



# Kostnadsutvikling for bruer og tunneler

En undersøkelse fra 1993-2015

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 279



**Tittel**

Kostnadsutvikling for bruer og tunneler

**Undertittel**

En undersøkelse fra 1993-2015

**Forfatter**

Trym Kristian Økland

**Avdeling**

Transportavdelingen

**Seksjon**

Utredning og transportanalyse

**Prosjektnummer****Rapportnummer**

Nr. 279

**Prosjektleder**

James Odeck

**Godkjent av**

Randi Harnes

**Emneord**

Kostnader, kostnadsoverskridelser, tunnel, bru, estimering

**Sammendrag**

Denne rapporten tar for seg hvordan utviklingen til kostnader på bruer og tunneler har vært de siste 20 årene.

**Title**

Cost development for bridges and tunnels

**Subtitle**

A study from 1993 - 2015

**Author**

Trym Kristian Økland

**Department**

Transport Department

**Section**

Planning and analysis

**Project number****Report number**

No. 279

**Project manager**

James Odeck

**Approved by**

Randi Harnes

**Key words**

Costs, cost-overruns, tunnels, bridges, estimation

**Summary**

This study illuminates how the development of costs for tunnels and bridges have been during the last 20 years.

## *Forord*

Denne rapporten er skrevet i forbindelse med en sommerjobb i Statens Vegvesen, Vegdirektoratet. Oppgaven har vært å se på kostnadsoverskridelser på bruer og tunneler i Norge ferdigstilt i perioden 1993-2015 og hvordan disse har variert over tid.

Jeg ønsker å rette en stor takk til James Odeck for fine innspill og god veiledning gjennom hele prosessen.

En spesiell takk går også til Eirik Lund Presterud og Liselotte Seljom for faglige samtaler og innspill.

Trym Kristian Økland,

Brynseng, august 2018



## Sammendrag

Denne rapporten tar for seg hvordan utviklingen til kostnader på bruer og tunneler har vært de siste 20 årene.

Det er kostnader knyttet til bruer og tunneler isolert som er blitt undersøkt.

Det er lite som tilsier at utviklingen til kostnadsoverskridelsene har vært avhengig av om det er tunnel eller bru. Dette ettersom det ikke kan fastslås noen signifikante forskjeller mellom de ulike vegtypene.

Reduksjonen i kostnadsoverskridelser etter overgangen til fullkommen konkurranse blant entreprenører i anbudskonkurransen, påvirket hovedsakelig kostnadsutviklingen i bygging av tunneler. Det er kun her man kan fastslå signifikante forskjeller mellom periodene.

Selv om man ser at kostnadsoverskridelsene i periode to er signifikant lavere sammenlignet med periode en, så er ikke selve kostnadsestimeringen blitt bedre. Kostnadsestimeringene avviker for bru og tunnel mer eller like mye mellom de ulike periodene.



## Innhold

<i>Forord</i> .....	i
<b>Sammendrag</b> .....	iii
<b>1. Innledning</b> .....	1
<b>2. Data</b> .....	2
<b>2.1 Info</b> .....	2
<b>2.2 Kommentar til datasettet</b> .....	2
<b>3. Kostnader</b> .....	3
<b>3.1 Tunneler – Deskriptiv statistikk</b> .....	3
<b>3.2 Bruer – deskriptiv statistikk</b> .....	5
<b>3.2.1 Ulike brutyper</b> .....	6
<b>4. Modeller/Empirisk metode</b> .....	8
<b>4.1 Beregning</b> .....	8
<b>5. Empiriske resultater</b> .....	9
<b>5.1 Omfanget av kostnadsoverskridelser</b> .....	9
<b>5.2 Innvirkning på prosjektstørrelse</b> .....	10
<b>5.3 Kostnadsavvik</b> .....	11
<b>5.4 Diskusjon</b> .....	12
<b>6. Konklusjon</b> .....	13
<b>7. Appendiks</b> .....	14
<b>7.1 Referanser</b> .....	14
<b>7.2 Tabeller</b> .....	14
<b>7.3 Tester</b> .....	15





# 1. Innledning

Denne rapporten beskriver utviklingen av kostnadsoverskridelser for bruer og tunneler i perioden 1993-2015. Rapporten belyser hvordan kostnadsoverskridelser har variert i perioden, og undersøker om det har vært en bedring i treffsikkerheten på estimatene av kostnadene.

## **Hvorfor det er viktig å undersøke dette**

Det er tidligere gjort undersøkelser for hvordan kostnadsoverskridelser har vært på samlede vegprosjekter, men ikke isolert for bruer og tunneler. Det er spennende å se om utviklingen til disse typene har vært forskjellig fra hvordan kostnadene til vegprosjekter har variert i samme periode. Undersøkelser som dette gir et mer detaljert bilde av kostnadsutviklingen i vegsektoren. Grunnene til at det er viktig å undersøke kostnadsutviklingen er mange. For det første er kostnadsanslagene avgjørende for om et prosjekt blir godkjent eller ikke. Dersom overslaget ikke stemmer, kan det føre til feilprioriteringer. Rent samfunnsøkonomisk er dette negativt da andre mer lønnsomme prosjekter kunne blitt prioritert tidligere. Videre er det sånn at hvis kostnadsestimaterne for ofte viser seg å være feil risikerer man at beslutningstakerne tilslutt velger å ikke ta stilling til estimatene. Det er derfor viktig at estimatene er så gode som mulig.

## **Rapportens oppbygning**

Kapittel 2 vil være en presentasjon av datasettet. Kapittel 3 er en gjennomgang av den deskriptive statistikken, før den statistiske tilnærmingen blir gjennomgått i kapittel 4. I kapittel 5 presenteres resultatene. I kapittel 6 konkluderes det, og det vil også være forslag til videre forskning. Kapittel 7 består av appendikset.

## 2. Data

### 2.1 Info

Datasettet omfatter tunnel og bruprosjekter som er ferdigstilt mellom 1993 og 2015, og som byggherrefunksjonen i Statens vegvesen har hatt noe med å gjøre. I denne analysen er det blitt fokusert på kostnadsaspektet. Alle kostnadene er omregnet til 2016-kroner slik at dataene skal være sammenlignbare. Det er 1414 bru- og tunnelutbygginger der data for både kostnadsanslaget og faktisk kostnad er tilgjengelige. Av disse er 1197 bruer og 217 tunneler. Data mangler for årene 1997-1999 og for 2006.

Det som er interessant med denne tidsperioden er at den består av tre ulike konkurranseformer i utbyggingen av vegnettet.

- **Periode 1:** Frem til 1996 hadde Statens vegvesen ansvar for all vegutbygging i Norge. De hadde monopol på alle kontrakter som omhandlet utbygging av veg. Perioden fra 1993 – 1996 er derfor kjent som den monopolistiske perioden. I 1997 skjedde det en reform der produksjon og administrasjon ble splittet i to ulike avdelinger. Dette gjorde at Statens vegvesen som utbygger ble vurdert på samme måte som private aktører, til tross for at de fortsatt hadde ansvar for å utstede kontraktene. De satt på begge sider av bordet og drev internfakturering. Derfor regnes denne perioden 1997-2003 som semi-monopolistisk, siden produksjonsavdelingen fortsatt ble værende under Statens vegvesen. I denne rapporten er den monopolistiske og semi-monopolistiske perioden slått sammen til én periode (Odeck, 2014).
- **Periode 2:** Videre åpnet det seg opp for full konkurranse mellom entreprenører fra 2004. Dette er blitt opprettholdt frem til i dag (2018). Derfor regnes perioden 2004–2015 som fri konkurranse perioden.

Datasettet gjør det mulig å undersøke omfanget av differansen mellom kostnadsanslagene og de faktiske kostnadene på tunnel- og bruprosjekter, og å undersøke hvordan dette har variert over tid. Det vil også bli undersøkt hvordan kostnadene for de ulike prosjekttypene har variert i forhold til hverandre.

### 2.2 Kommentar til datasettet.

Et vegprosjekt består ofte av veg, bruer, tunneler, gang- og sykkelveger, ulike kollektive tiltak osv. For bruene og tunnelene i dette datasettet er disse blitt skilt ut, slik at kostnadene kun er knyttet til enten bruene eller tunnelene som er bygd. Tunnelene og bruene i dette datasettet kan altså ha vært en del av et mye større prosjekt, men målet med denne rapporten er å undersøke bruer og tunneler isolert. Dermed er dataene i denne rapporten rensket for andre kostnader knyttet til prosjektene.

### 3. Kostnader

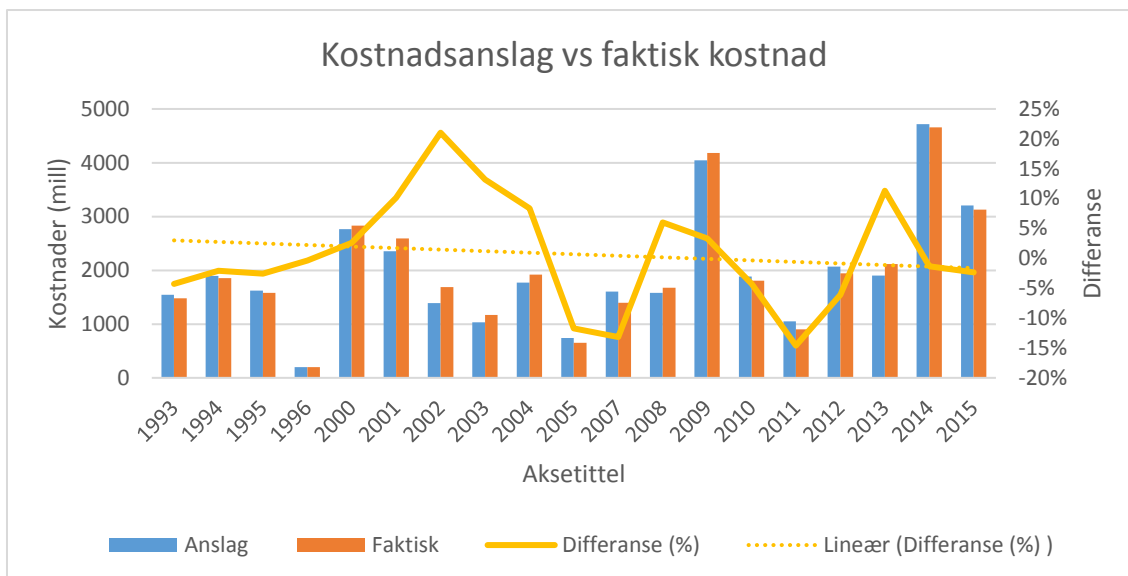
Det er interessant å se på tunneler isolert sett. Dette fordi bygging av tunneler er noe som krever mye kompetanse. Opp gjennom årene skulle man tro at det med ny teknologi og utviklet kompetanse blitt lettere å anslå hvilke typer bergarter og andre typer utfordringer en vil møte på i løpet av et prosjekt i en tidligere fase av prosjektet. I utgangspunktet bør dette være kostnadsbesparende, så derfor forventer vi at det skal være en positiv utvikling i form av lavere differanse mellom opprinnelig kostnad og den faktiske kostnaden prosjektene endte opp med.

#### 3.1 Tunneler – Deskriptiv statistikk

	Før 2004		Etter 2004	
	Kostnadsanslag (Mill)	Kostnadsavvik (%)	Kostnadsanslag (Mill)	Kostnadsavvik (%)
<b>Min</b>	4,4	-36,4%	2,65	-63,2%
<b>Max</b>	1415,4	103,7%	1540,1	90,7%
<b>Gjennomsnitt</b>	150,6	9,3%	186,2	-0,5%
<b>Median</b>	68,3	2,5%	101,8	-1,4%
<b>SD</b>	227,1	25,5%	251,6	25,1%
<b>Antall</b>	<b>85</b>	<b>85</b>	<b>132</b>	<b>132</b>

Tabell 1: Deskriptiv statistikk

Min og max viser hvor stort det minste og største prosjektet var i de ulike periodene, og viser også hva det største og laveste kostnadsavviket var innenfor disse. Gjennomsnitt, median og standardavvik (SD) er også angitt både for kostnadsanslaget og kostnadsavviket i prosent. Som tabellen viser var det høyere variasjon i kostnadsanslagene på tunneler i perioden før 2004. Det er 217 prosjekter det er tall på differansen, ettersom noen av observasjonene mangler enten kostnadsanslaget eller den faktiske kostnaden Gjennomsnittet på hhv 150 og 186 millioner indikerer at tunnelprosjekter vanligvis er kostbare å bygge. I snitt er gjennomføringstiden på tunnelprosjekter 26 måneder.

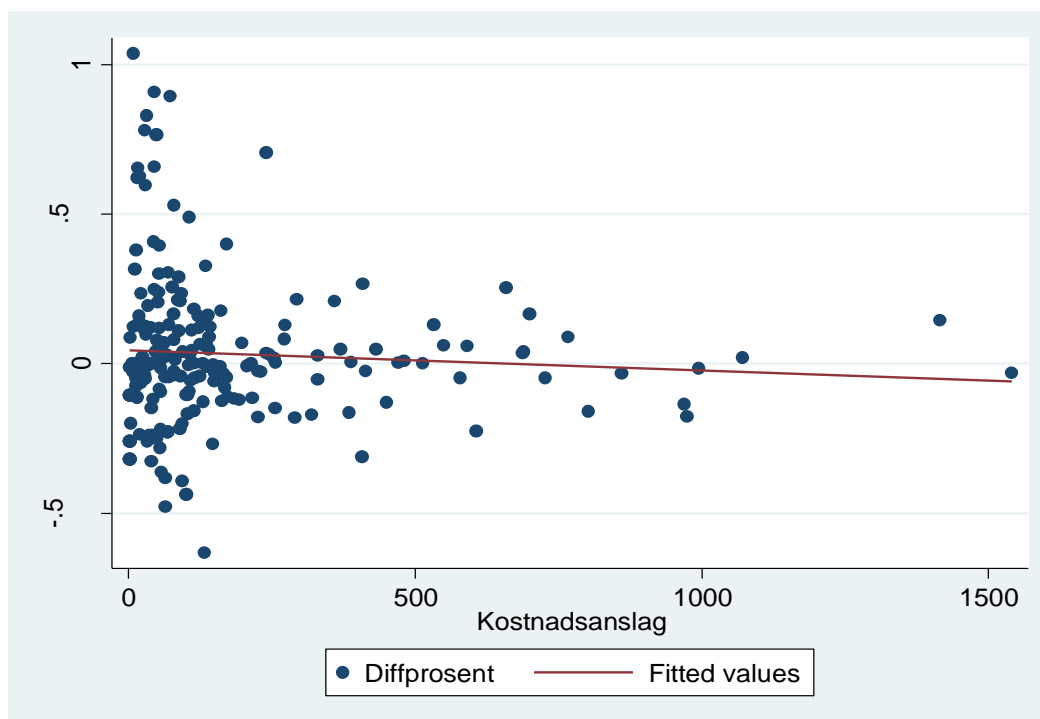


Figur 1: Kostnadsoversikt for tunneler.

Figuren over omfatter alle tunnelprosjektene der det er tall på både planlagt og faktisk kostnad. Det er 217 prosjekter (se tabell 1 i appendiks).

Som figur 1 viser så er det store variasjoner fra år til år når det kommer til bygging av tunneler. Både hvor mye det bevilges til tunnelbygging, og hvor mye overskridelsene fra de planlagte kostnadene er på. Det er ingen sterk trend, men som den stiplede linjen så er tendensen at det blir lavere og lavere overskridelser på tunnelprosjekter.

Det ble i perioden mellom 1993 og 2015 besluttet å bygge tunneler i Norge for 39,5 milliarder kroner i de årene det er data tilgjengelig.



Figur 2: Differanse mellom kostnadsanslag og faktisk kostnad for tunneler plottet mot prosjektstørrelse.

Som man kan se av figur 2 varierer differansen mellom hva en planlegger at en tunnel skal koste og hva det faktisk koster med størrelsen på prosjektet. Dette samsvarer godt med tidligere undersøkelser for vegprosjekter der man har sett samme tendens. Dette er altså som forventet.

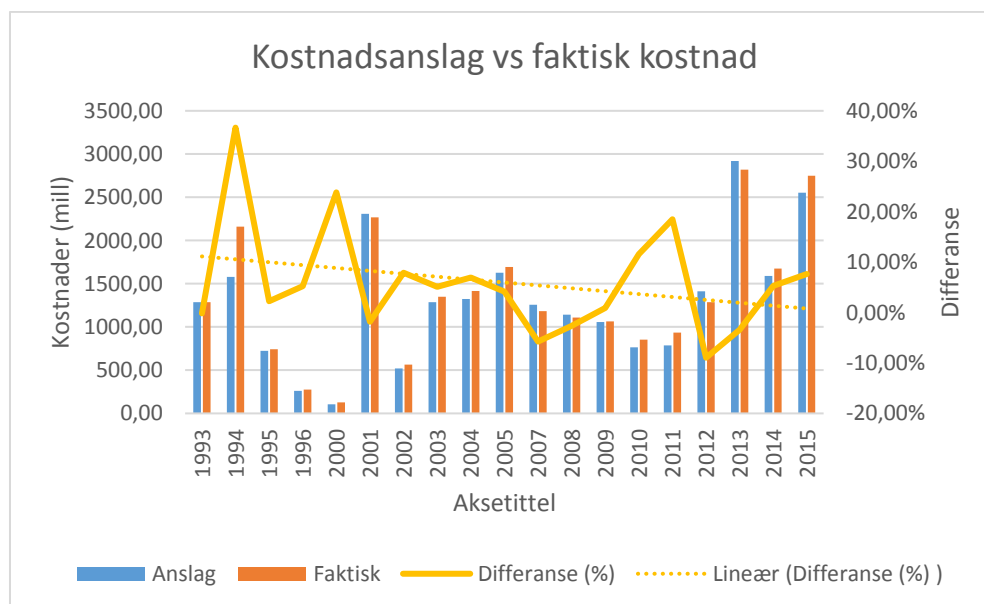
### 3.2 Bruer – deskriptiv statistikk

	Før 2003		Etter 2003	
	Kostnadsanslag (Mill)	Kostnadsavvik (%)	Kostnadsanslag (Mill)	Kostnadsavvik (%)
<b>Min</b>	0,22	-87,5%	0,36	-95,7%
<b>Max</b>	673,7	375%	1619,1	526,7%
<b>Gjennomsnitt</b>	15,4	9,4%	24,4	9,8%
<b>Median</b>	4,1	0,7%	7,1	0%
<b>SD</b>	51,6	38,3%	91	53,3%
<b>Antall</b>	<b>523</b>	<b>523</b>	<b>674</b>	<b>674</b>

Tabell 2: Deskriptiv statistikk for bruer.

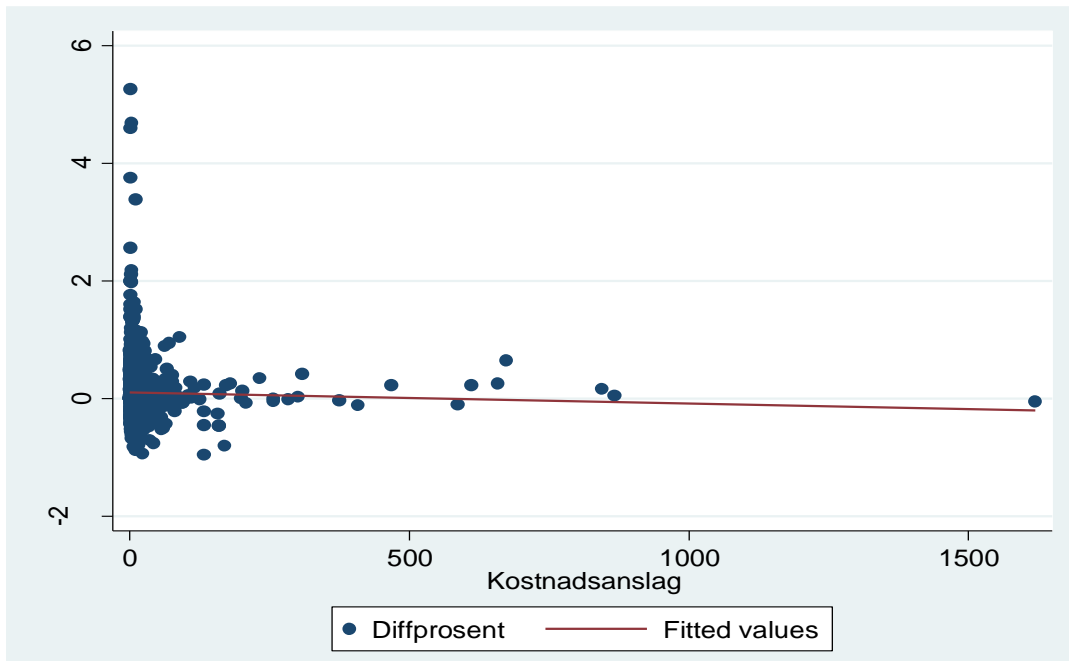
Tabell 2 inneholder deskriptiv statistikk for brubyggingen som er gjort fra 1993-2015. Av disse er det største prosjektet anslått til å koste 1,6 milliarder. Den største prosentvise kostnadsoverskridelsen, altså differansen fra anslag til faktisk kostnad, er på 526,7%. Av tabellen ser man her at gjennomsnittlig kostnad på et bruprojekt ligger betydelig lavere dersom man sammenligner med tabellen for tunnelprosjektene. I snitt brukes det 17 måneder per bruprojekt. Bruprosjekter er altså i snitt mye mindre hva gjelder omfang og kostnader i forhold til tunnelprosjekter.

Det er også blitt undersøkt hvordan utviklingen har vært for bruer både for kostnadsanslagene og de faktiske kostnadene.



Figur 3: Kostnadsoversikt for bruer

Figur 3 omfatter alle prosjekter der både kostnadsanslag og faktisk kostnad er tilgjengelig. Det er også her store variasjoner fra år til år. Enkelte prosjekter kan gi store utslag, og det er derfor ikke så interessant å se på hvert år for seg. Det er trenden som er interessant, og den er som man kan se fallende. Differansen var på sitt laveste i 2012 - da var faktiske kostnader 9% lavere enn anslått. Siden 2012 har det vært en jevn stigning i differansen. Det er altså store svingninger fra år til år, men trenden er at omfanget av kostnadsoverskridelser blir mindre.



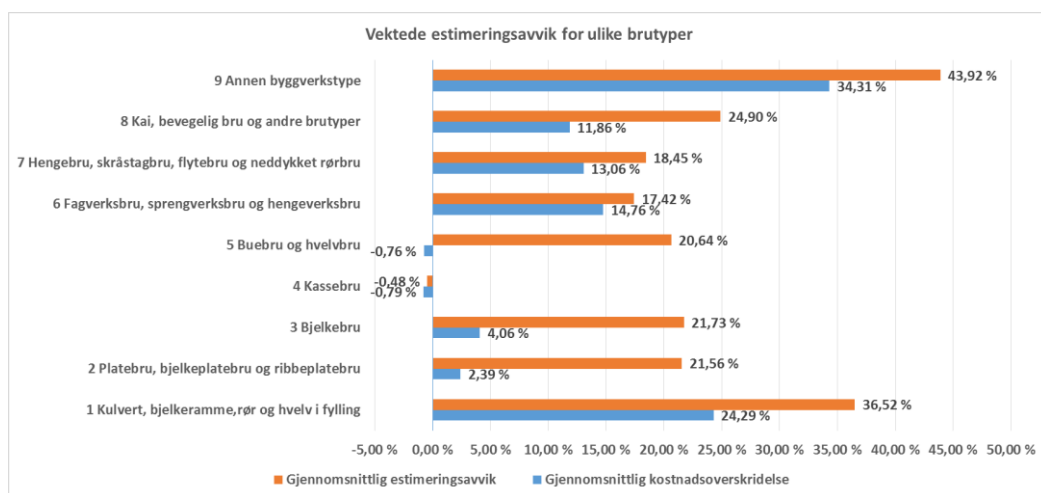
Figur 4: Differanse mellom kostnadsanslag og faktisk kostnad for tunneler plottet mot prosjektstørrelse.

Også for bruer ser vi samme tendens – mer variasjon i differanse mellom kostnadsanslag og faktisk kostnad. Som tidligere nevnt er dette forventet og ganske naturlig. En økning på en million på et milliardprosjekt gir ingen særlige prosentvise utslag, men på små prosjekter som er planlagt å koste en halv million, så er det ikke så mye som skal til før man opplever en budsjettsprikk.

### 3.2.1 Ulike brutyper

Det er flere ulike brutyper, og det er blitt undersøkt hvordan kostnadene for de ulike har utviklet seg. Her har det blitt vektet innenfor hver brutype slik at de store prosjektene er blitt vektet tyngre enn de små for å få et mer nyansert bilde. Det er også undersøkt hvordan treffsikkerheten på estimeringene har vært på de ulike bruene. Utviklingen til gjennomsnittlige kostnadsoverskridelser forteller lite om hvordan utviklingen har vært for treffsikkerheten på estimeringene. Under- og overestimeringer kan til sammen utgjøre et lavt snitt, slik at dette kan være misvisende da det er snakk om treffsikkerhet. For å undersøke treffsikkerheten på estimeringene er det derfor mer nyttig å se på utviklingen av kostnadsoverskridelsene i absoluttverdi. Figur 5 viser vektete kostnadsoverskridelser for hele perioden. Som det fremkommer av figuren er det store forskjeller på tvers av brutypene. Det er brutypene med de laveste gjennomsnittskostnadene som har de høyeste

kostnadsoverskridelsene og også de største estimeringsavvikene. Dette samsvarer godt med tidligere undersøkelser av vegprosjekter.



Figur 5: Vektete gjennomsnittlige kostnadsoverskridelser for perioden 1993-2015.

Av tabell 3 kommer utviklingen fra periode én til periode to frem. Legger spesielt merke til at estimeringsavviket for brutype 7 har sunket fra 13% til 5%. Dette er gruppen med den klart høyeste gjennomsnittskostnaden. I tillegg er det verdt å merke seg brutype 1, der estimeringsavviket har steget fra 4% til hele 33%.

Tabell 3 illustrerer de samme komponentene som figur 5, men også hvordan det varierer mellom periodene.

	BRUER			
	Kostnadsoverskridelser		Estimeringsavvik	
	Periode 1	Periode 2	Periode 1	Periode 2
<b>1 KULVERT, BJELKERAMME, RØR OG HVELV I FYLING</b>	2 %	22 %	4 %	33 %
<b>2 PLATEBRU, BJELKEPLATEBRU OG RIBBEPLATEBRU</b>	1 %	1 %	5 %	17 %
<b>3 BJELKEBRU</b>	2 %	2 %	8 %	14 %
<b>4 KASSEBRU</b>	-3 %	2 %	-1 %	0 %
<b>5 BUEBRU OG HVELVBRU</b>	2 %	-2 %	2 %	19 %
<b>6 FAGVERKSBRU, SPRENGVERKSBRU OG HENGEVERKSBRU</b>	5 %	9 %	6 %	12 %
<b>7 HENGEBRU, SKRÅSTAGBRU, FLYTEBRU OG NEDDYKKET RØRBRU</b>	13 %	0 %	13 %	5 %
<b>8 KAI, BEVEGELIG BRU OG ANDRE BRUTYPER</b>	5 %	7 %	7 %	18 %
<b>9 ANNEN BYGGVERKSTYPE</b>	18 %	17 %	19 %	25 %

Tabell 3: Utviklingen til kostnadsoverskridelser og estimeringsavvik mellom ulike brutyper.

## 4. Modeller/Empirisk metode

### 4.1 Beregning

Kostnadsavvik ble beregnet gjennom følgende modell:

$$\lambda_i = \left( \frac{\ln(S) - \ln(A)}{\ln(A)} \right) i * 100 \quad (1)$$

Kostnadsavviket ( $\lambda_i$ ) er lik differansen mellom sluttkostnaden (S) og kostnadsanslaget (A) dividert på kostnadsanslaget. Dette multipliseres med hundre, hvilket gir prosentvis avvik mellom kostnadsanslaget og faktisk sluttkostnad. Tallene er blitt gjort om på logaritmisk form for å oppfylle OLS – kravet om normalfordeling. Om denne verdien er positiv har det vært en underestimert av kostnadene i anslaget, altså har det forekommet en kostnadsoverskridelse. Er den negativ har kostnadsanslaget ved beslutningstidspunktet blitt overestimert noe som betyr at det er blitt brukt mindre penger på prosjektet enn først anslått. Altså er det snittet av alle kostnads over- og underskridelser som til sammen utgjør den gjennomsnittlige kostnadsoverskridelsen.

Det er av interesse å avdekke hvordan ulike variabler påvirker kostnadsoverskridelsene. De avhengige variablene er her gitt på logaritmisk form. Av de uavhengige variablene er alle dummyvariabler. Bruk av dummyvariabler betyr at de må ha en referansevariabel. For eksempel for variabelen  $\beta_{1i}Tunnel$  vil referansen være alle bru-prosjektene. For  $\beta_{3i}periode2$  vil referansevariabelen være alle tunnelprosjektene i periode én. Det ble laget en dummyvariabel «stort». I denne dummyen inngår alle bru- og tunnelbygginger der kostnadsanslaget var på over 200 millioner. Dette er interessant å undersøke ettersom tidligere studier har vist at store vegprosjekter har hatt signifikant lavere kostnadsoverskridelser sammenlignet med andre prosjekter. Derfor er det interessant å undersøke om det samme gjelder for bygging av bru- og tunnel.

Følgende modell ble brukt for å undersøke kostnadsoverskridelsene.

$$LN(kostnadsoverskridelse)(\%) = \beta_1 + \beta_{1i}Tunnel + \beta_{2i}stort + \beta_{3i}periode2 + \varepsilon_i$$

Det ble også satt sammen en annen modell for å undersøke hva som påvirker størrelsen på prosjektet.

$$LN(Virkeligkostnad)(Mill) = \beta_1 + \beta_{1i}Tunnel + \beta_{2i}tidsbrukmnd + \beta_{3i}periode2 + \varepsilon_i$$

For å undersøke hvordan tunnel- og brubyggingen gjorde det i periode to sammenlignet med periode en ble de trukket ut fra datasettet og sett på hver for seg. Dermed ble følgende modellene satt sammen for både tunnel og bru:

$$LN(Virkeligkostnad)(Mill) = \beta_1 + \beta_{2i}periode2 + \varepsilon_i$$

Det er i alle modellene benyttet robuste standardavvik for å kontrollere for heteroskedastisitet.



## 5. Empiriske resultater

Nå som den deskriptive statistikken er presentert er det interessant å undersøke (i) det overordnede omfanget av kostnadsoverskridelser på tunnel og bruprosjekter i Norge (ii) om det er noen signifikant sammenheng mellom prosjektstørrelse og de ulike variablene prosjekttype og perioden prosjektet er utført, og (iii) hva som kan forklare kostnadsavvikene man opplever på bru og tunnelprosjekter. For å undersøke dette ble det kjørt ulike regresjonsanalyser.

### 5.1 Omfanget av kostnadsoverskridelser.

Tabell 4 presenterer hvordan GK, GKA, GKP, GKAP på tunnel og bruprosjekter har vært mellom de ulike periodene og hele perioden under ett. Dersom man først ser på gjennomsnittlige kostnadsoverskridelser i millioner kroner (GK), så er overskridelsene i kroner lavere i perioden med fullkommen konkurranse sammenlignet med den monopolistiske- og semi-monopolistiske perioden. Dette gjelder for både bruer og tunneler. Det er verdt å legge merke til GK for tunneler i periode 2. Som man kan se var GK i snitt - 1,56 millioner. Det betyr at kostnadene i denne perioden i snitt var lavere for tunneler enn man hadde estimert. Kostnadene ble altså overestimert.

Videre er det også blitt sett på gjennomsnittlige kostnadsoverskridelser i millioner kroner i absolutte tall (GKA). Dette er interessant dersom man vurderer over- og underskridelser som like ille, og ønsker å se på hvor nøyaktige kostnadsestimatene var. Av tabellen kommer det frem at det i snitt ble bommet med rundt 4 millioner på bruprosjekter og 20,5 millioner på tunnelprosjekter for hele perioden. Når det gjelder utviklingen mellom periodene så har det vært en svak økning for både tunnel- og bruprosjekter.

Når det gjelder gjennomsnittlige prosentvise kostnadsoverskridelser (GPK) så har det for bruprosjekter vært en tilnærmet flat utvikling. En liten økning fra 9% til 10% fra periode én til to. Når det gjelder tunneler så har utviklingen vært mer markant. I periode én var GPK for tunneler på 9%. I periode to sank denne til -0,5%. Dette er en markant reduksjon og indikerer at den fullkomne konkurransen har hatt en påvirkning på de gjennomsnittlige kostnadsoverskridelsene.

Til slutt er det gjennomsnittlige prosentvise kostnadsoverskridelser i absoluttverdi (GPKA) som kommer frem i tabell 4. GPKA måler det prosentvise avviket fra kostnadsestimatet, uavhengig om det er blitt overestimert eller underestimert. Dette forteller oss hvordan treffsikkerheten på estimatene har utviklet seg mellom periodene. Av tabellen kommer det frem at treffsikkerheten på bruprosjektene forverret seg fra periode én til periode to. For tunneler har det ikke vært noen utvikling. I snitt avvek de faktiske kostnadene med 17% fra det opprinnelige kostnadsestimatet gjennom hele perioden.

	Periode 1 (1993 - 2003)	Periode 2 (2004-2015)	Hele perioden
<b>Gjennomsnittlige kostnadsoverskridelser (Mill) (GK)</b>			
Bruer	1,33	0,53	0,87
Tunneler	6,949	-1,56	1,78
<b>Gjennomsnittlige kostnadsoverskridelser absolutt (Mill) (GKA)</b>			
Bruer	3,65	5,07	4,45
Tunneler	20,34	20,59	20,49
<b>Gjennomsnittlige kostnadsoverskridelser (%) (GPK)</b>			
Bruer	0,09	0,1	0,1
Tunneler	0,09	-0,005	0,03
<b>Gjennomsnittlige kostnadsoverskridelser absolutt (%) (GPKA)</b>			
Bruer	0,23	0,3	0,27
Tunneler	0,17	0,17	0,17

Tabell 4: Gjennomsnitt, gjennomsnitt absoluttverdi, gjennomsnittlig prosentvis og gjennomsnittlig prosentvis absoluttverdi.

## 5.2 Innvirking på prosjektstørrelse

Resultatene og observasjonene som kommer frem i delkapittel 4.1 er deskriptive data. For å kunne trekke konklusjoner bør det gjennomføres noen statistiske tester. Det ble gjennomført en regresjonsanalyse med faktisk kostnad som avhengig variabel. Dette for å undersøke om det er noen signifikante forskjeller fra tunnel og bruprosjekter når det gjelder prosjektstørrelse, tidsbruk per prosjekt og forskjeller på tunnel og bruprosjekter mellom periodene. Den avhengige variabelen (kostnaden) er transformert til en logaritmisk variabel. Dette ble gjort ettersom det er store tall, så for at modellen skal oppfylle kravet om normalfordeling er det dette som passer best.

Det gjør at måten man leser resultatene fra modellen endres. Siden den avhengige variabelen er en ln-variabel, så må alle koeffisientene bli lest som en prosentvis effekt på den avhengige variabelen.

	<i>Ln virkelig kostnad</i>
<i>Tunnel</i>	2,46
<i>P-verdi</i>	(0.000)
<i>Tidsbrukmnd</i>	0,03
<i>P-verdi</i>	(0.000)
<i>Periode2</i>	0.32
<i>P-verdi</i>	(0.000)
<i>Konstant</i>	15
<i>P-verdi</i>	(0.000)
<i>R-kvadrert</i>	0.43

Tabell 5: Regresjonsanalyseresultater prosjektkostnad. P-verdier i parenteser. Benytter robuste standardavvik.

Av resultatet i tabell 5 ser man at størrelsen på tunnelprosjekter var signifikant høyere sammenlignet med bru-prosjekter. Måten resultatet tolkes på er at et tunnelprosjekt i snitt kostet 246% mer enn et bru-prosjekt i perioden 1993 – 2015, alt annet likt. Dette stemmer godt med det som ble observert i den deskriptive delen av rapporten i kapittel 3, der tunnelprosjekter i snitt var dyrere enn bru-prosjekter. Når det gjelder tidsbruk ser man av resultatene at desto mer tid som ble brukt på byggingen av bru- eller tunnel, desto høyere var slutt-kostnaden. Dette var som forventet. Ellers ser man at prosjektene i periode to var signifikant dyrere sammenlignet med prosjektene i periode én.

### 5.3 Kostnadsavvik

I denne modellen ble det undersøkt hva som kan ha innvirkning på kostnadsavvikene.

<i>Ln kostnadsoverskridelser</i>	
<i>Tunnel</i>	-0.0018
<i>P-verdi</i>	(0.159)
<i>Stort</i>	0.0009
<i>P-verdi</i>	(0.484)
<i>Periode2</i>	-0.0025
<i>P-verdi</i>	(0.032)
<i>Konstant</i>	0.0033
<i>P-verdi</i>	(0.000)
<i>R-kvadrert</i>	0.0038

Tabell 6: Regresjonsanalyseresultater for sammenheng mellom kostnadsoverskridelser, byggetype, størrelse og periode. P-verdier i parenteser. Benytter robuste standardavvik.

Resultatene indikerer at det var lavere kostnadsoverskridelser ved tunnelbygging sammenlignet med brubygging ettersom parameteren er negativ, men dette er ikke noe som kan fastslås med signifikante verdier.

Videre kan man ikke fastslå om tunneler og bruer over 200 millioner har høyere eller lavere kostnadsoverskridelser enn de øvrige.

Når det gjelder tunneler og bruer som er bygget i periode to kan man fastslå at de har signifikant lavere kostnadsoverskridelser enn bruer og tunneler bygget i periode én.

I tillegg oppnår man gjennom denne modellen en R-squared = 0,0038. Dette indikerer at det er flere variabler som ikke er inkludert i modellen som har stor betydning for hvor stor kostnadsoverskridelsen blir.

	<i>Ln kostnadsoverskridelser (Tunneler)</i>	<i>Ln kostnadsoverskridelser (Bruer)</i>
<i>Periode2</i>	-0.0059	-0.002
<i>P-verdi</i>	(0.001)	(0.152)
<i>Konstant</i>	0.0037	0,003
<i>P-verdi</i>	(0.004)	(0.001)
<i>R-kvadrert</i>	0.0045	0.0016

Tabell 7: Regresjonsanalyseresultater for sammenheng mellom kostnadsoverskridelser og perioden byggingen ble gjennomført på hhv tunneler og bruer.

Av tabell 7 ser man at tunneler bygget i periode to hadde signifikant lavere kostnadsoverskridelser sammenlignet med tunneler bygget i periode en.

Det ble også gjennomført en Kruskal-Wallis test for å undersøke om fordelingen av de prosentvise avvikene var det samme uavhengig av om det var tunnel eller bru. Resultatet fra testen var en P-verdi = 0,1217, noe som betyr at nullhypotesen om lik fordeling mellom prosjektypene ikke kan forkastes. Testen underbygger det som kommer frem av regresjonsanalysen over, nettopp det at de gjennomsnittlige kostnadsoverskridelsene ikke varierer med prosjektypen.

Den samme testen ble gjort for å undersøke om fordelingen av kostnadsoverskridelsene var den samme på tvers av periodene. Resultatet fra denne testen var en p-verdi = 0,0056, noe som betyr at nullhypotesen om lik fordeling mellom periodene kan forkastes. De gjennomsnittlige kostnadsoverskridelsene varierer altså mellom periodene. Det kan dermed se ut til at overgangen til full konkurranse mellom entreprenører fra 2004 (periode to) er en viktigere forklaring til nedgangen i omfanget av kostnadsoverskridelsene enn om det var bru eller tunnel som ble bygget. Dette stemmer overens med resultatene over.

For å undersøke bygging av bruer og tunneler i periode to med bruer og tunneler bygget i periode én ble de som nevnt over undersøkt hver for seg. Parameteren Periode2 representerer altså kun enten tunnel eller bru i periode to. Denne sammenlignes altså med tilsvarende i periode én.

## 5.4 Diskusjon

At tunneler har lavere differanse mellom anslått og faktisk kostnad sammenlignet med bruer kan ha mange forklaringer. En grunn til dette kan være at tunnelprosjekter i snitt er en del dyrere enn bruprosjekter. Tidligere studier viser at store prosjekter overskrider mindre enn små prosjekter, noe som kan forklare denne forskjellen. På de store prosjektene så stilles det høyere krav til planlegging, noe som igjen gjør at estimatene blir bedre. Det blir her stilt større krav til utredninger før prosjekter iverksettes og det legges dermed ned mye større ressurser i planleggingen av prosjektet. I tillegg kan en tenke seg at på store byggeprosjekter vil mulighetene for å gjøre forandringer når ting går galt underveis være mer tilstede ettersom planlagt byggetid er mye lengre. For små bruer og tunneler er det mindre tid å gjøre ting på, slik at her vil mulighetene til å gjøre forandringer underveis være mindre.

## 6. Konklusjon

Denne rapporten undersøkte utviklingen til kostnadsoverskridelser på bruer og tunneler i perioden 1993-2015. Denne typen studie har manglet i litteraturen da det ikke har blitt undersøkt hvordan kostnadene for bygging av bruer og tunneler har utviklet seg isolert sett. Perioden som har blitt undersøkt er spesielt interessant da det, som nevnt i kapittel 2, er ulike konkurranseformer innenfor perioden. Reformene som kom gjorde at bygging av det norske vegnettet fra 2003 av ble flyttet fra en aktør til å bli privatisert og inkludert i et fullkomment konkurranse marked om anbudene.

Nedenfor oppsummeres funnene i rapporten:

- (1) Det er lite som tilsier at utviklingen til kostnadsoverskridelsene har vært avhengig av om det er tunnel og bru. Dette ettersom det ikke kan fastslås noen signifikante forskjeller mellom de ulike vegtypene.
- (2) Reduksjonen i kostnadsoverskridelser etter overgangen til fullkommen konkurranse påvirket hovedsakelig bygging av tunneler. Det er kun her man kan fastslå signifikante forskjeller mellom periode en og to.
- (3) Selv om man ser at kostnadsoverskridelsene i periode to er signifikant lavere sammenlignet med periode en, så er ikke selve kostnadsestimeringen blitt bedre. Kostnadsestimeringene avviker for bru og tunnel mer eller like mye mellom de ulike periodene.

Når det gjelder videre forskning så hadde det vært interessant å sammenligne bruer og tunneler med rene vegprosjekter dersom det fantes tall på dette. Det hadde også vært interessant å undersøke hvordan de som estimerer kostnadene for bruer og tunneler faktisk jobber, slik at man kanskje kunne fått et bedre grunnlag til å vurdere hva som påvirker estimatene.

## 7. Appendiks

### 7.1 Referanser

Odeck, J. (2014) "Do reforms reduce the magnitudes of cost overruns in road projects? Statistical evidence from Norway." *Transportation Research Part A*, 2014, s. 68-79.

Odeck, J. (2004) "Cost overruns in road construction – what are their sizes and determinants?" *Transport Policy* 11, s. 43-53.

Økland, T. (2017) "Kostnads- og byggetidsoverskridelser i Norge – en empirisk undersøkelse av utviklingen på vegprosjekter fra 1993 – 2015"

### 7.2 Tabeller

År	Summer av Opprinnelig kost	Summer av Virkelig kost	Differanse	Differanse (%)
1993	1287,1	1285,0	-2,1	0 %
1994	1580,5	2160,0	579,5	37 %
1995	725,1	741,5	16,4	2 %
1996	262,5	276,2	13,7	5 %
2000	104,0	128,7	24,7	24 %
2001	2310,2	2268,8	-41,3	-2 %
2002	521,8	563,1	41,2	8 %
2003	1285,5	1351,4	65,9	5 %
2004	1322,9	1414,7	91,8	7 %
2005	1628,2	1695,2	67,1	4 %
2007	1255,3	1183,2	-72,1	-6 %
2008	1140,4	1110,4	-30,1	-3 %
2009	1056,2	1066,2	10,0	1 %
2010	765,0	853,4	88,5	12 %
2011	787,8	933,5	145,8	19 %
2012	1413,9	1287,3	-126,6	-9 %
2013	2919,7	2820,4	-99,3	-3 %
2014	1590,1	1674,6	84,5	5 %
2015	2553,3	2747,9	194,6	8 %
<b>Totalsum</b>	24509,4	25561,5	1052,1	4 %

Tabell 1: Årlige kostnader for bruer.

År	Summer av Opprinnelig kost	Summer av Virkelig kost	Differanse	Differanse (%)
1993	1543,06	1477,46	-65,6	-4 %
1994	1894,13	1854,7	-39,43	-2 %
1995	1624,45	1582,67	-41,78	-3 %
1996	198,92	198,22	-0,7	0 %
2000	2762,39	2832,96	70,56	3 %
2001	2353,33	2591,91	238,57	10 %
2002	1392,52	1685,33	292,81	21 %
2003	1034,13	1170,37	136,24	13 %
2004	1770,75	1918,46	147,71	8 %
2005	740,81	654,1	-86,71	-12 %
2007	1604,73	1393,72	-211	-13 %
2008	1579,51	1674,32	94,81	6 %
2009	4045,81	4179,53	133,72	3 %
2010	1884,99	1803,95	-81,04	-4 %
2011	1053,37	899,49	-153,88	-15 %
2012	2069,45	1942,97	-126,48	-6 %
2013	1901,53	2116,24	214,7	11 %
2014	4718,82	4656,92	-61,89	-1 %
2015	3206,07	3130,72	-75,35	-2 %
<b>Totalsum</b>	<b>37378,78</b>	<b>37764,05</b>	<b>385,26</b>	<b>1 %</b>

Tabell 2: Årlige kostnader for tunneler.

## 7.3 Tester

### 9.3.1 Kruskal-Wallis test

- Undersøker om grupper har den samme fordelingen.

Test:

Null-hypoteser:

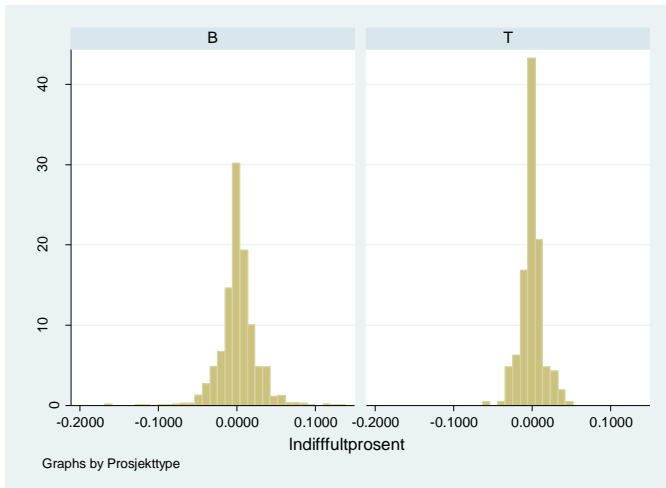
- Fordelingen av kostnadsavvik er den samme mellom de ulike prosjekttypene.
- Fordelingen av kostnadsavvik er den samme mellom de ulike tidsperiodene.

Eksempel: Kostnadsavvik mellom bru og tunnel:

chi-squared with ties = 2.396 with 1 d.f.

probability = 0,1217.

Forkaster ikke nullhypotesen. Fordelingen mellom gruppene er ikke forskjellig.



Figur 4: Fordelingen av den logaritmiske differansen mellom kostnadsanslag og faktisk kostnad for bruer (B) og tuneller (T).





Statens vegvesen  
Vegdirektoratet  
Publikasjonsekspedisjonen  
Postboks 6706 Etterstad 0609 OSLO  
Tlf: (+47) 22073000  
publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

**Trygt fram sammen**