraulisk trykkgradient langs betongproppen. Trykkgradienten skal ikke være mindre enn $0,5 \text{ N/mm}^2/\text{m}$ eller 50 meter vanntrykk pr. meter propplengde.
3. Lengden på betongproppen skal minst være 2 ganger største tverrsnittsdimensjon.

Bare pkt. 2 vedrører vanntrykk. De to andre punktene vedrører tunnelens dimensjoner. Av disse kriteriene gir pkt. 2 som regel lavest verdi (50 – 75 % lavere).

2.6.3 Lukesjakt, bekkeinntak, lukehus

2.6.3.1 Sjakter

Mens lukesjakter er vertikalsjakter, er bekkeinntakssjakter nesten alltid skråsjakter av hensyn til utluftingen. Bekkeinntakssjakter har som regel en kort stoll mellom tunnelen og sjakten slik at tunnelarbeidene kan drives mest mulig uhindret av arbeidene med sjakten (og bekkeinntaket). Råsjakten kan omkostningsberegnes etter priskurve for sprengte eller borede sjakter (kapittel 2.8 og kapittel 2.9).

Den horisontale stollen kan omkostningsberegnes etter priskurve for sprengte tunneler (kapittel 2.5).

2.6.3.2 Lukeinnstøping

Lukeinnstøpingen kan omkostningsberegnes etter priskurve for tverrslagspropper dersom ikke nøyaktigere beregninger basert på mengdeberegninger utføres. Velges mengdeberegning, kan disse totalpriser brukes:

Stross	420 kr/m ³
Rensk	400 kr/m ²
Bolter	700 kr/stk
Forskaling	1300 kr/m ²
Armering	19 000 kr/tonn
Betong	2400 kr/m ³

Injiseringspriser er svært variable, men det kan medregnes et tillegg på 100 000 – 500 000 kroner.

Kostnad for luke m/platekledning regnes separat (kapittel 4.4).

2.6.3.3 Bygningsmessige arbeider i lukesjakt

Bygningsmessige arbeider i lukesjakten (støttelagre for opptrekkstang, lederfester, reposer etc.) vil kostnadsmessig være avhengig av utførelsen som velges (pakkboxutførelse eller opptrekkstang til lukehus over HRV). Arbeidene bør derfor kostnadsberegnes separat på mengder og enhetspriser. En grov orientering om omkostningene fås ved å regne 17 700 kr/lm sjakt (fra topp lukeføring til HRV + 2 m).

2.6.3.4 Lukehus, lukekammer

Lukehusomkostningene kan variere mye avhengig av bl.a. terrenget, transportforholdene og ev. krav om forsvarsmessig forsterkning. Omkostningene bør derfor kalkuleres basert på mengdeoverslag og enhetspriser. Enhetspriser, som angitt i neste avsnitt for bekkeinntak, kan benyttes for lukehus.

For utsprengning og sikring av lukekammer kan regnes med følgende priser:

- Sprengning, opplasting og transport til tipp: 350 kr/m³.
- Sikring påslag på prisen over: 30 %

2.6.3.5 Bekkeinntak

Figur 2.5.3 gir forenklete normalkostnader for bekkeinntak ved norske vannkraftanlegg.

Det er tatt utgangspunkt i en inntakskonstruksjon i betong over sjakten/bekkeløpet hvor det monteres en inntaksrist og eventuelt en lufterist hvis det er fare for luftutblåsninger. Videre er det forutsatt muligheter for tørrlegging av inntaket, ved at det monteres stengeorgan slik at vannet kan føres forbi inntaket.

Stedlige forhold har stor betydning for kostnadene. Det er derfor gjort gjennomsnittsbetraktninger for forhold som riggmuligheter, klima og topografi, grunnforhold, terrenghelning, bekkeløpets karakter, sedimenttransport, løsmasser eller fjell o.l.

Kostnadene framgår som en funksjon av årsmiddelvannføring, men det er skilt på om inntaket må bygges ved hjelp av helikopter eller ikke.

Entreprenørkostnadene inkluderer riggomkostninger, grunnarbeider og betongarbeider inkl. montasje av stengeorgan og rister.

Ved inntak med Q_{middel} større enn $3 \text{ m}^3/\text{s}$ vil lokale forhold ha så stor betydning at usikkerheten blir stor. Kurvene er ført ut til ca. $5 \text{ m}^3/\text{s}$, men usikkerheten øker betydelig i intervallet $3\text{-}5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Kostnad for inntakssjakt er ikke medtatt.

Som nevnt har vannføring og stedlige forhold stor betydning for kostnadene, og kurvene forutsetter gjennomsnittlige forhold. Dersom påregnelige omkostninger kan kalkuleres basert på mengdeanslag, er det nedenfor satt opp grunnlag med enhetspriser.

Ofte kan en forvente vanskelige transport- og terrengforhold ved denne type inntak, og følgelig høye totalenhetspriser. Dette gjelder særlig betong, men i noen tilfeller også andre kostnadsbærere. Dermed kan det være hensiktsmessig å høyne de gitte priser med opp mot 30 %, avhengig av hvordan en vurderer de lokale forhold. Forslag til enhetspriser er gitt under.

Sprenging, opplasting og transport til tipp:	350 kr/m ³
Fundamentbearbeiding :	550 kr/m
Bergbolter:	900 kr/stk
Forskaling:	1300 kr/m ²
Armering:	19 000 kr/tonn
Betong:	3500 kr/m ³

Rister, luker, bjelkestengsler: 100 000 kr + 48 000 kr pr. m^3/s dimensjonerende vannføring, som et meget grovt anslag.

Prisene over er gitt under forutsetning av at det kan kjøres frem til anlegget. Dersom det må benyttes helikopter vil prisene stige betydelig. Spesielt gjelder dette betong hvor transporten betyr mye for prisen. Betongprisen vil lett kunne stige til 9000 kr/m³. Pris på arbeider hvor timeverk utgjør en vesentlig faktor øker betydelig dersom både mannskapet og materialene må fraktes til arbeidsstedet i helikopter.

2.6.4 Tunnelinntak og utslag under vann

2.6.4.1 Tunnelinntak

Vannførende tunneler har selvsagt alltid inntak, nesten alltid stengeanordning (bjelkestengsel som enklere utførelse) og som oftest varegrinder. Omkostningene er avhengig av flere forhold som dimensjonerende vannføring og trykk, om arbeidene kan utføres fra dagen med eller uten fangdammer eller via tunnelen m.v.

Omkostningene for tunnelinntak vil gjerne være forskjellige for en overføringstunnel og en driftstunnel (tilløpstunnel eller avløpstunnel), og er avhengig av om gjennomslaget skjer mot luft eller mot vann (som utslag under vann). Omkostningene for tunnelinntak må ses i sammenheng med lukesjakt og anordninger i forbindelse med denne.

Omkostningene vil, spesielt for lange tunneler, utgjøre en beskjeden del av totalomkostningene for tunnelen slik at betydelig feil i omkostningskalkylen for inntak som regel gir seg beskjedent utslag i totalomkostningene.

Omkostningene for tunnelinntak egner seg dårlig for skjematisert beregning. Omkostningene bør kalkuleres på grunnlag av mengder og enhetspriser i hvert enkelt tilfelle etter at hovedprinsippene for utformingen er fastlagt.

2.6.4.2 Utslag under vann

Omkostningene (i tillegg til vanlige tunnelomkostninger) vil være avhengig av en rekke faktorer som vanntrykk, tunneltverrsnitt, bergets beskaffenhet, løsmasseoverdekningen, etc. Heller ikke utslag under vann egner seg for skjematiserte omkostningsberegninger.

Omkostningene bør anslås i hvert enkelt tilfelle basert på trykk, tverrsnitt, tilløpstunnel eller overføringstunnel og vurdering av de naturgitte forhold. Som for tunnelinntak (munningen) vil utslaget ved lange tunneler utgjøre en beskjeden del av totalomkostningene.

Som en meget grov orientering om anleggsomkostningene for utslag under vann angis disse kostnadene i kroner:

Små tunneler, beskjedent vanntrykk	1 500 000
Middels tunnel (15-20 m ²) 40-70 m trykk	3 000 000
Stor tunnel (70 m ²) 40-70 m trykk	6 000 000

Særlig for store tunneler kan sonderingsboringene på den siste del av tunnelen mot utslaget, og omfang av nødvendig injisering foran stuff, få betydelig innvirkning på tiden og dermed omkostningene. Innvirkningen er ikke bare direkte, men også indirekte, ved at idriftsettelsen kan bli forsinket dersom tilløpstunnelen er bestemmende for anleggstiden.

I tillegg til anleggskostnadene kommer planleggingskostnadene (undersøkelser og beregninger) som kan utgjøre en kostnad tilsvarende anleggskostnadene.

2.6.5 Fordelingsbasseng

2.6.5.1 Generelt

Utførelse både som konvensjonelt sjaktbasseng med pådrags- og avslagskammer og som trykkluftbasseng kan være aktuelt. Eventuell svingesjakt (eventuelt m/kamre) i undervannet regnes også som fordelingsbasseng.

Valget mellom sjaktbasseng og trykkluftbasseng vil være bestemt av anleggets topografiske forhold og om berget er brukbart for trykkluftløsningen. Forut for beslutning om trykkluftbasseng er det nødvendig med ingeniørgeologiske forundersøkelser.

Omkostningene er for begge løsninger påvirket av flere variable parametre som fallhøyde, vannføring, tunneldimensjoner, kraftverkets beliggenhet i nettet, sjakter på tilløpstunnelen, avstand mellom vannflate i fordelingsbasseng og inntak (også sjakter for eventuelt bekkeinntak).

Skjematisering av omkostningsberegninger for fordelingsbasseng krever derfor forenklinger eller omfattende beregningsarbeid, og det er tvilsomt om arbeidsmengden som trengs vil stå i rimelig forhold til det som oppnås. Orienterende omkostningsberegning for fordelingsbasseng bør utføres på grunnlag av forhåndsdimensjonering og enhetspriser.

2.6.5.2 Sjaktbasseng

Sjaktverrsnitt (F) kan settes til:

1,3 x Thomatverrsnittet

$$F = 1,3 \times 12,3 \times f^{5/3} / H$$

f = tunneltverrsnitt

H = minste netto fallhøyde

Enhetspris i henhold til priskurve for sjakter. Eventuelt øvre kammer og eventuell stross for nedre kammer kan kostnadsberegnes etter total enhetspris på 420 kr

2.6.5.3 Luftputebasseng

Nødvendig luftvolum kan tilnærmet settes til $V_{\text{luft}} = 1,2 \times 17,2 \times f^{5/3}$ og bergvolum $V_{\text{berg}} = 1,35 \times V_{\text{luft}}$.

Kammeret kan omkostningsberegnes etter løpemeterpris i henhold til priskurve for tunneler ($V = \text{tverrsnitt} \times \text{lengde}$) eller etter total enhetspris lik 420 kr/m³ (forutsatt tverrsnitt av kammer omkring 80 m²).

Omkostninger til injeksjon og luftfylling samt driftskostnader er ikke inkludert. Slike omkostninger kan bli betydelige. Det bør i det hele tatt være svært god økonomi i et luftputeprosjekt før det velges foran en konvensjonell svingesjakt som i regel vil være vedlikeholdsfri.

2.6.6 Strossing av tunneler

2.6.6.1 Generelt

Økning av vannføringskapasiteten i et kraftverk kan gjøres på to måter:

- Utvide eksisterende tunneltverrsnitt
- Drive en parallell tunnel

Valg av metode vil være avhengig av mange faktorer. Først og fremst vil tidsplanleggingen være av betydning. Ved enhver driftsstans vil det være risiko for produksjonstap, og i verste fall tap av vann ved overløp. Lokale forhold vil avgjøre om en skal velge strossing eller ny parallell tunnel fordi en ved driving av ny tunnel vil stå friere i forhold til kraftproduksjon. En strossing vil imidlertid kunne fordeles over flere sesonger, og må alltid vurderes mot alternativet parallell tunnel.

Utvidelse av tunneler vil i de aller fleste tilfeller foregå ved hjelp av konvensjonell sprengning. Andre metoder som maskinell strossing (fresing) eller glatting av overflaten (uten egentlig utvidelse) er enten anleggsteknisk ikke godt nok løst, eller kan kostnadmessig ikke konkurrere med konvensjonell strossing.

I prosjekteringsfasen bør tunnelen tømmes og inspiseres. Det er viktig å kontrollere tilstanden av eksisterende sikring og lokalisere eventuelle ras og større nedfall, for å unngå forsinkelser i en kort anleggsperiode.

Ved valg av strossing av tunneler er det en del anleggstekniske momenter som må vurderes:

2.6.6.2 Tilrigging og inndrifter

Tilrigging for konvensjonell strossing er enkel når tverrslaget har adkomstvei. Sprengningsarbeidene i tunnelen kan starte umiddelbart etter at adkomst i tverrslaget er etablert. Tidsforbruket ved nedrigging er også kort.

Ved strossing av eksisterende tunneler kan en forvente gode inndrifter, kanskje dobbel produksjon i forhold til normal tunneldrift dersom forholdene ligger godt til rette.

2.6.6.3 Tverrslag

Størrelsen på tverrslaget og tverrslagsporten må vurderes med tanke på moderne anleggsmaskiner for strossejobben. En løsning kan være å sprengte bort eksisterende port, utvide tverrslaget tilsvarende og sette inn en ny tverrslagsport. Det er viktig for kostnadene om tverrslaget har veiforbindelse og muligheter for tipplassering.

2.6.6.4 Strossemetoder

Sidestross er mest aktuell for store og mellomstore tverrsnitt, for å få en god utnyttelse av boreriggens kapasitet. I store tverrsnitt (høyde ca. 10 m) vil sidestross være nødvendig på grunn av boreriggens rekkevidde.

Geologiske forhold kan gjøre sidestross aktuell. I tunneler med anisotrope spenningsforhold ("dalsidespenninger") og mye sikring i deler av tverrsnittet er det mest praktisk med sidestross.

Rundstross egner seg godt for alle tverrsnittstørrelser med unntak av de ekstra store, der boreriggen setter begrensninger. Rundstross setter strenge krav til utførelsen fordi så stor del av tverrsnittet blir fornyet, og dermed må renskes og sikres.

Bunnstross egner seg best i store og mellomstore tverrsnitt. Strossen kan utføres som ligger- eller stenderstross. Liggerstrossen har knapt noen begrensninger, mens stenderstrossen stiller krav til strossehøyden og tunnelhøyden for at arbeidene skal fungere driftsteknisk. Anbefalt pallhøyde er minimum 3 m. For at boringen skal fungere godt bør eksisterende tunnelhøyde være 1,5 - 2 m høyere enn høyden på strossen. For å få til en effektiv stenderstross er det fordelaktig med to adkomster; en for boring og lading, og en for opplasting og utkjøring.

2.6.6.5 Eksisterende sikring

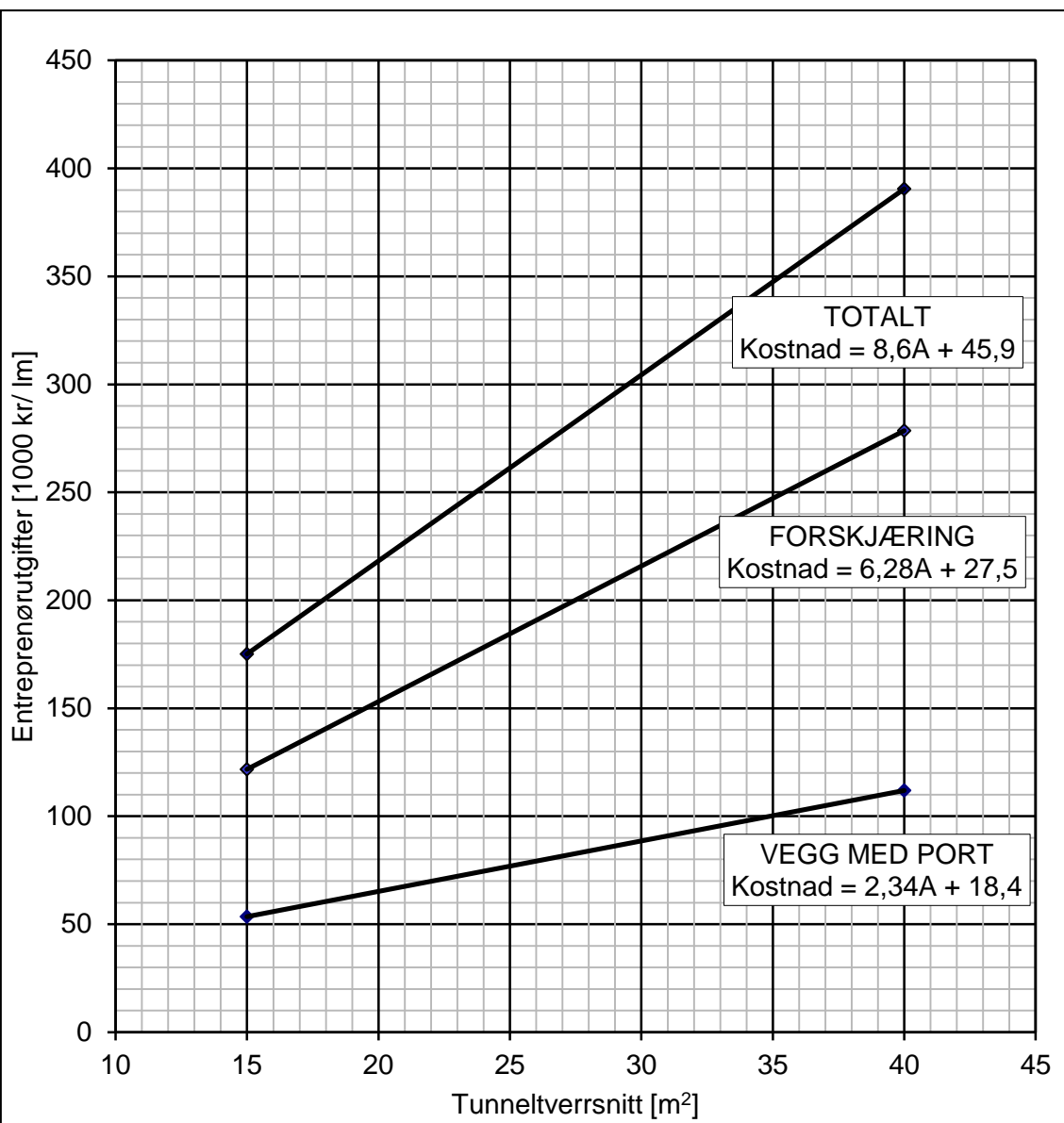
Eksisterende sikring er en ulempe for strossingen, fordi det kan bli problemer med boring på bolter og fjerning av utstøpninger og nettarmert sprøytebetong. Av drivemessige grunner er oftest bunnstross å foretrekke i slike tilfeller. I tunneler med lite eksisterende sikring og lite behov for ny sikring, vil valg av strossemetode være fritt.

2.6.6.6 Funksjonskrav

Erfaringsmessig gir dagens sprengningsteknikk større ruhet enn tidligere. Årsaken er som regel av anleggsmessig og kontraktsmessig karakter. Kostnadene for en ønsket falltapsforbedring ved hjelp av nøyaktig sprengning bør alltid vurderes opp mot kostnadene for et noe større tverrsnitt. Forutsetningene for å oppnå glattere tunnelvegger ved strossing er imidlertid de aller beste. Eksisterende tunnel kan betraktes som en stor kutt, og det kan foretas en forsiktigere sprengning enn ved driving av ny tunnel.

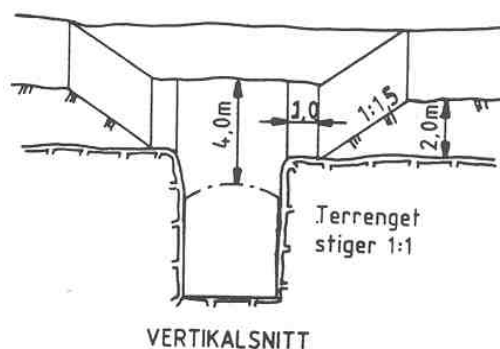
2.6.6.7 Kostnader

Det har ikke vært utført strossearbeider i et slikt omfang at en kan dokumentere tilstrekkelige erfaringer og resultater i generelle kostnadskurver. Kostnadene vil variere med strosseareal, bergforhold, tunnellengde, stedlige forhold osv. Som indikasjon kan det antydes at drivekostnaden (sprengning og utkjøring) vil variere mellom ca. 460 kr/fm³ for små utvidelser (ca. 10 m²) og ca. 230 kr/fm³ for større utvidelser (>30 m³).



ANMERKNINGER

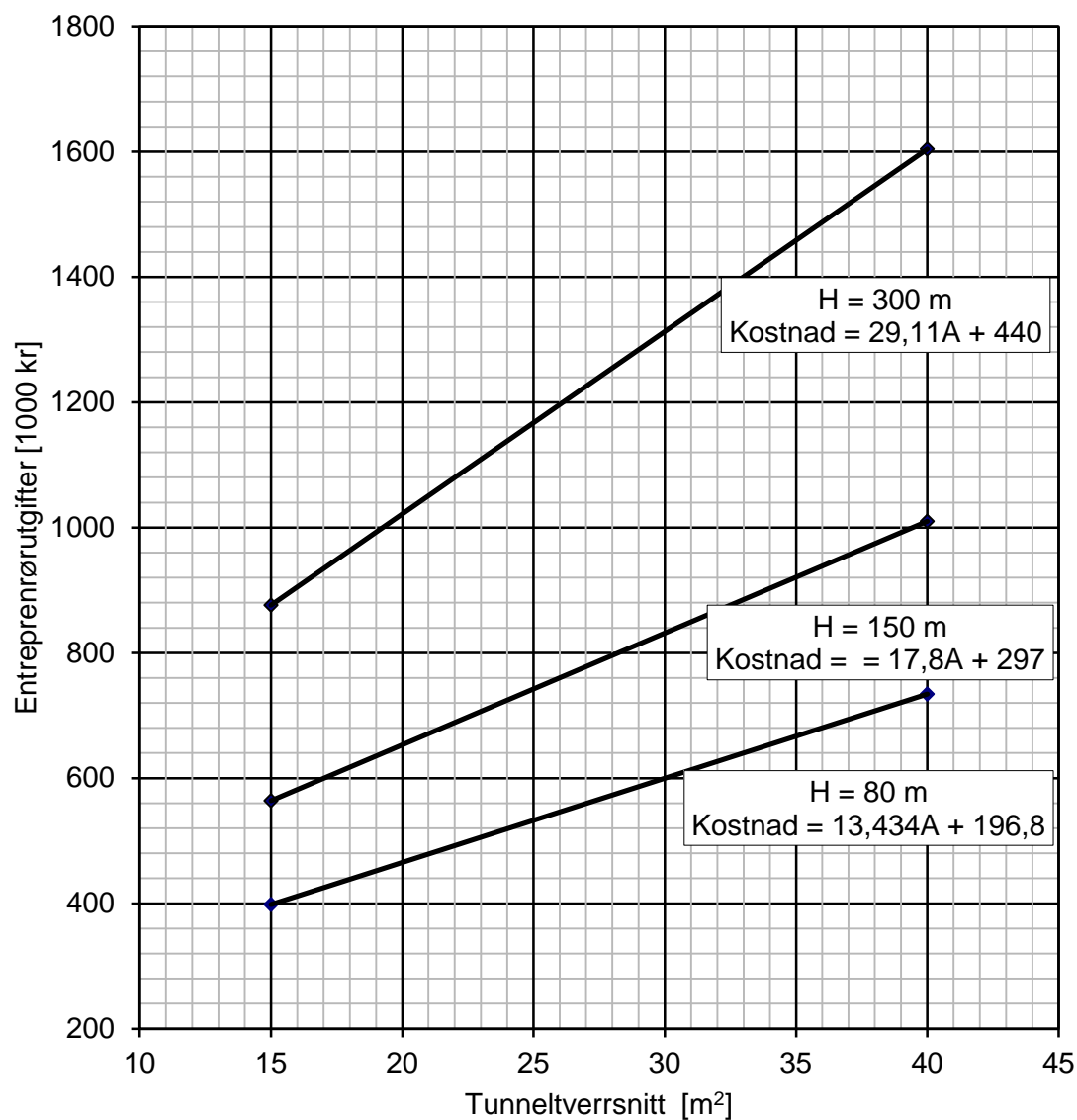
1. Prisnivå januar 2015
2. Forutsatt fjell av middels borbarehet og sprengbarhet.
3. Kurven omfatter forskjæring med vegg med tobladet port 2,5x2,5 m + dør ferdig montert.
4. Evt. ekstra gitterport (beredskapskrav) er ikke medtatt. Kostnad kan settes lik vegg med normal port.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FORSKJÆRING MED PORT ENTREPRENØRKOSTNAD

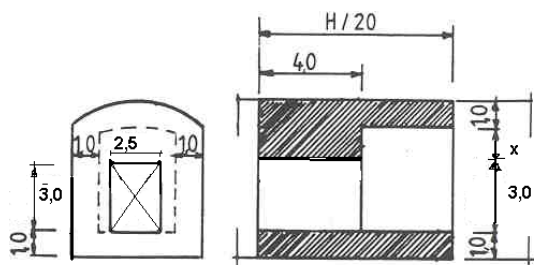
Fig. 2.5.1
01.01.15



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2015
2. H angir vanntrykk i meter.
3. Kostnadskurven omfatter alle entreprenørutgifter for de bygningsmessige arbeider.
4. Injiseringspris varierer svært mye, ofte mellom 50 000- 80 000 kr ved små tverrsnitt ($H=80\text{-}300\text{m}$) og 100 000- 200 000 kr ved store tverrsnitt ($H=80\text{-}300\text{m}$). 80.000 kr er medregnet i kurvene.

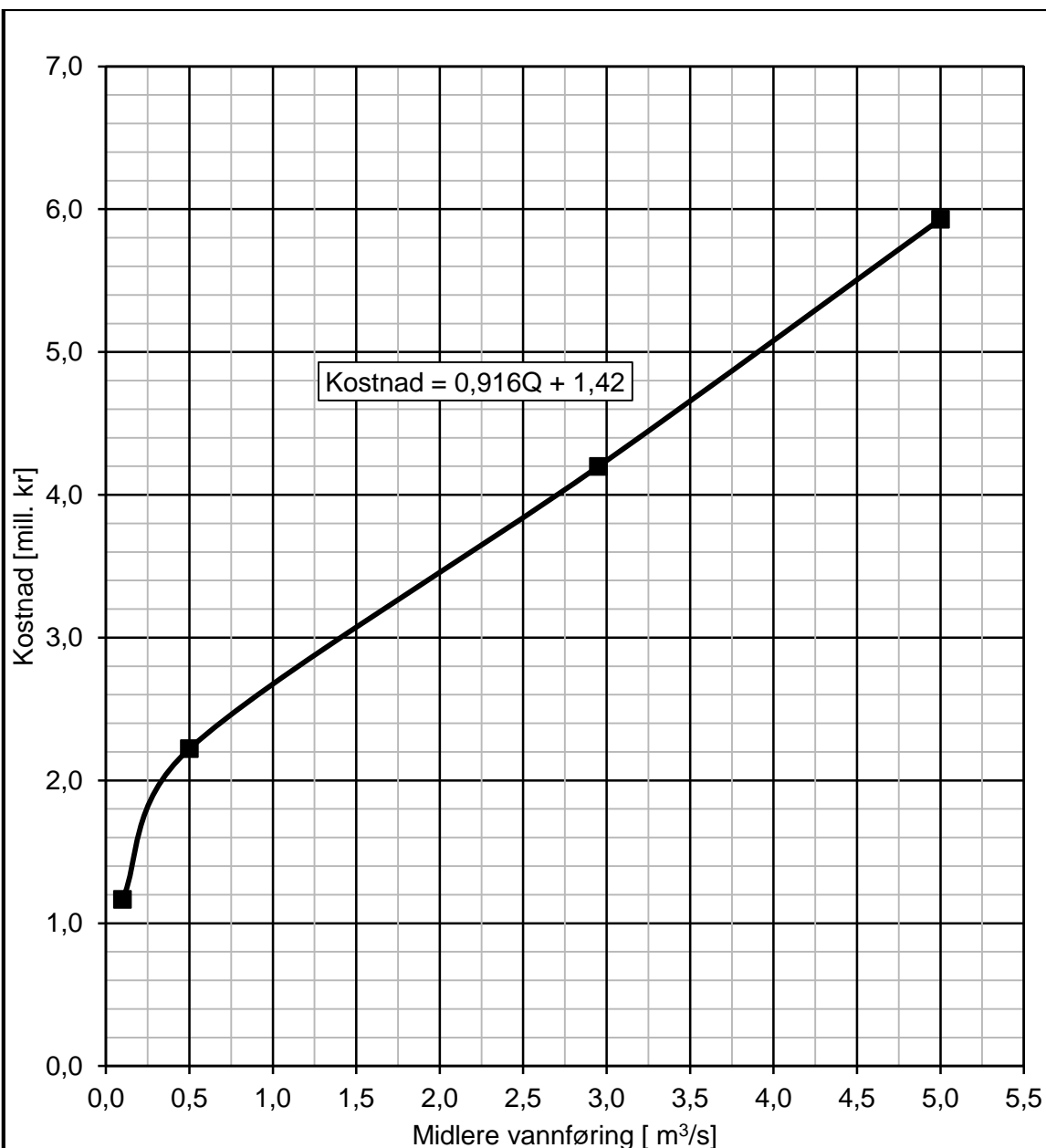
5. Tverrslagsport med stålforing er ikke medtatt. Kostnad for dette fremkommer i Fig. 4.4.7 og må legges til.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

TVERRSLAGSPROPPE, ENTREPRENØRUTGIFTER, BYGNINGSMESSIGE ARBEIDER

Fig. 2.5.2
01.01.15



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2015.
2. Kurven angir kostnader for bekkeinntak.
Sjakt eller tunnel samt eventuelt dam-
anlegg må beregnes separat.

3. Helikoptertransport:

For små inntak hvor kostnaden i stor grad utgjøres av timekostnader vil helikoptertransport øke kostnadene med 30-50 %.
For anlegg hvor materialkostnader dominerer vil helikoptertransport øke kostnadene med 100 - 300 %.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

BEKKEINNTAK FOR VANNKRAFTANLEGG

Fig. 2.5.3
01.01.15

2.7 Borede tunneler

2.7.1 Fullprofilboring

2.7.1.1 Generelt

Fullprofilboring er en form for roterende, knusende boring. Borhodet presses med stor kraft mot stoffen samtidig som det roterer. For hver omdreining trenger borhodet et lite stykke inn i stoffen, fra 1 til 15 mm. Resultatet er et sirkulært tunnelprofil med jevne vegger.

Begrunnelsen for å velge fullprofildrift i stedet for konvensjonell drift kan være flere.

Fullprofildrift har sine fordeler og ulemper. Den tunge tunnelboremaskin (TBM-maskineriet) kan synes tregt og tungvindt, men har alltid sine fordeler i arbeidsmiljøet, og når de bergtekniske og geometriske forholdene ligger til rette, vil fullprofildrift også være økonomisk gunstig.

Kostnadsoverslag for tunnelanlegg hvor det forutsettes fullprofilborede tunneler må baseres på en plan hvor fullprofilboringens fordeler og ulemper gjenspeiles. Spesielt kan det framheves at optimal stofflengde ved fullprofildrift vil være lengre enn ved konvensjonell drift. Tverrsnittet for vanntunneler kan være mindre enn ved konvensjonell drift fordi falltapet blir redusert i en fullprofilboret tunnel på grunn av glattere vegger. Regelen er at man kan redusere arealet med ca. 40 %, hvilket også betyr at ved en fullprofilboret tunnel blir massetippen mindre.

For beregning av tidsforbruk og kostnader i forbindelse med fullprofilboring kreves det en ingeniørgeologisk kartlegging som er tilpasset formålet. Noen bergtekniske parametre er av større betydning for fullprofildrift enn for konvensjonell drift. I et systematisk oppsprukket berg vil en få høyest inndrift, og her teller egentlig alle typer sprekker.

Bergartens borbarhet er uttrykt ved borsynkindeksen DRI (Drilling Rate Index), og er en medbestemmende faktor for inndriften. Det samme gjelder bergartens sliteegenskaper som har betydning for matekraft og kutternes levetid. Kutterbytte betyr driftsstans og dermed reduksjon av effektiv driftstid. Bergtrykk og bergartens porøsitet er parametre som har betydning for utformingen av selve maskinen. I de fleste tilfeller "skreddersys" maskinen til oppgaven.

På grunn av den gunstige formen et sirkulært tverrsnitt representerer, blir behovet for sikring mindre.

Feilanslag i borbarhet, oppsprekingsgrad og slitasjeverdi kan gi store avvik i forhold til inndrifts- og kostnadsprognoser. Kostnadsoverslag for fullprofilborede tunneler må derfor baseres på en vesentlig grundigere ingeniørgeologisk kartlegging enn ved konvensjonelt sprengte tunneler.

Under beslutningsprosessen hvorvidt man skal velge konvensjonell eller fullprofildrevet tunnel, er det viktig å foreta sammenlignende stabilitetsvurderinger og svingeberegninger for kraftverket. De glattere tunnelveggene ved fullprofildrift vil gi andre resultater enn ved konvensjonell drevet tunnel bl.a. med tanke på svingegrenser.

Det vil være forskjeller i TBM-kostnadene mellom nye og brukte maskiner. Pr. 2015 er det ingen eller få brukte maskiner i Norge. Dersom ny maskin kjøpes inn for et prosjekt vil den avskrives med 85 – 90 % på grunn av strenge gjenkjøpsavtaler med leverandører. En entreprenør som eier en maskin vil avskrive den med ca. 40 % på en jobb. Prisen på en

TBM med diameter 3,5 m koster i størrelsesorden 50 mill. kr., hvilket betyr 21 mill. kr. i forskjell på avskrivningen mellom ny og brukt maskin. Er tunnellengden 10 km betyr det 2100 kr pr. meter i forskjell. En kortere tunnel gir større forskjell. For en TBM med 7 m i diameter gir samme betraktning en forskjell på 4000 kr. pr. meter tunnel ved 10 km.

2.7.1.2 Grunnlag og usikkerhet

Grunnlaget for revisjon av kostnadskurver for tunneler drevet med tunnelboremaskiner i Norge er tilnærmet ikke-eksisterende. Dersom det skal drives lange tunneler for vannkraftverk vil det være aktuelt å vurdere bruk av tunnelboremaskiner.

På grunn av manglende erfaringstall er det ikke utarbeidet kostnadskurver for tunneler drevet med tunnelboremaskiner. Imidlertid pågår det for tiden TBM-prosjekter for vei og jernbane i Norge så det er mulig å få ferske vurderinger/erfaringstall for kostnader og framdrift fra disse.

2.8 Sprengte sjakter

2.8.1 Generelt

Det som her omtales er ment å skulle gi en grov orientering om påregnelige entreprenørutgifter og leverandørutgifter for sjakter, både råsprengte og stålførede. Prisene er ment å skulle kunne brukes både for 1:1-sjakter og loddssjakter. Prisene forutsetter at sjaktene drives med heis på skinne montert i hengen (Alimak), og gjelder ikke for korte sjakter. For stålførede sjakter er det forutsatt skinnegang på sålen, men rørmontasjen kan også skje ved å bruke geideren for stigortheisen.

Med en Alimak vil man normalt kunne drive sjakttverrsnitt på opptil 16 m². Sjakttverrsnitt opp mot 20 m² kan drives i ett under gunstige forhold. Ved driving av større tverrsnitt vil man måtte drive med to opprigginger, samt ta spesielle hensyn til personelletts sikkerhet. Ved f.eks. to opprigginger vil det være mulig å drive sjakttverrsnitt opp mot 40 m². Ved større sjakttverrsnitt enn 40 m² må man strosse. Det må påregnes vesentlige sikringsomkostninger ved større sjakttverrsnitt.

Omkostningene for sjakter er, som anmerket for tunneler, påvirket av stedlige forhold som bore- og sprengbarhet, sjakttverrsnitt og -lengde, transportlengder og ikke minst behov for sikring. Skjematisering av omkostningsberegning for sjakter må derfor baseres på forenklete forutsetninger om ikke "skjemaet" skal bli for komplisert i bruk.

Hovedforutsetningene er angitt som anmerkninger på Figur 2.7.1. Det bemerkes spesielt at sikring er inkludert i kurvene med 20 % av grunnprisen for sjakter med lite tverrsnitt (4-8 m²) og 35 % for store tverrsnitt (30 m²).

Det er verdt å merke seg at det har vært gjort undersøkelser av arbeidsmiljøet ved Alimak-drift. Verdiene på målingene har ligget over de anbefalte etter dagens HMS-krav. Dette har ført til at sjakter i større grad foretrekkes drevet med raiseboring (boring av pilothull med opprømming). I tillegg er det blitt færre entreprenører som besitter utstyr og nødvendig kompetanse for driving av sjakter med Alimak.

2.8.2 Råsprengt sjakt

Priskurven (Figur 2.7.1) gir påregnelige entreprenørutgifter inklusive forutsatte sikringsarbeider (20-35 %), diverse og utforutsett (10 %).

I tillegg til omkostningene ifølge kurven, kommer for trykksjakter den utvidete, uforede del oppstrøms for den stålførede delen, samt propp med tverrslagsport.

Den råsprengte delen kan medtas i omkostningene ved å inkludere ekstrakostnaden ved utvidelsen inn i den totale sjaktlengden, eller ved å anslå volumet (m³) og regne 750 kr/m³ som enhetspris.

Omkostningene for proppen – uten port - kan avleses av omkostningskurven for tverrslagspropp for tunneler, Figur 2.5.2.

Betongkonusen i oppstrøms ende av den stålførede delen beregnes omkostningsmessig til den stålførede delen av sjakten.

2.8.3 Stålforet trykksjakt

Som stålforet trykksjakt regnes foruten forede 1:1-sjakter også den stålførede del av vannveien på oppstrøms side av kraftstasjonen for stasjoner med råsprengt sjakt eller trykktunnel.

Omkostningene for stålforet trykksjakt sammensettes av omkostninger for bygningsmessige arbeider (entreprenøromkostninger) og for stålrørene (leverandøromkostningene). I tillegg til omkostninger som kan beregnes etter lm-pris kommer omkostninger til innløpskonus(er) med varegrind samt eventuelle grentunneler (om man har to aggregater eller mer).

Omkostninger for de bygningmessige arbeider kan avleses av:

1. Figur 2.7.2 som gir pris pr. lm sjakt avhengig av rørdiameter.
2. Figur 2.7.3 som gir pris for innløpskonus avhengig av tunnelverrsnitt og trykkehøyde. Kurven kan brukes for konuser både for innstøpte rør og frittliggende rør nedstrøms for konusen.

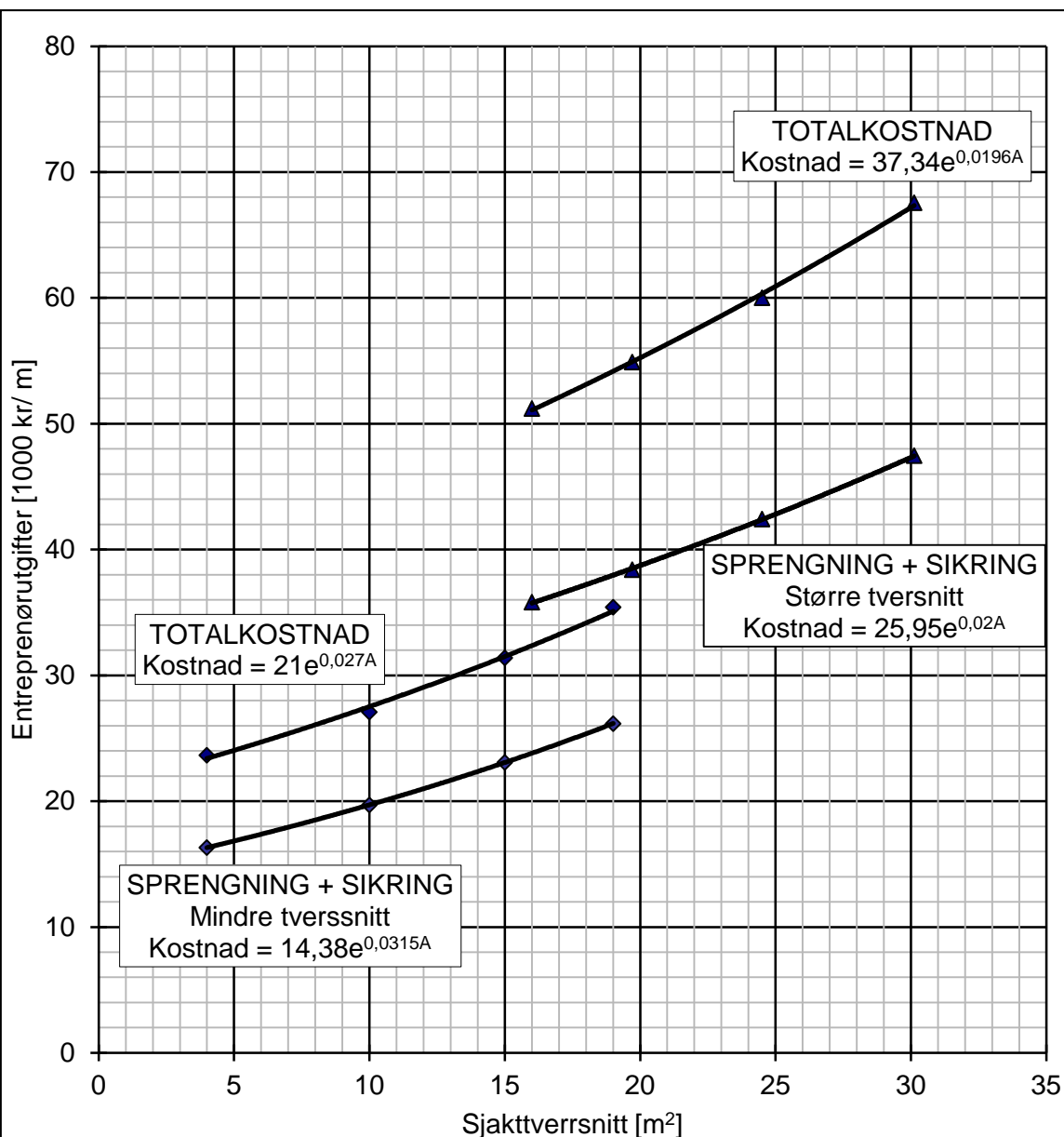
Trykkehøyden kommer inn som parameter for propplengden bare i sistnevnte tilfelle. For innstøpte rør avleses konusomkostningene etter den kurven som gir de laveste omkostningene inklusive den stiplede delen. Det bemerkes at konuslengden vil være bestemt av geometriske krav (strømningsforhold) for beskjedne trykkehøyder. Dette er innarbeidet i kurven.

Leverandøromkostningene for rør framgår av kapittel 4.7.2 Stålførede trykksjakter og Figur 4.7.1.

2.8.4 Usikkerhet

Usikkerheten i kostnadsoverslaget for sjakter kan settes lik $\pm 25 \%$.

Generell prisstigning på bergarbeider siden 2010 er ca. 16 %. Det må også nevnes at grunnlaget for revisjon av dette kapittelet er noe tynt, da det drives få råsprengte sjakter i Norge i dag.



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2015
2. Forutsatt fjell av middels borbarehet og sprengbarhet.
3. Forutsatt sjaktlengde L = 400 m.
Ca. 5 % høyere lm-pris hvis L=150 eller 700 m.
4. Fjellsikring er medtatt med 20 % for mindre tverssnitt til 35 % for større tverssnitt.

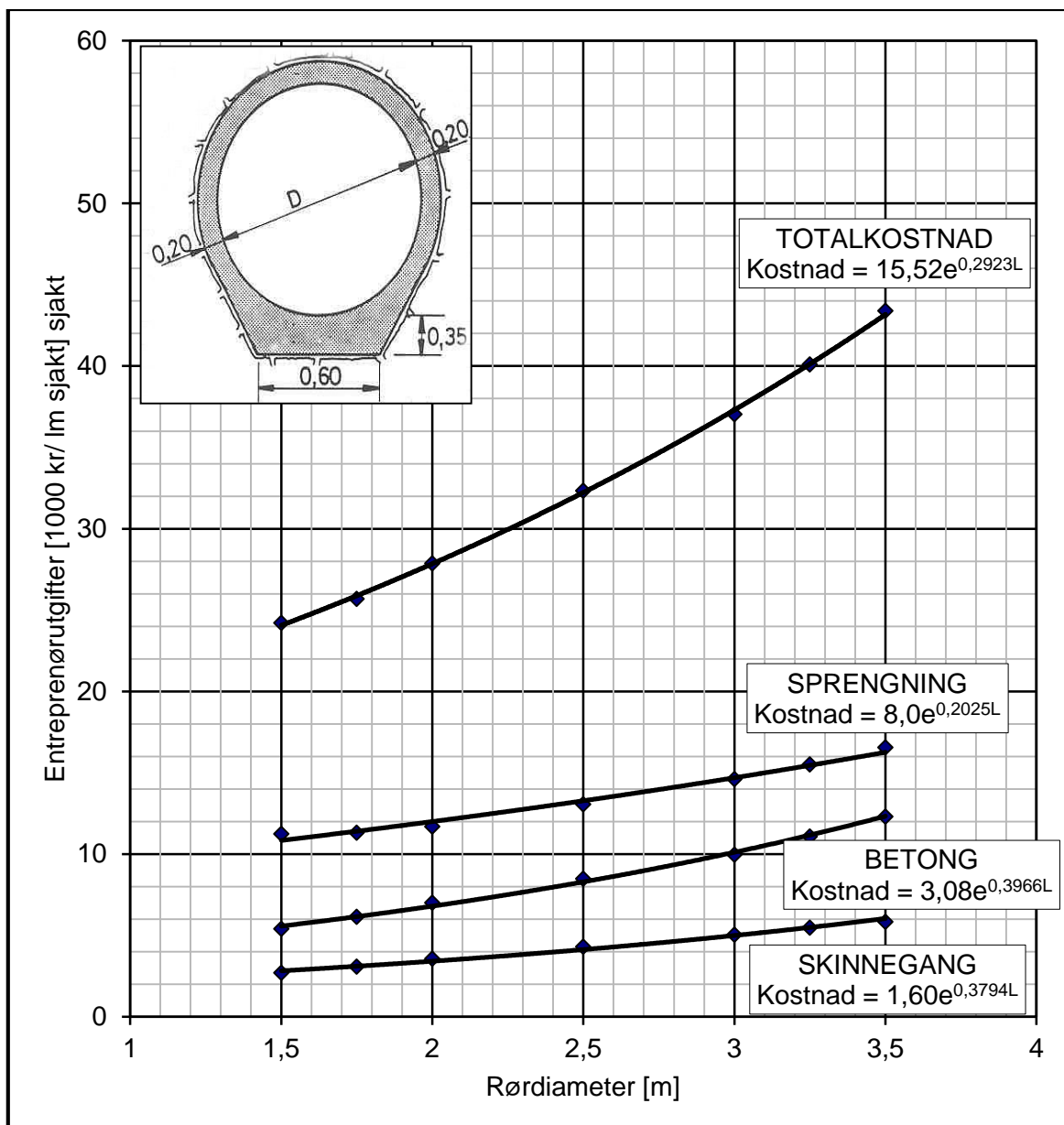
5. Diverse uforutsatt er medtatt med 10 %.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

RÅSPRENGT SJAKT ENTREPRENØRUTGIFTER

Fig. 2.7.1
01.01.15



ANMERKNINGER:

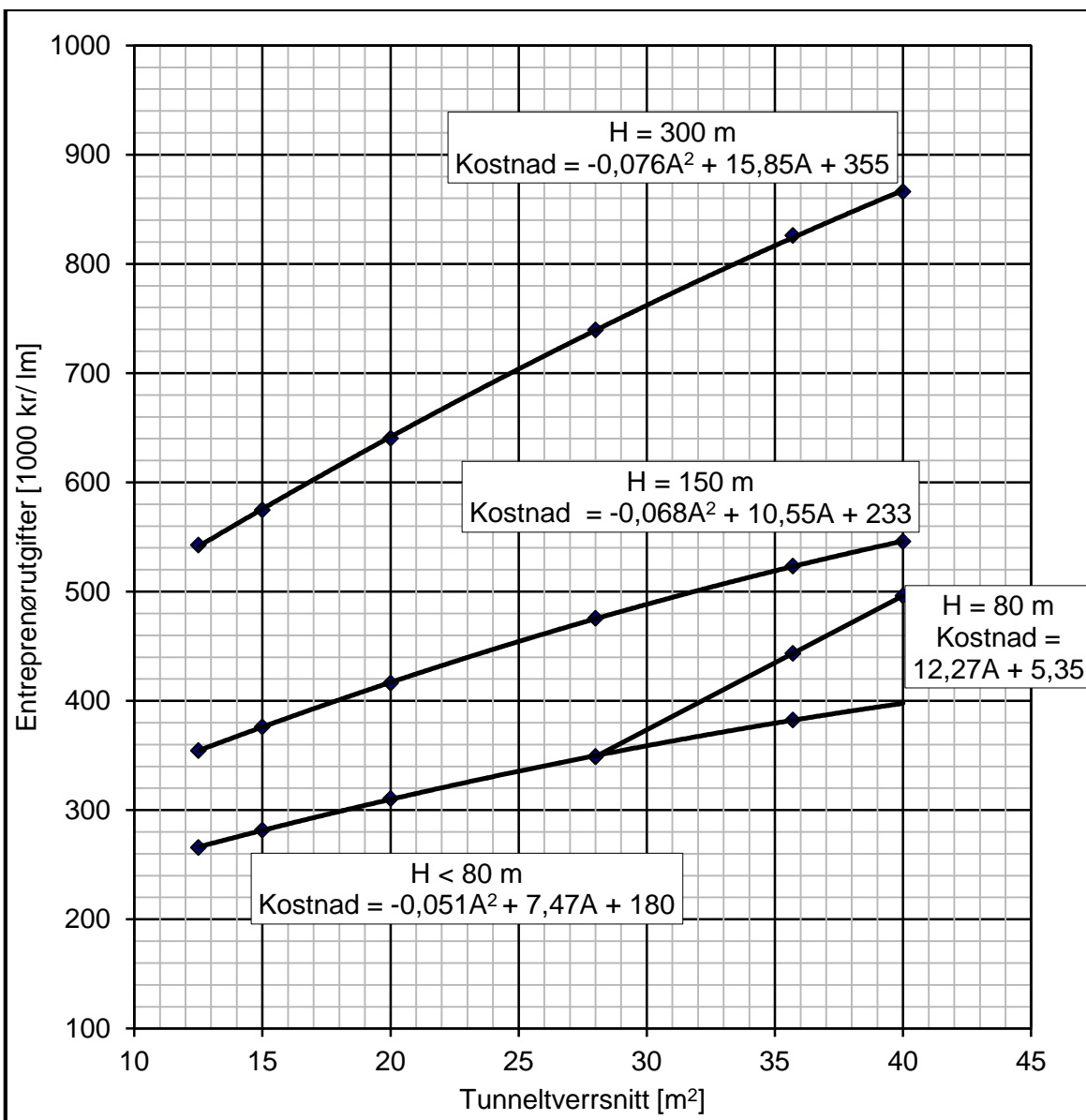
1. Prisnivå januar 2015
2. Kostnadskurven omfatter alle entreprenørutgifter for de bygningsmessige arbeider. Delkostnadene sprengning, betong og skinnegang er angitt uten andel av fellesutgifter og uforutsett. Leverandørkostnadene for stålforingen finnes av egen kurve.
3. Forutsatt fjell av middels borbarehet og sprengbarhet.
4. Forutsatt sjaktlengde $L = 400$ m. Ca. 5% høyere 1m-pris hvis $L = 150$ m eller 700 m
5. Fjellsikring er medtatt med 15 % av utgiftene.
6. Kostnadskurvene omfatter ikke kostnader vedrørende konus, som finnes av egen figur. De øvrige elementer må kostnadsberegnes på eget grunnlag.
7. Diverse og uforutsett er medtatt med 10 %.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

**STÅLFORET TRYKKSJAKT
ENTREPRENØRUTGIFTER**

Fig. 2.7.2
01.01.15



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2015
2. Kostnadskurven omfatter alle entreprenørutgifter for de bygningsmessige arbeider for inntakskonuser til trykksjakter.
3. Kostnadskurvene omfatter ikke sprengningsarbeidene i konusområdet.
4. Kostnadene omfatter ikke evt. forgrening / grenrør.
5. Kurven for H = 80 m er brukket pga. en satt max. tverrsnittsendring for konus.

6. H angir vanntrykket i meter.

Rørtverrsnitt regnet ca. 1/4 av tunnel-tverrsnitt. Konus forutsatt forskallet, men kan være stål.
Kurven gyldig også om røret nedstrøms konusen er frittliggende.
Kurven kan også brukes for lukeinnstøping i tunnel om ikke nøyaktigere beregninger utføres. Se også Fig. 2.5.2.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

INNTAKSKONUSER ENTREPRENØRUTGIFTER

Fig. 2.7.3
01.01.15

2.9 Borede sjakter

2.9.1 Generelt

Entreprenøromkostningene for en sjakt boret ved hjelp av pilothull og opprømming omfatter:

- Transport av utstyr
- Opp- og nedrigging av nødvendig utstyr
- Borekostnader
- Opplasting og transport av borkaks
- Felleskostnader (sentraladministrasjon, fortjeneste m.v.)

Kostnader ved boring av sjakter med pilothull og opprømming er, i likhet med kostnadene for fullprofilboring av tunnel, svært avhengig av bergforholdene. For pilothull/ opprømming er det bergets borbarhet som først og fremst er avgjørende, men også bergets oppsprekking bidrar noe. For at kostnadsberegningene skal bli mest mulig nøyaktige, er det derfor viktig å kjenne bergforholdene på det stedet boringen skal foregå, eventuelt gjennomføre ingeniørgeologiske undersøkelser.

I tillegg til bergforholdene er kostnaden for en sjakt boret ved pilothull og opprømming avhengig av sjaktens tverrsnitt, lengde, helning (dersom helningen er mindre enn 45°) og beliggenhet av arbeidssted. Metoden er i utgangspunktet tenkt for mindre tverrsnitt, i praksis opp til 3,1 m i diameter, og sjakten bør ikke være lengre enn 500-600 m.

Ved behov for stor treffsikkerhet kan styring av pilothullet være aktuelt, men det er dyrere. En metode er å bore hullet først og så logge det for å finne nøyaktig plassering. Driving av tilsluttende tunnel rettes så inn mot hullet.

2.9.2 Kostnadskurve

Kostnadskurven for pilothull/opprømming er satt opp som en funksjon av sjaktens tverrsnitt og bergets borbarhet. Det er videre forutsatt en sjaktlengde på minimum 150 m, og at sjakten har en helning mellom 45° og 90°. Korreksjon for sjaktlengde er gitt i egen figur, mens en for sjakter med helning fra 45° og nedover til 0° kan regne med en jevnt økende kostnad opp til 30 %.

Kostnadskurven er vist i Figur 2.8.1.

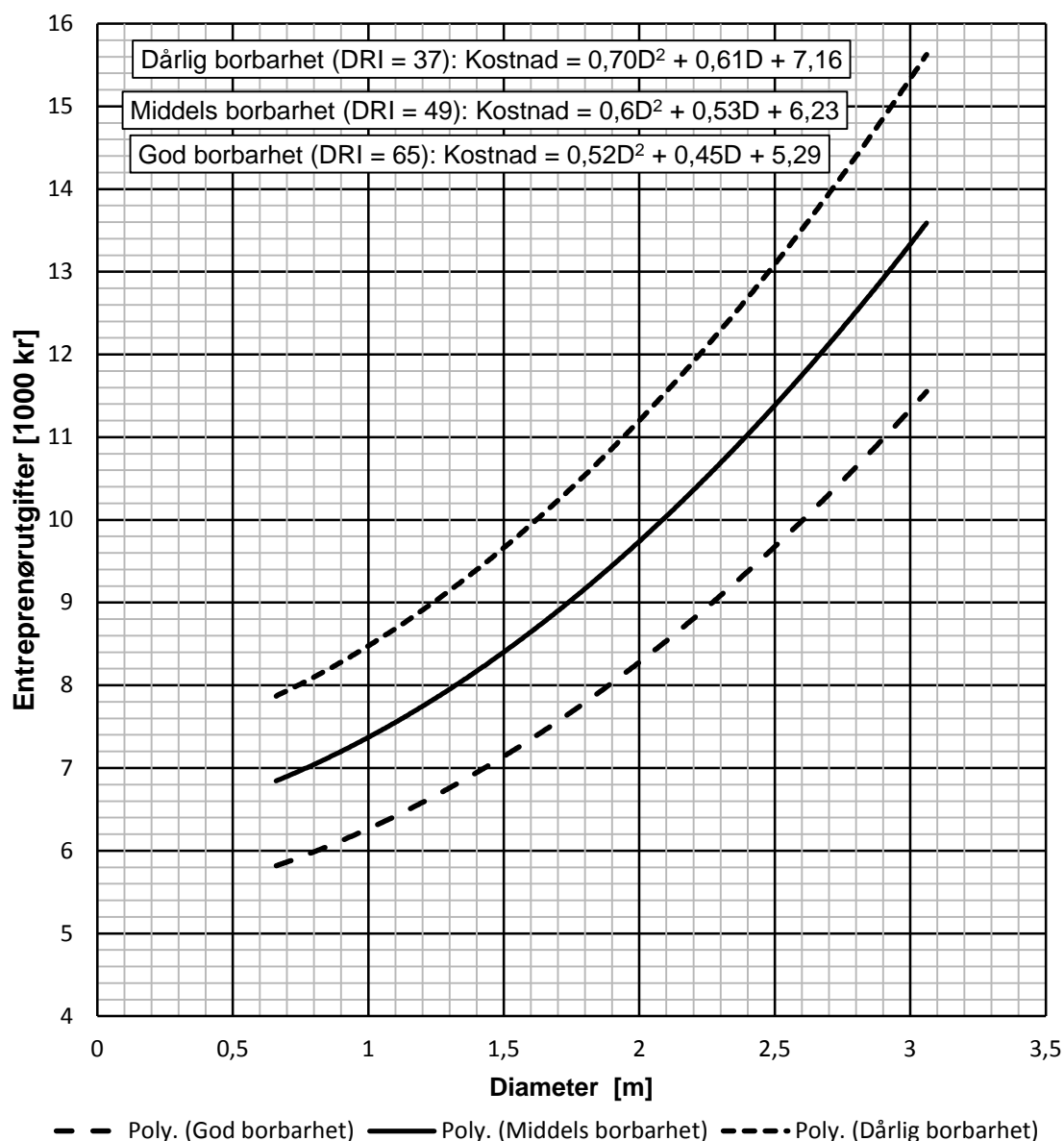
Uforutsette kostnader er ikke inkludert, men de bør settes høyt fordi en erfaringsmessig får en del uforutsette kostnader både i forbindelse med selve boreoperasjonen og fordi arbeidsstedene ofte er vanskelig tilgjengelige og ligger utsatt til ved dårlig vær.

Eventuell veibygging eller helikoptertransport i forbindelse med boring av sjakt er ikke medregnet. Dersom arbeidsstedet ligger spesielt vanskelig til slik at rigg og transportkostnader blir ekstra høye, bør kostnadene økes noe.

2.9.3 Usikkerhet

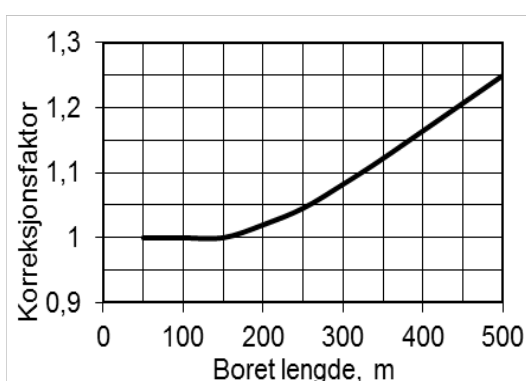
Usikkerheten i kostnadsoverslag basert på dette materialet vil være avhengig av hvor godt man kjenner bergforholdene på det aktuelle stedet. Normalt bør kostnadsoverslaget ligge innenfor $\pm 30\%$.

På grunn av utvikling av metoder og utstyr ligger prisene generelt på samme nivå for boring av sjakter, men forventes å stige framover. Begrensninger i diameter og lengde endres og det er mulig å bore sjakter med diameter opp til 4,0 m. Internasjonalt finnes også utstyr i dag for å kunne bore opptil 1300 m lange sjakter med diametere opp til 6 m.



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2015
2. Forutsatt sjaktlengde: min. 150 m og sjakthelning: 45°- 90°.
Korreksjon for sjakter med helning < 45°: jevnt økende til +30 % med helning på 0°.
3. Transport (vei): Ved veiløs boring kan prisen øke med opp mot 100 %
4. Kostnad for store hull inkluderer prisen for både pilothull og opprømming.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

BORET SJAKT (PILOTHULL/OPPRØMMING) ENTREPRENØRUTGIFTER

Fig. 2.8.1
01.01.15

2.10 Rørgater

2.10.1 Generelt

Rørgater utføres enten i dagen eller nedgravd. Rørgate i tunnel kan enten utføres tilsvarende som rørgate i dagen, eller nedgravd. Rørgater i dagen legges opp på pendelbukker/ glidesadler, med forankringsklosser av betong i knekkpunktene (tradisjonell rørgate). Nedgravde rørgater utføres med nødvendige omfyllingsmasser og forankringsklosser av betong i knekkpunktene. Ved legging av rørgate i/ på fjell, kan deler av forankringen utføres med klamring.

De mest benyttede rørtypene er stålrør, glassfiberarmerte, umettede polyesterrør (GRP-rør), polyetylenrør (PE-rør) og duktile støpejernsrør. Kostnader for disse rørtypene er angitt i kap 4.7 Rør. Trerør og betongrør benyttes også i enkelte tilfeller. Spesielt GRP-rør og duktile støpejernsrør kan legges nedgravd, dersom stedlige forhold tilsier det. Et interessant alternativ til rørgater kan være sjakter boret i berg, og med frittliggende rør i tunnel det siste stykket oppstrøms kraftstasjonen. Det vises til kapittel 2.9 for borede sjakter.

Omkostningene for de bygningsmessige arbeidene i forbindelse med rørgater er sterkt avhengig av terrengforholdene (kupert eller jevnt terreng, fjell eller løsmassefundamentering, evt. løsmassenes bæredyktighet), og om det blir bygget vei både til bunn og topp av rørgaten. Det understrekes derfor at kostnadene man kommer fram til ved herværende hjelpemiddel er rent orienterende, og kostnadene forutsetter gunstige stedlige forhold.

Omkostningene for rørgater kan deles i tre hovedgrupper:

1. Leverandøromkostninger

Finnes i kapittel 4.7 Rør.

2. Entreprenøromkostninger (bygningsmessige arbeider)

Rydding, masseflytting, sprengning i trasé for rør og trallebane. Eventuell bruk av trallebane m/spill og tralle, spillkjører. Forankringsklosser og fundamenter for pendelbukker/ glidesadler, stillaser. Sjauer- og håndlangerhjelp for rørmontasjen. Lokaltransport innen anleggsområdet.

Omtrentlige entreprenørutgifter for rørgate i dagen avleses i Figur 2.9.1.

Omtrentlige entreprenørutgifter for rørgate i tunnel avleses i Figur 2.9.2.

Kostnader for grøfter for nedgravde rør finnes i kapittel 2.10.3.

3. Byggherreomkostninger

Beregnes separat.

2.10.2 Tradisjonell rørgate

Grove omkostningskalkyler for de bygningsmessige arbeider for rørgater er utført basert på forenklete forutsetninger:

1. Rydding i trasé: 55 kr/ lm for lite/stort rør.
2. Masseflytting: 0,5 m dybde som gjennomsnitt over trasélengden.
3. Sprengning: 0,5 m dybde som gjennomsnitt over trasélengden (som er snaut dersom terrenget er kupert).
4. Avstand mellom pendelbukker/ glidesadler: 12 m
5. Avstand mellom forankringsklosser: 90 m i gjennomsnitt (som er langt dersom terrenget er kupert).
6. Forankringsklosser: 40 m³/ stk for lite og 80 m³/ stk for stort rør som gjennomsnitt størrelse.
7. Enhetspriser

Masseflytting	70 kr/m ³
Sprengning	300 kr/m ³
Forskaling	1300 kr/m ²
Armering	19 000 kr/tonn
Betong	3500 kr/m ³

Følgende kommer i tillegg:

- Transport i traséen:
- For vanskelig terreng bør det regnes med 50 % høyere lm-pris
- Diverse og uforutsett: 15 %

Omkostningene for de bygningmessige arbeider (entreprenørutgiftene) avleses av kurven for midlere rørdiameter i kr/lm.

Løpemeterprisen x rørlengden gir påregnelige utgifter inklusive diverse og uforutsett for rørtrasé ved relativt enkle terrengforhold. Ved sterkt kupert terreng i traséen eller hvor en større del av traséen går i løsmasseterreng, bør det beløp som framkommer ved hjelp av kurven gis et skjønnsmessig tillegg, antydningssvis opp til 50 %.

Priser er gitt i prisnivå januar 2015.

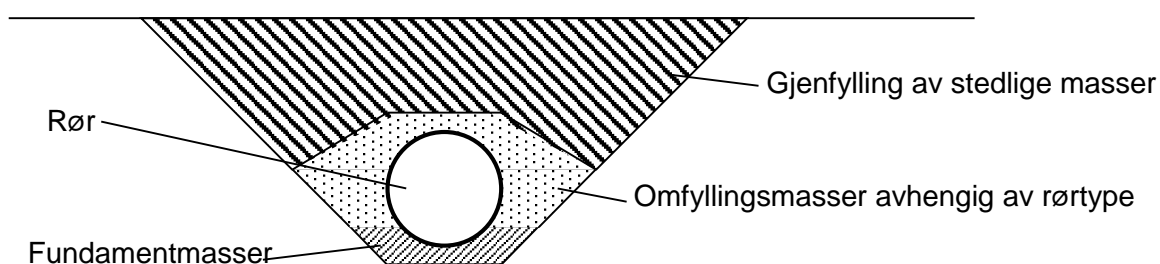
Usikkerhet i kostnadsoverslag + 60 % til - 40 %.

2.10.3 Grøfter

Til bruk i kostnadsberegning for nedgravde rør er det utarbeidet kostnadstabeller for jordgrøfter, fjellgrøfter og kombinerte jord-/fjellgrøfter. Tabellene gjelder rørgrøfter i relativt lett terreng.

For nedgraving er de mest aktuelle rørene GRP-rør og duktile støpejernsrør. Polyetylenrør og betongrør kan også være aktuelle, med da ved lave trykk og i lett terreng.

Typisk grøftesnitt for nedgravd rør kan være som vist i skissen nedenfor.



Helning av grøfteskråningen er satt til 1:1 for jordgrøfter og 5:1 for fjellgrøfter. Bunnbredde av grøft settes lik rørdiameter pluss 1,0 m.

Til bruk for kostnadsberegning for nedgravde rør angis kostnadstall for jord- og fjellgrøfter samt kombinert jord/fjellgrøft.

Kostnadene i tabellene omfatter alle entreprenørkostnader for graving, sprengning og tilbakefylling fra 30 cm over rør. Kostnader til eventuell avstivning av grøftene og forankringsklosser er ikke medtatt.

Omfylling rundt rør er inkludert i prisene, basert på bruk av stedlige masser. Dersom stedlige masser ikke kan benyttes, må det regnes et tillegg på ca. 150 kr/m³ for levering av omfyllingsmassen.

Anleggsvei som må bygges i forbindelse med graving av grøft og legging av rør, er ikke inkludert i prisen, men må regnes separat. Kostnadene med vei kan bli betydelige, spesielt ved terreng brattere enn 1:5.

Kostnaden for kombinerte jord/fjellgrøfter settes lik kostnaden for fjellgrøfter.

For å kunne kostnadsregne rørgrøfter er det nødvendig med en terrengprofil og en grundig vurdering av de stedlige forholdene. Ulendt og/eller bratt terreng og vanskelig adkomst har stor innflytelse for de totale kostnadene.

Ved spesielt ulendt terreng øker prisene fort med opp til 50 % eller mer. Ved bratt terreng kan prisen bli 2-3 ganger prisen for relativt lett terreng.

Usikkerhet i kostnadsangivelse for relativt lett terreng kan settes lik $\pm 30\%$.

Enhetspriser som er benyttet:

- Vegetasjonsrydding	55 kr/m ²
- Graving	85 kr/m ³
- Fjellrensk	100 kr/m ²
- Sprenging	600 kr/m ³
- Omfylling	180 kr/m ³
- Tilbakefylling	140 kr/m ³

Tabell 2.10.3.A. Grøftekostnad (kr/lm). Grøftebredde lik 1,5 m i bunn.

Total grøftedybde:	1,5 m	2,0 m	3,0 m	4,0 m
Jordgrøft	1380	2000	3570	5600
Fjellgrøft eller kombinerte jord/fjellgrøfter	2030	2680	4160	5880

Tabell 2.10.3.B. Grøftekostnad (kr/lm). Grøftebredde lik 2,5 m i bunn

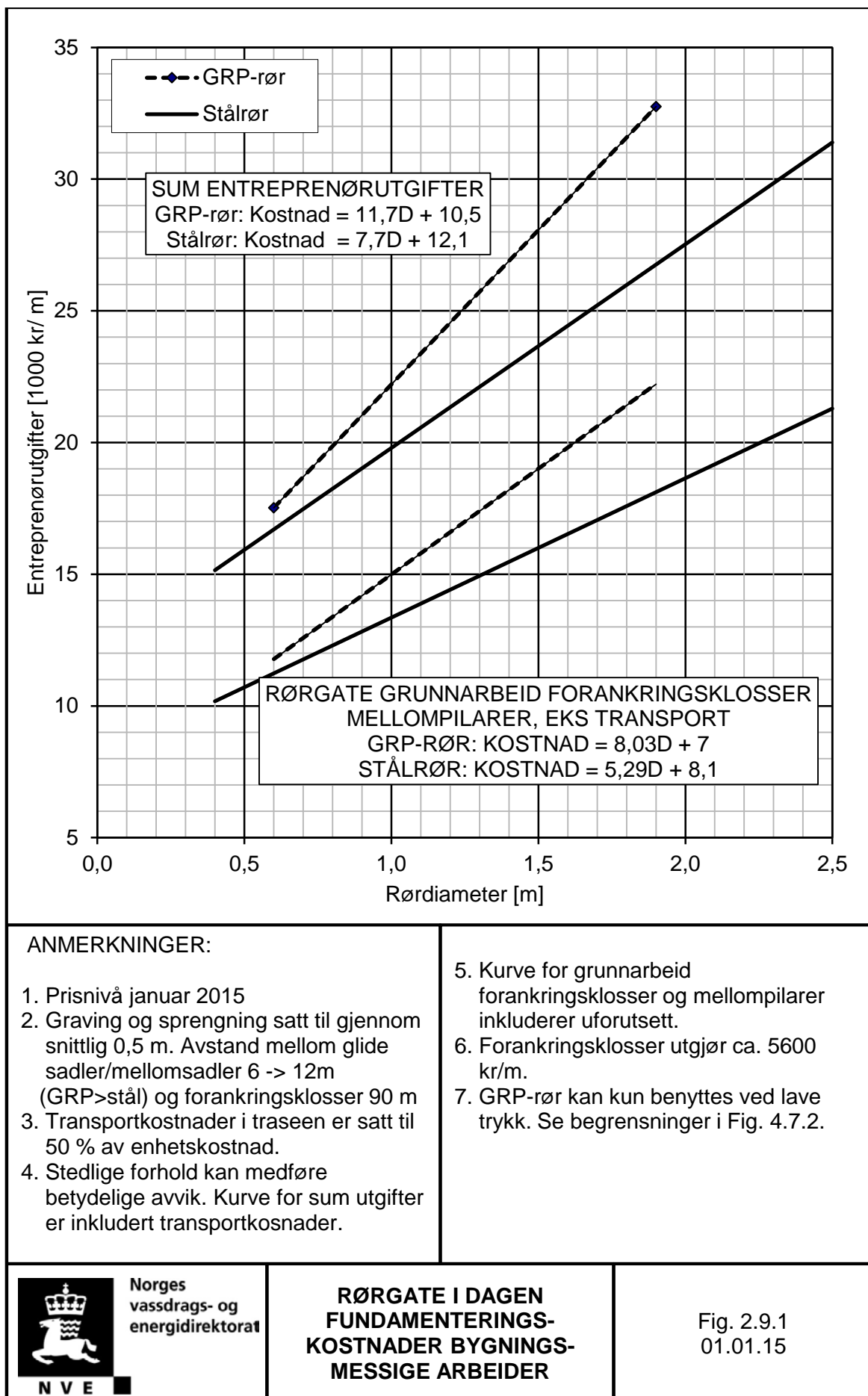
Total grøftedybde:	1,5 m	2,0 m	3,0 m	4,0 m
Jordgrøft	1790	2520	4320	6570
Fjellgrøft eller kombinerte jord/fjellgrøfter	3020	3970	6040	8340

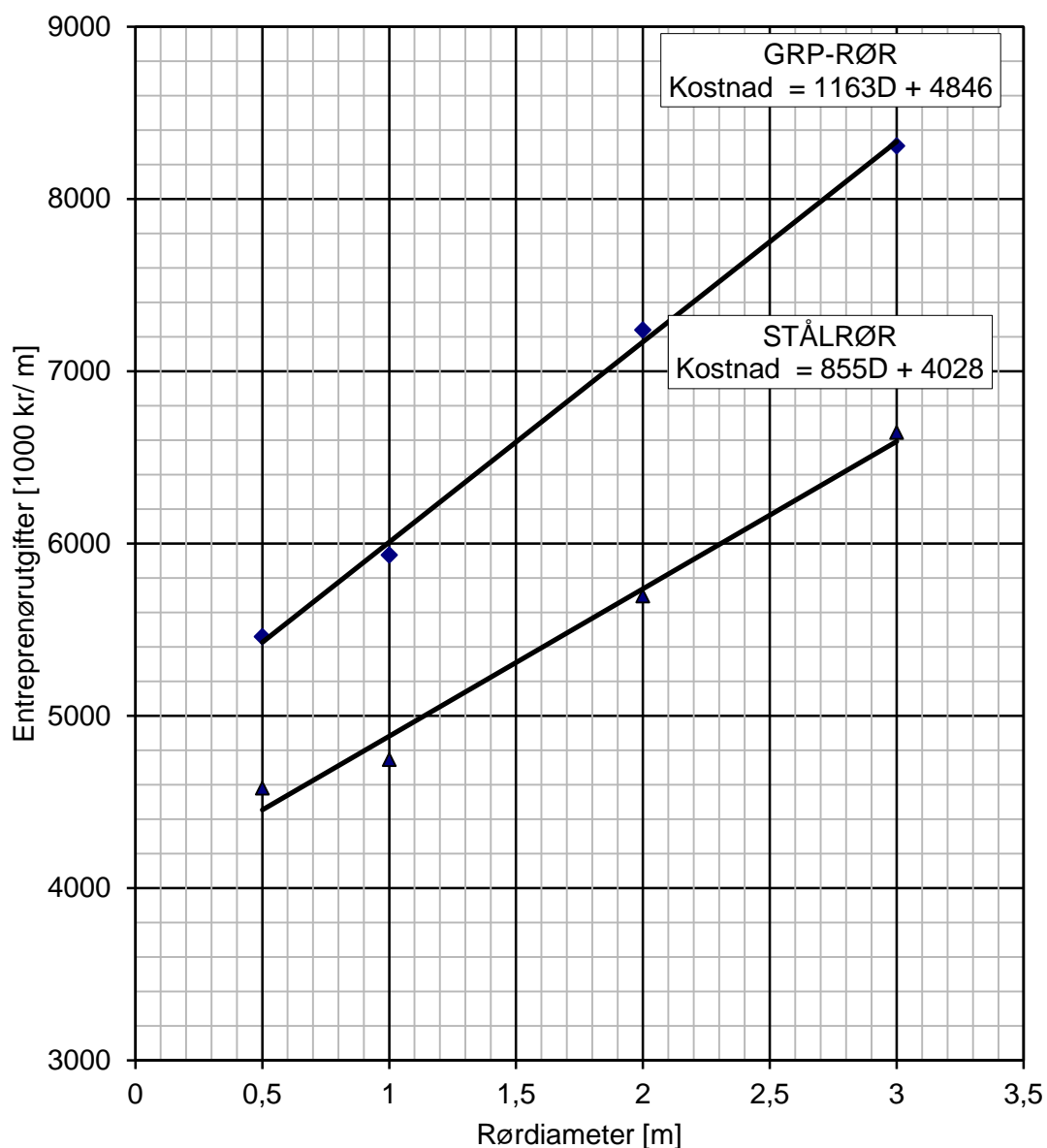
2.10.4 Rørgate i tunnel

Omkostninger for bygningstekniske arbeider for rør lagt i tunnel er vist i Figur 2.9.2. Det er regnet med det samme prisgrunnlaget som i kapittel 2.10.2, tradisjonell rørgate.

For GRP-rør er det regnet med støtte for hver 6. meter, mens det for stålrør er regnet med støtte varierende fra 6 til 12 m avhengig av rørdiameter. I oversikten er det medtatt en enkel bunnrensk av tunnelen og oppbygging av en gang/ kjørebane på den ene siden av røret. Det er også medtatt en enkel drenggrøft i en av tunnelsidene. Selve tunnelen med sikring er ikke medtatt.. Propp i tunnelen der røret starter er heller ikke med, og det vises til Figur 2.5.2 Tverrslagspropper.

Det er forutsatt at røret legges i rettstrekk i tunnelen. For rør med liten diameter vil det uten vesentlig kostnadsøkning kunne anordnes støtte for bendkrefter. For store rør bør det gis et kostnadstillegg ved retningsendringer.





ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2015
2. Kurven viser entreprenørkostnader for rør lagt fritt i tunnel. Klosser, pukk på såle og gangbane er medtatt.
3. For GRP-rør er det regnet med 6 m c/c støtte.
4. For stålrør er det regnet med støtte c/c fra 6 - 12 m avhengig av rørets diameter.
5. Tunnel med sikring og sålerensk er ikke medtatt.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

**RØRGATE I TUNNEL
ENTREPRENØRUTGIFTER
BYGNINGSMESSIGE
ARBEIDER**

Fig. 2.9.2
01.01.15

2.11 Kraftstasjon i berg. Kraftstasjonsområdet

2.11.1 Generelt

Bygningsmessige anleggsomkostninger i kraftstasjonsområdet for anlegg i berg settes sammen av omkostninger for:

- Adkomsttunnel med veibane og eventuell kabelkanal samt eventuelt portalbygg
- Avløpstunnel (U-tunnel) med eventuelt svingekammer
- Eventuelt transformatorrom
- Eventuell kabelsjakt/kabeltunnel
- Eventuelle hjelpetunneler for utsprenning av stasjonshall og avløpstunnel (Hjelpetunnel for driving av trykksjakt/trykktunnel tas med i omkostningsberegningen for trykksjakten)
- Kraftstasjon
- Koblingsanlegg/bryteranlegg (friluftsanlegg)
- Eventuelt eget bygg for kontrollanlegg/verksted/driftssentral/administrasjon

I dette kapittelet er det gitt grunnlag for å omkostningsberegne selve kraftstasjonen og adkomsttunnelen.

Andre kostnadselementer som avløpstunnel og hjelpetunneler for utsprenningen må beregnes separat. Hjelpetunneler og ramper, som i hovedsak er innenfor stasjonshallen, er inkludert i omkostningene angitt i dette kapittelet.

For elektro/mekanisk utrustning vises til separate avsnitt i respektive kapitler.

2.11.2 Kraftstasjon

Formålet med dette kapittelet er å angi en forenklet framgangsmåte som raskt kan gi anslag om påregnelige anleggsomkostninger for en kraftstasjon i berg.

Framgangsmåten er i grove trekk forklart nedenfor. Framgangsmåten bygger på forenklede forutsetninger basert på en forholdsvis grov analyse av en rekke utførte høytrykks kraftstasjoner i berg.

Det understrekes at resultatet man kommer fram til er av orienterende natur, og at det må regnes med at omkostningene for utført anlegg kan vise betydelige avvik fra omkostningsoverslaget utført på forprosjektstadiet ved bruk av herværende hjelpemiddel. Årsakene til dette er flere, men drøftes ikke her i detalj.

2.11.3 Grunnlag og forutsetninger for nye anlegg

Det er i utgangspunktet valgt å knytte anleggsomkostningene (bygningsmessige arbeider) til utsprengt volum i kraftstasjonene. Ut fra en mer detaljert gjennomgåelse av et begrenset antall kraftstasjoner er det utført forenklede omkostningsberegninger basert på følgende vurderte forutsetninger og priser:

- Sprengning: Midlere enhetspris inkl oppl. og transport: 300 kr/m³
- Betongvolum = 20 % av utsprengt volum: 2600 kr/m³
- Armering: 60 kg/m³ betong: 19 000 kr/tonn
- Forskaling: 2,1 m²/m³ betong: 1300 kr/m²
- Sikringsarbeider (berg): 15 % av sprengningsomkostningene.
- Mur- og pussarbeider: 5 % av kostnadene for sprengnings- og betongarbeidene.
- Innredning (gulvbelegg, maling, stål, glass, m.v.): 15 % av omkostningene for sprengnings- og betongarbeidene.
- Uforutsett: 10 % av foran nevnte omkostninger.
- VVS, (ventilasjon, vann og avløp): 3-8 mill. kr for en middels stor stasjon, jf. under.
- Elektriske installasjoner lys og varme etc.: 1-5 mill. kr for en middels stor stasjon.

2.11.3.1 VVS

VVS står for Varme Ventilasjon og Sanitær, hvor sanitær betyr innvendige sanitære installasjoner. VA står for Vann og Avløp (utvendige installasjoner).

Nedenfor er listet opp forhold som influerer på ventilasjonskostnadene.

1. Areal/Volum

Luftmengden for ventilering er proporsjonal med gulvareal, og/eller volum av kraftstasjonen.

2. Varmeavgivelse fra el. komponenter

Fjerning av varmeoverskudd fra elektrisk og mekanisk utstyr er dimensjonerende for luftmengden og deretter størrelse på ventilasjonsanlegget. Dersom varmelasten i rommet er så stor at luftkjøling krever uforholdsmessig store luftmengder, skal lokalkjøling ved hjelp av kjølemaskiner installeres. Lokalkjøling baseres oftest på isvannsmaskiner som henter vann fra hovedkjølesystemet til kraftverket. Denne installasjonen gir en kostnad, men løsningen gjør det samtidig mulig å minske omfanget av ventilasjonsanlegget. Ventilasjonsanlegget kan da kun ha som mål å grunnventilere, og alle komponenter; elektriske batterier, vifter etc. får mindre kapasitet.

3. Beredskapsklasse

Dersom kraftverket er i Beredskapsklasse 3, og kjøleanlegget for luft er vurdert som kritisk for drift av kraftverket, skal kjøleanlegget designes fullstendig redundant (dobbel sett av kritiske komponenter). Dette gjelder for både mekaniske komponenter, automatikk og kabling.

4. Brannseksjonering

For å hindre brannspredning er det tilstrekkelig å brannisolere ventilasjonskanalene på begge sider av brannskillet. Dette er gunstig

kostnadmessig. Dersom man også ønsker å hindre røykspredning, må røykspjeld installeres. Dette krever også elektrisk oppkobling til brannalarmsentralen.

5. Lengde adkomsttunnel

Installasjon av hovedinntakskanal i adkomsttunnel gir følgende fordeler:

- Tilførsel av frisk luft til kraftverket uten forurensning fra trafikk i adkomsttunnel
- Bedre kontroll på temperatur og fuktighet av tilluften (vanninntrenging i tunnelen)
- Mulighet for ventilering av adkomsttunnel ved evakuering

Lengde på adkomsttunnelen er utslagsgivende for kostnad for en slik kanal.

6. Ventilering av trafoceller

Trafoceller skal være sjokksikre og krever normalt sjokkspjeld på ventilasjonsåpninger. Disse spjeldene er svært kostbare. Ved oljefylte trafoer som kjøles med vann, er transformortemperatur uavhengig av romtemperaturen. Dersom man kan tillate en høy temperatur i traforommet, kan ventilasjonskjøleluftmengden reduseres så langt ned at man unngår installasjon av sjokkspjeld. Det vil redusere kostnadene tilknyttet ventilasjon/kjøling.

7. Automatisering av anlegget

Erfaring viser at posten for automatikk av VVS-anlegget har blitt betraktelig dyrere de siste årene. Styring av ventilasjonsanlegget og kjøleanlegget har blitt mer og mer komplisert for å møte krav til omgivelsestemperatur og fuktighet satt av elektrokomponenter. Mange el./data komponenter setter krav til maksimum omgivelsestemperatur samtidig som komponenter avgir mer og mer varme. Overskridelse av temperatur i rommet kan føre til tap av garanti.

8. Kostnadsestimat anlegg

Normal ventilasjonsmengde i et kraftverk pr. time er $4 \text{ m}^3/\text{m}^2$.

- For kraftverk i dagen vil typisk kostnad for ventilasjonsanlegget være 150 kr/ m^3 behandlet ventilasjonsluft.
- For kraftstasjon i berg vil typisk kostnad for ventilasjonsanlegget være 200 kr/ m^3 behandlet ventilasjonsluft. Dette skyldes behovet for å få ventilasjonsluften inn og ut av berganlegget.

Ved ekstra stor varmeavgivelser fra utstyr i kraftstasjonen vil kostnadene øke grunnet behov for lokal kjøling.

Kostnaden vil da typisk bli:

- For kraftstasjon i dagen vil typisk kostnad for ventilasjonsanlegget være 200 kr/ m^3 behandlet ventilasjonsluft.
- For kraftstasjon i berg vil typisk kostnad for ventilasjonsanlegget være 275 kr/ m^3 behandlet ventilasjonsluft.

For anlegg med Francisturbiner benyttes ventilasjonskanal i adkomsttunnelen for tilførsel av friskluft til kraftverket. For anlegg med Peltonturbiner tilføres ofte friskluften via utløpstunnelen over vannspeilet uten egen ventilasjonskanal.

- Kostnad for tilførselskanal er ca. 1500 kr/løpemeter kanal

Lengden på adkomsttunnelen vil derfor øke kostnadene til ventilasjonsanlegget tilsvarende.

Typisk total kostnad for ventilasjons- og kjøleanlegg i kraftstasjoner er:

- Kraftstasjoner i dagen (småkraftverk): 1-3 MNOK
- Kraftstasjoner i berg og større kraftstasjoner i dagen: 3-8 MNOK

2.11.3.2 Grunnlag, forutsetninger ved utvidelse av kraftstasjoner

I forbindelse med kapasitetsøkning i et kraftverk kan det være aktuelt å utvide selve kraftstasjonen. Det må i det enkelte tilfelle vurderes om driften av eksisterende stasjon kan stanses over lengre tid.

Kun et fåtall stasjoner er bygget med tanke på utvidelse, og da er det som regel ferdig utsprenget volum for det antallet aggregater som utvidelsen skal representere, og det vil bli stilt strenge krav i forbindelse med slike arbeider.

En forlengelse av en stasjon i drift uten forberedelser vil ikke være akseptabelt grunnet sprengningsrystelser, støvplager og andre anleggsmessige ulemper gjennom stasjonen. Det man da må vurdere er om det er mulig å bygge en ny stasjon med en ny adkomsttunnel som eventuelt kan være en avgreining fra eksisterende adkomsttunnel. Maskinteknisk utstyr i eksisterende stasjon må vurderes mot sprengningsrystelser, og sprengningsarbeidene må planlegges i henhold til rystelseskravene.

Omkostningene beregnes i henhold til ny stasjon med unntak for sprengningsarbeider som beregnes etter en midlere sprengningspris på 400 – 500 kr/m³.

2.11.3.3 Volumbehov og sprengningsbehov

Volumbehovet i en kraftstasjon er påvirket av en rekke parametre som dels er objektive (teknisk basert) og dels er subjektive (byggherrens ønsker, planleggerens meninger etc.). Volumbehovet har trolig også endret seg over tid.

For å søke å kartlegge sammenhengen mellom på den ene side aggregatantall og størrelse, og på den annen side utspenget volum i kraftstasjonen for ulike turbintyper, er dette plottet opp for eksisterende kraftstasjoner på figu 2.10.1, figur 2.10.2 og figur 2.10.3.

Av diagrammene ses at det er betydelig spredning i volum sammenholdt med installasjon.

Til tross for den betydelige spredning i volum har man våget å uttrykke rombehovet i en enkel formel med netto fallhøyde, total maks vannføring for stasjonen og antall aggregater som parametre.

En orientering om utspenget volum for kraftstasjoner i berg fås ved beregning etter følgende formel:

$$\text{Sprengningsvolum } V = 78 \times H^{0,5} \times Q^{0,7} \times n^{0,1}$$

- V = utsprengt volum, m³
H = netto fallhøyde, m
Q = total maks vannføring, m³/s
n = antall aggregater

Anslag etter denne formel vil være svært omtrentlig og det anbefales derfor at det for det enkelte anlegg skisseres et arrangement som benyttes som grunnlag for beregning av utsprengt volum.

2.11.3.4 Påregnelige anleggsomkostninger

Orienterende anslag over påregnelige anleggsomkostninger (byggentreprenøren) eksklusive byggherreutgifter for kraftstasjon i berg kan fås ved i rekkefølge å:

1. Kalkulere stasjonens installasjon [$N = 8,5 \times Q \times H_n$ (kW)] og velge aggregatantall og -type.
2. Forhåndsdimensjonere kraftstasjonen ved forprosjekt slik at utsprengt volum kan kalkuleres. For en grovere orientering kan sprenningsvolumet beregnes på grunnlag av formelen ovenfor.
3. Total enhetspris for de totale bygningsmessige entreprenørutgiftene kan settes lik 2500 kr/m³ for små stasjoner og 2250 kr/m³ for større stasjoner. Prisnivå januar 2015.

2.11.3.5 Usikkerhet i omkostningsberegningene

Kostnadsoverslag basert på individuell forprosjektdimensjonering og total enhetspris:
- 30 % til + 70 %.

Kostnadsoverslag basert på gitte kurver for volum og kostnad: - 50 % til + 100 %.

2.11.4 Adkomsttunneler

Adkomsttunnelene består i hovedsak av selve tunnelen med kontinuerlig sikret heng, kjørbart dekke, drenasje, lys, kabelgrøft og eventuelle bygningsmessige installasjoner til f.eks. ventilasjon.

Adkomsttunnelenes tverrsnitt vil variere sterkt. Absolutt minste tverrsnitt kan anslås til 18 m², men normalt vil tverrsnittet være i størrelsesorden 30-40 m². Det vil være størrelsen på det maskinelle utstyret som skal monteres inne i kraftstasjonen som vil være dimensjonerende for tunneltverrsnittet. For Francisturbiner er det normalt transformatoren som vil bestemme høyden i tunnelen. Likeledes vil det være turbintrommen som vil bestemme den permanente bredden i adkomsttunnelen.

Portalen eller inngangspartiet til kraftstasjonen vil generelt variere både i størrelse og i utførelse. Portalen kan bl.a. bygges sammen med andre bygningsmessige funksjoner som kontorer, møterom, garderober, dusj og vaskeanlegg etc. Portalen er ikke med i kostnadskurvene i Figur 2.10.4.

Ventilasjon tilknyttet kraftstasjonen kan prosjekteres enten gjennom en eventuell rømningssjakt/kabelsjakt eller i forbindelse med adkomsttunnelen. Det vil i det siste tilfellet være flere mulige løsninger. En kombinert løsning sammen med f.eks. kabelføring er en aktuell løsning. Et annet alternativ er enkel opphenging av ventilasjonsrørene i hengen. Kostnadene tilknyttet ventilasjon er meget varierende, avhengig av valg (eventuelt pålegg) av løsningsalternativ, og er således ikke inkludert i kostnadskurvene.

Kabler legges ofte i kabelkulvert lagt som fortauet i adkomsttunnelen. Dette er en enklere og billigere løsning som grovt er kostnadsberegnet til 4000 kr/lm. Kraftkablene og andre strømførende kabler legges i kanalen mens signalkabler legges på kabelbro i heng eller langs vegg. Normalt vil det i tillegg i eget kabelrør legges kommunikasjonskabler til redningsrom og eventuelt andre nødsamband.

I Figur 2.10.4 er det grovt skjematisert en kostnadskurve for adkomsttunneler. Det er viktig å merke at dette kun er et anslag, da prisen i stor grad er avhengig av innredning. Det er angitt en kurve for totalpris og tunneldrift på moderat stigning, og en kurve for totalpris for tunneldrift på moderat synk (slakere enn 1:10). I kostnadskurven for tunneldrift på synk er det lagt til en tilleggskostnad på 4,2 % av grunnprisen. Følgende forutsetninger inngår i kostnadskurvene:

1. Grunnpris

- a) Tunnellengde 3 km (korreksjon for avvik i forhold til egen figur).
- b) Kontursprengning, hullavstand 0,7 m.
- c) Transportlengde totalt 600 m fra tunnelmunning til tipp.
- d) Middels sprengbarhet og borbarhet (DRI = 49). Korreksjon for tungsprengt eller tungboret berg maksimalt 5 % for mindre tverrsnitt og 10 % for større tverrsnitt.
- e) Tunnelen er drevet på moderat stigning (3 - 6 ‰). Korreksjon for driving på moderat synk og mindre vanninntrengning er satt til 5 %.

2. Sikring

Sikringen vil være delt mellom stuffsikring og bakstuffsikring, og vil bestå av ekstra rensk, bolting, sprøytebetong og utstøpning. Tillegg for sikring er beregnet etter 35 % av grunnprisen for mindre tunneltverrsnitt, og 50 % av grunnprisen for større tunneltverrsnitt siden disse tunnelene sikres hele veien med sprøytebetong. Dette gjenspeiler gunstige forhold.

3. Lys

Lysarmaturer og andre installasjoner er kostnadsberegnet til 240 kr/lm tunnel, hvilket gir en meget enkel men likevel akseptabel løsning.

4. Kjøredekke

Et fullt oppbygget kjørbart asfaltdekke er inkludert i kostnadskurvene med 700 kr/lm.

5. Drenasje

Dobbelsidig drenasjegrøft med drensledning er inkludert i kostnadskurvene med 650 kr/lm for begge sider.

6. Diverse, uforutsett

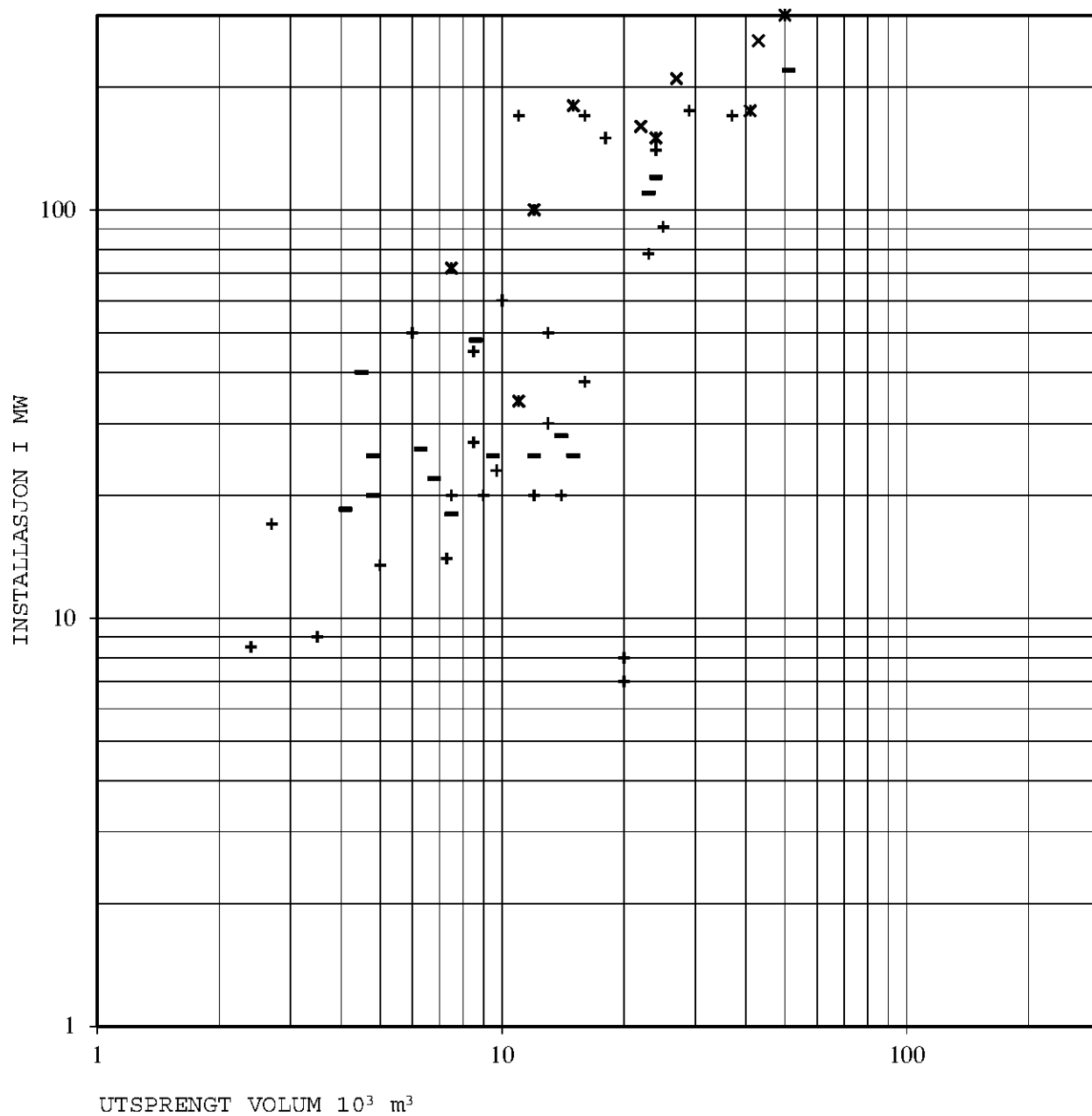
Inngår i kurvene med 10 % av grunnpris + sikringsarbeider (1+2).

7. Prisnivå

Kostnadene er gitt i prisnivå januar 2015.

8. Usikkerhet

Usikkerhet i kostnadene kan settes lik $\pm 30 \%$.



ANMERKNINGER:

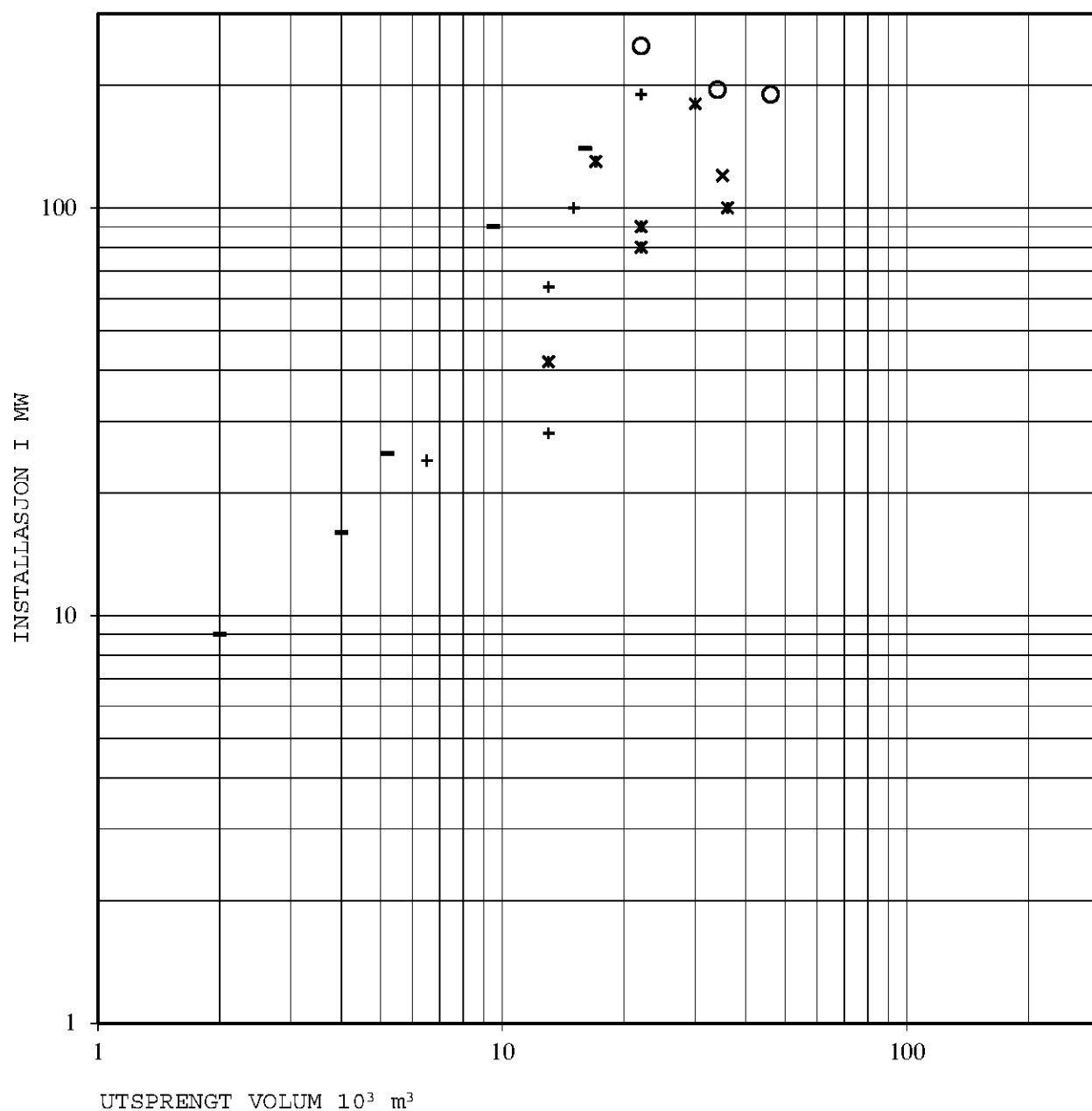
- 1 aggregat
- + 2 aggregat
- * 3 aggregat
- x 4 aggregat



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FRANCIS AGGREGAT
SPRENGNINGSVOLUM MOT YTELSE

Fig. 2.10.1
01.01.15



ANMERKNINGER:

- 1 aggregat
- + 2 aggregat
- * 3 aggregat
- x 4 aggregat
- o over 4 aggregat

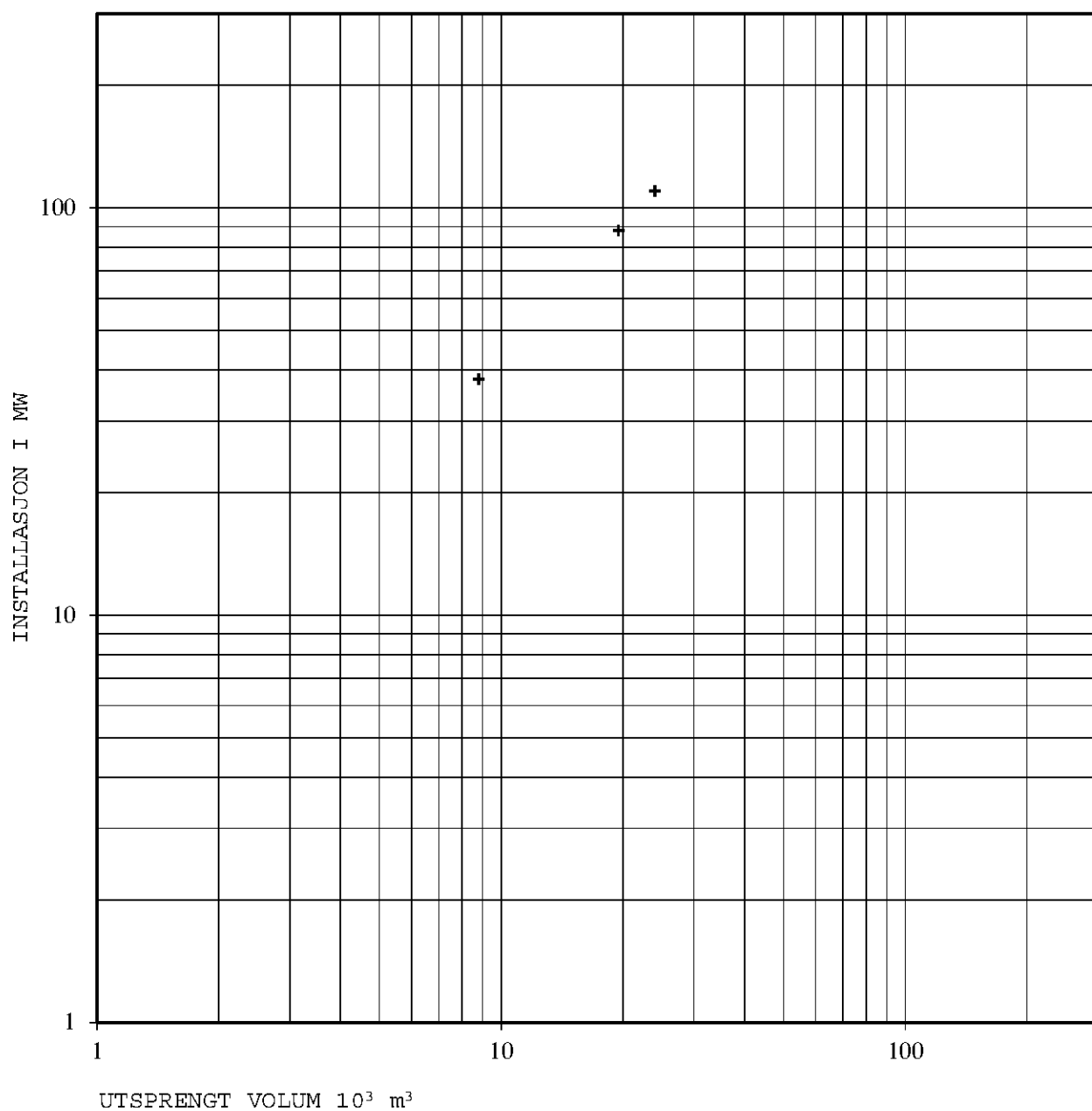


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

NVE

PELTON AGGREGAT
SPRENGNINGSVOLUM MOT YTELSE

Fig. 2.10.2
01.01.15



ANMERKNINGER:

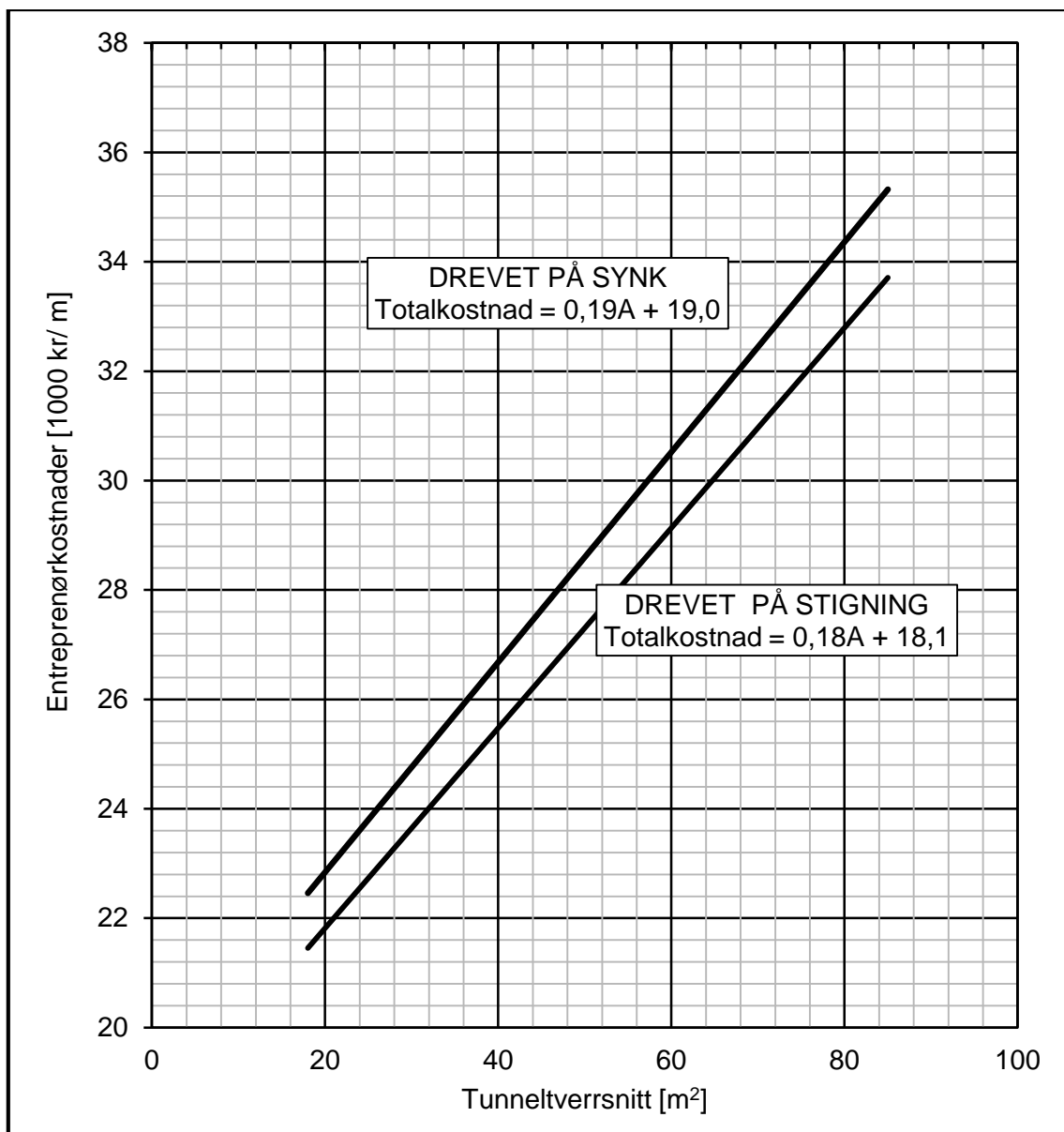
+ 2 aggregat



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

KAPLAN AGGREGAT
SPRENGNINGSVOLUM MOT YTELSE

Fig. 2.10.3
01.01.15



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2015
2. Forutsatt fjell av middels borbarhet.
3. Avstand påhugg-tipp: 600m.
4. Sikringsarbeider inkludert (sprutbetong hele veien).
5. Diverse og uforutsett er inkludert med 10 % av grunnpris og sikring.
6. Kabelkanal i betong lagt som fortau er inkludert.
7. Merk at pris er svært avhengig av innredning.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

**ADKOMSTTUNNEL
ENTREPRENØRUTGIFTER**

Fig. 2.10.4
01.01.15

2.12 Kraftstasjon i dagen

2.12.1 Gjennomsnittlig påregnelige kostnader og usikkerhet

Kapitlet gir grunnlag for beregning av gjennomsnittlig påregnelige kostnader for de bygningsmessige arbeider for kraftstasjon i dagen.

Omkostningene for kraftstasjoner i dagen er i all hovedsak basert på erfaringstall. Det understrekes at disse erfaringstall spriker mye. Dette fordi det er stor forskjell på kraftstasjoner både av hensyn til beliggenhet, størrelse og generell bygningsmessig standard.

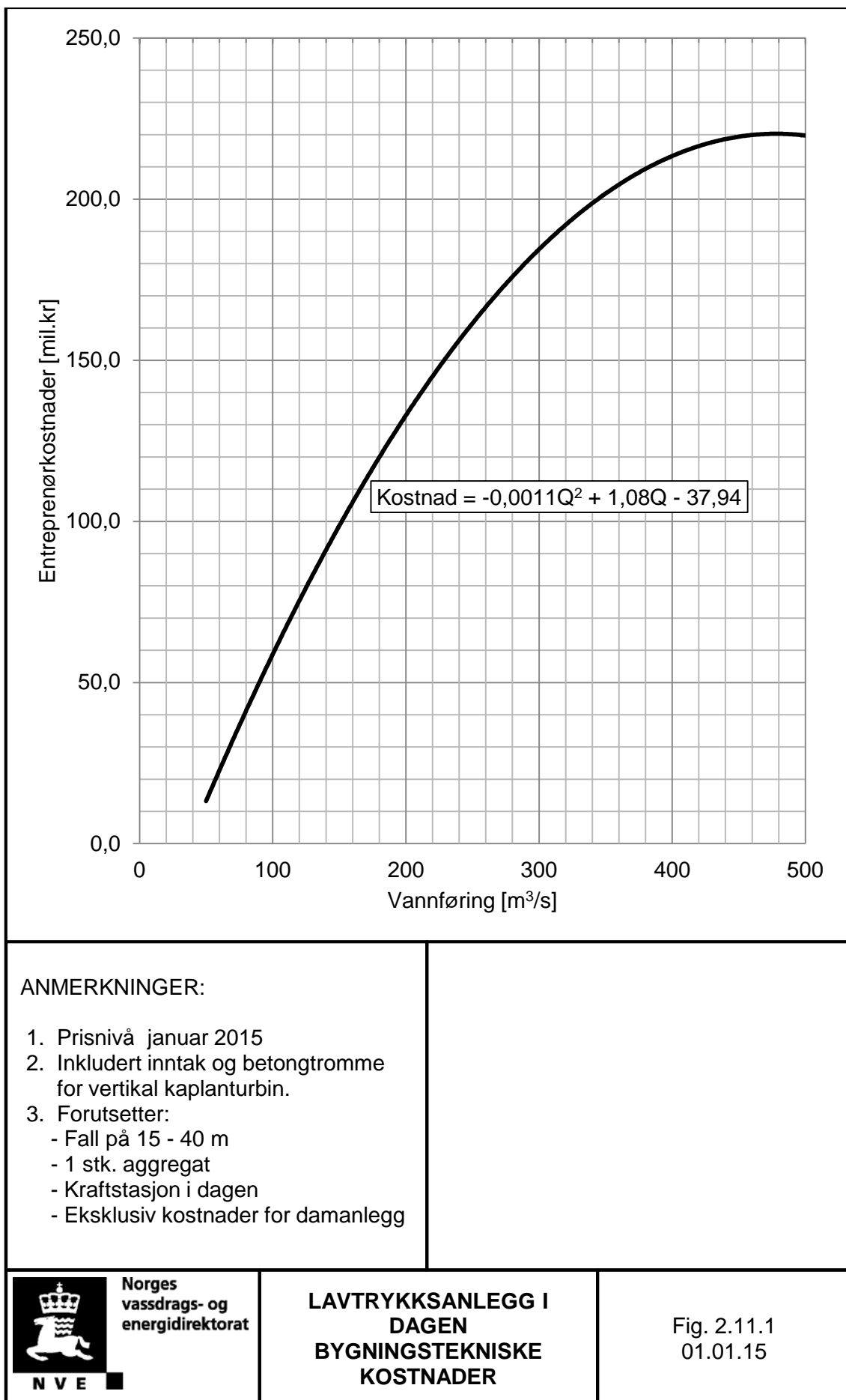
For Figur 2.11.1 er det tatt utgangspunkt i kraftstasjoner med ett Kaplanaggregat. Fallhøyde vil være i området 10 – 30 m. Slukeevnen er bestemmende for de bygningstekniske kostnader for slike anlegg i mye større grad enn ytelse i MW, ettersom trykket spiller liten rolle for de bygningstekniske konstruksjonene. Det er inkludert en kort tilløps- og avløpskanal. Eventuelle tillegg for fangdammer damkonstruksjoner etc. er ikke medtatt.

2.12.2 Kostnadselementer

Prisgrunnlaget omfatter entreprenørens utgifter ved de bygningsmessige arbeider.

Grovt sett er følgende enhetspriser lagt til grunn i kalkulasjonen:

-	Masseflytting	110 kr/m ³
-	Sprengning, opplasting og transport	350 kr/m ³
-	Forskaling	1300 kr/m ²
-	Armering	19 000 kr/tonn
-	Betong	2400 kr/m ³
-	Innredning etc. (av poster over)	20 %



2.13 Transportanlegg

2.13.1 Anleggsveier

Som grunnlag for beregning av kostnader for bygging av anleggsveier er det benyttet erfaringstall fra ulike vannkraftanlegg.

Kostnadene vil variere mye avhengig av topografi og tilgjengelighet av masser samt standard på anleggsveien.

Det er forutsatt at opparbeidet anleggsvei holder en standard tilsvarende skogsbilvei klasse 3.

Kostnadene omfatter ferdig opparbeidet vei med planlegging, utstikking, graving, sprenging, stikkrenner, utlegging av bærelag og oppgrusing. Omfanget av de enkelte delene som f.eks. sprenging og tilkjøring av masser vil ha stor innvirkning på prisen.

Kostnader for ferdig opparbeidet anleggsvei:

Anleggsvei i lett terreng: 1000 kr/løpemeter vei.

Anleggsvei i moderat terreng: 1500 kr/løpemeter vei.

Anleggsvei i vanskelig terreng: 3000 kr/løpemeter vei.

Broer er ikke medregnet i disse kostnadene. Kostnaden for normale, mindre broer (spennvidde opp til 6 m) kan settes lik 25 000 kr/m² kjørebane (broflate).

Årlige vedlikeholdskostnader for anleggsveier under anleggets drift kan settes lik 10-15 % av byggekostnadene.

Usikkerheten i kostnadsoverslaget bør settes fra - 50 % til + 100 %.

2.13.2 Betongtransport på vei

Inkludert i de normale betongkostnadene er transport fra blandeverk til støpested innen en avstand lik 5 km.

Ellers kan følgende betraktes som et forslag til betongtransportpriser:

Kjørelengde [km]	Pris per m ³ [kr]
0,5	25
1,0	35
5,0	60
10,0	70

2.13.3 Transportpriser for helikopter

Utgifter til helikoptertransport vil variere med en rekke forskjellige forhold og bruk av helikopter må vurderes nøye.

I det følgende er det oppgitt både gjennomsnittskostnader og en del nøkkeldata slik at kostnadene kan beregnes på et felles grunnlag der en kjenner anleggsforholdene mer i detalj.

De angitte kostnadene er totale kostnader som påløper pga. helikoptertransport.

Tabell 2.13.3.A. Betongtransport m/helikopter. Gjennomsnittlig transportkapasitet

Avstand i km (en vei)	Transportvolum, m ³ betong/ time	
	Helikopter med lasteevne ca. 3 tonn	Helikopter med lasteevne ca. 1 tonn
1	12	6,5
5	7,5	3,1
10	4,0	1,7
15	3,0	1,3

Tabell 2.13.3.B. Helikopter flytider

T/R-tider ved normale transportforhold

Avstand i km (en vei)	Normal last (min.)	Betongtransport (min.)	Brakketransport (min.)
1	3	4	6
5	7	8	10

Ved lengre avstander økes flytiden med 1 min/km.

Høydedifferanse inntil 15 % av avstand er inkludert i tabellen. Ved større høydedifferanser kan flytid beregnes ved å legge 0,5 km til avstand pr. ekstra 100 m høyde.

Arbeider som utføres med bruk av helikopter vil normalt bli betydelig dyrere. Avsides beliggenhet med transport av både mannskap og materialer med helikopter gir høye

enhetspriser. Prisene øker normalt vesentlig mer enn transportprisen oppgitt av helikopterselskapet.

Pris for et transportoppdrag fremkommer som sum av pris for flygning tur/retur helikopterbasen og utgangspunktet for oppdraget, pluss flygninger innen anleggsområdet. Hastigheten ved langdistanseflyging uten last kan settes til 200 km/t. Ved flyging med betong kan hastigheten settes til 60 km/t.

Det benyttes normalt helikopter med lasteevne fra ca. 1 tonn til 3 tonn. De forskjellige selskaper tilbyr forskjellige maskiner fra forskjellige baser. Det er også flere typer maskiner som tilbys med lastekapasitet mellom de som er angitt her. Generelt blir prisen pr. tonn relativt lik uansett valg av maskin.

Det foreslås benyttet følgende enhetspriser for slike arbeider:

- Forskaling 2000 kr/m³
- Armering 30 kr/kg
- Betong 9000 kr/m³

Priser på ren helikoptertransport som oppgitt av helikopterselskap uten entreprenørens påslag er gitt i tabellen nedenfor. Prisen angis i kr pr. time effektiv flytid og er i prinsippet lik for tilflygning og for flygning innen anleggsområdet. Ofte vil det være mulig å oppnå rabatt på tilflygningen.

Tabell 2.13.3.C. Helikopterleiekostnad

Type	Leiekostnad kr/ driftstime	Lastekapasitet
Liten maskin	15 000	ca 1,0 t
Stor maskin	55 000	ca 3,0 t

2.14 Kanaler

2.14.1 Generelt

Kanaler benyttes normalt der det ikke ligger til rette for tunneldrift. Det benyttes kanaler både i fjell og i løsmasser samt også i kombinasjon fjell/løsmasser. Det er i liten grad benyttet kanaler i større omfang ved norske kraftanlegg.

Avgjørende for om kanal er et aktuelt alternativ vil være kanalenes totale dybde fra terrengoverflate til bunn. For kanaler i løsmasse hvor det forsiktig er regnet med kanalskråninger med helning 1:2 vil kanalbredden fort bli betydelig dersom kanalen er dyp. I fjell hvor det er regnet med steile (5:1) sider får dybden liten betydning for bredden. For kanaler i løsmasse kan sideskråningen strammes opp, men dette kan føre til økte krav til plastring.

For kanaler i løsmasser vil vannhastighet og krav til plastring være av betydning for utførelsen. Her er det forutsatt en 0,5 m tykk plastring i hele kanalen, dvs. både bunn og sideskråninger.

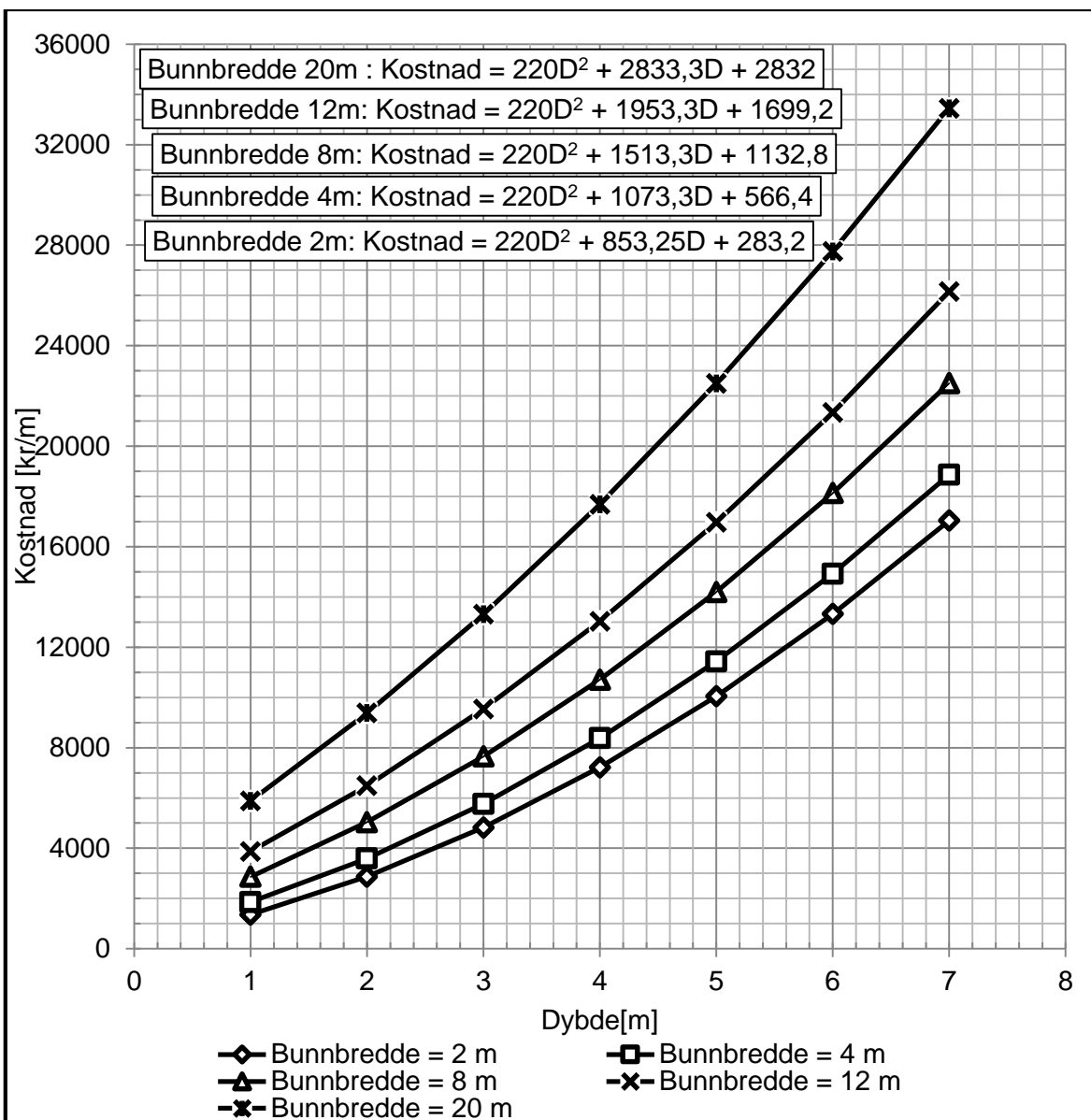
For kanaler i fjell er det i praksis ingen begrensning på hastigheten. Av hensyn til falltapet når kanalen er en del av vannveien til et kraftverk, bør imidlertid kanalen dimensjoneres slik at hastigheten blir liggende i området 1,0-1,5 m/s.

Priser på kanaler vil i stor grad være avhengig av kanalens størrelse og entreprenørens muligheter til å få en rasjonell produksjon. Det er her regnet med priser for utførelse av et større kanalanlegg med tipp i rimelig nærhet.

Følgende priser er benyttet:

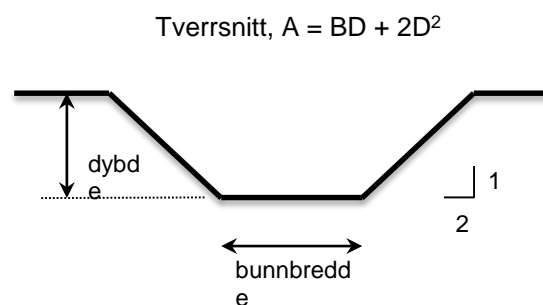
-	Masseflytting	110 kr/m ³
-	Sprengning, opplasting og transport	350 kr/m ³
-	Plastring	160 kr/m ²

Figurene 2.13.1 og 2.13.2 viser priser pr. m for kanaler med forskjellig bunnbredde og dybde målt fra terrengoverflaten. For kanaler i fjell er det regnet med sideskråninger 5:1 og for løsmassekanaler sideskråninger 1:2.



ANMERKNINGER:

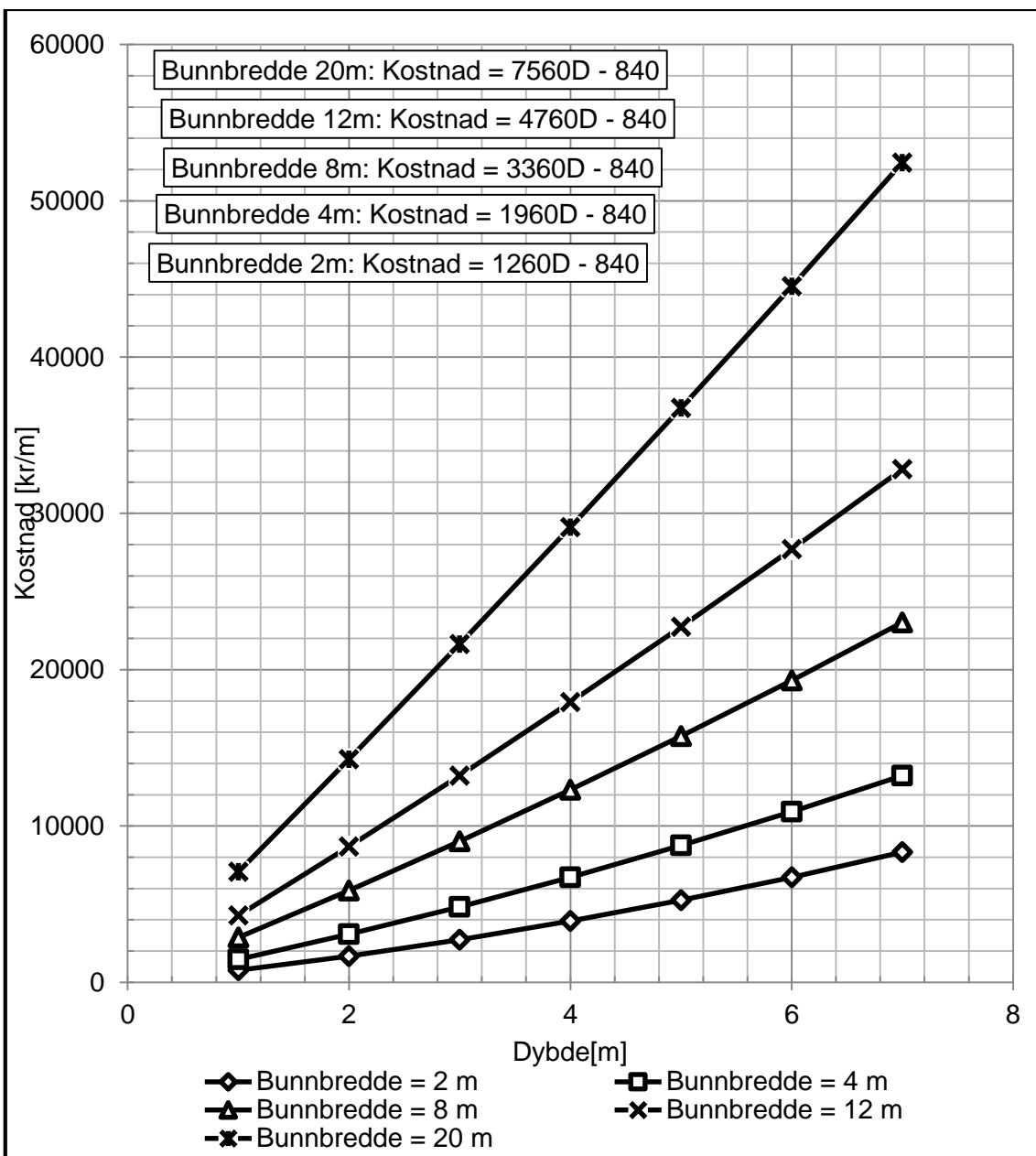
1. Prisnivå januar 2015.
2. Inkludert enkel plastring av bunn og sideskråning med et 0,5 m tykt lag plastringsstein.
3. Forutsetter sideskråninger 1:2.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

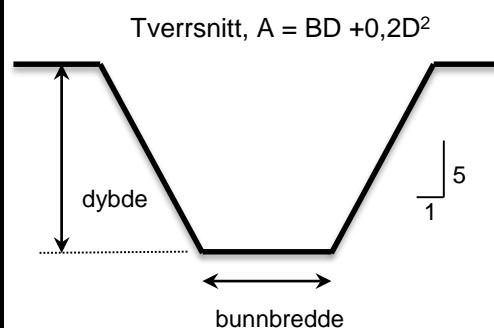
KANAL I LØSMASSE ENTREPRENØRUTGIFTER

Fig. 2.13.1
01.01.15



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2015.
2. Forutsetter sideskråninger 5:1



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

KANAL I FJELL ENTREPRENØRUTGIFTER

Fig. 2.13.2
01.01.15

3 ELEKTROTEKNISKE ARBEIDER

3.1 Generelt

3.1.1 Gjennomsnittlig påregnelige kostnader og usikkerhet

Kapittel 3 gir grunnlag for beregning av gjennomsnittlig påregnelige kostnader for elektrotekniske installasjoner i kraftstasjoner og transformatorstasjoner.

Med "gjennomsnittlig" menes at de virkelige kostnader kan avvike fra estimatet med + 10-20 %.

Ved innhenting av tilbud på komponenter som generatorer, transformatorer, apparat- og kontrollanlegg samt høyspenningsapparater, kan prisene fra ulike leverandører variere med 0 -15 % på samme tidspunkt. I tillegg kan prisene variere over tid pga. markedsforhold og endringer i lønn, råvarer og valuta. Til sammen danner dette et nokså komplisert bilde. Det er primært benyttet tilbudspriser og priser for oppnådde kontrakter i perioden 2010 - 2015, dvs. de mest konkurransedyktige prisene i markedet. I enkelte tilfeller er det også benyttet oppdaterte budsjettpriser.

3.1.2 Forutsetninger for bruken av prisunderlaget

De oppgitte priser skal være en støtte for planleggere i en tidlig prosjektfase, der en foretar en grovvurdering av lønnsomheten og utreder alternative tekniske løsninger.

Prisunderlaget må ikke oppfattes som fasitsvar. Det enkelte anlegg vil ha sine særegenheter som vanskelig kan dekkes av en generell kalkyle. Før det tas beslutning om utbygging må en foreta en nøyaktigere kostnadsvurdering av det enkelte prosjekt, der oppdaterte priser hentes inn fra markedet.

3.1.3 Kostnadselementer

Prisgrunnlaget omfatter generelt leverandørens materiellpris levert fra fabrikk, inkludert ingeniørarbeid og rutinemessige overleveringsprøver.

Videre inkluderes:

- Kostnader for transport og forsikringer til vilkårlig anleggssted i Norge
- Kostnader for montasje av utstyret
- Kostnader for utprøving på anlegg og idriftsettelse

I de følgende kapitler presenteres kostnader for følgende anleggsdeler:

- Generatorer
- Transformatorer
- Høyspent koblingsanlegg
- Kontrollanlegg
- Hjelpeanlegg
- Kabler
- Kraftlinjer

I hvert kapittel er det gjort nærmere rede for grunnlaget for kostnadsestimatene.

I kapittel 3.9 er totale kostnader for elektrotekniske anlegg fremstilt som funksjon av generatorytelse, basert på forenklede forutsetninger om anleggets utførelse.

3.1.4 Kostnader som ikke er med

Følgende kostnader er ikke med i underlaget, men som også må vurderes i et samlet overslag:

- Skatter og avgifter (merverdiavgift, 25 %)
- Renter i byggetiden. Denne posten vil avhenge av rentenivået, byggeperiodens lengde og utbetalingstidspunktene. Renter i byggetiden kan være en betydelig post på 10-15 % av totalkostnaden for utbyggingen.
- Planlegging og administrasjon
- Montasjeoppfølging og kvalitetskontroll

Følgende mer beskjedne byggherreutgifter er heller ikke med:

- Fri kraft til montasjearbeidene
- Plass for mellomlagring av materiell
- Sjauerhjelp og leie av mobilkran og lignende under montasjen

Dersom det er ønskelig å inkludere de nevnte tilleggene i kalkylen, er det forsøkt å tallfeste tilleggene som prosentvis påslag til sum komponentpris. Prisene som finnes fra de etterfølgende kapitler gis et tillegg på ca. 12 % som består av:

- Renter i byggetiden: 9 % (5-6 % rente, jevn utbetaling over 3 år)
- Planlegging, administrasjon og oppfølging på anlegget: 3-5 % avhengig av anleggets størrelse. For store anlegg regnes 3 %, for små anlegg 5 %.
- Diverse mindre byggherreutgifter: ca. 2 %

3.1.5 Prisnivå

Kostnadene er gitt i prisnivå pr. januar 2015. Oppdatering av priser fra nivået i januar 2010 er basert på tilbudspriser, budsjettpriser og oppnådde kontraktspriser i samme perioden, samt indeksregulering. Prisen på elektrotekniske komponenter har tilsynelatende steget jevnt, men moderat, fra 2010 til 2015.

Etter dagens regler må nye og oppgraderte kraftverk settes i drift innen utgangen av 2021 for å komme med i elsertifikatordningen. Det har derfor vært antydning av høy aktivitet frem mot 2021 som vil kunne påvirke prisnivået i markedet, men foreløpig har en slik tendens ikke vist seg.

3.1.6 Effektfaktor ($\cos\phi$)

Ytelsen for elektrotekniske komponenter som generatorer, transformatorer og apparater angis i MVA. I kapitlene for bygningstekniske og maskintekniske installasjoner brukes MW som mål for ytelsen. Av hensyn til sammenhengen mellom kapitlene brukes MW også for elektroteknisk materiell. Vi har antatt en fast effektfaktor ($\cos\phi$) på 0,85 for generatorer og transformatorer i alle figurer. Dette medfører at den elektriske ytelsen i MVA er omtrent 18 % høyere enn den som er angitt i MW.

3.2 Generatorer

3.2.1 Generatorer med ytelse under 10 MW

For mindre generatorer vil tekniske krav samt mengde og krav til tilleggsutstyr utgjøre en vesentlig større prismessig konsekvens enn for større generatorer. Som eksempel kan nevnes asynkron utførelse, samt helstøpt statorutførelse. Det vil derfor kunne være prosentvis høyere prisvariasjon enn ved større generatorer.

Avhengig av ytelse og turtall, vil mindre generatorer kunne bli levert i standardisert utførelse med utgangspunkt i motorproduksjon. Konkurransen i dette segmentet er meget sterk fordi det er mange leverandører. Kostnadsnivået kan her ligge opptil 1/3 lavere, men kvalitetsnivået vil også kunne være noe lavere. I mange tilfeller er dette likevel tilstrekkelig.

Ofte inngår slike generatorer i en totalleveranse, og prisen blir ikke nødvendigvis representativ selv om den er spesifisert separat.

3.2.2 Generatorer med ytelse over 10 MW

De fleste generatorene over 10 MW vil være i vertikal utførelse. De minste og hurtigste kan leveres horisontalakslet, med et prisnivå ca. 15 % lavere.

Forøvrig er prisene basert på vanlige tekniske kriterier og krav. Spesielle verdier for svingmoment eller for spenning vil få heller marginale utslag.

Prisene er basert på vanlig leveringsomfang, dvs. levert på anlegget, ferdig montert, testet og idriftsatt. Magnetiseringsutrustning, reservedeler og tilleggsutstyr som for eksempel overvåkingsutstyr er inkludert.

3.2.3 Prisenivå

De angitte priser representerer prisnivå januar 2015. Selv om prisene til en viss grad følger generell prisutvikling, vil markedets innflytelse være avgjørende. Det er satt en erfaringsmessig spredning på $\pm 15\%$.

Kostnaden knyttet til generator utgjør den klart største posten knyttet til det elektrotekniske anlegget. I perioden fra 2010 til 2015 er det observert en prisstigning på 10-15 %.

Generatorpiser er vist i Figur 3.2.1.a og 3.2.1.b.

3.2.4 Kostnader for økt virkningsgrad

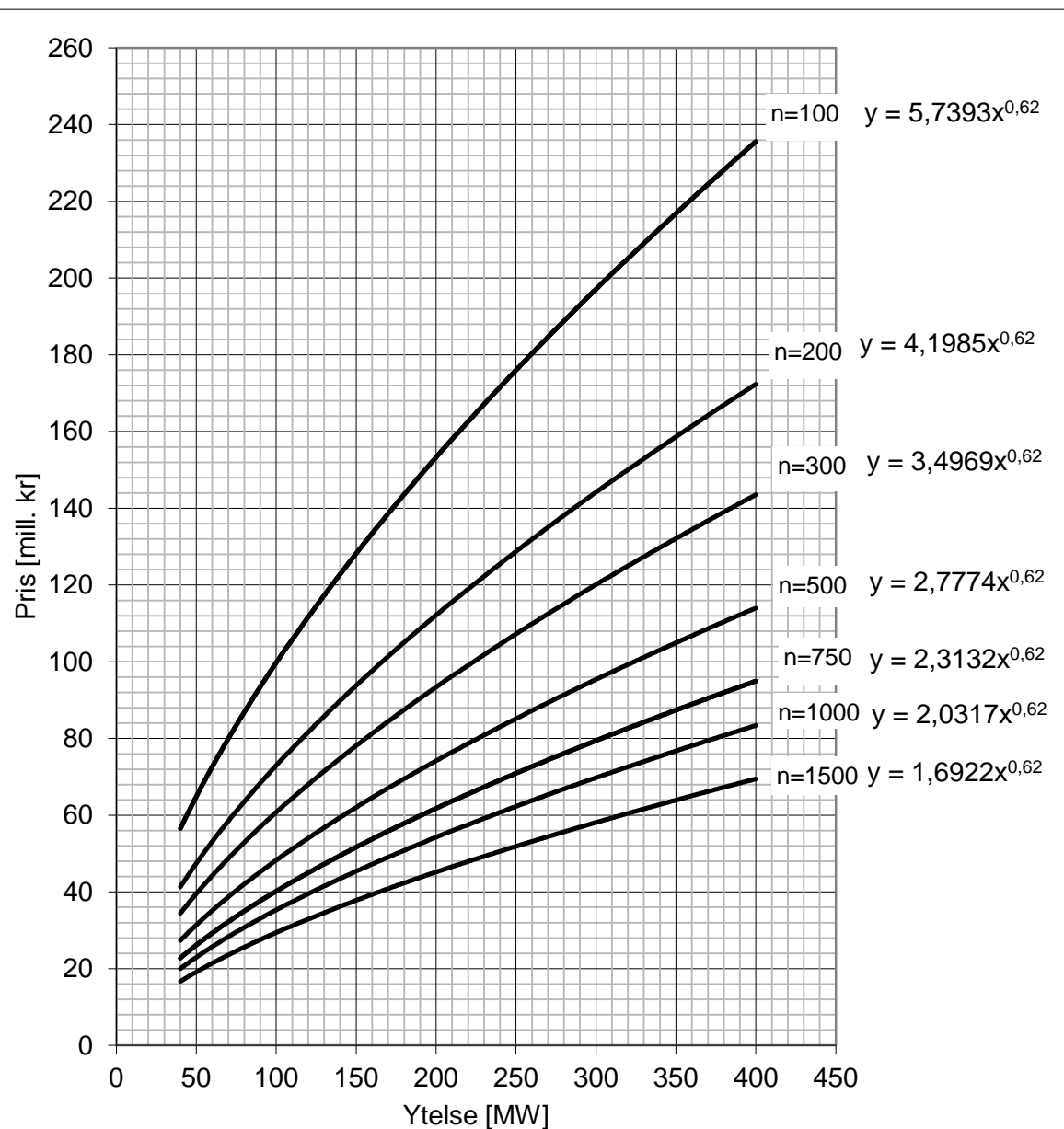
Generatorvirkningsgraden kan hovedsakelig forbedres vha. følgende to punkter:

1. Omvikling
2. Rehabilitering/ nytt kjøleanlegg

Kostnadene for omvikling av generator ligger omtrent på 10 % av kostnaden for en ny generator. Det er i dag lite aktuelt å vikle om generatorer for å forbedre virkningsgraden, da forbedringen blir marginal og kostnader ved produksjonsstans og omvikling vil være betydelig større enn økningen av virkningsgraden.

Omvikling blir i dag stort sett kun gjennomført ved havari eller når viklingen ikke lenger tilfredsstillende elektriske krav p.g.a. aldring.

Forbedring av kjølesystemet (nye kjølere etc.) koster marginalt i forhold til ny generator, men virkningsgradsforbedringen vil være i promilleområdet og vil derfor gi en meget liten gevinst.



ANMERKNINGER:

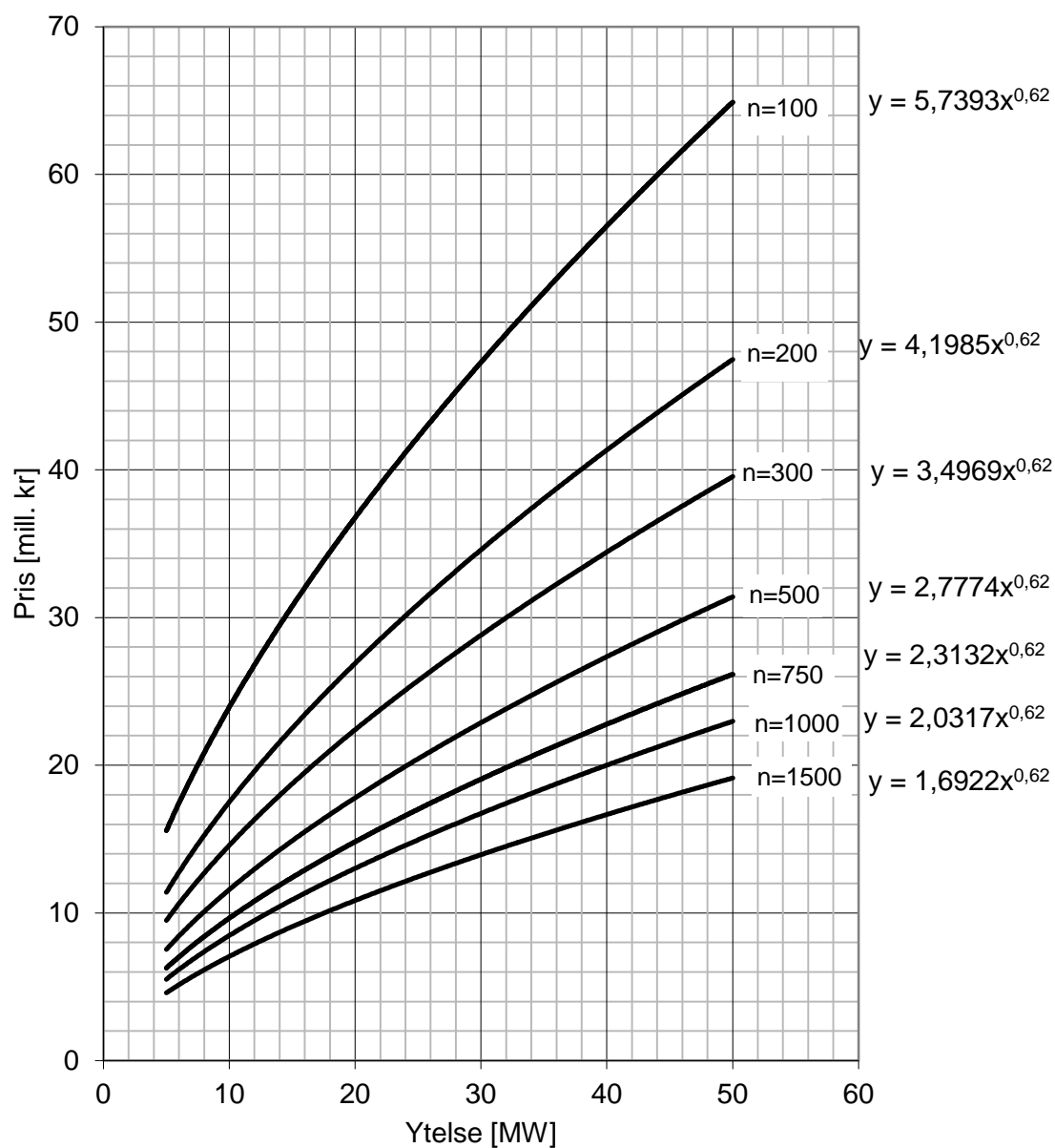
1. Prisnivå januar 2015
2. Prisene gjelder generator ferdig montert og idriftsatt på anlegget.
3. Toleranser +/- 15 %
4. $\cos(\varphi) = 0,85$



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

GENERATORPRISER

Fig. 3.2.1a
01.01.15



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2015
2. Prisene gjelder generator ferdig montert og idriftsatt på anlegget.
3. Toleranser +/- 15 %
4. $\cos(\varphi) = 0,85$



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

GENERATORPRISER
P < 50 MW

Fig. 3.2.1b
01.01.15

3.3 Transformatorer

3.3.1 Omfang

Priskurve uten angitt spenningsnivå gjelder kraft-/stasjonstransformator uavhengig av transformatorens spenning på høyspent side, og er særlig tilpasset tilfeller hvor spenningsnivå ved tilknytningspunkt ikke er kjent på forhånd. Erfaringsmessig følger transformatorens spenning på høyspent side noenlunde enhetsytelsen, og usikkerheten utgjør mindre enn den øvrige toleransen som skyldes markedsforholdene.

Tilleggsutstyr er inkludert i rimelig grad med for eksempel lastkobler. For større enheter vil likevel også tilleggsutstyret utgjøre mindre enn den øvrige toleransen som skyldes markedsforholdene.

3.3.2 Prisnivå

Her gjelder de samme betraktninger som for generatorers prisnivå, med unntakelse av følgende:

Priser for krafttransformatorer er i noe større grad enn for generatorer avhengige av leverandørvalg, fordi leverandørene har spesialisert seg noe mer. Fordi det også er større forskjeller mellom leverandører når det gjelder kvalitet, og kvalitet gjerne blir et utvelgelseskriterium, bør man regne med en litt større pristoleranse enn for generatorer ($\pm 20\%$).

Det er for transformatorer registrert en prisøkning på omkring 8 % fra 2010 til 2015.

Priskurver for transformatorer er vist i Figur 3.3.1, 3.3.2.a og 3.3.2.b. Figur 3.3.1 gir en indikasjon på kostnadsnivå når spenningsnivået for nettilknytning ikke er kjent. Denne kostnadskurven ligger nær kurvene for lavere spenninger i Figur 3.3.2.a/b for liten MVA-ytelse, og nærmer seg kurvene for høyere spenninger i Figur 3.2.2.a/b når MVA-ytelsen øker.

3.3.3 Kostnader ved å bedre virkningsgraden

Transformatorvirkningsgraden kan hovedsakelig forbedres ved hjelp av omvikling.

Kostnadene for omvikling av transformatorligger ligger omtrent på 60 – 80 % av kostnaden for en ny transformator. Det er i dag lite aktuelt å vikle om transformatorer for å forbedre virkningsgraden, siden virkningsgraden på en transformator i dag allerede er meget høy og en eventuell forbedring blir marginal. Kostnader ved produksjonsstans og omvikling vil være betydelig større enn den marginale økningen av virkningsgraden.

Omvikling blir i dag stort sett kun gjennomført ved havari eller når viklingen ikke lenger tilfredsstiller elektriske krav p.g.a. aldring.

3.3.4 Økt nypris som følge av EU-direktiv 548/2014

EUs MEPS (European Minimum Energy Performance Standard) er gjeldene per 1. juli 2015 i hele EU28, inkludert Norge. EU-kommisjonens undersøkelser har vist at energi i bruksfasen utgjør det mest betydningsfulle miljøaspektet som kan påvirkes gjennom transformatorens utforming. MEPS setter derfor nedre grenser for virkningsgrad for transformatorer som kan introduseres i det europeiske markedet.

Både tørrisolerte og oljeisolerte transformatorer med merkeeffekt større enn 1 kVA til distribusjon av kraft så vel som til industrielle formål omfattes av direktivets krav. For små

og mellomstore krafttransformatorer er kravene utformet som grenser for høyeste belastning- og tomgangstap. For store krafttransformatorer er kravene utformet som nedre grenser for indeks for høyeste effektivitet, PEI (Peak Efficiency Index). Transformatorer med særskilt utforming, for eksempel jordingstransformatorer og måletransformatorer, omfattes ikke av ordningen.

Produsentene av transformatorer har i stor grad tilpasset seg ved å utforme produkter som oppfyller direktivets krav. Økt materialbruk og bruk av materialer med høyere kvalitet gjenspeiles i prisen ved innkjøp av transformator. Reduserte elektriske tap gjør at omfanget av kostnadsøkningen over produktets levetid reduseres.

3.3.5 Kostnader ved oppgradering av spenningsnivået fra 300 kV til 420 kV

I løpet av det kommende tiåret skal Statnett gjennomføre oppgraderinger i sentralnettet med store prosjekter som blant annet «Vestre korridor», «Østre korridor», «Oppgradering Midt-Norge», «Ofoten-Hammerfest», samt mellomlandsforbindelsene «Norge-Tyskland» og «Norge-England». Prosjektene inkluderer oppgradering og nybygging av ledninger og koblingsstasjoner fra 300 kV til 420 kV.

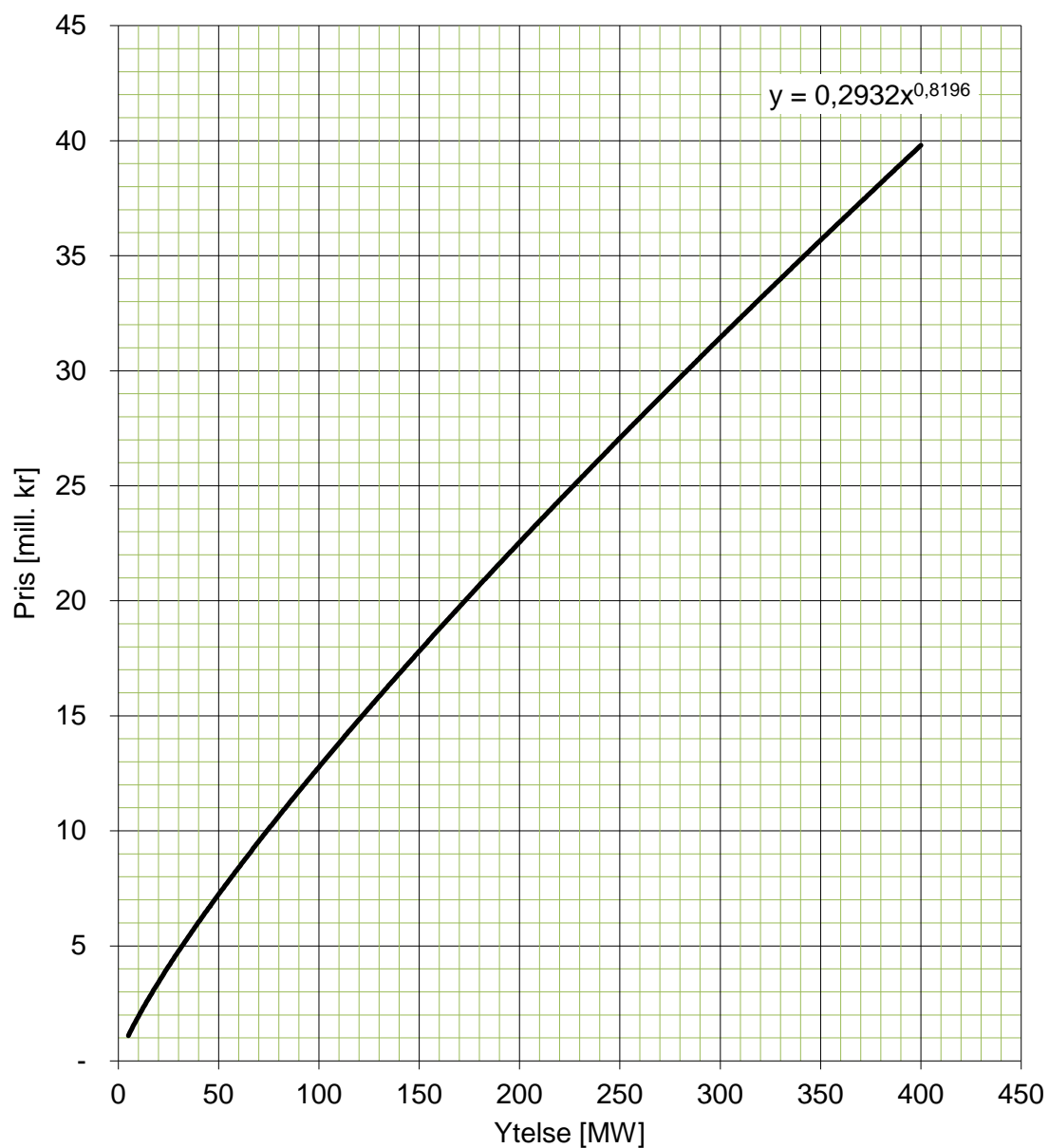
For store nye og eksisterende kraftverk vil dette kunne medføre krav om oppgradering av spenningsnivået, noe som kan resultere i utbytting av eksisterende transformatorer og tilhørende koblingsanlegg mot sentralnettet.

3.3.6 Løsninger og kostnader

Oppgradering av spenningsnivå kan i mange tilfeller ikke utføres før etter 2020. For å oppnå elsertifikater vil en da måtte knytte seg til 300 kV først for så å gå over til 420 kV ved et senere tidspunkt. Det finnes flere måter å løse denne problemstillingen på. De to mest aktuelle løsningene vil da være:

- Å benytte en autotransformator ute ved nettilknytningen som gjør at en kan beholde det eksisterende koblings- og kabelanlegget.
- Bytte/installere ny 420 kV transformator med tilhørende 420 kV koblingsanlegg. Ved denne løsningen vil kun spenningsavlederne måtte byttes ut ved overgang fra 300 kV til 420 kV.

Kostnaden ved å benytte en autotransformator i eksisterende kraftverk er i størrelsesorden 5-10 % dyrere enn ny 420 kV transformator. Dersom det anskaffes ny 420 kV transformator vil koblings- og kabelanlegg komme i tillegg.



ANMERKNINGER:

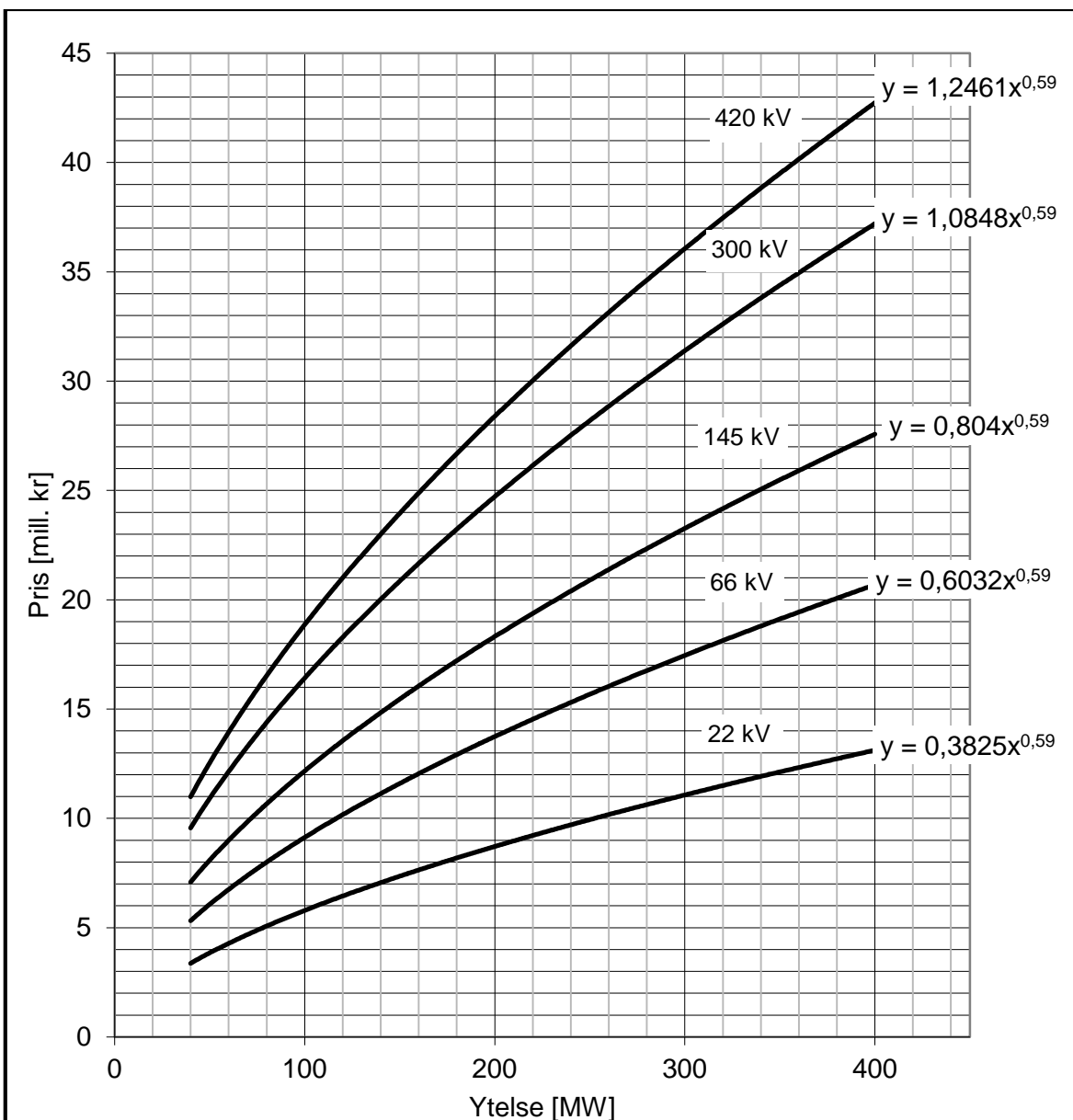
1. Prisnivå januar 2015
2. Prisen gjelder transformatoren ferdig montert, prøvet og idriftsatt på anlegget.
3. Toleranse +/- 20 %
4. For 3 stk. enfasetransformatorer regnes et tillegg på ca. 20 %.
5. $\cos(\varphi) = 0,85$



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

TRANSFORMATORPRISER

Fig. 3.3.1
01.01.15



ANMERKNINGER:

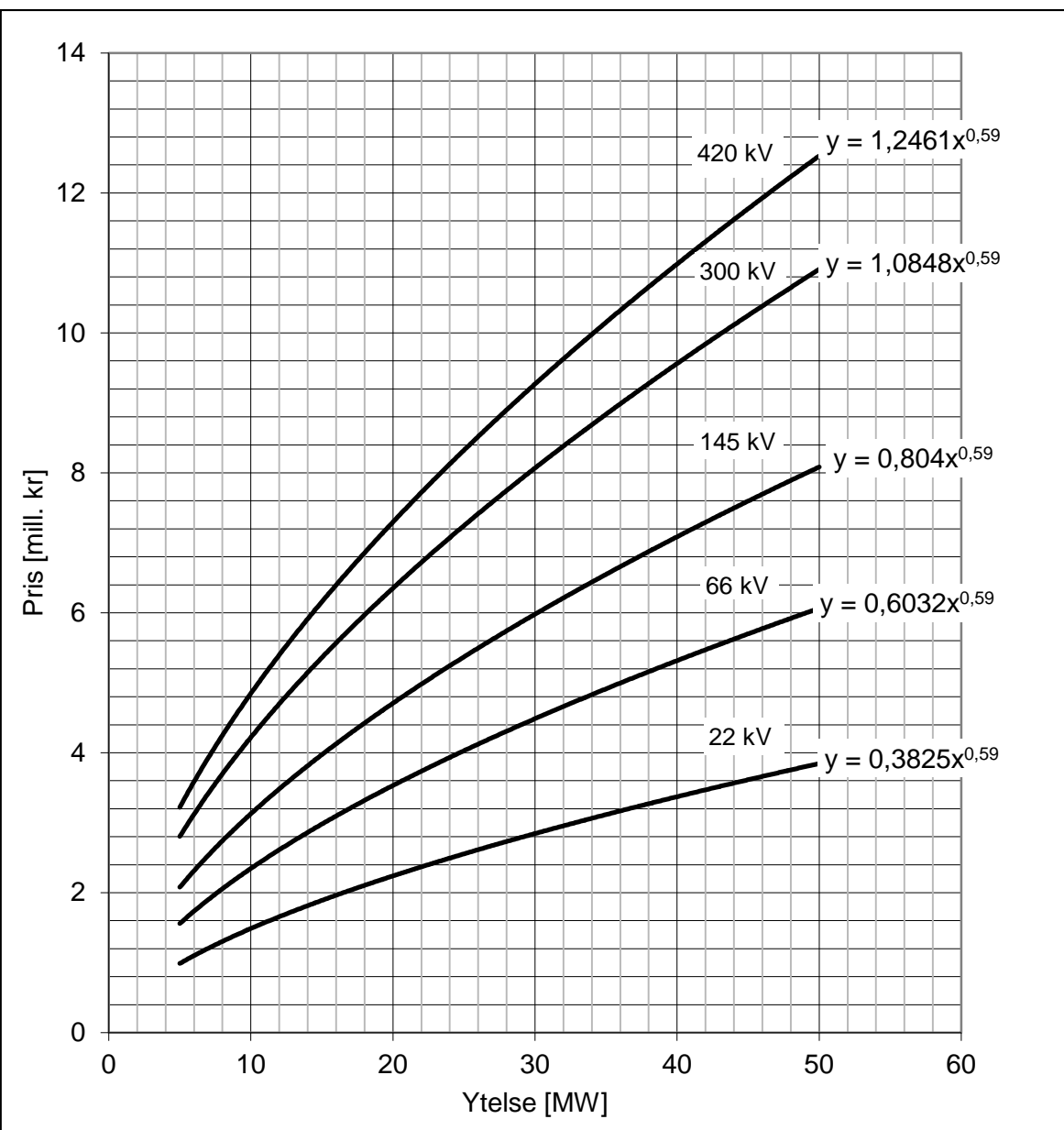
1. Prisnivå januar 2015
2. Prisen gjelder transformatoren ferdig montert, prøvet og idriftsatt på anlegget.
3. Toleranse +/- 20 %
4. For 3 stk. enfasetransformatorer regnes et tillegg på ca. 20 %
5. $\cos(\varphi) = 0,85$



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

TRANSFORMATORPRISER

Fig. 3.3.2a
01.01.15



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2015
2. Prisen gjelder transformatoren ferdig montert, prøvet og idriftsatt på anlegget.
3. Toleranse +/- 20 %
4. For 3 stk. enfasetransformatorer regnes et tillegg på ca. 20 %.
5. $\cos(\varphi) = 0,85$



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

TRANSFORMATORPRISER P < 50 MW

Fig. 3.3.2b
01.01.15

3.4 Høyspent koblingsanlegg

3.4.1 Omfang

Omfanget, og dermed kostnadene, for det høyspente koblingsanlegget ved en kraftstasjon kan ikke angis uten kjennskap til behovet for utgående ledninger og antall aggregater. Spenningsnivå og type av koblingsanlegg innvirker også på prisen.

Koblingsanlegget kan leveres i ulike varianter tilpasset kundens behov og anleggets beskaffenhet. Rapporten inneholder priser for de viktigste hovedtypene innen hvert spenningsnivå.

3.4.2 Prisnivå

De angitte priser representerer prisnivå januar 2015.

Prisene baseres på oppdaterte kontrakter i perioden 2010 – 2015, samt innhentede budsjettpriser fra leverandører. Videre baserer prisene seg på bestykningen iht. prinsippskjema for liten til middels stor stasjon vist i Figur 3.4.3.

En nøyaktig sammenligning av priser er vanskelig, da leveringsomfanget varierer fra anlegg til anlegg. Det kan være en eller to effektbrytere pr. felt, egne koblingsbryterfelt, varierende antall skillebrytere, avledere og måletransformatorer. Bygg og arealkostnader er ikke inkludert.

Priser for konvensjonelle kraftverk har blitt oppjustert med omkring 9-11 %. For SF₆-anlegg er prisene også oppjustert med 10 % fra 2010-nivået.

3.4.3 Medtatte/ikke medtatte kostnader

Pristabellene gjelder for ett komplett felt med effektbryter, skillebryter, måletransformatorer og overspenningsavledere, ferdig montert, testet og idriftsatt på anlegget. Spenningstransformatorer og jording på samleskinner er inkludert. Bygningsmessige og elektrotekniske grunninvesteringer er inkludert.

3.4.4 Valg av koblingsanlegg

3.4.4.1 Innendørs/utendørs konvensjonelt luftisolert koblingsanlegg

For spenningsnivå fra 11 kV og opp til 66 kV vil det være praktisk og økonomisk å benytte standardiserte høyspentceller for innendørs montasje.

Fra 132 kV og oppover er det vanlig å bygge koblingsanlegget som konvensjonelt friluftsanlegg.

3.4.4.2 Enkel/dobbel samleskinne

Dobbel samleskinne vil koste noe mer, men gir mulighet for mer fleksibel drift. Ved reparasjoner kan en også legge driften over til den andre samleskinnen, og foreta reparasjoner og vedlikehold på den spenningsløse samleskinnen.

3.4.4.3 Effektbrytere

En kan videre velge mellom én og to effektbrytere pr. felt.

Tobrytersystem er mye brukt for de høyere spenningsnivåer. Dette er en kostbar løsning, som blant annet gir mulighet for momentan reserve dersom en samleskinne faller ut. Denne løsningen er illustrert i prinsippskjema for store stasjoner, Figur 3.4.2.

Dersom det er mer enn 3-4 felt i koblingsanlegget vil dobbel samleskinne med én effektbryter pr. felt samt koblingsbryter gi en rimeligere løsning som gir mulighet for fleksibel drift.

Effektbryterne har blitt mer driftssikre de senere år, og serviceintervallene lengre, slik at en i dag regner med å kunne ha høy tilgjengelighet med én effektbryter pr. felt og dobbel samleskinne.

3.4.4.4 Gassisolert koblingsanlegg (SF_6 -anlegg)

Dersom det er lite plass for et friluftsanlegg, eller hvis atmosfæriske forurensninger skaper driftsproblemer, kan en velge SF_6 -isolert koblingsanlegg. Disse er i dag meget driftssikre, men komponentkostnadene for SF_6 -anleggene ligger normalt noe over kostnadene for konvensjonelle anlegg. I mange tilfeller vil man kunne spare inn dette på opparbeidelse av areal.

HØYSPENTE KOBLINGSANLEGG

TOTALE PRISER PR. FELT (1000 KR):

	KONVENSJONELLE ANLEGG:		SF6 anlegg:
	Innendørs:	Utendørs:	
22 kV			
Enkel samleskinne:	390		---
Dobbel samleskinne:	770		---
66 kV			
Enkel samleskinne:	1 200	1 400	---
Dobbel samleskinne:	2 400	2 600	---
132 kV			
Enkel samleskinne:		2 800	3 200
Dobbel samleskinne:		5 600	4 200
300 kV			
Enkel samleskinne:		5 300	10 000
Dobbel samleskinne:		9 240	13 200
420 kV			
Enkel samleskinne:		9 240	11 600
Dobbel samleskinne:		11 900	15 400

ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2015
2. Toleranse +/- 20 %
3. Prisene er pr. felt, ferdig montert og idriftsatt på anlegget
4. Med dobbel samleskinne menes her dobbel samleskinne og to effektbrytere pr. felt
5. Prisene inkluderer kontrollanlegg
6. Forutsetter at kostnaden for enkel samleskinne ligger på ca. 75 % av dobbel skk.
7. Kostnad for 22 kV felt vil variere mere med feltets kapasitet enn for de andre spenningsnivå



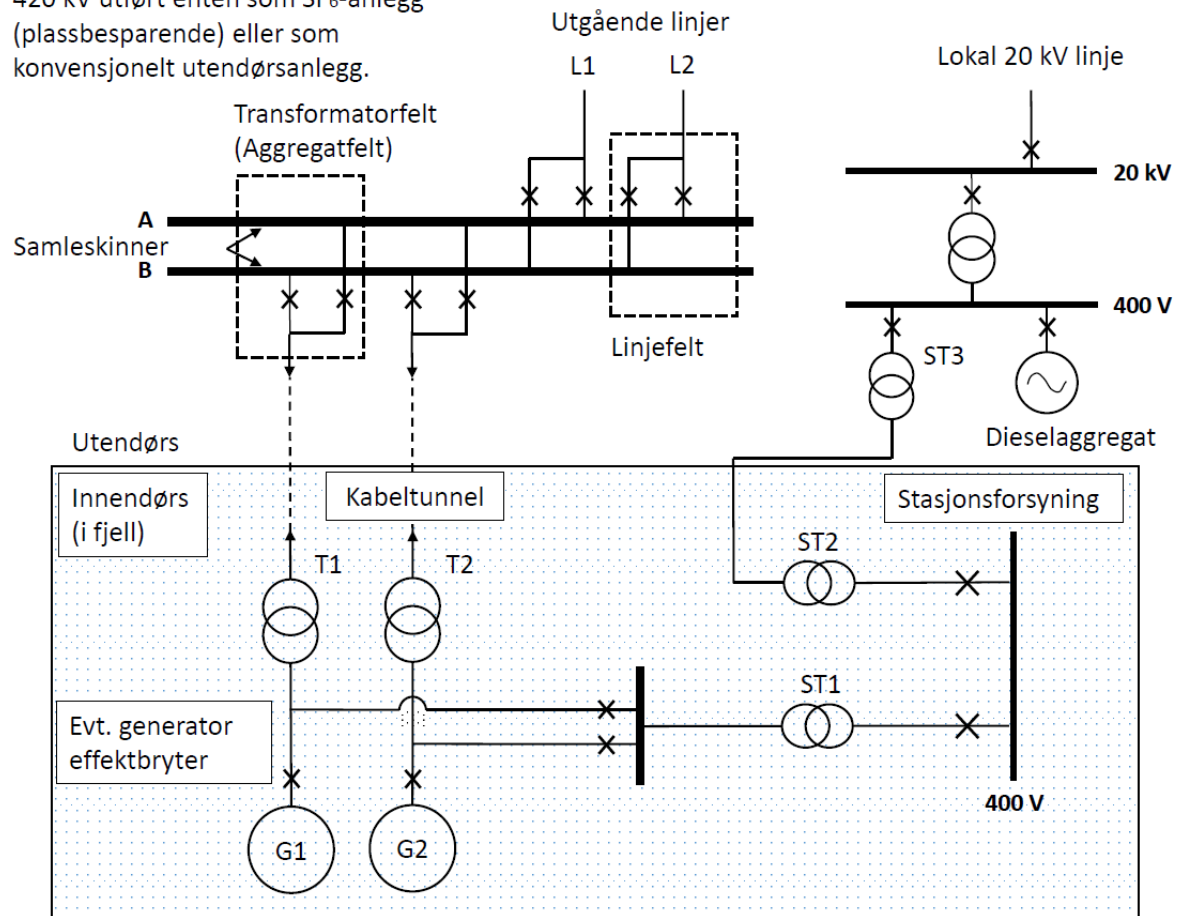
Norges
vassdrags- og
energidirektorat

HØYSPENT
KOBLINGSANLEGG

Fig. 3.4.1
01.01.2015

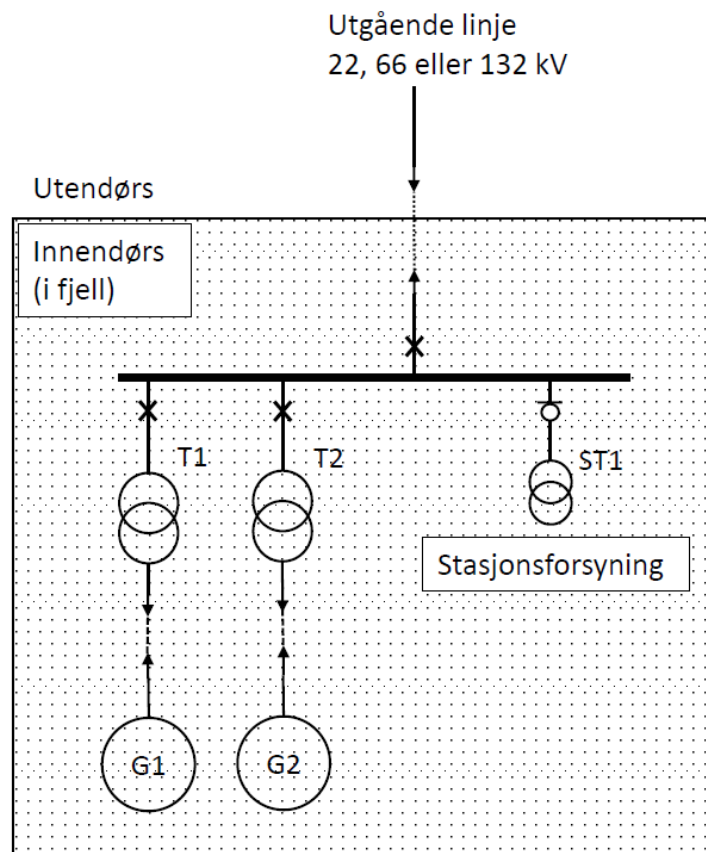
NVE

Høyspent koblingsanlegg 132, 300 eller 420 kV utført enten som SF₆-anlegg (plassbesparende) eller som konvensjonelt utendørsanlegg.



PRINSIPPSKJEMA FOR MIDDELS/STOR KRAFTSTASJON I FJELL MED 2 AGGREGAT OG 2 UTGÅENDE LINJER

Fig. 3.4.2



PRINSIPPSKJEMA FOR MIDRE TIL MIDDELS STOR KRAFTSTASJON
KOBLINGSANLEGG I FJELL
OG UTGÅENDE LINJE PÅ 22, 66 ELLER 132 kV

Fig. 3.4.3

3.5 Kontrollanlegg

3.5.1 Analysens omfang

I kostnadskurven for kontrollanlegg inngår lokalanlegg, pumper og pumpeaggregater, samt fellesanlegg, objektdatamaskin, skjermssystem og fjernkontroll. Lokalkontroll for bryterfelt er inkludert under bryterfelt. Lokalkontroll for felt i hjelpeanlegg er inkludert under hjelpeanlegg.

Det gjøres oppmerksom på at kraftstasjoner vil være høyst forskjellige som følge av ulik alder, størrelse, tekniske løsninger og grad av påkostning. Derfor vil de angitte kostnader for kontrollanlegg være av generell karakter.

3.5.2 Priskurvene

I priskurvene er det angitt pris for komplett kontrollanlegg når aggregatytelse er gitt. Prisene inkluderer montasje og testing/idriftsettelse.

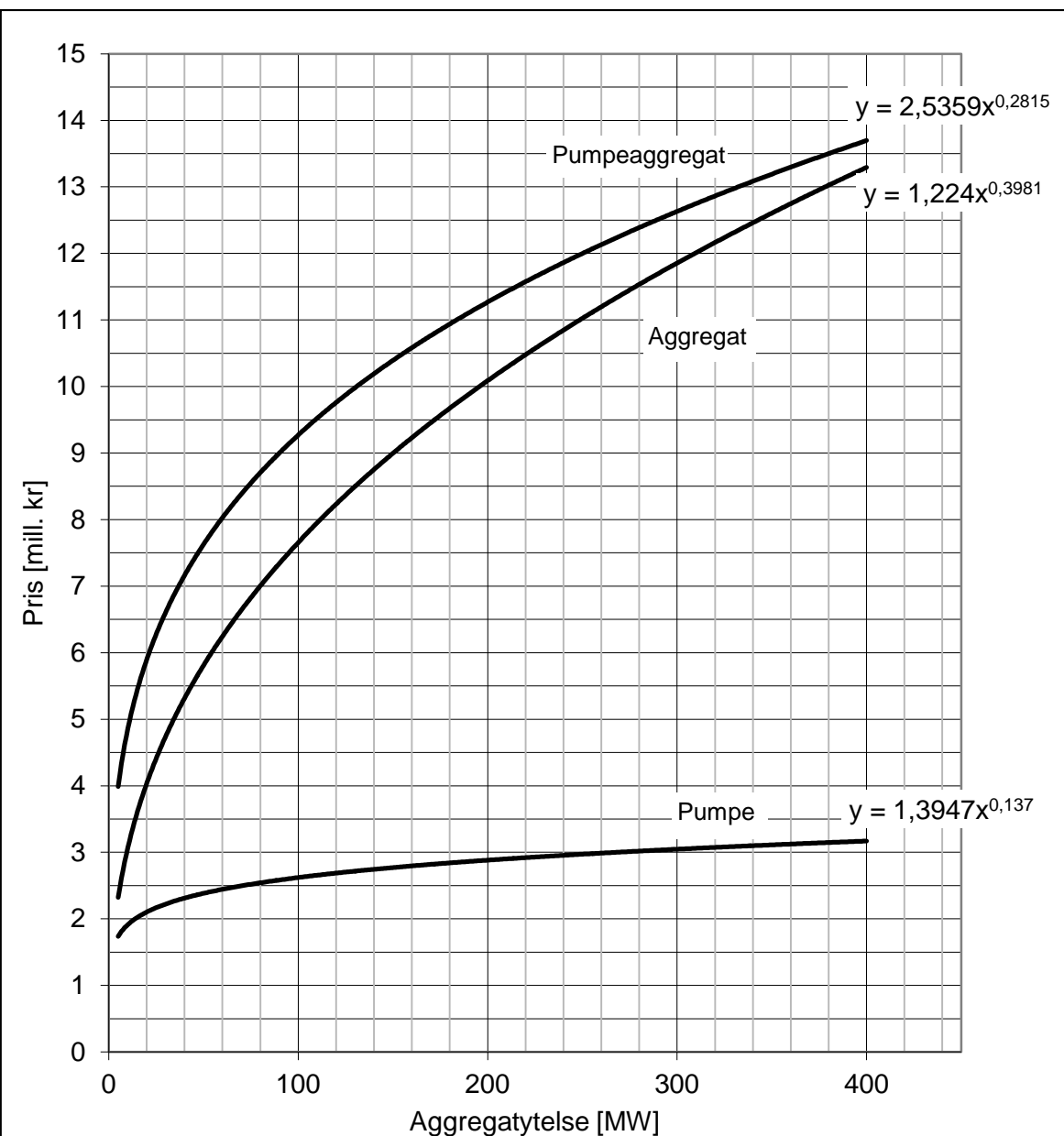
3.5.3 Prisnivå

De angitte priser representerer prisnivå januar 2015. Prisene på kontrollanlegg har steget med omkring 10 % siden 2010.

Priser for kontrollanlegg er vist i Figur 3.5.1.a og 3.5.1.b.

3.5.4 Stasjoner med flere enn to aggregater

Dersom ytelsen er fordelt på flere enn to aggregater benyttes 50 % av kostnaden for kontrollanlegg for ett aggregat for hvert installert aggregat mer enn to aggregater.



ANMERKNINGER:

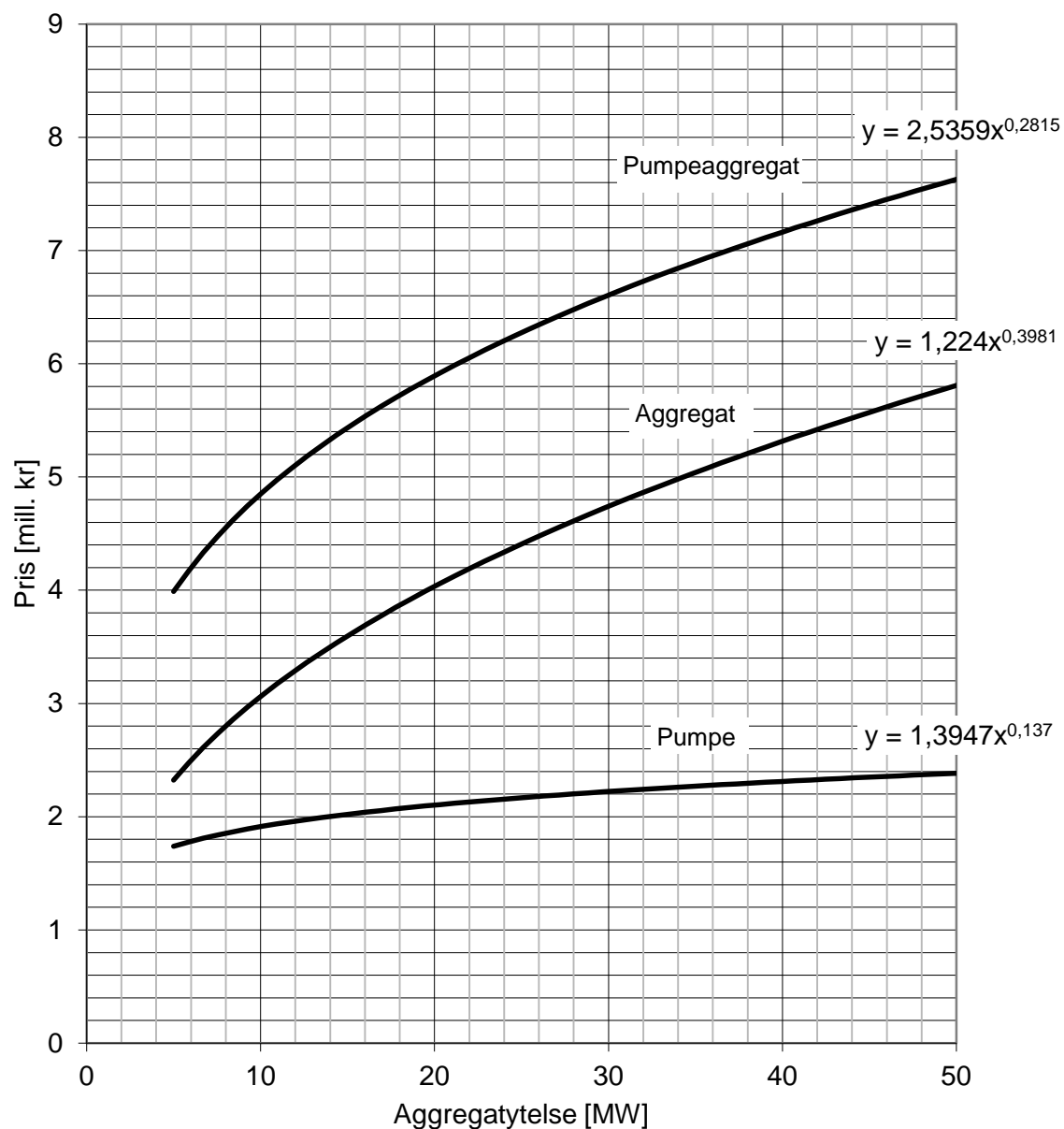
1. Prisnivå januar 2015
2. Korrigert kostnadene fra kurven ved å legge til følgende (tall i 1000 NOK):
 - For hver lukestyring med fjernoverføring :300
 - For hver vannstandsregulering med fjernoverføring :400
 - For hver 100 meter(signalkabeltrace) mellom fjellanlegg og daganlegg :100



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

KONTROLLANLEGG

Fig. 3.5.1a
01.01.15



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2015
2. Korriger kostnadene fra kurven ved å legge til følgende (tall i 1000 NOK):
 - For hver lukestyring med fjernoverføring :300
 - For hver vannstandsregulering med fjernoverføring :400
 - For hver 100 meter(signalkabeltrase) mellom fjellanlegg og daganlegg :100



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

KONTROLLANLEGG 5-50 MW

Fig. 3.5.1b
01.01.15

3.6 Hjelpeanlegg

3.6.1 Analysens omfang

I kostnadskurven for hjelpeanlegg inngår:

- Høyspent og lavspent stasjonsforsyning
- Stasjonstransformator
- Høyspent og lavspent kabel
- Dieselaggregat
- Batterianlegg med DC-forsyning
- Jording
- Brannvarslings- og slukkeanlegg
- Brannmerking og tetning
- Tele-/dataanlegg.

Det gjøres oppmerksom på at kraftstasjoner vil være høyst forskjellige som følge av ulik alder, størrelse, tekniske løsninger og grad av påkostning. Derfor vil de angitte kostnader for kontrollanlegg være av generell karakter.

3.6.2 Priskurvene

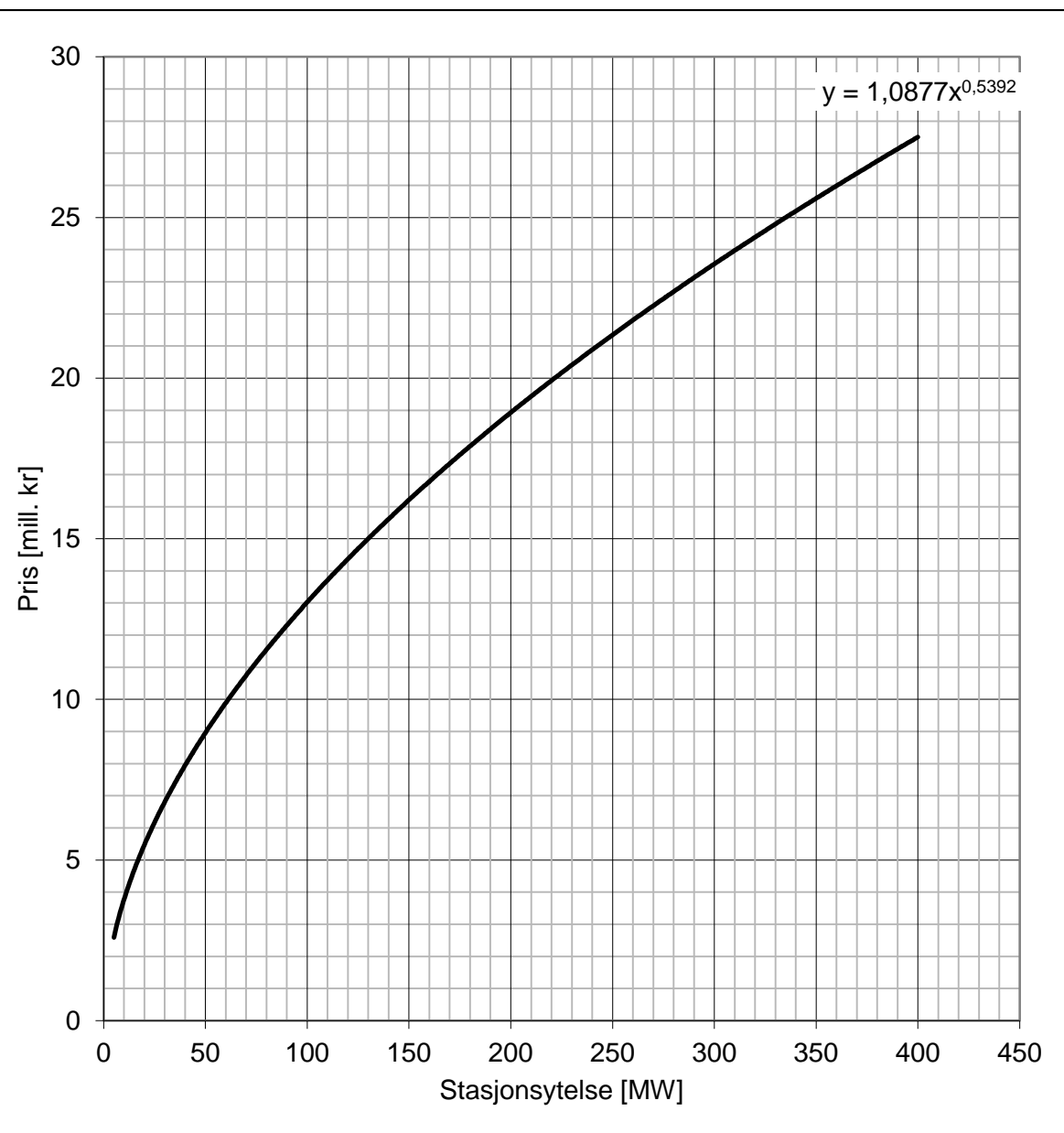
I Figur 3.6.1.a og 3.6.1.b er det angitt pris for komplett hjelpeanlegg når kraftstasjonens totale ytelse er gitt. Prisene inkluderer montasje og testing/idriftsettelse.

3.6.3 Prisnivå

De angitte priser representerer prisnivå pr januar 2015. Prisene på hjelpeanlegg er basert på erfaringstall, samt tall fra bransjeorganisasjonene. Dette viser at prisene for hjelpeanlegg har steget med ca. 25 % siden 2010.

3.6.4 Stasjoner med flere enn to aggregater

Dersom ytelsen er fordelt på flere enn to aggregater benyttes 50 % av kostnaden for hjelpeanlegg for et aggregat for hvert installert aggregat mer enn to aggregater.



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2015
2. Korrigert kostnadene fra kurven ved å legge til følgende (tall i 1000 NOK):

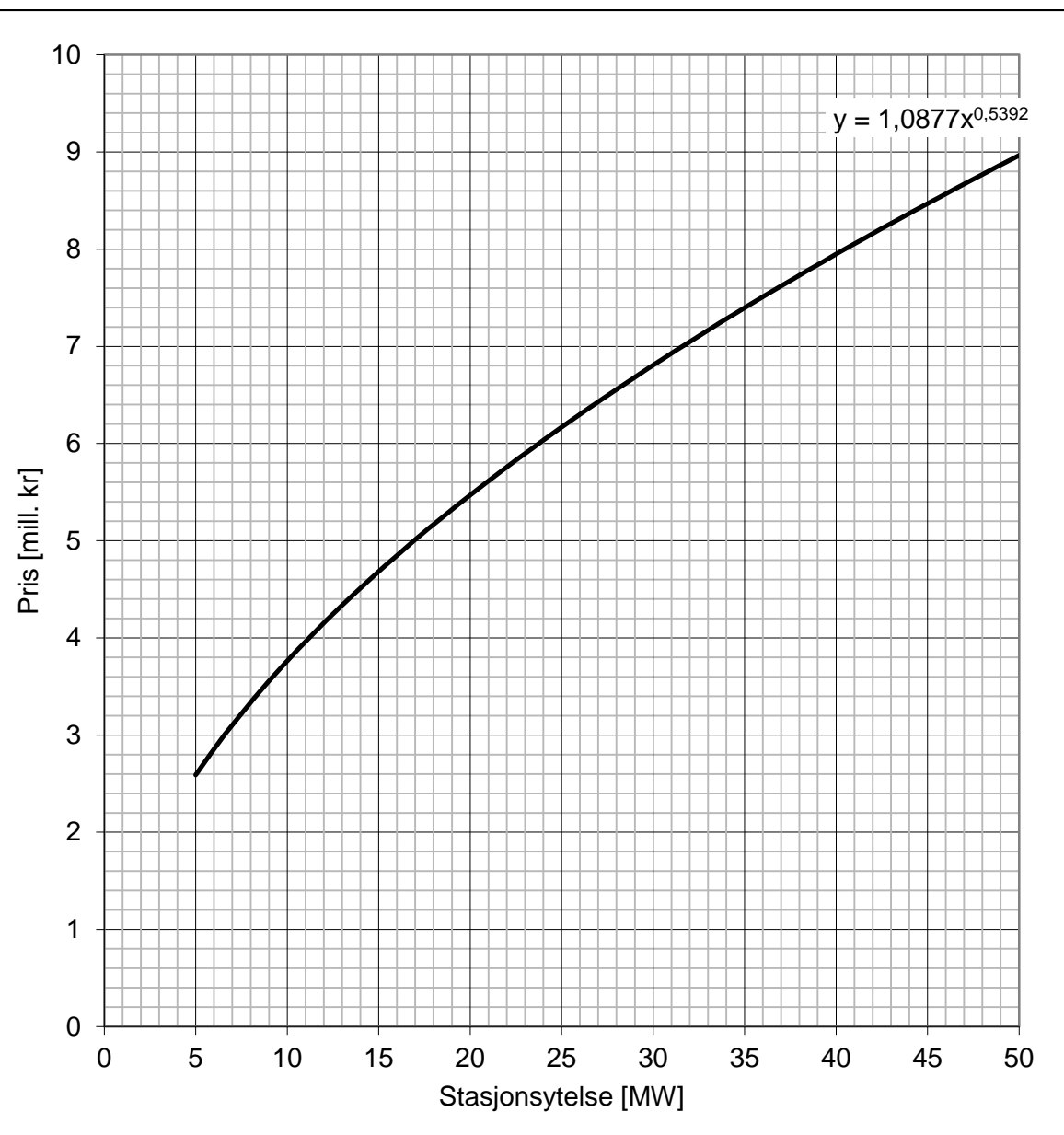
For hver 100 m adkomst- og kabeltunnel	: 190
For hver 230/400 V felt inkl. lokalkontroll	: 190
For hvert 12/24 kV felt inkl. lokalkontroll	: 375
For hvert radiolinjesamband(begge ender)	: 1250
For hvert fiberoptisk samband (begge ender)	: 375



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

HJELPEANLEGG

Fig. 3.6.1a
01.01.15



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2015
2. Korrigert kostnadene fra kurven ved å legge til følgende (tall i 1000 NOK):

For hver 100 m adkomst- og kabeltunnel	: 190
For hver 230/400 V felt inkl. lokalkontroll	: 190
For hvert 12/24 kV felt inkl. lokalkontroll	: 375
For hvert radiolinjesamband(begge ender)	: 1250
For hvert fiberoptisk samband (begge ender)	: 375



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

**HJELPEANLEGG
5-50 MW**

Fig. 3.6.1b
01.01.15

3.7 Kabelanlegg

3.7.1 Analysens omfang

Analysen er beregnet til å gjelde kabelanlegg som overfører effekt fra generator til koblingsanlegg i kraft- og transformatorstasjoner. Kabelanlegg som kraftoverføringer i form av jordkabler mellom stasjoner er således ikke med i analysen.

3.7.2 Priskurvene

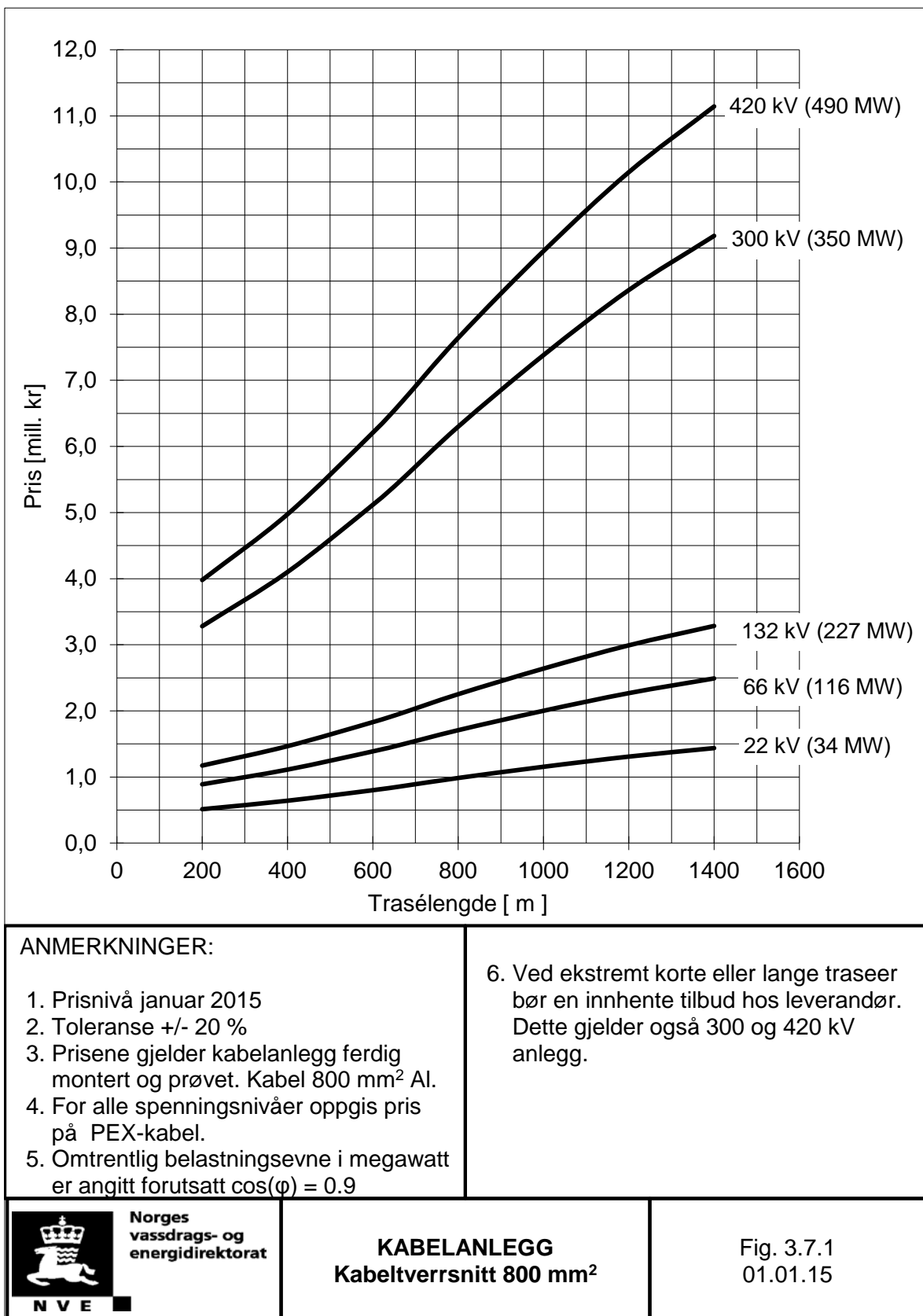
I priskurvene er det angitt pris for komplett kabelanlegg når spenningsnivå og kabelens trasélengde er gitt. Prisene inkluderer montasje og prøving/idriftsettelse. For de ulike spenningsnivå er det angitt omtrentlig effekt i MW som kabelen kan overføre med utgangspunkt i et kabeltverrsnitt på 800 mm². Det forutsettes da en strømstyrke på hhv. 750 A for PEX - kablene på 300 og 420 kV, og 1000-1100 A for PEX - kablene på 22, 66 og 132 kV.

3.7.3 Prisnivå

De angitte priser i Figur 3.7.1 representerer prisnivå pr. januar 2015. Prisene på kabel har steget med 10 % siden 2010. For alle kabelanlegg er prisen basert på PEX-isolert kabel.

3.7.4 Medtatte/ikke medtatte kostnader

Prisen inkluderer ikke reservekabel eller reservemateriell.



3.8 Kraftlinjer

3.8.1 Analysens omfang

Analysen omfatter linjer for systemspenning 24 kV, 72,5 kV, 145 kV og 300/420 kV. For disse spenningsnivåene kan en finne kostnadene for henholdsvis linjer med master av tre og av stål.

Figurene 3.8.1 til 3.8.4 viser de totale kostnader som må påregnes når et elverk bygger linjer i egen regi. Det vil si at også materiell- og lønnskostnader er inkludert.

3.8.2 Kostnadsvariasjoner

Figurene gjenspeiler kostnadsvariasjonene fra lette til vanskelige terrengforhold. Linjetraséen må vurderes i hvert enkelt tilfelle.

Diagrammene viser total pris for 1 km ferdig montert og driftsklar linje. Dersom linjelengden er vesentlig kortere eller lengre, kan kostnadsestimatet ekstrapoleres ved å anta at 90 % av prisen varierer proporsjonalt med linjelengden, mens 10 % er fast. Med vanskelig terreng menes store høydeforskjeller og ulendt terreng. Med lett terreng menes bygging i lavlandet og i nærheten av vei.

3.8.3 Prisnivå

De angitte prisene har prisnivå januar 2015.

Det er observert en markant prisøkning på luftlinjer med spenningsnivå fra 24 kV til 145 kV i perioden 2010 til 2015. Dette skyldes trolig økte personal- og materialkostnader, samt lite konkurranse og høy aktivitet. Prisøkningen på 300 kV og 420 kV linjer er moderat, ca. 10 %. Dette kan blant annet skyldes større internasjonal konkurranse om oppdragene på de høyeste spenningsnivåene.

3.8.4 Komposittmaster

Komposittmaster er i dag et reelt alternativ til konvensjonelle tre- og stålmaster. De koster omtrent det dobbelte og har omtrent dobbelt så lang forventet levetid som konvensjonelle master. Komposittmaster er nær vedlikeholdsfrie, og lav vekt gir mulighet for kostnadsbesparelser i installasjonsfasen.

3.8.5 Medtatte/ikke medtatte kostnader

Kostnader for nødvendig koblingsanlegg i linjens fjernende er ikke inkludert.

Grunnerstatninger er ikke inkludert.

3.8.6 Økonomisk belastning

Økonomisk belastning er vurdert ved å kalkulere reduksjonen i kapitaliserte tap ved å øke linetverrsnittet og sammenlikne dette med de tilsvarende økte anleggskostnader.

Resultatet er avhengig av linjens brukstid og kalkulasjonsrenten. En har valgt å ta utgangspunkt i EFI-TR 1975 "Kostnader av elektriske tap i overførings- og fordelingsnett". Økning av anleggskostnader er tatt ut av Fig. 3.8.1-3.8.4 under forutsetning av at bare linetverrsnittet varierer. Betraktningsmåten gir store usikkerhetsmarginer, men en kan likevel konkludere med at økonomisk strømbelastning overslagsmessig kan settes til 40-60 % av termisk grenselast, dvs. strømtettheter i området 1,0-1,5 A/mm² regnet i forhold til totaltverrsnittet. De laveste tallverdiene brukes for de minste tverrsnittene og vice versa.

3.8.7 Valg av spenning og linjetverrsnitt

Som line anvendes i dag praktisk bare stålaluminium (FeAl). Tverrsnittet angis med et tall, og tallet angir det kobbertverrsnittet i mm² som har samme motstand. Eksempel: FeAl nr. 95 har samme motstand pr. m som en Cu-tråd med tverrsnitt 95 mm².

Figur 3.8.5 viser omtrentlig overføringsevne som funksjon av overføringslengden for ulike spenninger og linjetverrsnitt og med spenningsfall ca. 5 %. Hvis det kan aksepteres høyere spenningsfall, vil overføringslengden øke tilsvarende. Ved en dimensjonering av nye linjer vil den økonomisk riktige belastning være lavere enn det figuren angir.

Vanligvis står man ikke fritt til å velge den optimale overføringsspenning for den aktuelle effekt da det må tas hensyn til det overføringsnett som allerede er for hånden i området.

3.8.8 Overføringsevne for kraftlinjer 300-420 kV

3.8.8.1 Generelt om dimensjoneringskriterier for større linjer

Ved planlegging av kraftlinjer over lengre strekninger er det mange forhold å ta hensyn til. Utgangspunktet vil alltid være en gitt effekt [MW] som skal overføres.

For det første må en velge spenningsnivå på overføringen. Jo høyere spenning en velger, desto lavere strøm vil det gå ved samme effekt, og følgelig blir også tapene mindre. Effekttapet i linjen er proporsjonalt med kvadratet av strømmen, derfor er det om å gjøre å holde så lav strøm som mulig.

Ved høyere spenning (særlig 300 og 420 kV) oppstår det problemer med coronastøy dersom linediameteren er for liten. Dette medfører at 420 kV linjer må bygges som duplex- eller triplexlinje for å oppnå tilstrekkelig ekvivalent ledertverrsnitt og dermed unngå corona.

Maksimal strømstyrke for en kraftlinje avhenger av ledertverrsnittet angitt ved FeAl nr; dette angir ekvivalent kobbertverrsnitt for lederen. Maksimal strømstyrke for et gitt tverrsnitt avhenger videre av hvilken temperatur en kan tillate på lederen. For nye linjer i dag er det vanlig å dimensjonere ut fra +80°C på lederen og omgivelsestemperaturer på +20°C og +5°C for henholdsvis sommer og vinter.

Tverrsnittet kan reguleres ved ulike ledertverrsnitt, eller ved å benytte duplex-linje (to ledere pr. fase) eller triplex-linje (tre ledere pr. fase). Ulempen med store ledertverrsnitt og duplex / triplex er at linene blir tunge. Mastene må konstrueres for å tåle de store påkjenninger som oppstår som følge av vekten på linen og ekstrapåkjenninger på grunn av islast og vind.

3.8.8.2 Overføringsevne, termisk grenselast

De oppgitte maksimale overføringsevner på kraftlinjene er basert på høyeste tillatte strømmen uten at temperaturen på faselinene overstiger 80°C.

	Termisk grenselast [MVA]			
Spenning	300 kV		420 kV	
Lufttemperatur	5°C	20°C	5°C	20°C
Simplex Parrot	915	820	-----	-----
Duplex Parrot	1830	1640	2440	2190
Duplex Curlev	1435	1280	1900	1710
Duplex Grackle	1560	1400	2080	1870
Triplex Grackle	2340	2100	3120	2800

Tabell 1: Termisk grenselast for ulike linetverrsnitt avhengig av spenningsnivå og lufttemperatur ved linetemperatur på 80°C. Forutsetninger: 0,6 m/sek vind, termisk absorpsjons- og emisjonskoeffisient lik 0,5, blank line og ingen solbestråling. Kilde: Statnett.

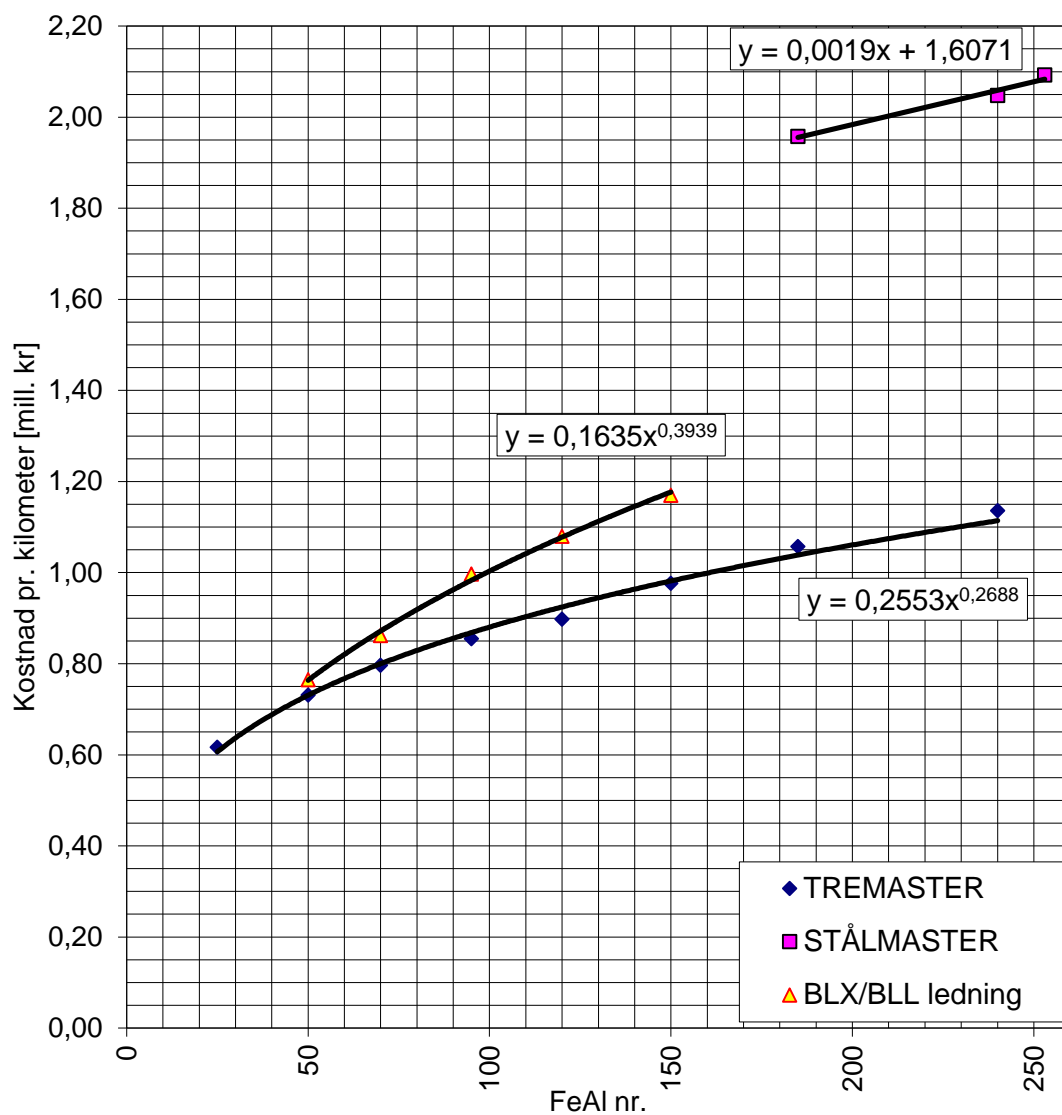
3.8.8.3 Begrenset overføringsevne pga. spenningsfall

Kraftlinjer har en serieimpedans som er hovedårsaken til spenningsfall langs linjen. For lange linjer kan det være spenningsfall, ikke termisk grenselast, som begrenser overføringsevnen.

Seriekompensasjon reduserer linjens serieimpedans, og gjør at spenningsfallet kan reduseres til et minimum på noen få prosent. Behovet for kompensering avhenger mye av lastforholdene i nettet. Ved tomtgående linjer kan spenningen stige i mottakerenden som følge av linjens kapasitive avledning, mens spenningsfall gjør seg gjeldende når belastningen øker. SVC-anlegg vil regulere tilførsel av reaktiv effekt etter behov.

Ved planlegging av lengre kraftlinjer er det nødvendig å foreta lastflytanalyser der hele det omkringliggende nett legges inn i en datamodell. Dette vil kunne forutsi hvordan aktiv og reaktiv effekt vil flyte i en planlagt linje under ulike driftsforhold og spenningsfall og behov for kompensering kan kartlegges på planstadiet.

Overføringsevnen basert på termiske grenselaster (tabell 1) må reduseres dersom det oppstår spenningsfall som følge av manglende kompensering.



ANMERKNINGER:

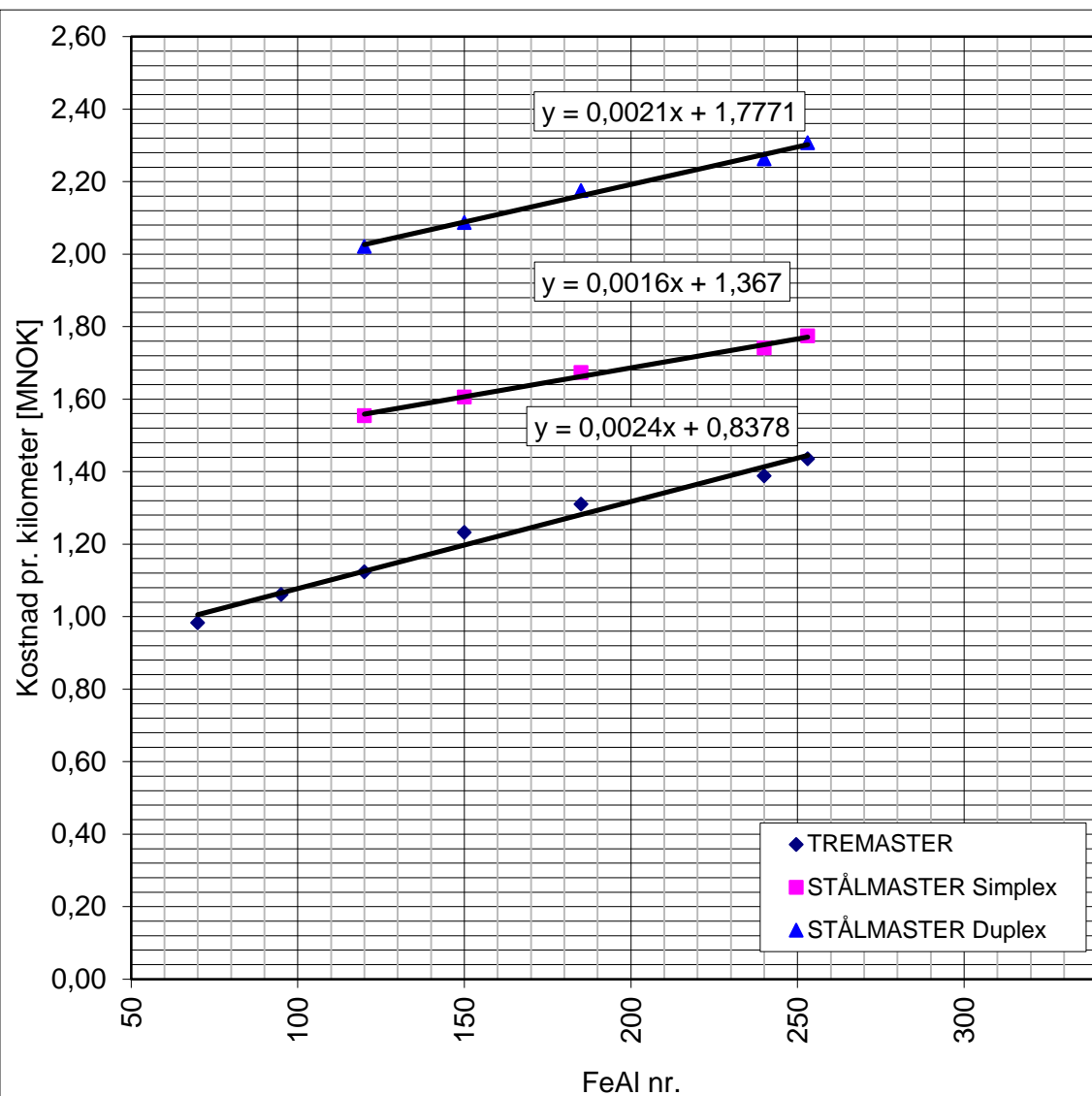
1. Prisnivå januar 2015
2. Totale kostnader
3. Normalt terreng
4. Toleranser: +/- 20 %
5. Vanskelig terreng: + 50 %



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

**LUFTLINJE MED
SYSTEMSPENNING 24 kV**

Fig. 3.8.1
01.01.15



ANMERKNINGER:

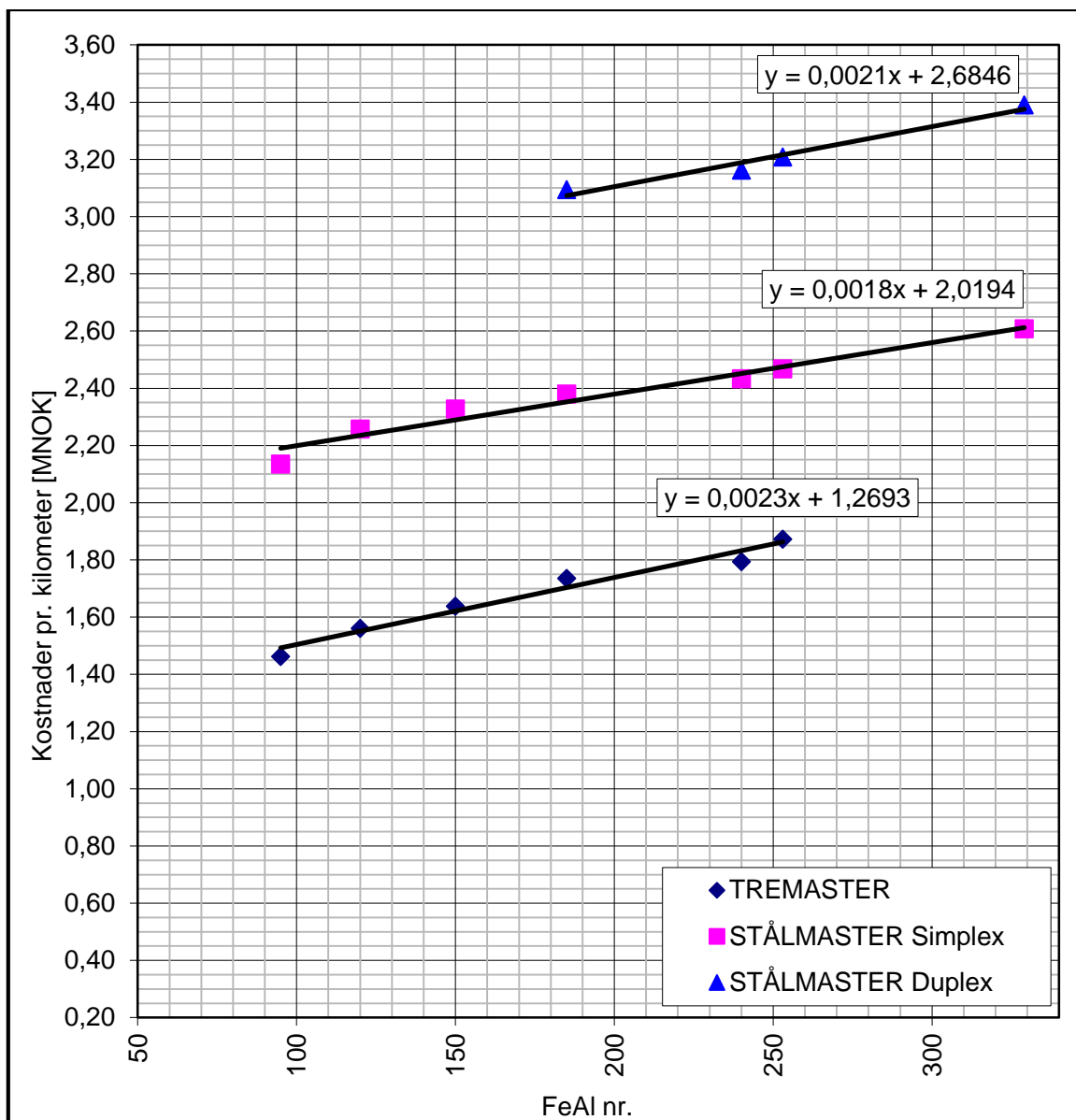
1. Prisnivå januar 2015
2. Totale kostnader
3. Normalt terreng
4. Toleranser: +/- 20 %
5. Vanskelig terreng: + 50 %



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

**LUFTLINJE MED
SYSTEMSPENNING 72,5 kV**

Fig. 3.8.2
01.01.15



ANMERKNINGER:

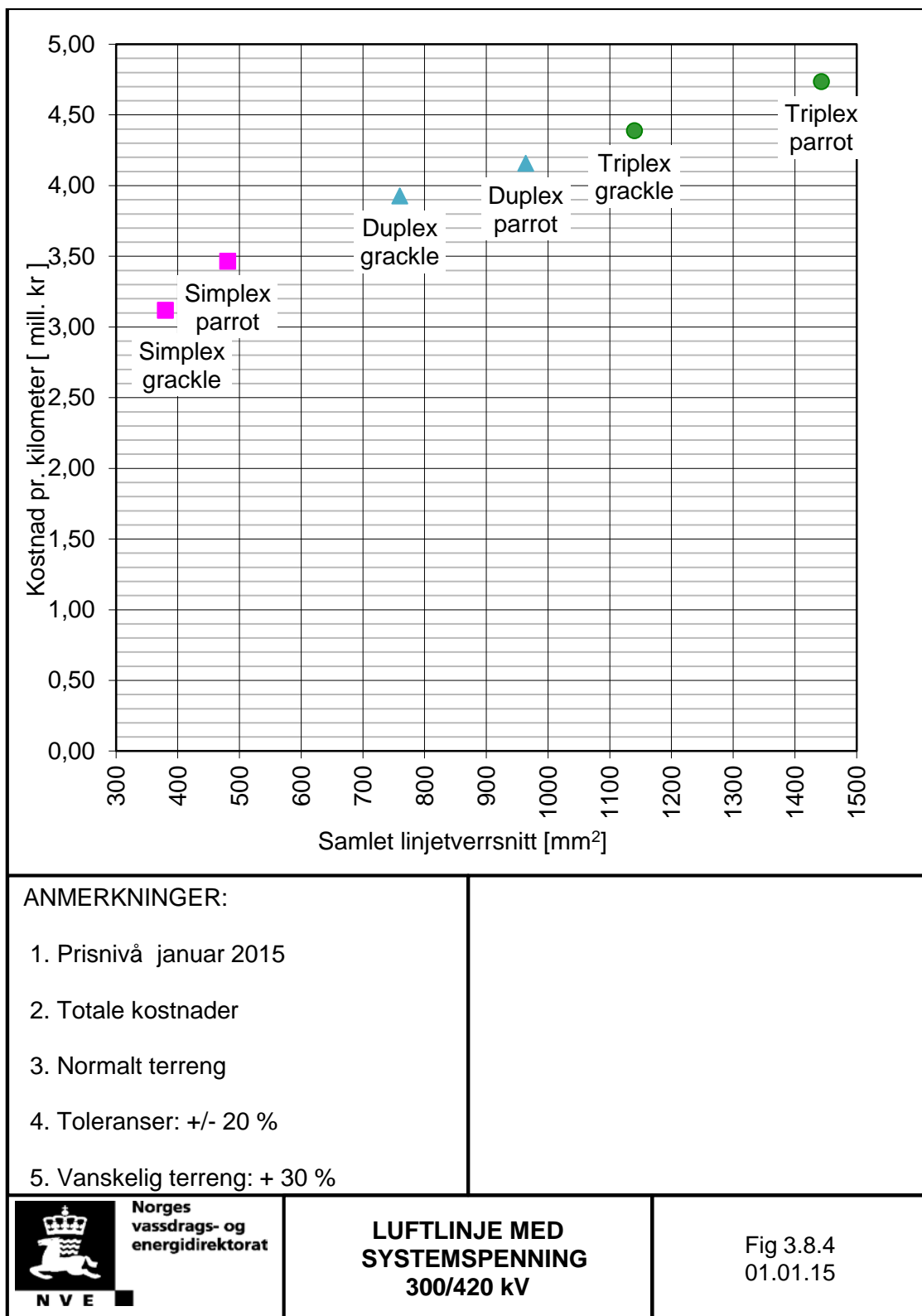
1. Prisnivå januar 2015
2. Totale kostnader
3. Normalt terreng
4. Toleranser: +/- 20 %
5. Vanskelig terreng: +/- 50 %

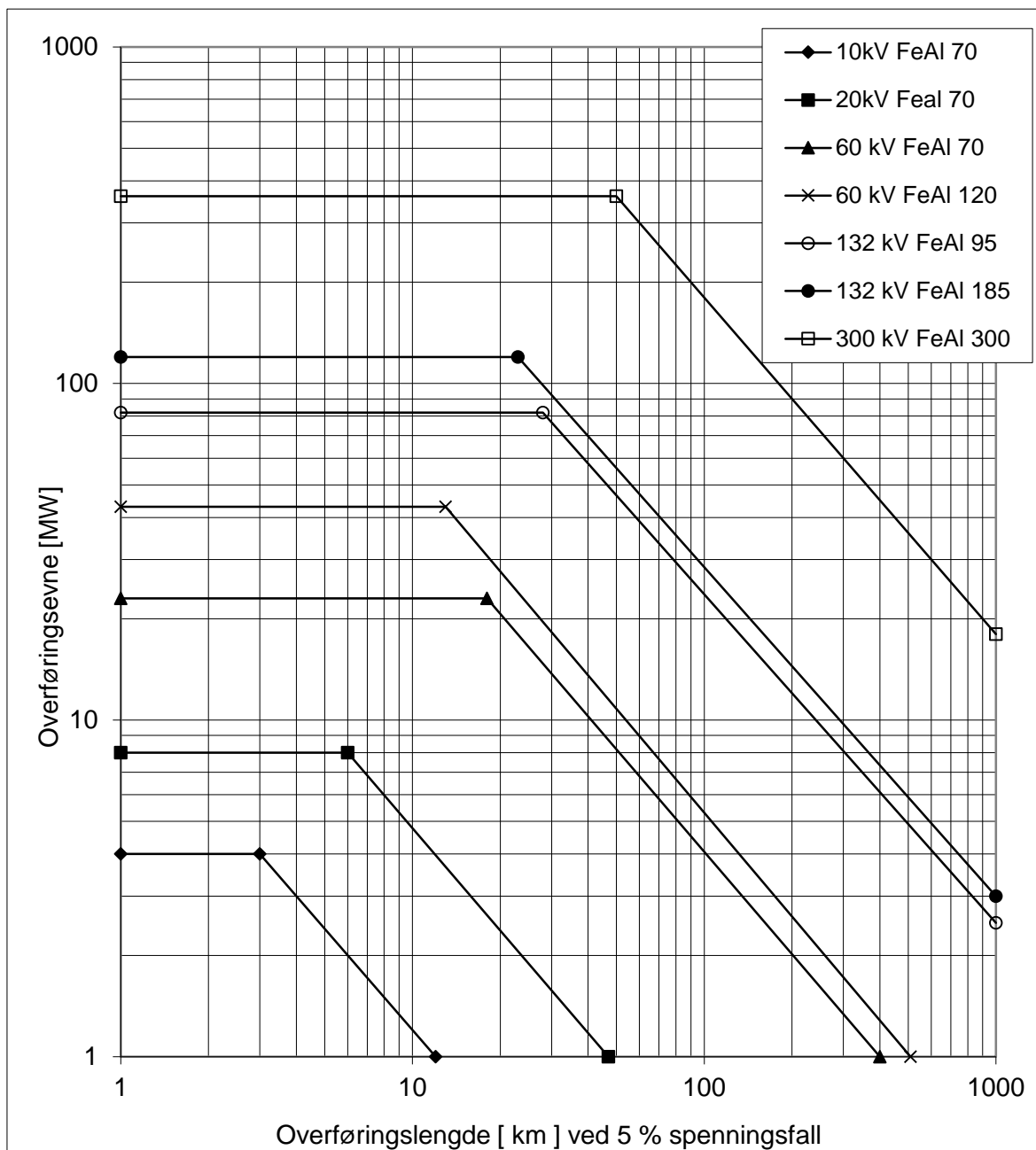


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

**LUFTLINJE MED
SYSTEMSPENNING 145 kV**

Fig. 3.8.3
01.01.15





Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Overføringsevne for
kraftlinjer

Fig. 3.8.5
01.01.2015

3.9 Totale kostnader

3.9.1 Generelt

Kapittelet gir de totale kostnader for elektrotekniske anlegg i kraftverk, basert på forutsetninger som angitt nedenfor. Totalprisen framkommer som summen av kostnadene for enkeltkomponenter som angitt i det foregående.

3.9.2 Stasjoner fra 5 MVA og oppover

Som utgangspunkt har vi valgt et kraftverk med følgende hovedtrekk:

- Stasjon i fjell med 800 m kabeltrasé
- Stasjonsytelsen fordelt på 1 eller 2 aggregat i blokkobling¹
- Utgående linjer fra stasjonen.
- Koblingsanlegg av konvensjonell type med enkel samleskinne og en effektbryter. Dersom en ønsker SF₆-anlegg, må en legge til ekstra kostnader for dette, jr. Figur 3.4.1 Høyspent koblingsanlegg.
- For stasjoner over ca. 150 MW forutsettes bruk av kapslet skinneføring og generator effektbryter.

3.9.3 Variasjoner i stasjonsutforming

De faktorer som har størst betydning for kostnadene foruten stasjonsytelse (MW) er:

- Antall aggregater
- Aggregatenes turtall
- Antall linjefelt
- Type koblingsanlegg
- Lengde, type og antall kabler

Omfanget av, og dermed prisen for elektroteknisk utstyr i kraftverk vil i prinsippet være det samme om stasjonen er bygget i dagen eller i fjell. For en stasjon i dagen vil det imidlertid ofte være mulig å plassere høyspentanlegget så nær transformatorene at man kan unngå den lange kabelforbindelsen som er forutsatt for stasjoner i fjell. Dersom stasjonen bygges i dagen, må en trekke fra kostnader for kabel, jf. Figur 3.7.1.

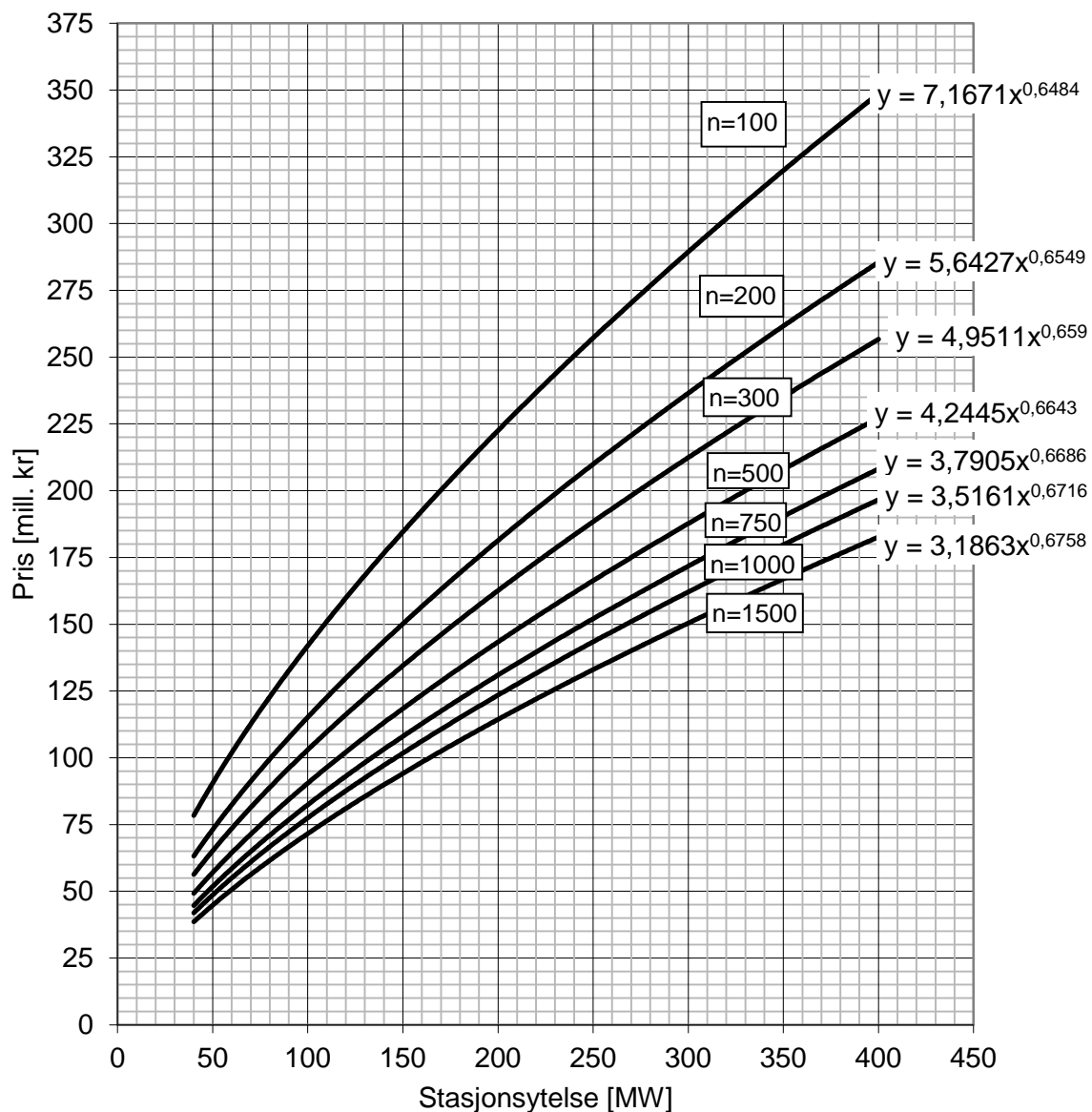
3.9.4 Anleggsdeler som ikke er inkludert i overslaget

Kostnader til kraftlinjer og telesamband er ikke inkludert. Kraftlinjer kan utgjøre betydelige beløp, jf. kapittel 3.8. Ved stasjoner med vidstrakte reguleringsområder kan kraftforsyning og samband i reguleringsområdene bli kostbare.

3.9.5 Stasjoner med flere enn 2 aggregater

I Figur 3.9.1a, 3.9.1b, 3.9.2a og 3.9.2b er det vist kostnader for elektroteknisk utrustning i kraftstasjon hvor ytelsen er fordelt på henholdsvis ett og to aggregater. Dersom ytelsen er fordelt på flere enn to aggregater benyttes 50 % av kostnaden på kontrollanlegg og hjelpeanlegg for ett aggregat, for hvert installert aggregat mer enn to aggregater. Forøvrig benyttes enhetskostnadene som er oppgitt i figurene.

¹ Blokkobling betyr at det er en transformator til hvert aggregat. I andre tilfeller kan for eksempel to aggregater ha en felles transformator som dekker samlet generatorytelse.



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2015
2. Beregningene gjelder samlet elektroteknisk utrustning inkl. kontroll/hjelpelanlegg for middels stor stasjon i berg
3. Toleranser +/- 20 %

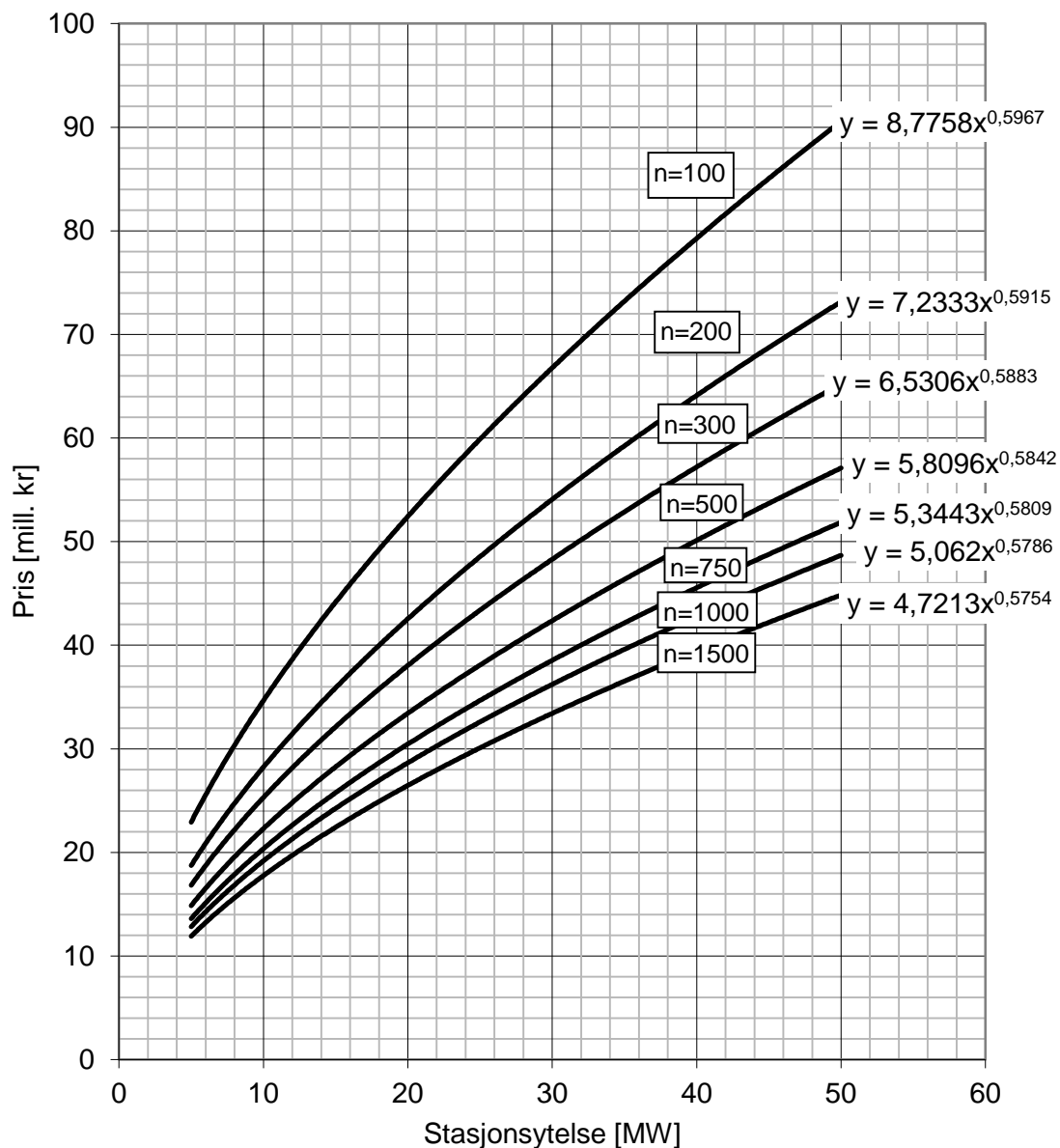
4. Beregningene inkluderer 800 meter kabel. Spenningsnivå varierer fra 22 kV til 420 kV etter ytelsen [MW].
5. Teleanlegg og kraftlinjer er ikke inkludert.
6. Velges SF₆-anlegg må en legge til differansen mellom SF₆ og konvensjonelt anlegg jf. Figur 3.4.1.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

**TOTALE KOSTNADER FOR
ELEKTROTEKNISK
UTRUSTNING I
KRAFTSTASJON,
YTELSEN FORDELT PÅ ETT
AGGREGAT**

Fig. 3.9.1a
01.01.15



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2015
2. Beregningene gjelder samlet elektroteknisk utrustning inkl. kontroll/hjelpelanlegg for middels stor stasjon i fjell.
3. Toleranser +/- 20 %

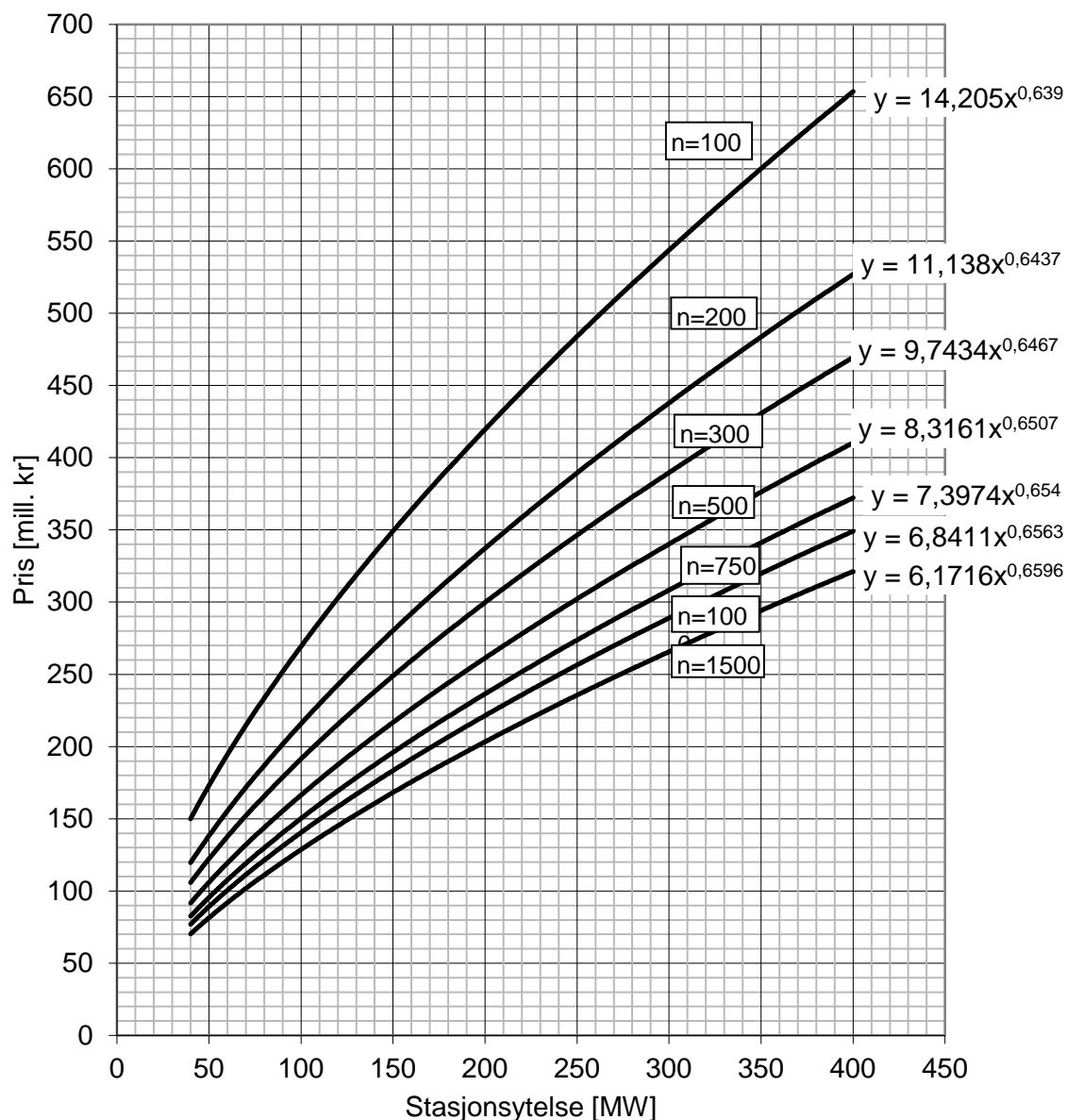
4. Beregningene inkluderer 800 meter kabel. Spenningsnivå varierer fra 22 kV til 420 kV etter ytelsen [MW].
5. Teleanlegg og kraftlinjer er ikke inkludert.
6. Velges SF₆-anlegg må en legge til differansen mellom SF₆ og konvensjonelt anlegg jf. Figur 3.4.1.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

**TOTALE KOSTNADER FOR
ELEKTROTEKNISK
UTRUSTNING I
KRAFTSTASJON,
YTTELSEN FORDELT PÅ ETT
AGGREGAT [5-50 MW]**

Fig. 3.9.1b
01.01.15



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2015
2. Beregningene gjelder samlet elektroteknisk utrustning inkl. kontroll/hjelpeanlegg for middels stor stasjon i fjell.
3. Toleranser +/- 20 %
4. Beregningene inkluderer 800 meter kabel. Spenningsnivå varierer fra 22 kV til 420 kV etter ytelsen [MW].

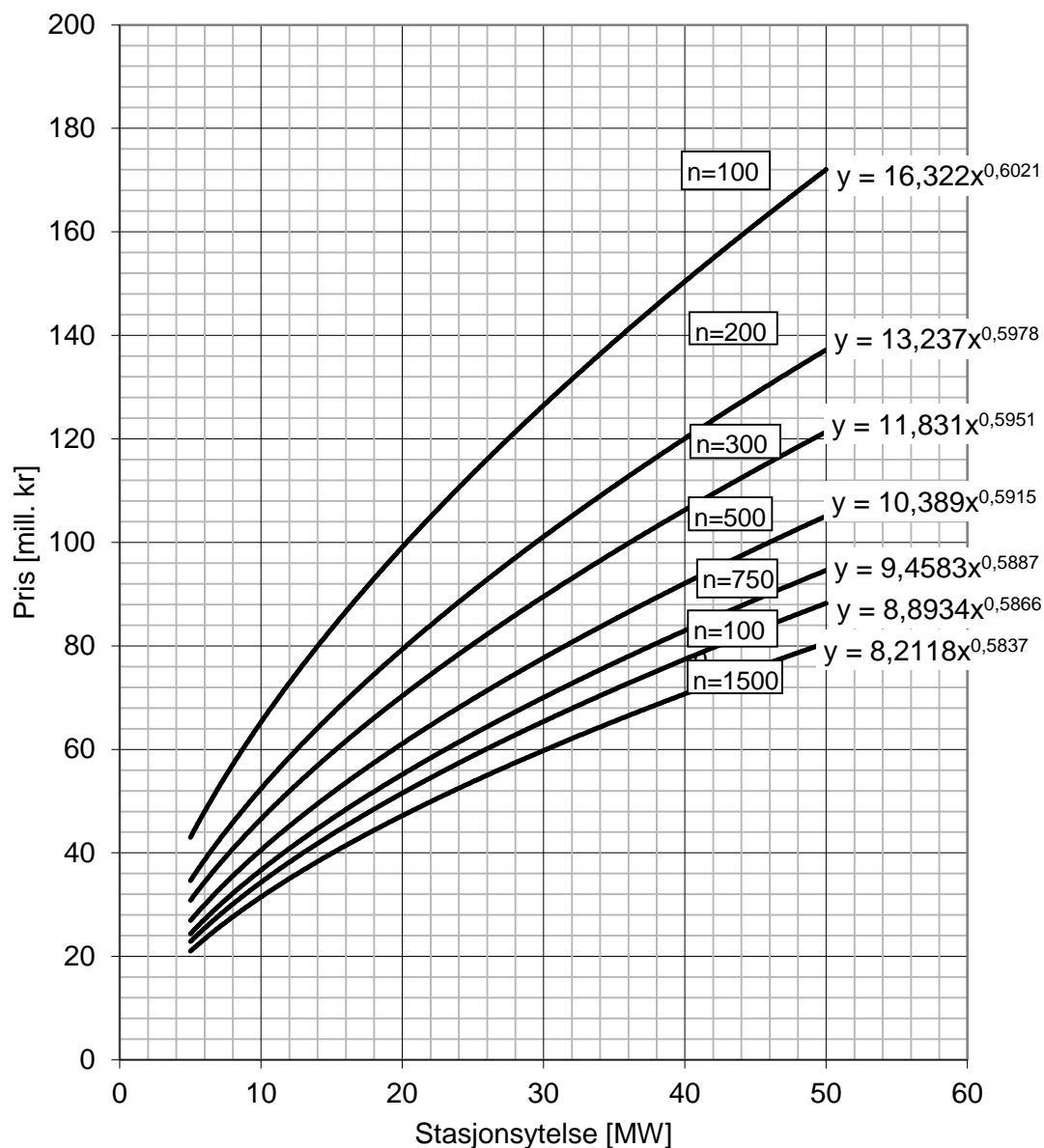
5. Toleanlegg og kraftlinjer er ikke inkludert.
6. Velges SF₆-anlegg, må en legge til differansen mellom SF₆ og konvensjonelt anlegg jf. Figur 3.4.1.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

**TOTALE KOSTNADER FOR
ELEKTROTEKNISK UTRUSTNING
I KRAFTSTASJON.
YTELSEN FORDELT PÅ TO
AGGREGATER**

Fig. 3.9.2a
01.01.15



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2015
2. Beregningene gjelder samlet elektroteknisk utrustning inkl. kontroll/hjelpeanlegg for middels stor stasjon i fjell.
3. Toleranser +/- 20 %
4. Beregningene inkluderer 800 meter kabel. Spenningsnivå varierer fra 22 kV til 420 kV etter ytelsen [MW].

5. Teleanlegg og kraftlinjer er ikke inkludert.
6. Velges SF₆-anlegg, må en legge til differansen mellom SF₆ og konvensjonelt anlegg jf. Figur 3.4.1.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

**TOTALE KOSTNADER FOR
ELEKTROTEKNISK UTRUSTNING
I KRAFTSTASJON,
YTELSEN FORDELT PÅ TO
AGGREGATER [5-50 MW]**

Fig. 3.9.2b
01.01.15

3.10 Anleggskraft

3.10.1 Generelt

Krafftforsyningen til anleggsarbeider kan variere mye, avhengig av kraftforbruk og anleggets kompleksitet. En har derfor ikke funnet det mulig å etablere kurver eller tabeller for et entydig kostnadsoverslag.

Ofte er det byggherrens oppgave å sørge for anleggskraft i henhold til entreprenørens behov. I så tilfelle vil kostnadene måtte anses som byggherreutgifter og derfor falle utenfor rammen for denne rapporten. Nedenfor er det angitt priser for enkeltkomponenter som inngår i anleggskrafftforsyningen.

3.10.2 Høyspentlinje

Det henvises her til kapittel 3.8.

3.10.3 Kabelanlegg

Det forutsettes brukt 3 x 50 mm² Al. Ferdig installert kan en anta ca. 250 kr/m. Ved bruk av kabel med bæreline må en regne med et tillegg på ca. 75 kr/m.

3.10.4 Kiosker

En høyspent matekiosk av transportabel type kan anskaffes for kr. 150 000 – 200 000 ekskl. transformator. Prisen varierer med krav til flyttbarhet.

Videre er det behov for en eller flere fordelingskiosker med lavspennuttak. Disse kan koste fra kr 75 000 – 125 000 ekskl. transformator.

3.10.5 Prisnivå

De angitte priser har prisnivå januar 2015.

4 MASKINTEKNISKE ARBEIDER

4.1 Generelt

4.1.1 Gjennomsnittlig påregnelige kostnader og usikkerhet

Kapittelet gir grunnlag for beregning av gjennomsnittlig påregnelige kostnader for maskintekniske leveranser. Oppgitte priser inkluderer konstruksjon, produksjon og levering fram til ferdig idriftsatt utstyr.

De oppgitte prisene har en anslått nøyaktighet på ± 30 %, med like stor sannsynlighet for at virkelige kostnader kan bli høyere som at de kan bli lavere.

4.1.2 Medtatte/ikke medtatte kostnader

Som hovedregel inkluderer de oppgitte prisene:

- Transport til anlegg i Norge, inkl. transportforsikringer
- Reservedeler (omfang varierer)
- Montasje inkludert kost og losji for montører
- Leverandørens tekniske service under montasje og idriftsettelse
- Ytelser i garantitiden

De oppgitte prisene inkluderer ikke følgende:

- Lokaltransport på anlegget
- Bygningsmessige og elektrotekniske utgifter i forbindelse med installasjonen
- Byggherreutgifter

4.1.3 Byggherreutgifter

De mest dominerende byggherreutgiftene for maskintekniske leveranser er vanligvis:

- Planlegging og administrasjon, herunder konsulentonorar
- Finansiering, renter i byggetiden
- Skatter og avgifter (merverdiavgift, 25 %)
- Lokaltransport på anlegget
- Egeninnsats ifm. montering; eksempelvis håndlanger- og sjauerhjelp
- Oppfølging under montasje og idriftsettelse
- Diverse og utforutsett

4.1.4 Prisnivå

De oppgitte prisene refererer seg til januar 2015. Prisene er hovedsakelig basert på budsjettpriser, tilbudspriser og priser i inngåtte kontrakter. Det bemerkes at for enkelte maskintekniske komponenter er underlaget for vurdering av prisutviklingen begrenset. Det er også en betydelig variasjon i kostnadsøkning fra 2010 for de ulike komponentene.

Hovedleverandører av maskintekniske komponenter setter ofte ut produksjonen til underleverandører i en rekke land verden over. Kostnadene vil derfor ofte være like mye påvirket av prisutviklingen internasjonalt som prisutviklingen i Norge.

Erfaringsmessig kan utstrakt bruk av underleverandører føre til problemer med å oppnå ønsket kvalitet i leveransen. I slike tilfeller kan utbyggeren måtte bruke mer midler på kvalitetsoppfølging av det kjøpte utstyret. Dette er kostnader som ikke er medtatt i grunnlaget.

4.2 Turbiner

4.2.1 Generelt

Turbinprisene er gitt som kr/kW maksimal effekt, og er satt opp som funksjon av maksimal vannføring Q , midlere effektiv fallhøyde H og turtall n . Prisene gjelder hovedsakelig i effektområdet 5 - 300 MW.

Mellom to turtall i diagrammene skal det laveste turtallet benyttes.

For et valgt turtall vil marginalkostnadene ved mindre variasjoner i slukeevne eller fallhøyde være mindre enn kurvene gir inntrykk av.

Ved å sammenligne kurver for små turbiner og større turbiner kan det synes som om det er motsetninger i prisene i overgangen mellom store og små turbiner. Dette er naturlige prishopp som ligger i gråsonen mellom 8-12 MW. Disse prishoppene skyldes størrelse og trykk på turbinen, samt krav til reguleringskapasitet. Dette gjør seg bl.a. utslag i utformingen av aggregatet. Mindre turbiner blir ofte utført med standardiserte løsninger, serieprodusert utstyr, mykere konstruksjoner og uten reguleringskapasitet. Samlet gjør disse faktorene at aggregatene blir rimeligere. Statnetts Funksjonskrav i Kraftsystemer (FIKS) stiller diverse krav til reguleringskapasitet avhengig av aggregatets effekt.

Ved to eller flere like turbiner i samme stasjon koster turbin nr. 2, hhv. nr. 3 osv. ca. 80 - 90 % av turbin nr. 1, hvis de kan installeres i naturlig rekkefølge.

Reserve turbinhjul er ikke inkludert i prisene.

Alle vertikale turbiner leveres med turbinstyrelager. Bærelager er vanligvis inkludert i generatorleveransen. For horisontale maskiner er som regel både radial- og aksiallager inkludert i generatorleveransen.

4.2.2 Virkningsgrader

I Figur 4.1.1 og Figur 4.1.2 er det angitt typiske virkningsgradskurver for ulike turbintyper med turbinytelse på ca. 100 MW og ca. 5 MW respektive. Levert effekt vil ligge anslagsvis 3-4 % under turbineffekten pga. tap i generator og transformator.

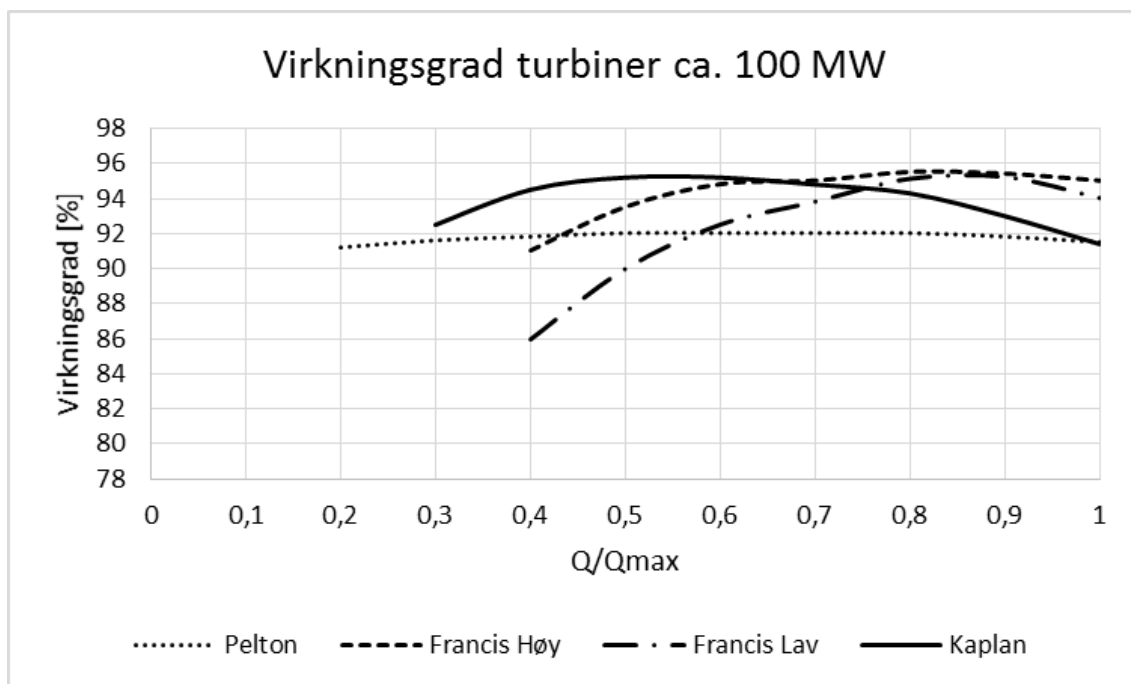


Fig. 4.1.1

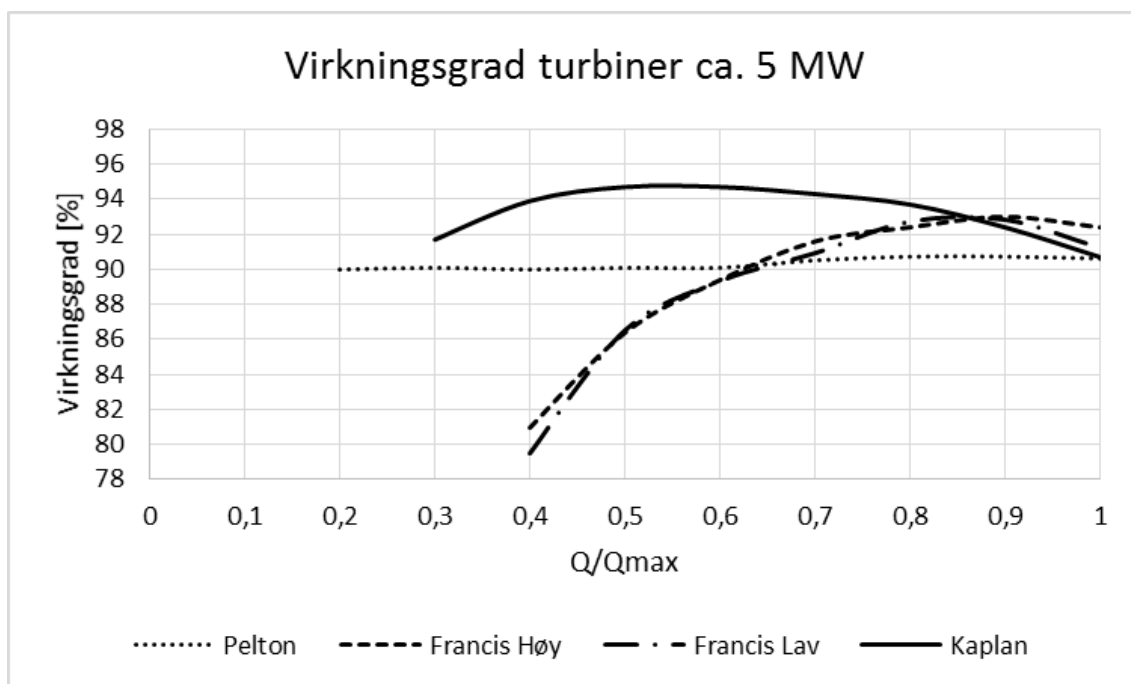


Fig. 4.1.2

For tiltak for forbedring av turbinvirkningsgraden, se kapittel 4.2.7.

4.2.3 Pelton-turbiner med ytelse over ca. 10 MW

Det vises til Figur 4.2.1.

For priskurvene er det forutsatt at turbinene leveres med ringledning, hovedstengeventil og frekvensregulator.

Kurvene er delt i to hovedområder; 2-strålede horisontale turbiner (horisontal aksel) og 5-6 strålede vertikale turbiner (vertikal aksel). Områdene vil i praksis overlappe hverandre, avhengig av bl.a. variasjon i driftsvannføring, om stasjonen ligger i dagen eller i berg etc. Enkelte ganger kan også 4-strålede vertikale turbiner være fordelaktig.

Løpehjulet må alltid plasseres over høyeste undervann. For turbinene i diagrammet ca. 1-4 meter over, avhengig av størrelsen, og om det er en horisontal eller en vertikal maskin.

Ved fallhøyder under ca. 650 m og store vannføringer kan Francisturbin være aktuell.

4.2.4 Francisturbiner med ytelse over ca. 10 MW

Det vises til Figur 4.2.2.

For priskurvene er det forutsatt vertikale turbiner med stålspiral, inklusive hovedstengeventil og frekvensregulator.

Prisene gjelder for turbiner med moderat dykket løpehjul; dvs. løpehjulssenteret ligger noe lavere enn undervannsnivået. Hvis det er krav om at turbinen ikke skal være dykket, vil det oftest øke prisen; noe avhengig av hvor nært en ligger turtallsgrensene.

Ved lave fallhøyder, store vannføringer og store variasjoner i vannføringen kan en Kaplanturbin være aktuell. Ved store fallhøyder, små vannføringer og store variasjoner i vannføringen kan Peltonturbin være aktuell.

4.2.5 Kaplanturbiner med ytelse over ca. 10 MW

Det vises til Figur 4.2.3 og Figur 4.2.4.

For priskurvene er det forutsatt vertikale turbiner med frekvensregulator.

Det er gitt to ulike prisblad; ett for Kaplan med stålspiral, fallhøydeområde ca. 35 m til ca. 50 m, og ett for Kaplan i betongspiral, fallhøydeområde ca. 5 m til 30 m.

I øvre fallhøydeområde kan det, særlig ved liten slukeevne og liten variasjon i vannføringen, være aktuelt å benytte Francisturbin. I nedre fallhøydeområde kan det også benyttes rørturbiner dersom det er stabilitetsmessig forsvarlig. Prisene vil da ikke endres vesentlig, men turtallet vil være 10-20 % høyere enn det som framgår av diagrammet.

For Kaplanturbiner i stålspiral med slukeevne under ca. 80-100 m³/s kan det være aktuelt med spjeldventil i stedet for inntaksfalluke foran turbinen.

4.2.6 Pumpeturbiner

Pris for pumpeturbiner kan regnes ut ved å benytte prisen for en Francisturbin med samme slukeevne og fallhøyde og så legge på et prosenttillegg for merkostnader forbundet med en pumpeturbinleveranse. Som et utgangspunkt foreslås et tillegg på 25 %.

4.2.7 Tiltak for forbedring av turbinvirkningsgrad

Peltonturbin:

Tiltak som kan gjøres på turbinen for å bedre virkningsgraden på eksisterende anlegg inkluderer blant annet:

- Nytt løpehjul
- Nye nåler og dysesystem

- Modifisering av turbinhus med reduksjon av ventilasjonstap

Forbedringspotensial i virkningsgraden er på opp til ca. 3 % for eldre turbiner og ca. 1 % for nyere turbiner (ca. 1970 tallet). Forbedringen gjelder for eksisterende aggregat i "ny"-tilstand. Ved revisjon av sterkt slitte aggregater kan selvsagt forbedringen bli større.

Kostnaden for løpehjul utgjør ca. 15-30 % av kostnaden for en ny turbin. Prisen påvirkes imidlertid av tekniske valg. De andre komponentene (nåler, dyser, turbinhus) utgjør ca. 10 % av kostnaden for en ny turbin. Ved økt slukeevne kan det være at turbinens reguleringsystem må bygges om (økt nålslag). Slukevnen kan normalt økes med 5–10 %, og begrenses av krav til ventilasjonstap, oppstuvning av vann i avløpet og generatorens maksimale ytelse.

Francisturbin:

Tiltak som kan gjøres på turbinen for å bedre virkningsgraden på eksisterende anlegg inkluderer blant annet:

- Nytt løpehjul med endret hydraulisk design
- Nye løpehjulstetninger
- Nye ledeskovler, eventuelt med ledeskovltetninger
- Justering av stagskovler med hensyn på inn- og avløpsvinkler

Forbedringspotensial i virkningsgraden er på opp til 3 % for eldre turbiner og ca. 1,5 % for nyere turbiner (ca. 1960-tallet). For sterkt slitte aggregater kan selvsagt forbedringen bli større. Slukevnen kan normalt økes med 5-10 %, og begrenses av krav til dykking, tillatt trykkstigning ved avslag og generatorens maksimale ytelse.

Kostnad for løpehjul utgjør ca. 15-30 % av kostnaden for en ny turbin. Prisen påvirkes imidlertid av tekniske valg. De andre komponentene som er nevnt utgjør ca. 10 % av kostnaden for en ny turbin. Ved økt slukeevne kan det være at turbinens reguleringsystem må bygges om (økt servoslag).

Kaplanturbin:

Tiltak som kan gjøres på turbinen for å bedre virkningsgraden på eksisterende anlegg inkluderer blant annet:

- Nytt løpehjul med endret hydraulisk design
- Nye ledeskovler for økt slukeevne og redusert friksjon
- Justering av stagskovler med hensyn på inn- og avløpsvinkler

Forbedringspotensial i virkningsgraden er på opp til 2 % for eldre turbiner og ca. 1 % for nyere turbiner (ca. 1960 tallet). For sterkt slitte aggregater er den totale forbedringen høyere. Slukevnen kan normalt økes med 5-10 %, og begrenses av krav til dykking og generatorens maksimale ytelse.

Absolutte prototypmålinger for bestemmelse av de hydrauliske egenskapene til Kaplan-turbiner er som regel svært omfattende og ressurskrevende. For å verifisere turbinvirkningsgraden vil derfor modellforsøk ofte kunne være den billigste og beste metoden.

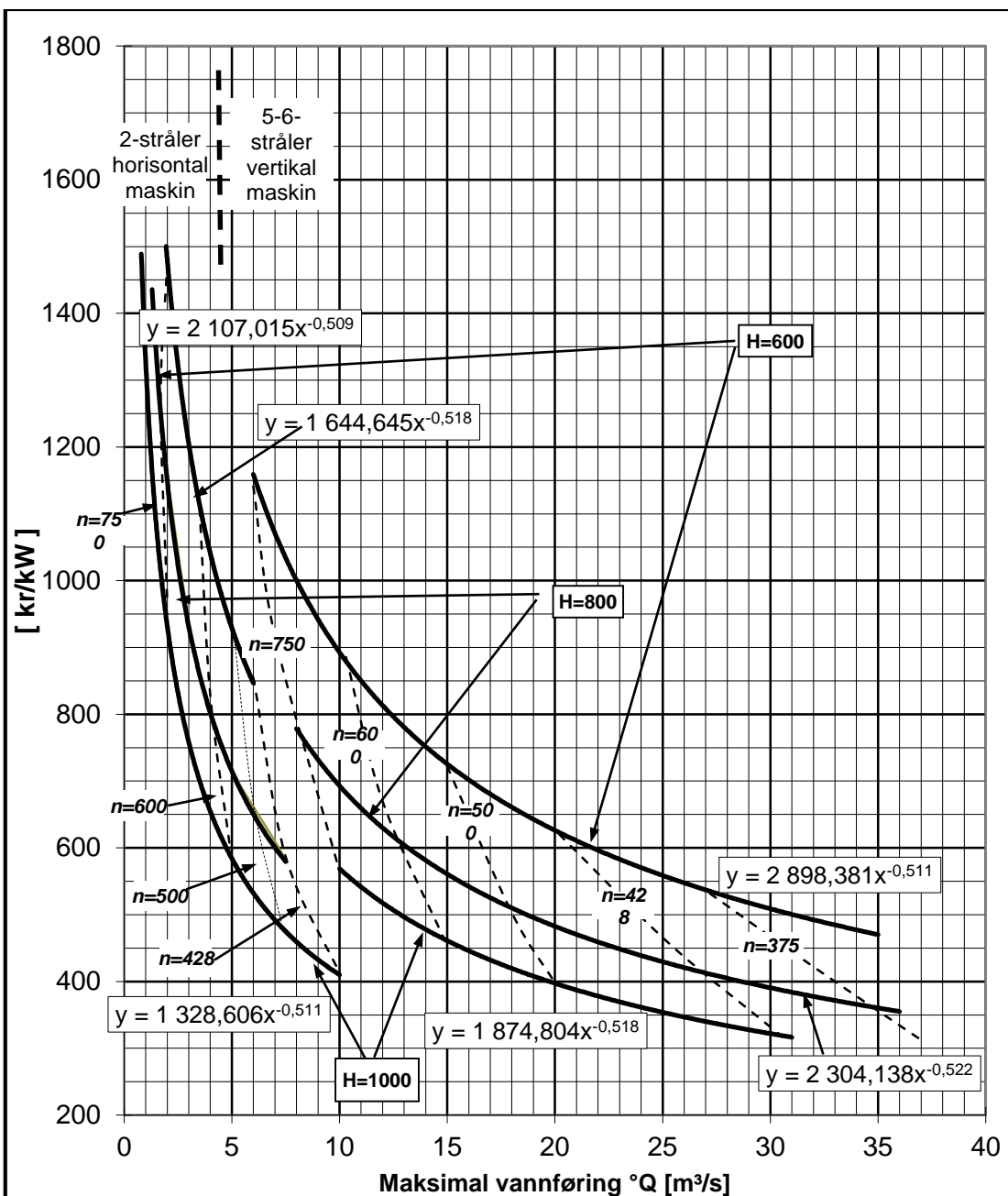
Kostnad for løpehjul utgjør ca. 15-30 % av kostnad for en ny turbin. Prisen påvirkes imidlertid av tekniske valg. De andre komponentene som er nevnt utgjør ca. 10 % av kostnaden for en ny turbin. Ved økt slukeevne kan det være at turbinens reguleringsystem må bygges om (økt servoslag).

Forbedringer generelt:

Generelt kan forbedringer i turbiner ved opprusting og modernisering gi 1-5 % økning av virkningsgraden. I enkelte tilfeller kan eldre kraftverk med Peltonturbiner ombygges til Francisturbiner. Gevinsten i dette tilfellet kan være opp til 7 % ved beste virkningsgradspunkt. Dette medfører større ombygging av kraftstasjonen, og er best egnet som tiltak dersom en bygger en ny kraftstasjon ved siden av den gamle stasjonen. I dette tilfellet kan også slukeevnen økes betraktelig.

Om turbinens virkningsgrad økes med 1-5 % , dvs. en effektøkning på 1-5 %, vil i de fleste tilfeller utstyr som generator, transformator og øvrig høyspenningsutstyr allerede være dimensjonert for dette. Spesielt transformator og generator er normalt dimensjonert slik at en økning opp til 10 % kan være akseptabelt. Det er viktig i denne sammenheng å ta hensyn til at dette kan, avhengig av hvordan disse komponentene er dimensjonert, medføre en temperaturøkning som igjen kan redusere levetiden.

Utstyr som spesielt må undersøkes om er tilstrekkelig dimensjonert ved en effektoppgradering, er skinneføringer, kabler, strømtransformatorer, effekt- og skillebrytere.



ANMERKNINGER:

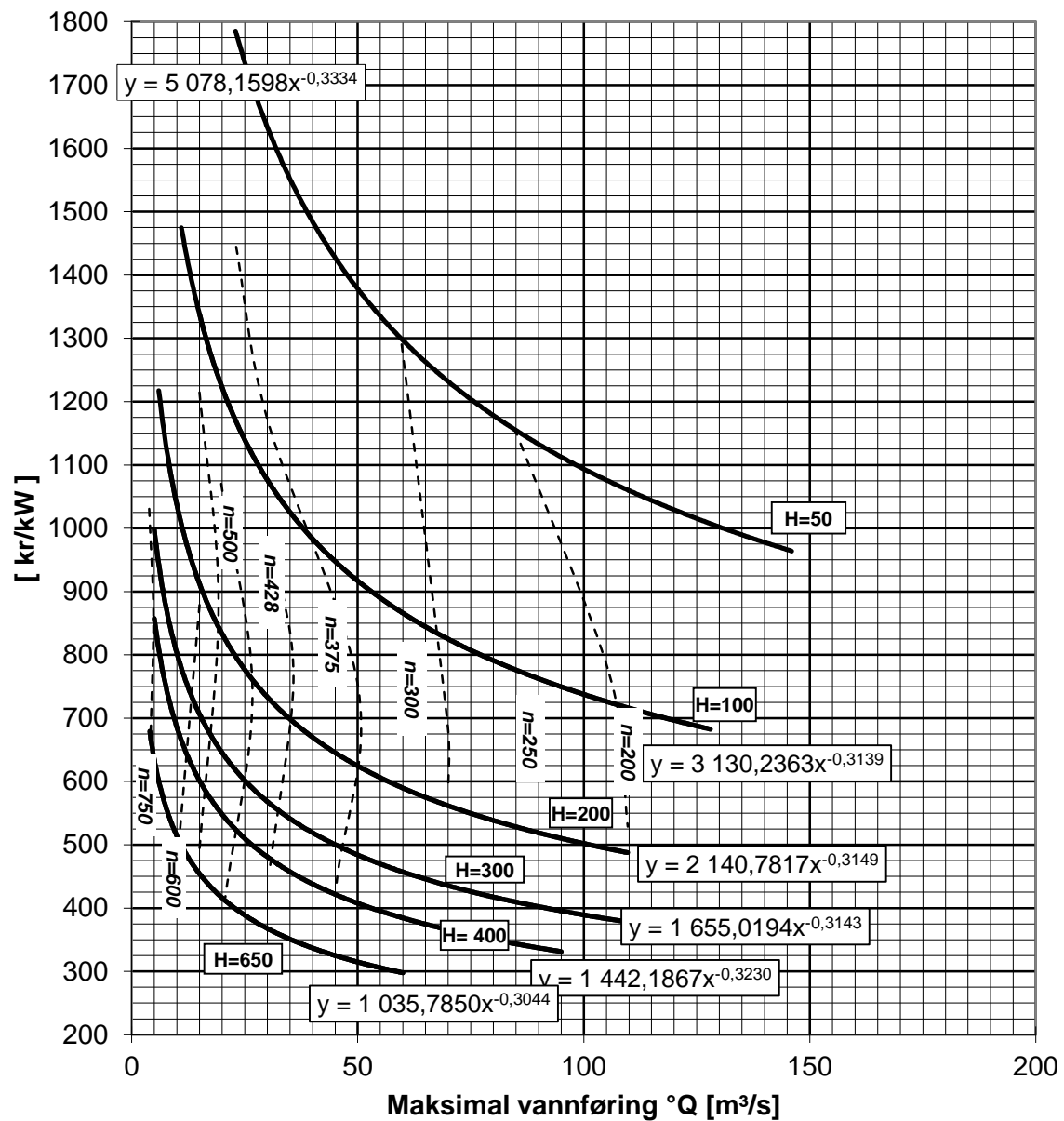
1. Prisnivå januar 2015



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

PELTONTURBIN

Fig. 4.2.1
01.01.15



ANMERKNINGER:

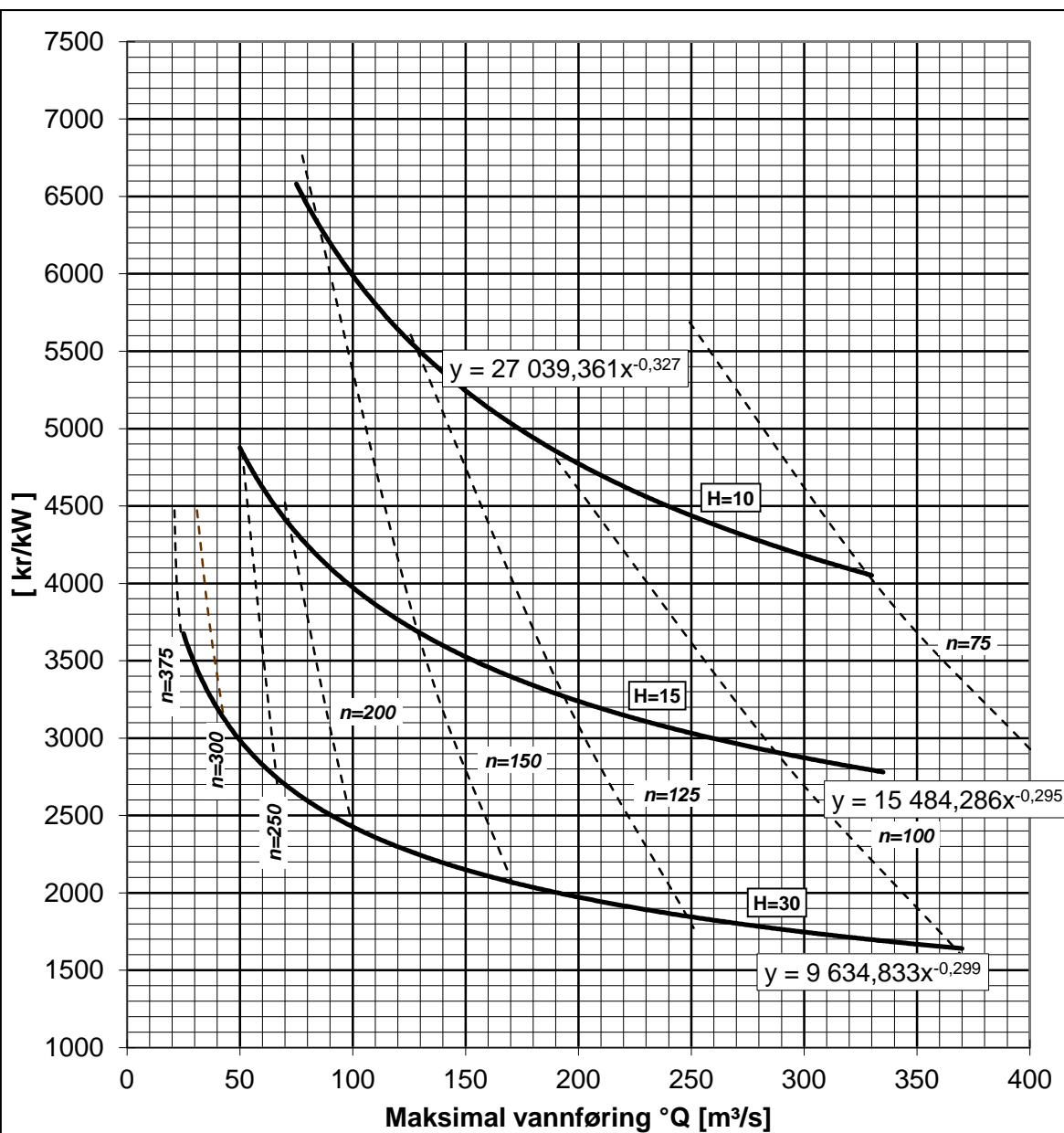
1. Prisnivå januar 2015
2. Turbinsenteret ligger ca. 3 m under laveste undervann



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FRANCISTURBIN

Fig. 4.2.2
01.01.15



ANMERKNINGER:

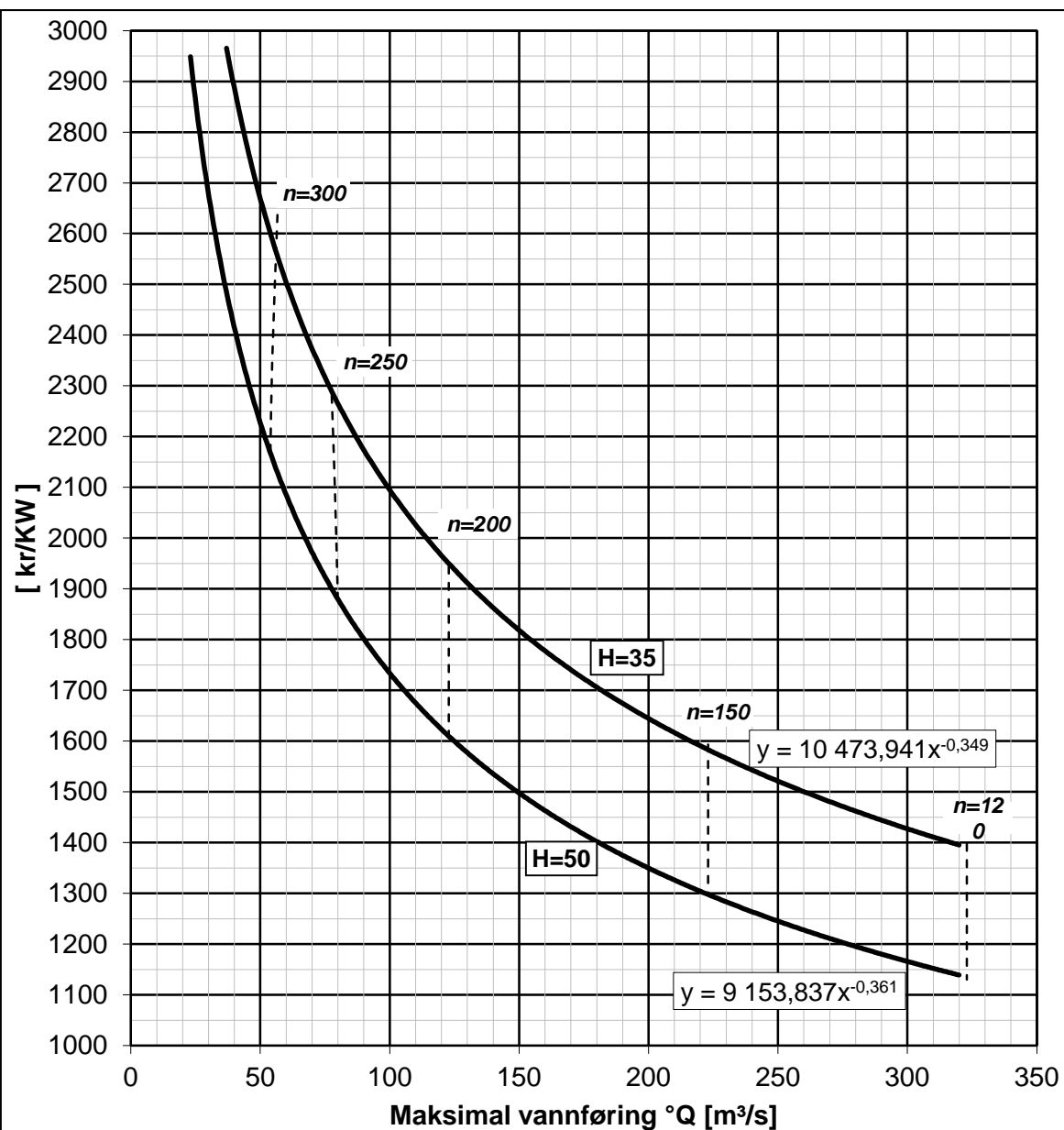
1. Prisnivå januar 2015
2. Kurvene gjelder vertikale aggregat med betongspiral



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

KAPLANTURBIN MED
BETONGSPIRAL

Fig. 4.2.3
01.01.15



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2015



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

KAPLANTURBIN MED
STÅLSPIRAL

Fig. 4.2.4
01.01.15

4.3 Pumper

Pumpeprisene er gitt som kr/kW stemplet motorstørrelse, og er satt opp som funksjon av maksimal vannføring Q og løftehøyde H . Se Figur 4.3.1. Prisene gjelder i området fra 0,1 m^3/s . Kurvene er trukket så langt som standardprogrammene til de fleste aktuelle pumpeleverandørene rekker.

Virkningsgraden øker med økende vannføring fra ca. 75 % ved 0,1 m^3/s til 90 % ved 2 m^3/s .

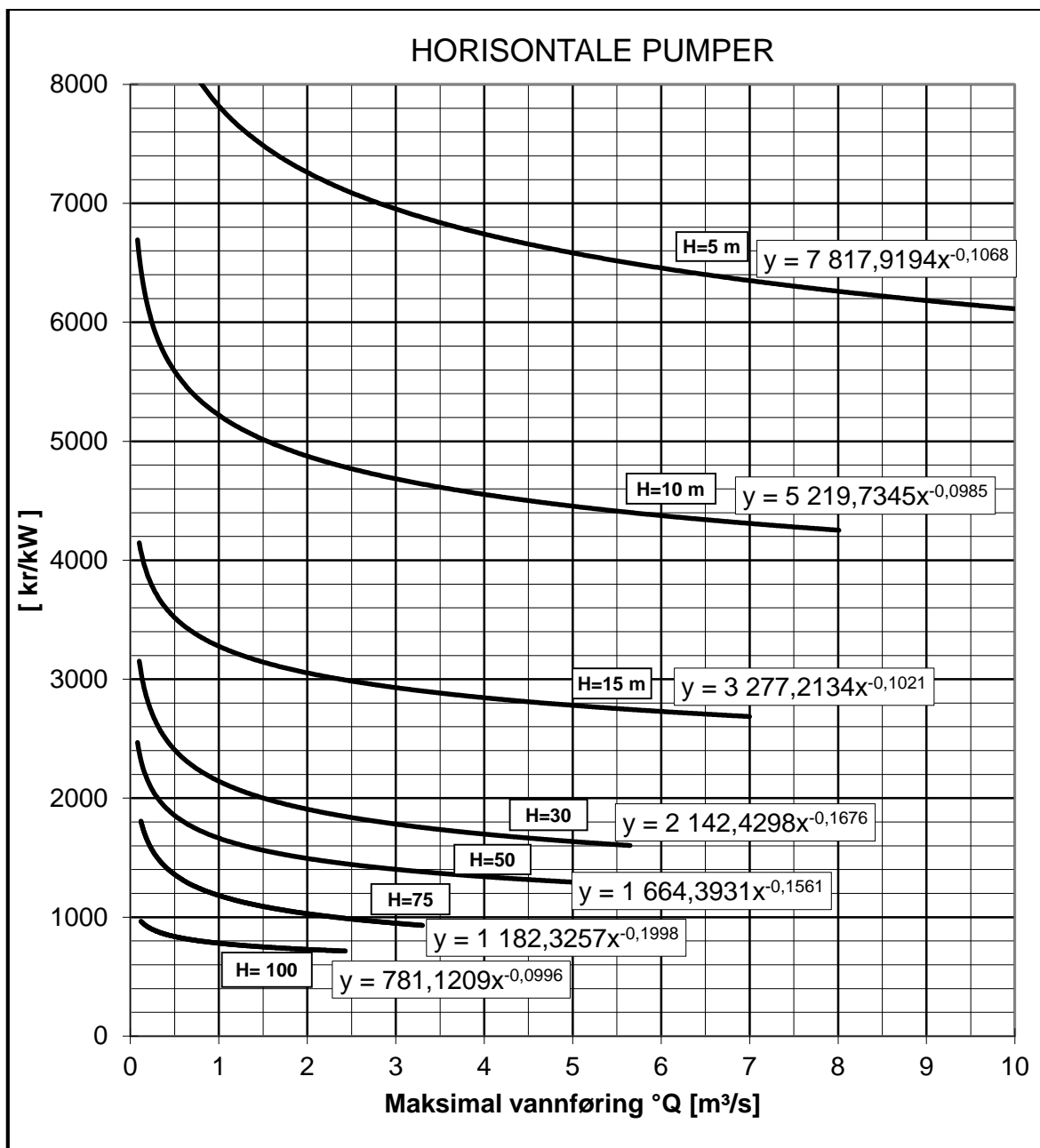
Turtallene er i høyeste grad retningsgivende og kan i praksis vise seg å avvike både ett og to trinn oppover eller nedover, avhengig av dykking, løpehjulutførelse og antall pumpetrinn.

Det kan ikke gjøres regning med "kvantumsrabatt", med mindre det er snakk om mer enn 3 pumper i samme stasjon.

Pumper og elektroteknisk utrustning vil ofte inngå i en og samme leveranse.

For kostnadskurvene er det forutsatt ensidig sugende pumper med innløp og avløp rettinklet på hverandre, alternativt tosidig sugende pumper med innløp og avløp langs samme akse.

Ved trykkehøyder større enn ca. 100 meter bør priser for sentrifugalpumper innhentes fra leverandør.



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2015
2. Prisene er inkludert motor og el. skap



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

NVE

PUMPER

Fig. 4.3.1
01.01.15

4.4 Luker

4.4.1 Generelt

Lukeprisene er gitt i kroner som funksjon av lukearealet A i m^2 og konstruksjonstrykket H i mVs der hvor dette varierer såpass mye at det har betydning for prisen. Prisene gjelder for ferdig montert luke. For inntaksluker og tappeluker i tunnel kan prisgrunnlaget for betongpropper i tunnel og sprengte sjakter brukes for å beregne byggekostnader.

4.4.2 Segmentluker

Det vises til Figur 4.4.1.

I Norge brukes segmentluker mest som damluker uten topptetning beregnet for flomavledning eller som reguleringsluker i elveløp. Segmentluker kan imidlertid også benyttes som inntaksluker og som tappeluker i dammer og omløp.

Opptrekkskraftene er små sammenliknet med glideluker.

4.4.3 Klappeluker

Det vises til Figur 4.4.2.

Klappeluker er damluker/overflateluker som benyttes til flomavledning og regulering av vannstanden i magasiner og elver. Luketypen er egnet når det er krav til transport over luka i åpen stilling, f.eks. tømmer eller is.

Luka kan lages lang i forhold til høyden og likevel bare bruke ensidig opptrekk. En ulempe med denne luketypen er imidlertid at selv små pakningslekkasjer kan resultere i isdannelse på nedstrøms terskel og sidevanger slik at klappen sperres eller hindres fra å gå helt ned til helt åpen stilling.

4.4.4 Gummiluker

Det vises til Figur 4.4.3.

Gummiluker vil i noen tilfeller kunne benyttes i stedet for klappeluker, segmentluker, sektorluker og nålestengsler. Anvendelsesområdet vil i første rekke være der det ikke er store magasiner bak slik at konsekvensene ved et eventuelt havari er små.

Fordelene med gummiluker er i første rekke:

1. Prisdunstig ved store lengder
2. Enklere byggearbeid
3. Lite vedlikehold
4. Lave driftskostnader
5. Synes lite i terrenget
6. Kan lages i meget lange lengder

7. God tetning

Ulempene består i:

1. Regulering med delåpninger frarådes.
2. Problemer med vibrasjoner kan oppstå ved mer enn 20-30 % overtopping for luftfylte luker og 30-40 % overtopping for vannfylte luker
3. Kan kun brukes som overflateluker
4. Høydebegrensninger

I tidligere kostnadsgrunnlag er det ikke gitt priskurve for gummiluker. Basert på nye tilbudspriser sammenlignet med tidligere grunnlag fra prisunderlaget for små kraftverk, er det imidlertid nå satt opp en priskurve. Prisen vurderes som noe usikker ved store lukearealer; dvs. lange luker. Prisene gjelder ellers for luker med kompressoranlegg, rør, styring, stålforankring etc. ferdig montert. Prisen er eksklusive byggearbeider.

4.4.5 Rulleluker

Det vises til Figur 4.4.4.

Rulleluker benyttes hovedsakelig som stengeluke ved inntak, og benyttes gjerne der det er behov for at luka skal kunne gå ned av egen tyngde når det er full vannføring gjennom lukeløpet. Det bør regnes med rulleluker hvor det er krav til stenging ved ensidig trykk, og hvor trykk (m) multiplisert med areal (m²) er større enn 500.

Rulleluker er fordelaktig først og fremst ved store lysåpninger fordi opptrekkskreftene blir mindre enn for glideluker. Dette gir mindre og rimeligere opptrekksspill og opptrekkstang.

Rulleluker er dårlig egnet som tappeluker.

Når det gjelder rulleluker har man ofte en revisjonsluke umiddelbart oppstrøms hovedluka, og med opptrekkssarrangement i samme sjakt. Dette er for at man enkelt kan rehabilitere hovedluka. Revisjonsluke er imidlertid ikke inkludert i priskurvene.

Anslagsvis pristillegg for installasjon av revisjonsluke er 50 %.

4.4.6 Glideluker

Det vises til Figur 4.4.5.

Glideluker er mest benyttet som tappeluker i dammer og overføringstunneler, men kan også brukes som stengeluke i tunneler, sugerør og inntak.

På grunn av friksjonen mellom luke og lukeføring er glidelukene ofte ikke selvlukkende med mindre de settes ved utlignet vanntrykk. Brukt som tappeluken må derfor luka kunne settes med bruk av lukespillet. I slike tilfeller kan spillkraften bli betydelig.

Ved glideluker er det ofte en revisjonsluke umiddelbart oppstrøms hovedluka, og med opptreksarrangement i samme sjakt. Denne løsningen velges for for at man enkelt kan rehabilitere hovedluka. Revisjonsluke er imidlertid ikke inkludert i priskurvene.

Anslagsvis pristillegg for revisjonsluke er 70 %.

4.4.7 Sugerørsluker

Det vises til Figur 4.4.6.

For Francis- og Kaplan-turbiner som er dykket (dvs. turbinsenteret ligger lavere enn vannstanden ved sugerørsutløpet) installeres det som regel avstengningsluker mot undervannet slik at turbinen kan tømmes for inspeksjon, vedlikehold etc. Sugerørsluker utføres normalt som en glideluke.

I stasjoner med flere like aggregater kan arrangementet ofte være slik at man har en sugerørsluke på deling. Ved innkjøp av to eller flere like sugerørsluker koster luke nr. 2, hhv. nr. 3 osv. ca. 70 % av luke nr. 1.

4.4.8 Tverrslagsporter

Det vises til Figur 4.4.7.

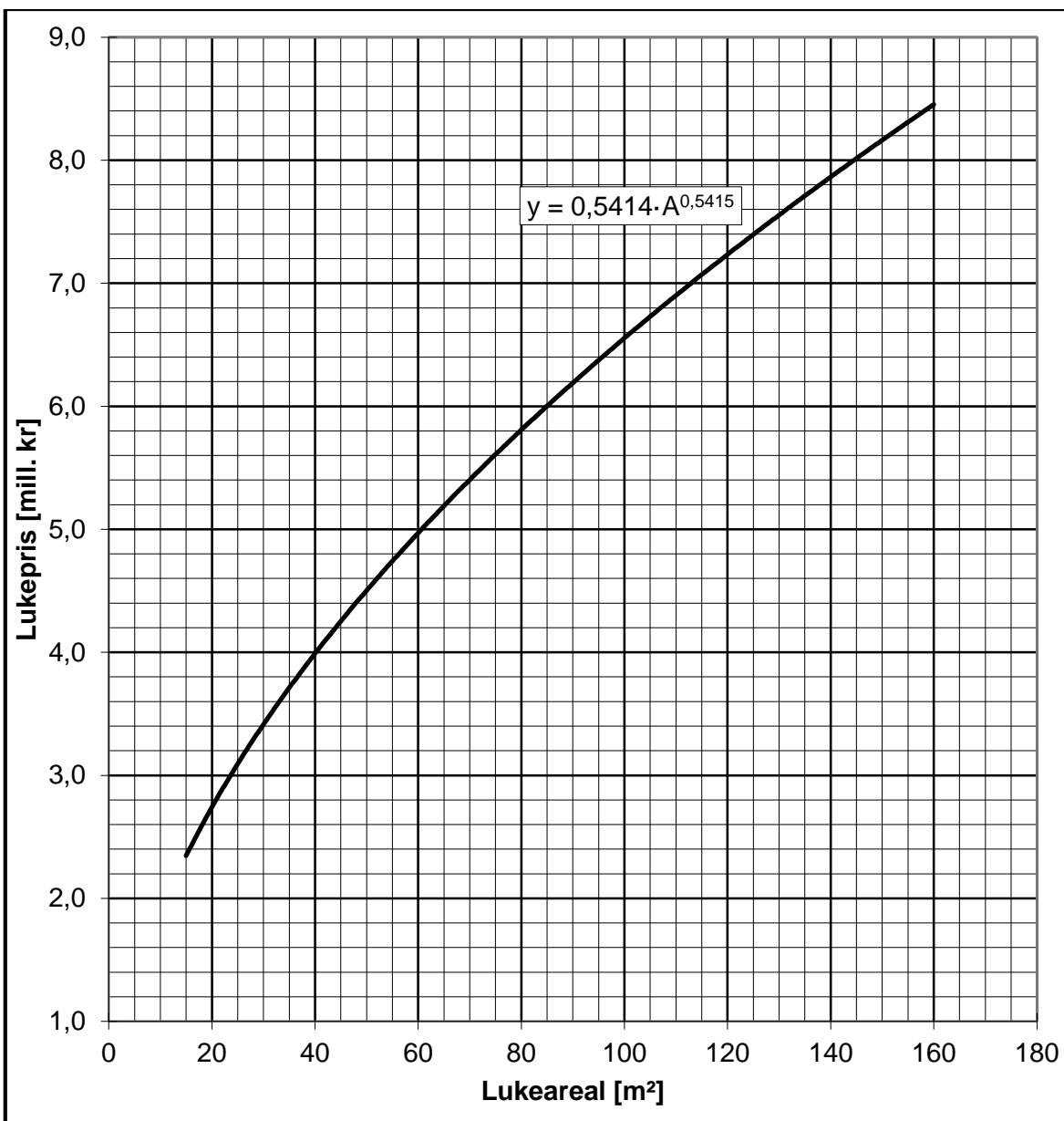
Tverrslagsporter benyttes for å stenge adkomst- eller serviceåpninger til vannveiene.

Portene finnes i svært varierende størrelser og trykklasser; fra rene mannhull til store porter som tillater gjennomkjøring med lastebil. Porten sitter gjerne i, eller i oppstrøms ende av, en platekasse.

I priskurvene skilles det ikke mellom sirkulære porter og porter for firkantåpning.

I det siste har det blitt stilt noe strengere krav i forespørsler, blant annet krav til oppstrøms platekasse. Dette kravet medfører økt bruk av stål. Stålvekten er en viktig komponent i prisen. Derfor kan dette ha medført en økning i pris i markedet.

En annen faktor som kan ha medvirket til økning i priser, er at enkelte nå beregner mer konservativt. I noen forespørsler kreves det forankring av platekasse med stag, uten at heft mellom ribber og betong regnes med.



ANMERKNINGER:

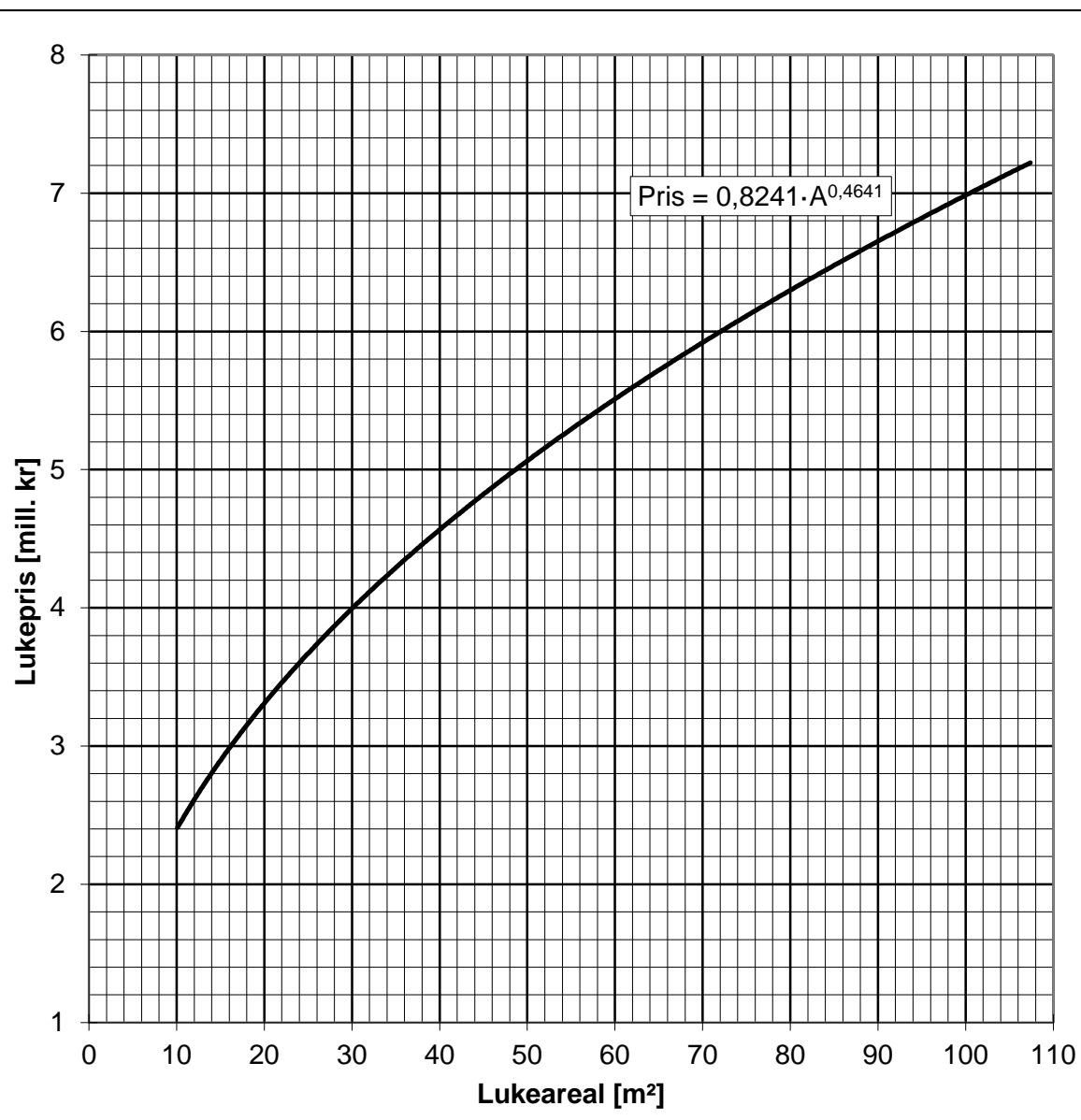
1. Prisnivå januar 2015
2. Prisene gjelder for damluker uten topptetning



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

SEGMENTLUKER

Fig. 4.4.1
01.01.15



ANMERKNINGER:

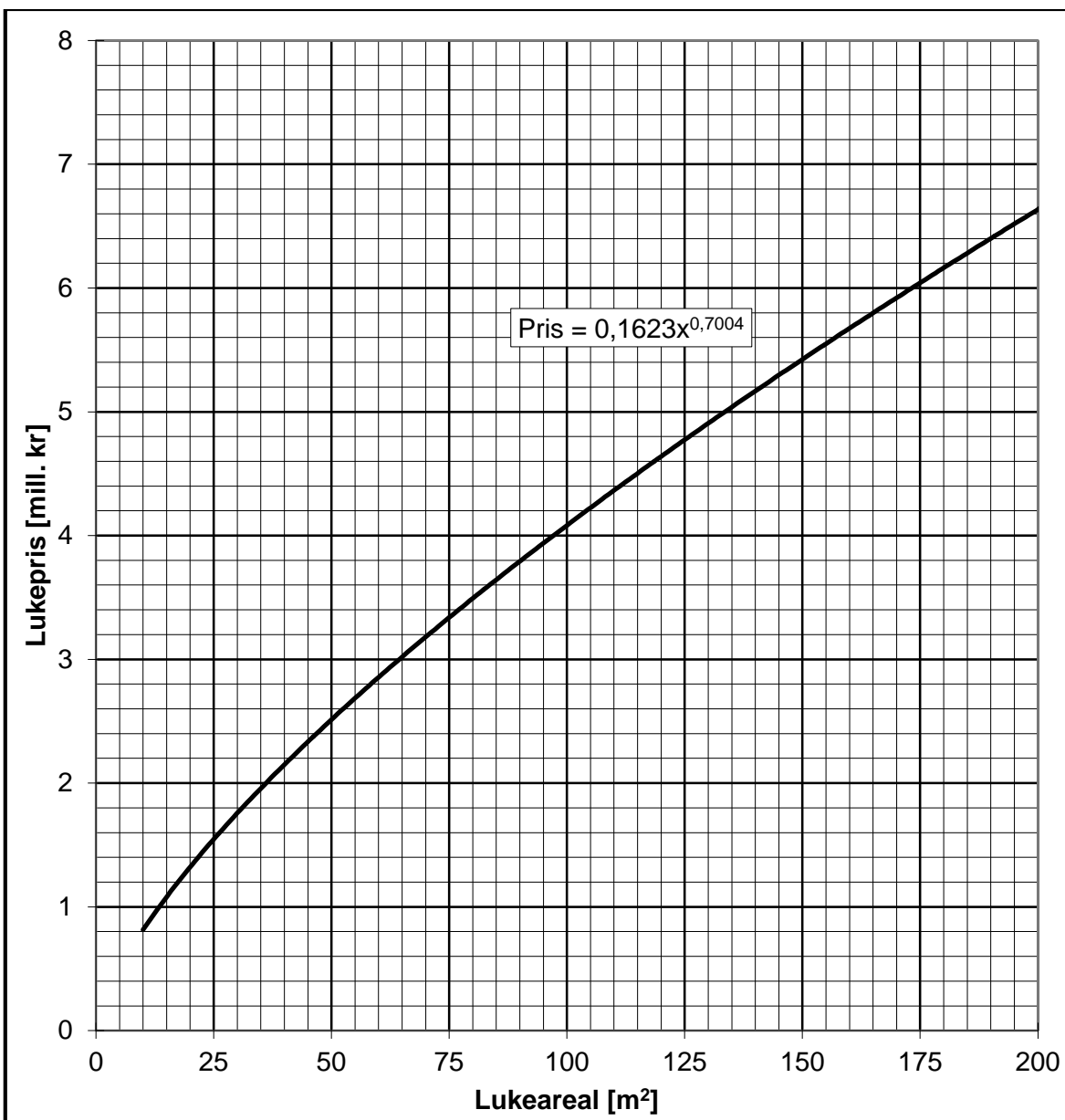
1. Prisnivå januar 2015
2. Terskeltrykk < 5 m



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

KLAPPELUKER

Fig. 4.4.2
01.01.15



ANMERKNINGER:

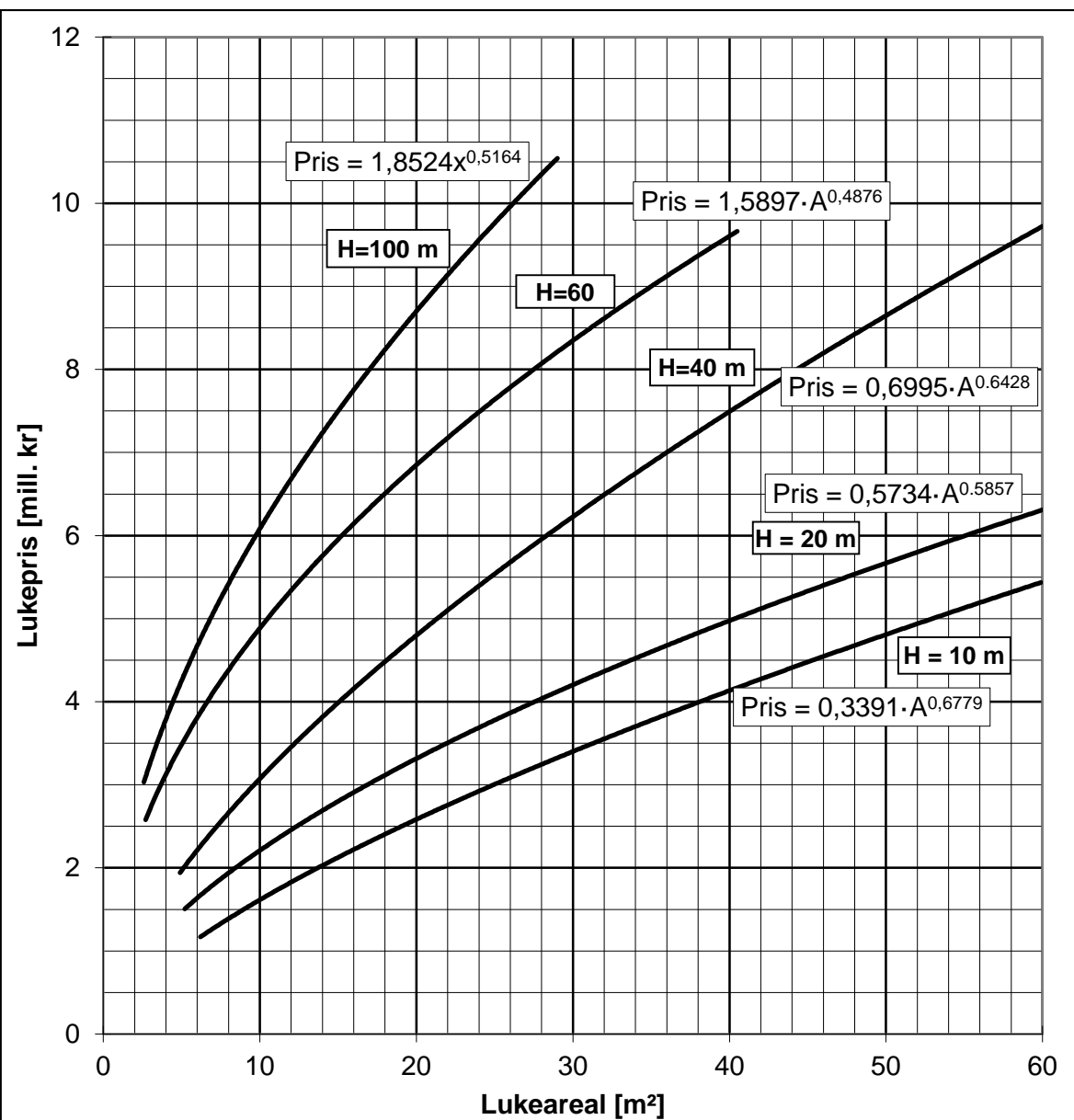
1. Prisnivå januar 2015



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

GUMMILUKER

Fig. 4.4.3
01.01.15



ANMERKNINGER:

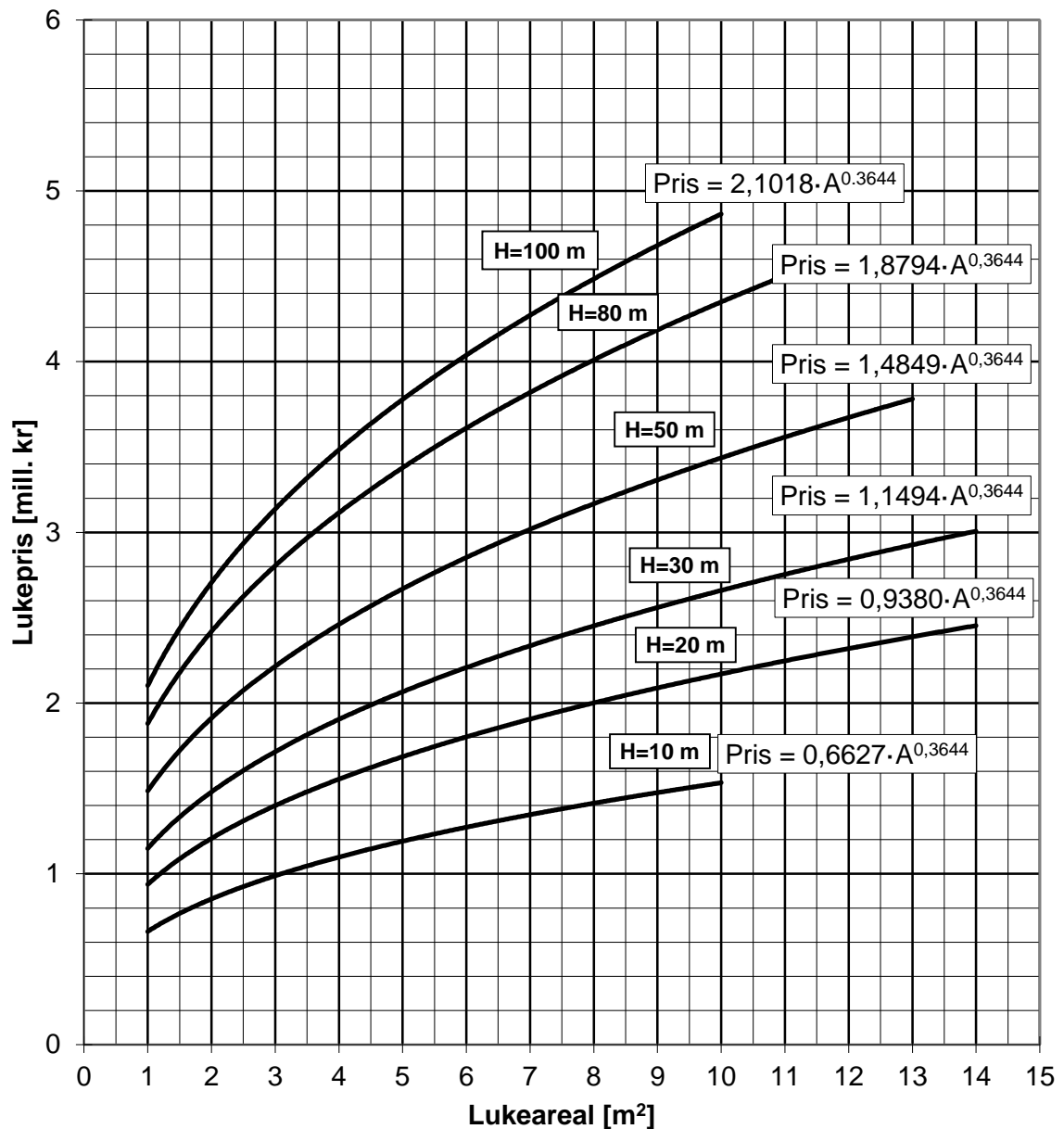
1. Prisnivå januar 2015
2. Lengde av opptrekkstang er satt lik konstruksjonstrykket.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

RULLELUKER

Fig. 4.4.4
01.01.15



ANMERKNINGER:

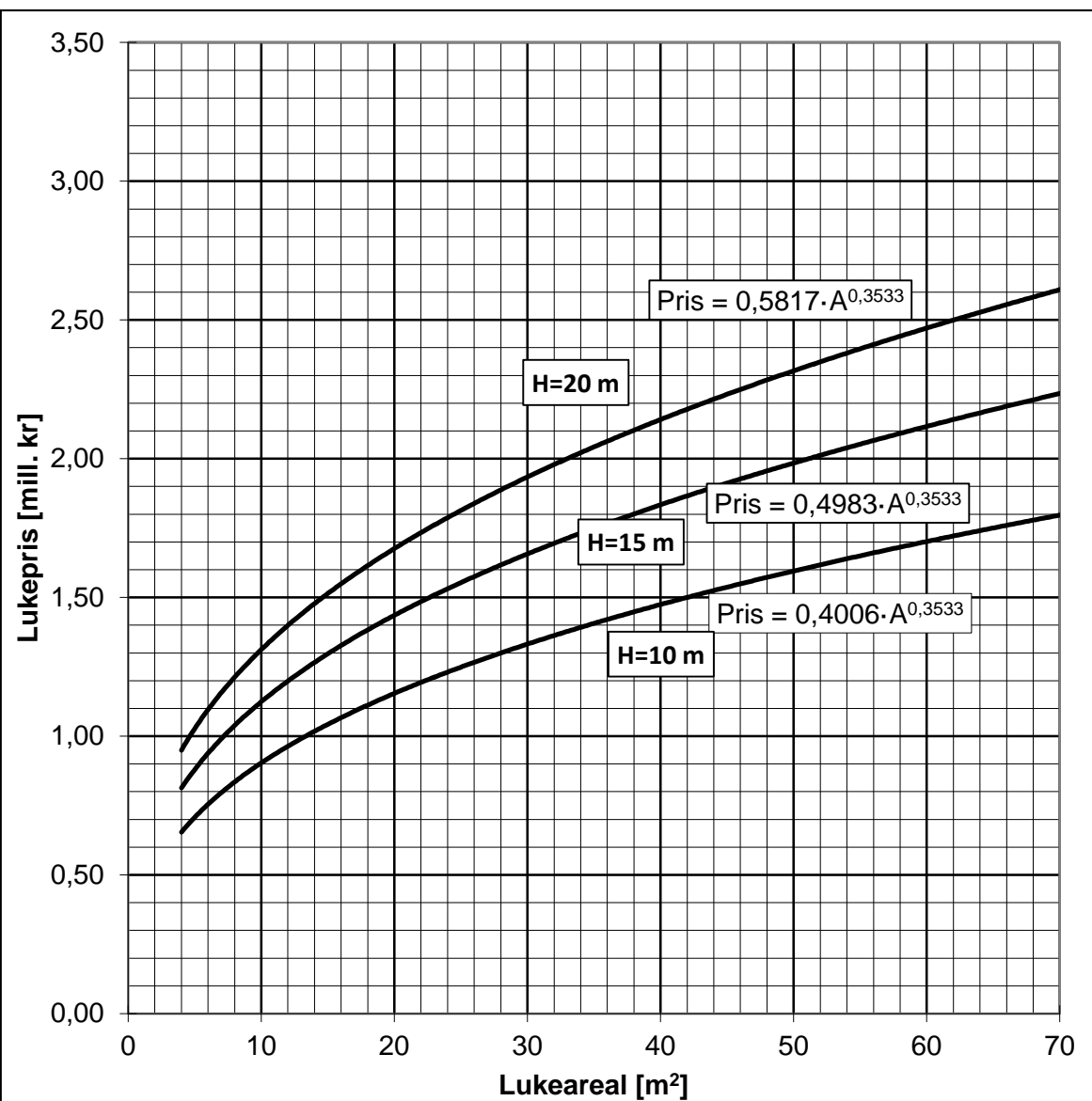
1. Prisnivå januar 2015
2. Lengde av opptrekkstang er satt lik konstruksjonstrykket
3. For konstruksjonstrykk < 10 mVs er det forutsatt standardluker



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

GLIDELUKER

Fig. 4.4.5
01.01.15



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2015

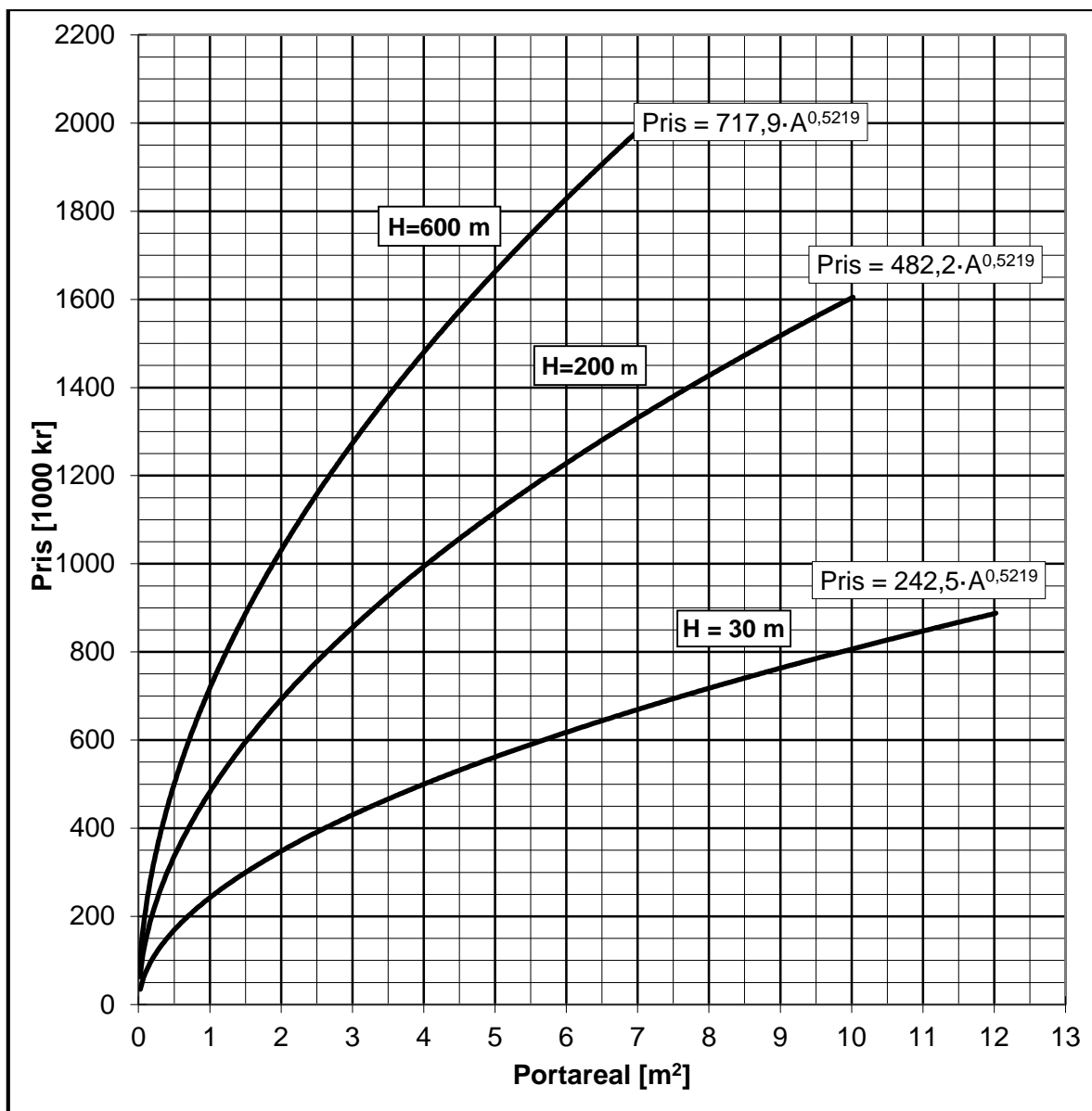
2. Pris er eksklusiv løfteutstyr



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

SUGERØRSLUKER

Fig. 4.4.6
01.01.15



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2015



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

TVERRSLAGSPORTER

Fig. 4.4.7
01.01.2015

4.5 Diverse utstyr

4.5.1 Generelt

Tidligere har utstyr som:

- Inntaksvaregrind
- Maskinsalkran
- Kjøle- og lenseanlegg
- Sugerørsluke

vært prissatt samlet som diverse utstyr. I denne utgaven av Kostnadsgrunnlaget er diverse utstyr splittet opp og prissatt enkeltvis.

4.5.2 Inntaksvaregrinder

Det vises til Figur 4.5.1.

Prisen for inntaksvaregrind er gitt som funksjon av grindarealet i m². Prisen forutsetter et differansetrykk over grinda på 10 m, en strømningshastighet på 1 m/s og lysåpning mellom stavene tilpasset de ulike turbintypene (mellom 20 og 100 mm, ofte 50-60 mm). Grinda antas utført i stål. Oppvarming, grindrensker etc. er ikke inkludert. Det samme gjelder bygningsmessige arbeider.

4.5.3 Maskinsalkraner

Det vises til Figur 4.5.2.

Prisen for maskinsalkran er gitt som funksjon av løftekapasiteten i tonn. Prisen gjelder for traverskraner med kapasitet større enn 40 tonn. Spennvidden forutsettes lik 12 m. Kapasitet for hjelpekran forutsettes lik 10 tonn.

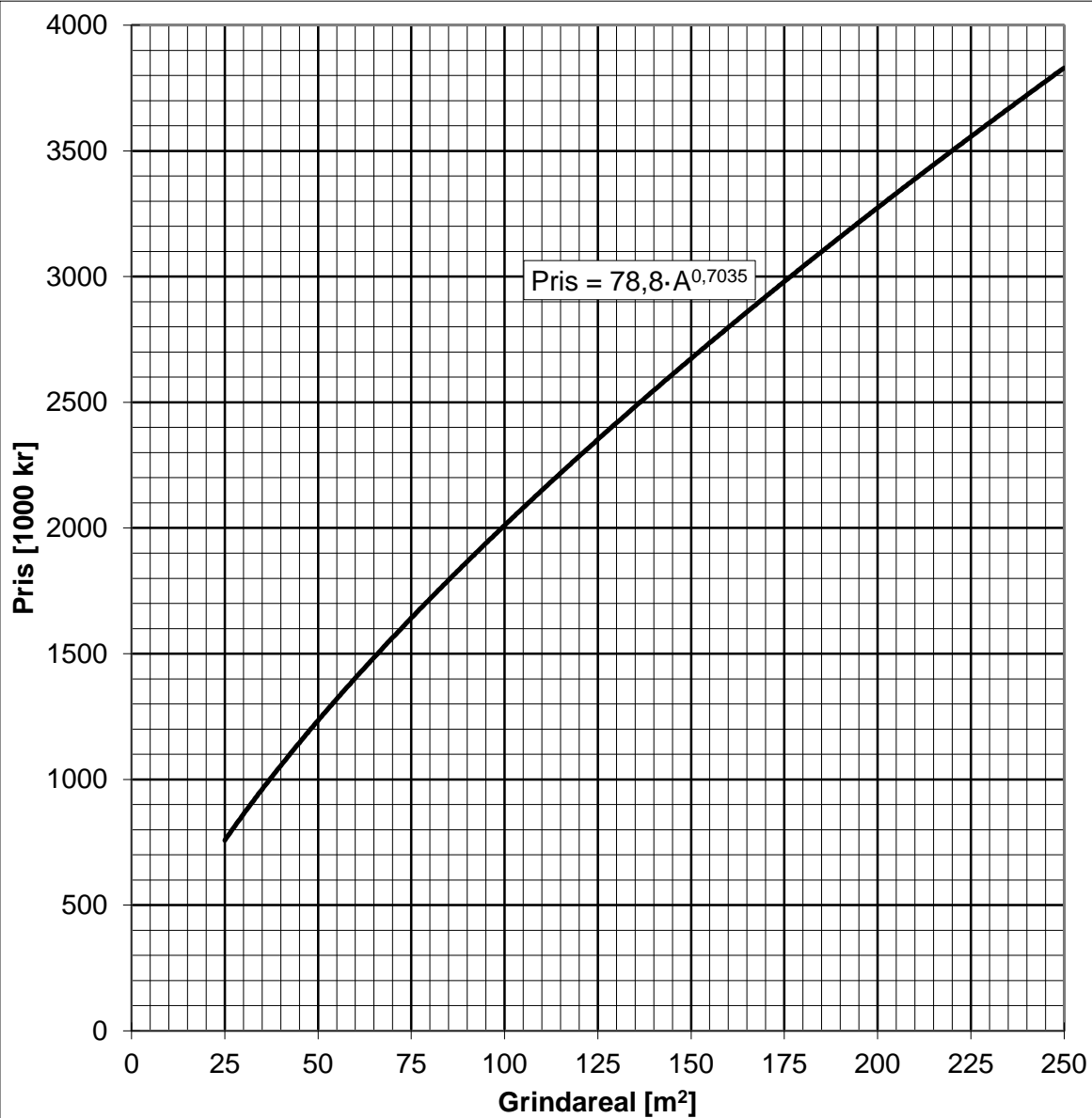
4.5.4 Kjøle- og lenseanlegg

Hvert kjøle-, tømme- og lenseanlegg er spesielt tilpasset det aktuelle kraftverket, og hvert system er derfor unikt. Oppbygging, tekniske løsninger og valg av komponenter vil variere fra anlegg til anlegg. Oppbyggingen vil blant annet være avhengig av turbintype og -størrelse og tilgjengelig plass. Kompleksiteten i systemet vil øke med antall aggregater.

Med begrenset prisgrunnlag gis ikke spesifikke kurver. Som rettesnor kan det imidlertid benyttes en budsjettpris på 50 kr/kW installert effekt.

4.5.5 Sugerørsluker

For pris på sugerørsluker vises det til kapittel 4.4.7 og Figur 4.4.6.



ANMERKNINGER:

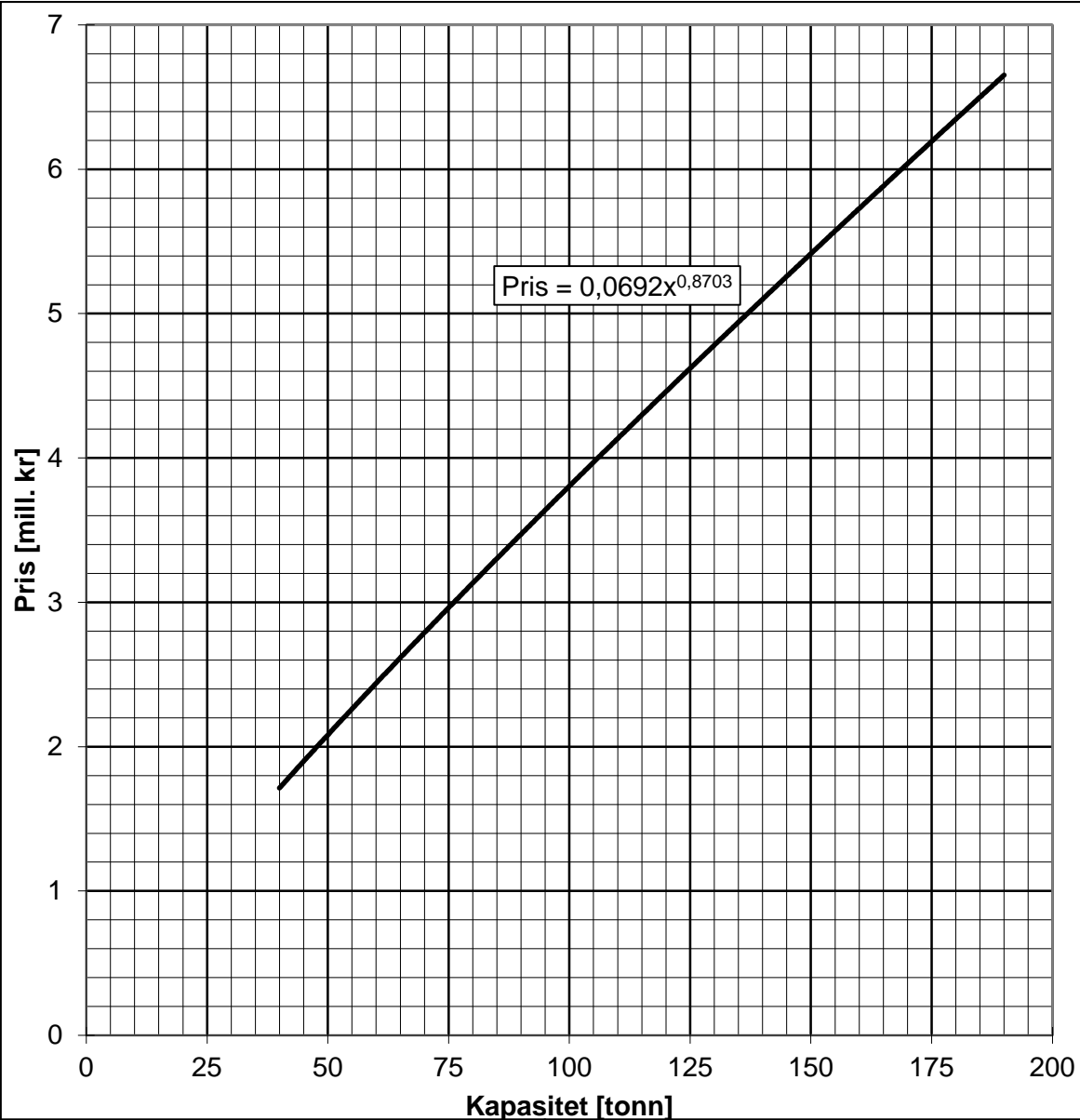
1. Prisnivå januar 2015
2. Prisene forutsetter differansetrykk over varegrinden på 10 m
3. Varegrind utføres i stål



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

VAREGRIND

Fig. 4.5.1
01.01.15



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2015
2. Spennvidde forutsettes lik 12 m
3. Kapasitet hjelpekran forutsettes lik 10 tonn



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

MASKINSALKRAN

Fig. 4.5.2
01.01.15

4.6 Ventiler

Da kuleventiler er en vanlig ventiltipe i større kraftverk, er det i denne utgaven av Kostnadsgrunnlaget laget egen kurve for denne typen ventil.

4.6.1 Kuleventiler

Det vises til Figur 4.6.1

Kuleventil benyttes først og fremst som innløpsventil plassert så nær oppstrøms turbinen som mulig. På større turbiner med trykk over ca. 200 mVs brukes nesten bare kuleventiler til dette formålet. Kuleventiler er relativt dyre, men har tilnærmet ikke falltap.

Turbinens innløpsventil inkluderes som regel i turbinleveransen/turbinprisen. For estimering av separat ventilpris kan imidlertid diagrammet i Figur 4.6.1 benyttes. Ventilprisen er satt opp som funksjon av ventildiameter i mm og maksimalt påkjent trykk i mVs.

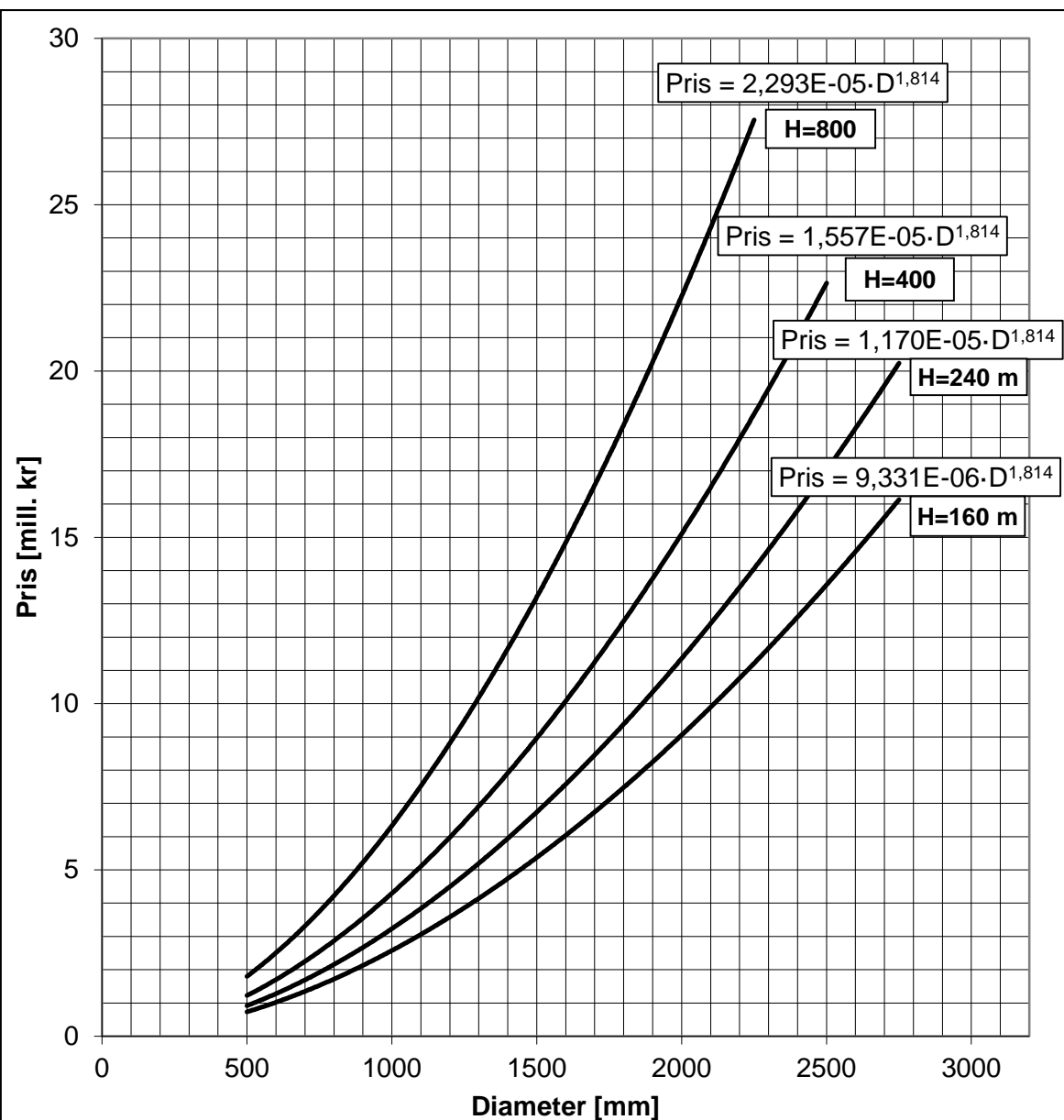
Prisen inkluderer ventilstyring og hydraulikkanlegg. Ved innkjøp av to eller flere like ventiler koster ventil nr. 2, hhv. nr. 3 osv. ca. 75 % av ventil nr. 1.

4.6.2 Spjeldventiler (rørbruddsventiler)

Det vises til Figur 4.6.2.

Som innløpsventil benyttes spjeldventil ved lavt trykk og nesten uten unntak når dimensjonene er store ($\varnothing > 1200$ mm). Turbinens innløpsventil inkluderes som regel i turbinleveransen/turbinprisen.

Spjeldventil benyttes også ofte som rørbruddsventil. Forventet ventilpris er gitt i diagrammet i Figur 4.6.2. Prisene er gitt som funksjon av ventildiameter i millimeter og trykkklasse (PN). Prisene inkluderer rørbruddsutløser og ekspansjonsboks. Ved innkjøp av to eller flere like ventiler koster ventil nr. 2, hhv. nr. 3 osv. ca. 75 % av ventil nr. 1.



ANMERKNINGER:

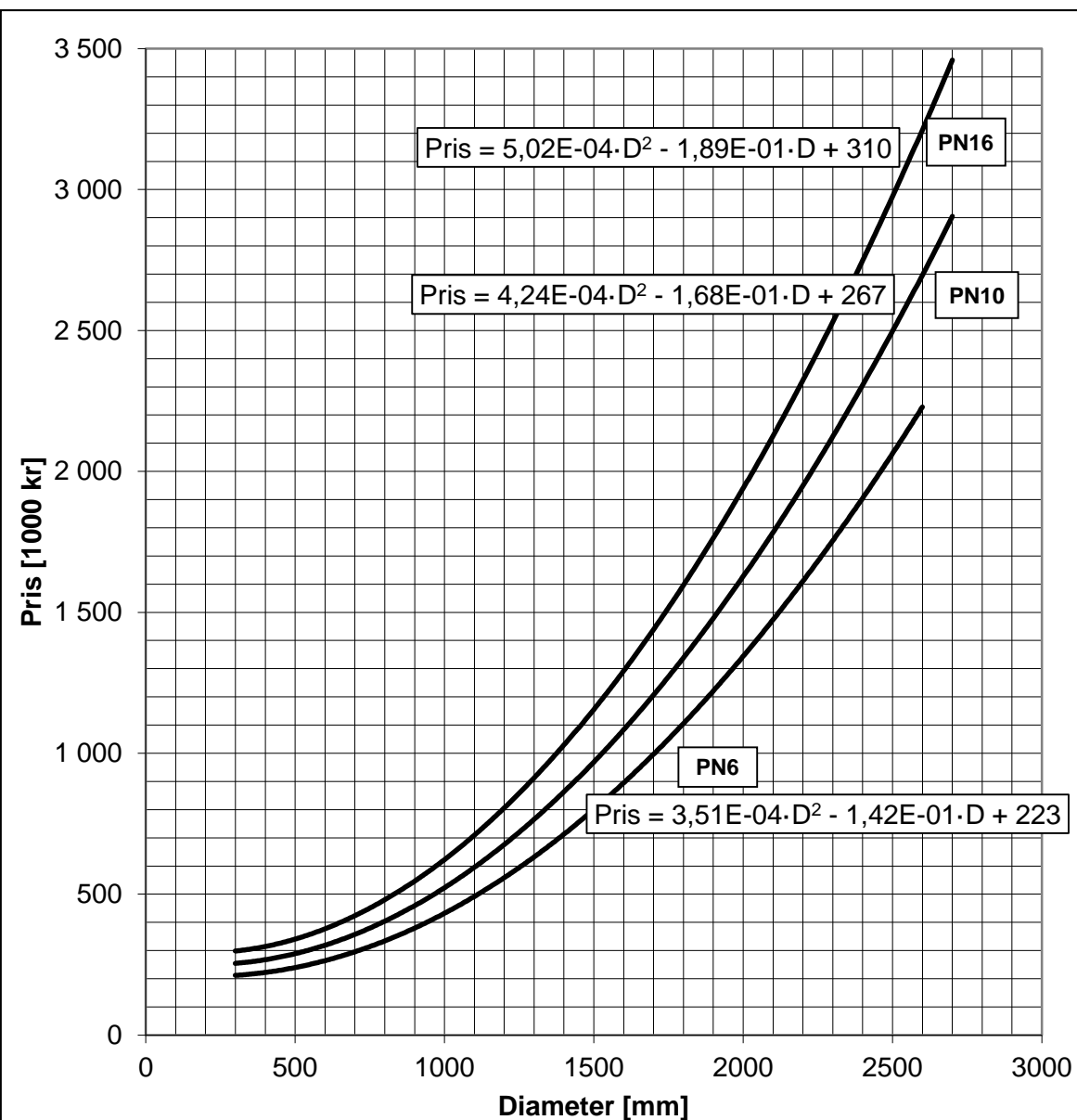
1. Prisnivå januar 2015
2. Inkl. hydraulikkanlegg og ventilstyring



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

KULEVENTILER

Fig. 4.6.1
01.01.15



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2015



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

**SPJELDVENTILER
(RØRBRUDDSVENTILER)**

Fig. 4.6.2
01.01.15

4.7 Rør

4.7.1 Frittliggende og nedgravde rør

Se Figur 4.7.1 og 4.7.2.

Priskurvene gir leverandøromkostninger for frittliggende rør, inklusive montering, men ekskl. byggkostnader. Prisene er gitt i kroner pr. meter rør som funksjon av innvendig rørdiameter (mm) og midlere trykk. For stålrør er midlere trykk oppgitt i mVs, mens for GRP er det oppgitt i bar (PN)

Kurvene er i prinsippet basert på to typer; stålrør og glassfiberarmerte, umettede polyester rør (GRP). Begrenset underlag på leveranser av stålrør gjør det imidlertid vanskelig å vurdere prisutviklingen.

Kurvene inkluderer nødvendige overganger i oppstrøms og nedstrøms ende. Kurvene gjelder for rørlengder over ca. 150 m med ett bend med utstyr pr. 150 m. Ved kortere rør eller flere bend etc. vil kostnadene øke. GRP-rør må ha det dobbelte antall fundamenter i forhold til stålrør. Fundamentene blir dyrere, men fastpunktene blir billigere.

Priskurvene for GRP-rørene er basert på en total lengde på minimum ca. 300 m.

Stålrør er delt i 3 grupper:

a) Område under 700 mm

Prisen avhenger noe av hvilken vekt som legges på muligheten for framtidig innvendig korrosjonsbeskyttelse. Under ca. 500 mm og 500 m trykk kan duktile støpejernsrør være et alternativ.

b) For dimensjon $ca. 700 \text{ mm} < D < ca. 2000 \text{ mm}$

I dette diameterområdet er innvendig korrosjonsbeskyttelse vanligvis ikke noe problem, og det er relativt stor priskonkurranse. Leveransen baseres ofte på spiralsveiste rør.

c) Store rør

Det er relativt liten priskonkurranse på store rør.

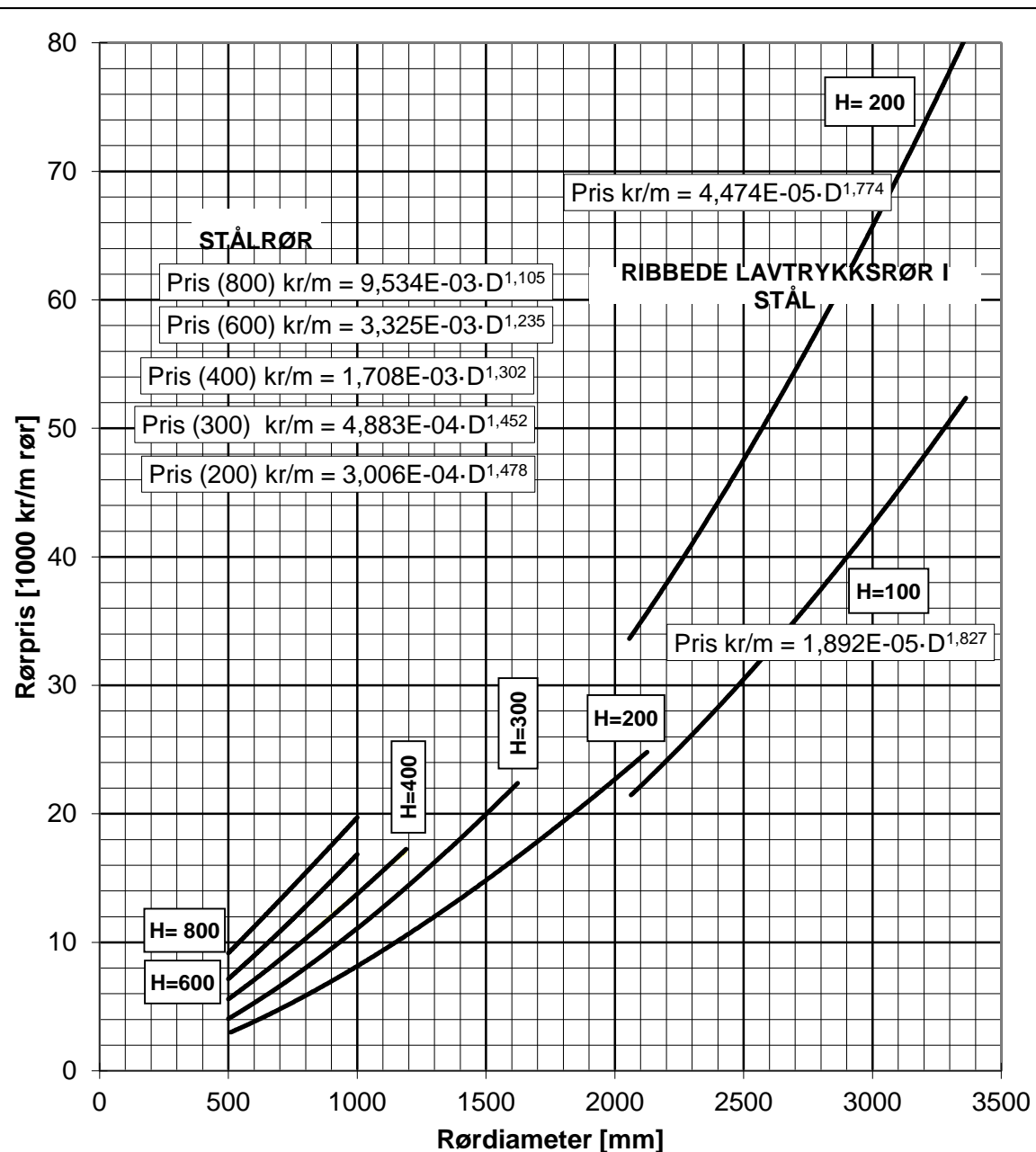
For nedgravde rør kan det benyttes samme priser som for frittliggende rør.

4.7.2 Stålforedede trykksjakter

Det vises til Figur 4.7.3.

Priskurvene gir leverandøromkostninger for stålføringer ferdig montert, men eksklusiv byggekostnader. Samlet lengde antas ca. 100 m, fjelloverdekning (i meter) ca. 20 % av konstruksjonstrykket og med innvendig vanntrykk som dimensjonerende faktor. Om utvendig vanntrykk blir dimensjonerende eller om fjelloverdekningen blir liten, vil prisene endres.

Kurvene inkluderer nødvendige overganger i oppstrøms og nedstrøms ende. Prisen er gitt i 1000 kroner per meter rør, som funksjon av innvendig rørdiameter og midlere trykk.



ANMERKNINGER:

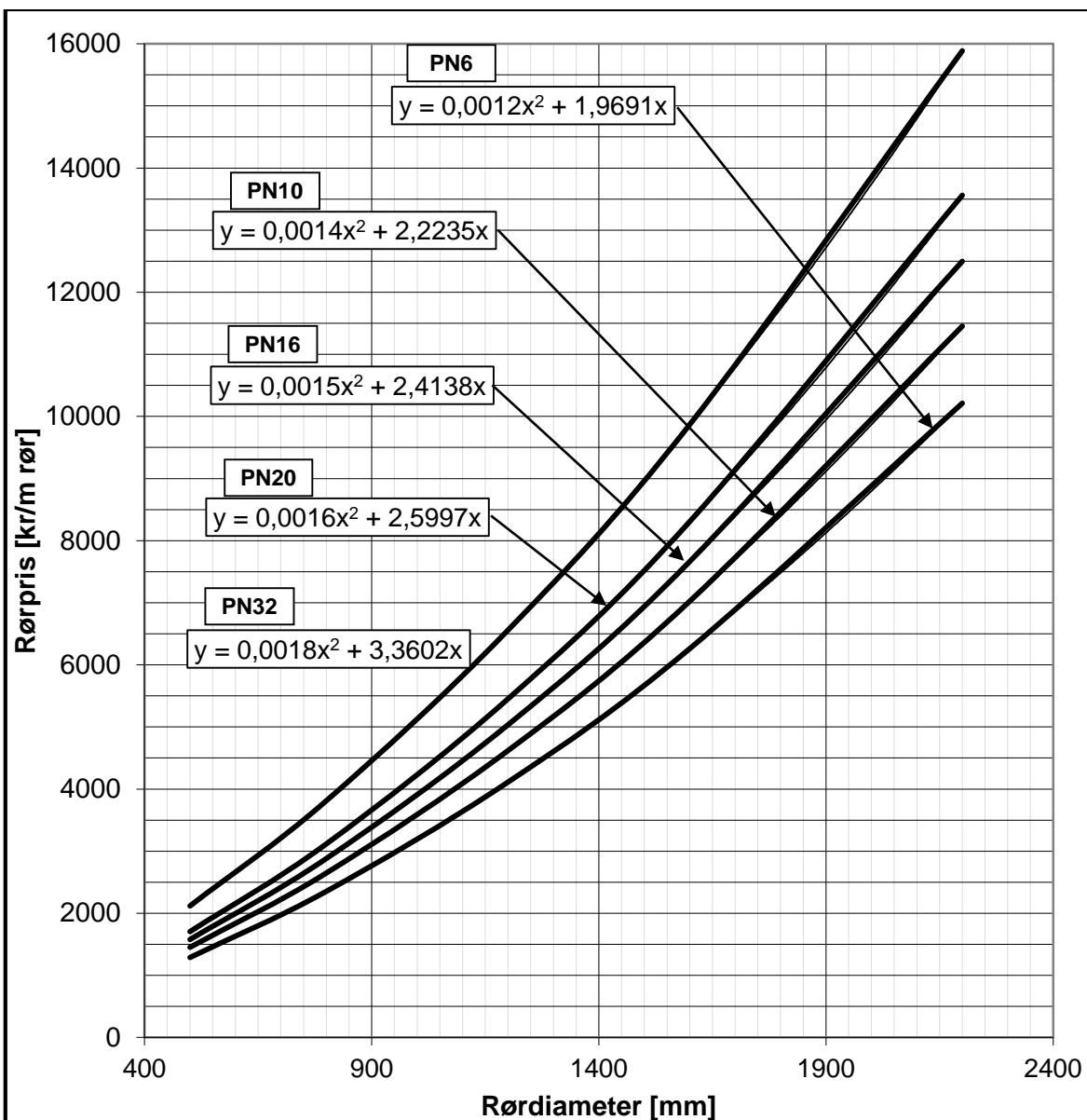
1. Prisnivå januar 2015
2. H er midlere rørtrykk i m
3. Pris gjelder ferdig montert rør eksklusiv byggearbeider



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FRITTLIGGENDE STÅLRØR

Fig. 4.7.1
01.01.15



ANMERKNINGER:

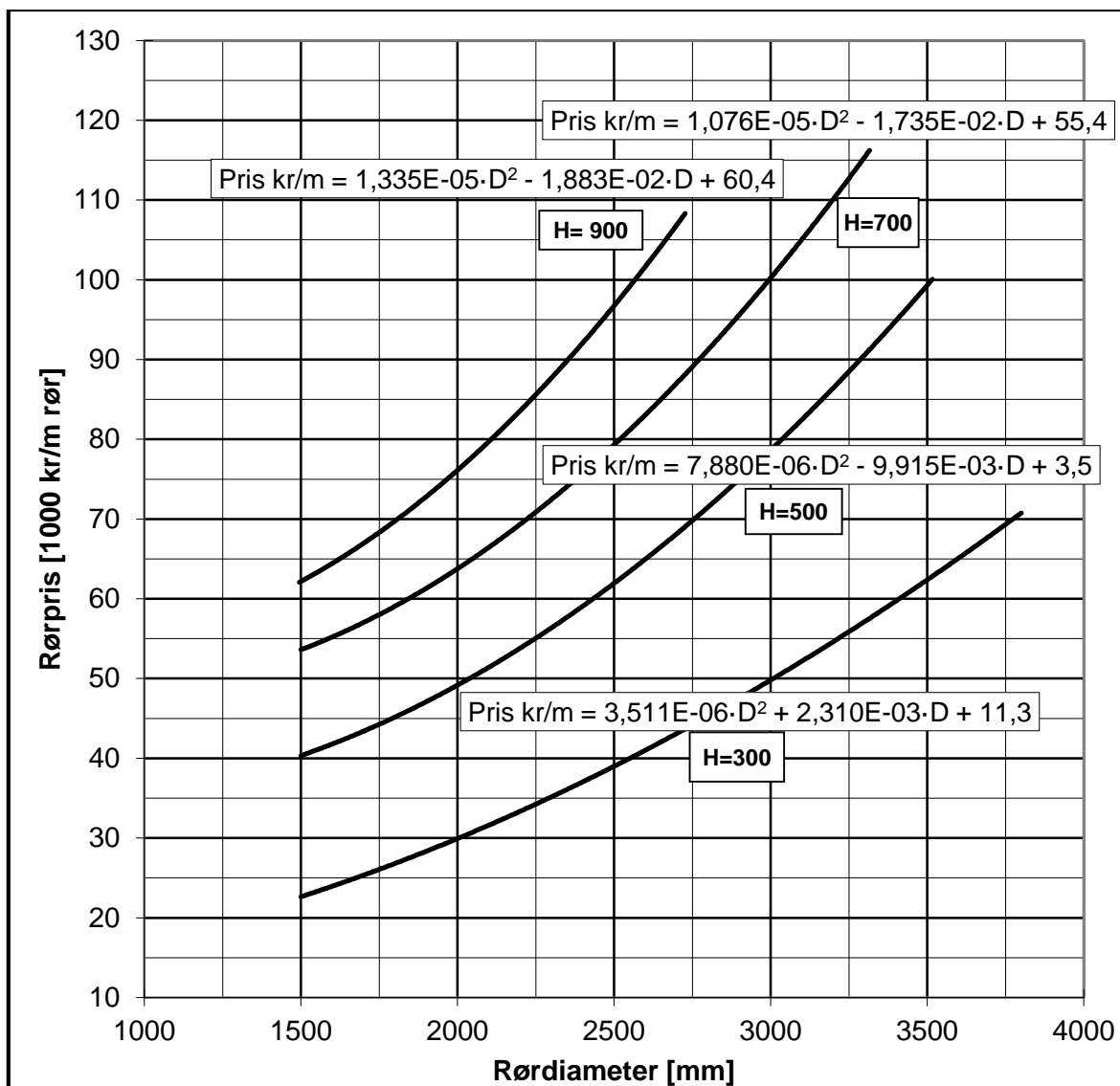
1. Prisnivå januar 2015
2. Pris gjelder ferdig montert rør eksklusiv byggearbeider



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

FRITTLIGGENDE GRP-RØR

Fig. 4.7.2
01.01.15



ANMERKNINGER:

1. Prisnivå januar 2015
2. H er midlere rørtrykk i m
3. Prisen gjelder for samlet rørlengde på omtrent 100 m. Ved avvikende lengder justeres prisen:

Rørlengde	Prisfaktor
40 m	1,1
600 m	0,9



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

INNSTØPTE STÅLRØR

Fig. 4.7.3
01.01.15



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no