



TRÅDLØSE TRONDHEIM 1:2006
ISSN-no:

TITTEL  <b>Trådløse Trondheim</b>	DATO  2006-01-05
	ANTALL SIDER 17
FORFATTER  Thomas Jelle	
SAMMENDRAG  Det er planer om å etablere et trådløst bredbåndsnett for forskning og utvikling i Trondheim. Trondheim Kommune, Sør-Trøndelag Fylkeskommune, Næringsforeningen i Trondheim og NTNU inngikk den 30. november 2005 en avtale hvor partene forplikter seg til å arbeide sammen for å realisere planene.  Målsetningene med Trådløse Trondheim er å etablere et utviklingslaboratorium i verdensklasse for forskning og utvikling, bidra til et fremtidsrettet norsk næringsliv med spisskompetanse innen trådløse produkter og tjenester og å gjøre Trondheim og NTNU mer attraktivt for studenter og teknologibasert næringsliv.  En utbygging vil foregå over flere faser med ulike teknologier. I første omgang ønsker en å dekke NTNUs arealer samt Midtbyen i Trondheim og tilstøtende arealer. Investeringskostnadene for utbyggingen forventes å utgjøre nærmere 20 millioner, men er sterkt avhengig av dekningsgrad, kapasitet, arealet av utbyggingsområdet samt hvilke tjenester en ønsker å benytte.  Denne rapporten beskriver hvordan Trådløse Trondheim kan realiseres med hensyn på tekniske krav og organisering. I tillegg er det skissert en tidsplan samt et kostnadsestimat for Midtbyen og NTNUs utendørsområder.	
NØKKEWORD Trådløse Trondheim	
Trådløst bredbåndsnett, trådløst bynett, Wi-Fi, WLAN, WiMAX, NTNU	

## Forord

Denne rapporten gir en oversikt over Trådløse Trondheim med hensyn på målsetninger, målgrupper, teknologier, kostnader, organisering og finansieringsmodeller. Rapporten er utført som en del av forprosjektet til Trådløse Trondheim, i perioden mars 2005 – januar 2006, på oppdrag av initiativtaker Dekanus Arne Sølvberg ved IME-fakultetet.

Jeg vil rette en takk til alle som har bidratt under forprosjektet og for innspill og tilbakemeldinger fra workshoper og seminarer. En ekstra takk til Steinar Andresen, Roar Aspli og Tore R. Jørgensen for innspill og bidrag.

Thomas Jelle, prosjektleder Trådløse Trondheim, 05.01.06.  
[thomas.jelle@item.ntnu.no](mailto:thomas.jelle@item.ntnu.no)

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>BAKGRUNN .....</b>	<b>4</b>
1.1	MÅLSETNINGER .....	4
1.2	MÅLGRUPPER.....	5
<b>2</b>	<b>DEKNINGSOMRÅDER/UTBYGGINGSOMRÅDER.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>ANVENDELSER .....</b>	<b>6</b>
3.1	TJENESTER .....	7
<b>4</b>	<b>TEKNISK BESKRIVELSE OG KRAV TIL INFRASTRUKTUREN .....</b>	<b>8</b>
4.1	KAPASITETSBEHOV .....	8
4.2	TJENESTEKVALITET I AKSESSNETTET .....	9
4.3	MOBILITET .....	10
4.4	SIKKERHET.....	10
4.5	POSISJONERING .....	10
4.6	MIGRERING OG INTEGRERING AV NESTE GENERASJONS TEKNOLOGIER .....	11
4.7	MILJØHENSYN.....	11
<b>5</b>	<b>ORGANISERING.....</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>KOSTNADSVURDERINGER.....</b>	<b>13</b>
6.1	INVESTERINGSKOSTNADER .....	13
6.2	DRIFTS- OG AVSKRIVNINGSKOSTNADER FOR MIDTBYEN.....	14
<b>7</b>	<b>FINANSIERINGS- OG INNTEKTSMODELLER .....</b>	<b>15</b>
7.1	FINANSIERINGSMODELLER .....	15
7.2	INNTEKTSMODELLER .....	16
<b>8</b>	<b>FREMDRIFTSPLAN .....</b>	<b>17</b>

# 1 Bakgrunn

## 1.1 Målsetninger

NTNU ønsker å etablere en trådløs bredbåndsinfrastruktur for forskning og utvikling i Trondheim. Universitetet er innstilt på å bygge ut et slikt nett for sine studenter og ansatte innen sine fysiske områder. Andre aktører er invitert til å delta i et samarbeid for å dekke større deler av Trondheim.

30. november 2005 svarte Trondheim Kommune, Sør-Trøndelag Fylkeskommune og Næringsforeningen i Trondheim på invitasjonen ved å inngå en samarbeidsavtale med NTNU hvor partene forplikter seg til å arbeide sammen for å etablere et trådløst utendørs bredbåndsnett i Trondheim. Partene inngikk avtalen fordi de mener det er et viktig langsiktig satsningsområde for nasjonen, regionen og Trondheim som by.

NTNU og samarbeidspartene har følgende felles målsetninger med prosjektet:

- Å skape et utviklingslaboratorium i verdensklasse for forskning og utvikling innen trådløse teknologier, produkter og tjenester.
- Bidra til et fremtidsrettet norsk næringsliv med spisskompetanse innen trådløse teknologier, produkter og tjenester
- Gjøre Trondheim og NTNU mer attraktivt for studenter og teknologibasert næringsliv.

Å etablere et utviklingslaboratorium i verdensklasse og bidra til et fremtidsrettet norsk næringsliv med spisskompetanse innen trådløse produkter og tjenester er ambisiøse målsetninger som krever at mange aktører og fagfelt må jobbe sammen for å lykkes i en internasjonal konkurranse. Utfordringen er stor, men den er tilsvarende stor for internasjonale konkurrenter. Norge har absolutt muligheter for å lykkes takket være et godt kompetansegrunnlag i næringsliv, forskning og utdanning.

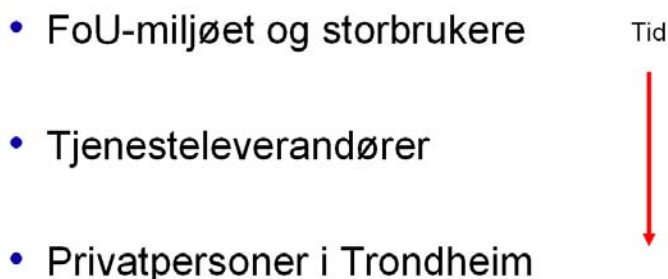
For framtidig rekrutteringen til informasjons- og kommunikasjonsteknologi (IKT) må spydspissen NTNU utvikles videre for å være attraktiv for unge talenter også i framtiden. Trådløse Trondheim vil bidra til dette, samtidig som studenter og forskere vil være den viktigste ressurs for innovasjon og utvikling av framtidig teknologibasert næringsliv i Norge.

For å lykkes i en internasjonal konkurranse er det svært viktig å være tidlig ute. Dersom en ønsker å være med å drive utviklingen må en ta i bruk teknologier før de er modne for massemarkedet og før det finnes kommersielt grunnlag for å gjøre investeringer. Å være tidlige ute og være med å drive utviklingen koster, men dersom en lykkes med å skape et næringsliv i Norge med spisskompetanse innen trådløse produkter og tjenester vil disse kostnadene etter all sannsynlighet være små i forhold til hva en får igjen. Forhåpentligvis kan næringslivet i Norge høste gevinster i form av effektivisering og smartere kommunikasjon ved å ta i bruk nye produkter og tjenester. Og dersom en lykkes i den internasjonale konkurransen vil det være store muligheter for å kunne eksportere disse produktene og tjenestene ut i verden til markeder langt større enn våre egne.

## 1.2 Målgrupper

I startfasen er det viktig å teste at nettverket skalerer og få kontroll med tekniske problemer, samtidig er det viktig å sette i gang forskning, utvikling og tjenesteproduksjon. Målgruppen for prosjektet vil derfor, i første omgang, være begrenset til storbrukerne og FoU-miljøet. Storbrukerne er her definert som studenter og ansatte ved NTNU, samt ansatte i kommunen og fylkeskommunen.

Når nettet fungerer stabilt og det er etablert en fornuftig driftsstruktur vil nettet åpnes også for tjenesteutviklere som ønsker å tilby kommersielle tjenester samt teleoperatører for videresalg av aksess til privatpersoner. Figur 1 viser målgruppene ved prosjektet relatert til tid.



Figur 1 - Målgruppe vs tid

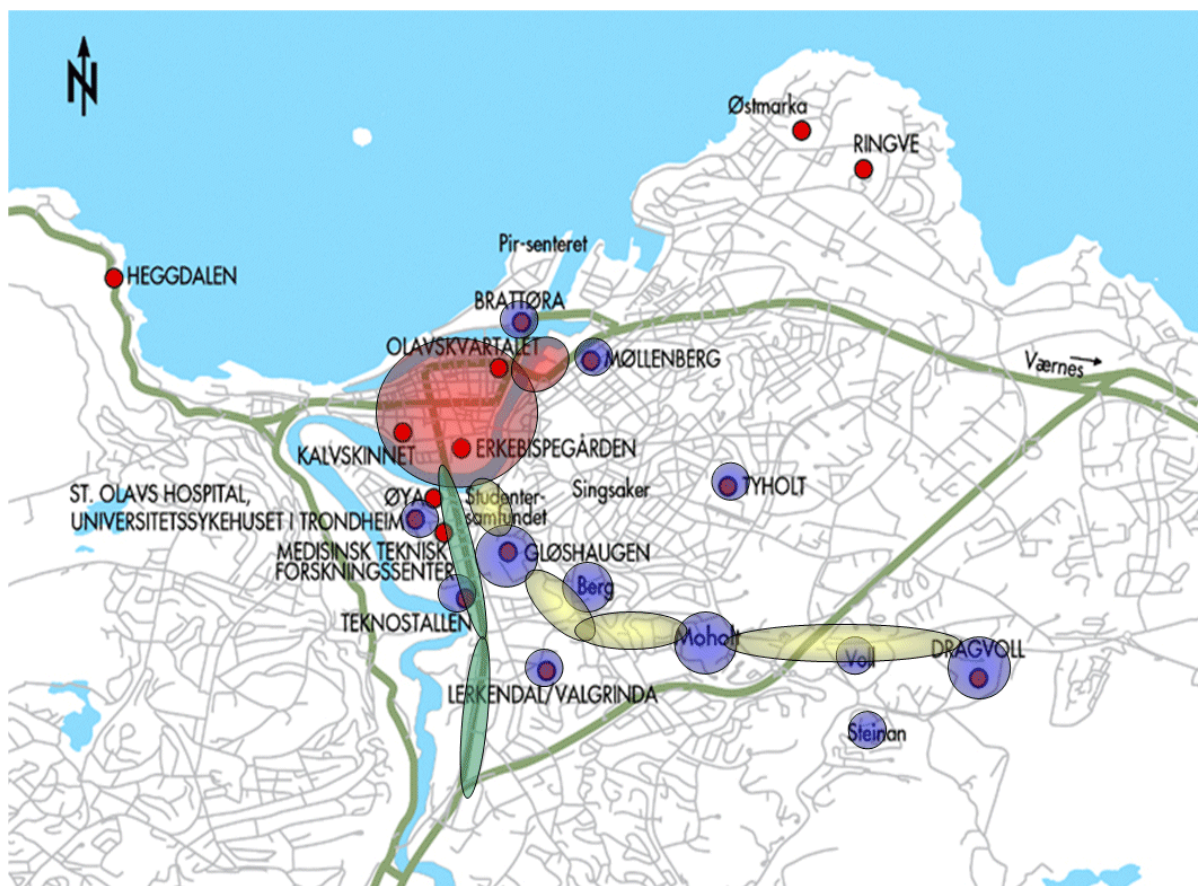
## 2 Dekningsområder/Utbyggingsområder

Prosjektets langsiktige målsetning er å dekke hele Trondheim med trådløst bredbånd. Av praktiske, økonomiske og teknologiske årsaker har en valgt å dele prosjektet inn i faser.

Dekningsområdet for første fase utbygging er begrenset til Midtbyen i Trondheim med omegn og NTNUs arealer. Inkludert i NTNUs utendørsarealer regnes mange offentlige arealer blant annet busstraseen mellom Midtbyen og Dragvoll. Figur 2 viser de aktuelle utbyggingsområdene. Områdene i rødt viser Midtbyen med omegn, områdene i blått NTNUs arealer og områdene i gult markerer busstraseen mellom Midtbyen og Dragvoll.

For Midtbyen med omegn vil utbyggingsområdet være begrenset til utendørsarealer og offentlige/halvoffentlige innendørsarealer<sup>1</sup>. Dette for å fremme og tilrettelegge for bruk av nomadiske og mobile produkter og tjenester. Prosjektet har ikke til hensikt å tilrettelegge for trådløsdekning innendørs i boligområder og næringslokaler generelt. Privatpersoner og bedrifter har allerede bredbåndstilgang gjennom eksisterende tilbud som xDSL og KabelTV og det vil ikke være hensiktsmessig å etablere en trådløs infrastruktur for å konkurrere med disse. I praksis vil det imidlertid være trådløsdekning også innendørs i enkelte områder fordi signalene "lekker inn". Det vil ikke bli brukt ressurser på å begrense dette.

<sup>1</sup> Offentlige og halvoffentlige arealer defineres her som ikke adgangsbegrensede vranglearealer. Eksempler på slike arealer er kjøpesentre og kafeer.



Figur 2 - Utbyggingsområder for fase 1

### 3 Anvendelser

NTNU ønsker å tilrettelegge for forskning og utvikling på flere nivå også utover telematikk og IKT som fagfelt. Trådløse Trondheim må derfor tilrettelegges slik at det blir mulig. NTNU har selv miljøer som ønsker å benytte Trådløse Trondheim til forskning og utvikling på radiogrensesnitt, protokoller, tjenester/tjenesteproduksjon, brukermønster, forretningsmodeller og trafikk-anvendelser.

Å drive forskning og utvikling på radiogrensesnitt og tjenester stiller ulike krav til infrastrukturen. Det er ikke mulig å drive med forskning på fysiske radiogrensesnitt eller protokoller samtidig som aksesspunktene skal bære kommersiell nyttetraffikk. Utbyggingen må derfor planlegges og dimensjoneres slik at det er rom for parallelle aksesspunkter/radioer for deler av området.

For å kunne drive med tjenesteproduksjon, utvikling av forretningsmodeller og forskning på brukermønster er det en forutsetning at nettet åpnes for kommersiell trafikk, med reelle brukere. Kommersiell trafikk vil stille andre og langt strengere krav til drift og kundeservice enn et rent forskningsnett. Trådløse Trondheim må også planlegges og dimensjoneres slik at dette blir mulig.

### 3.1 Tjenester

Trådløse Trondheim vil tilby en tjenesteplattform med mulighet for mobilitet, posisjonering og sikkerhet, i tillegg til ordinær internettaksess. Med en slik tjenesteplattform vil det være mulig å etablere og tilby tjenester langt utover det som er mulig i dag.

Strukturering og tilrettelegging av tjenester der posisjon inngår vil være et viktig forskningsfelt fremover og det er derfor svært viktig at infrastrukturen gjør dette mulig.

I Tabell 1 er funksjonalitet/tjenesteparameter delt inn i tre kategorier med hensyn på bruksmønster, fast, nomadisk og mobil.

Bruksmønster	Relevans av tjenesteparameter			Eksempler
	Posisjonering	Mobilitet	Kapasitet	
Fast	Ingen	Ingen	Høyt	E-mail, internett
Nomadisk	Medium	Ingen	Medium	E-mail, internett lokale tjenester
Mobil	Høy	Svært høy	Lavt	Mobil telefoni mobil TV streaming av musikk og radio stedbundet søk

Tabell 1 – Relevans av tjenesteparameter mhp bruksmønster

Med fast menes stedbundet aksess, nomadisk betyr at en bruker har tilgang på flere lokasjoner, mens mobil betyr at brukeren kan bevege seg og benytte tjenester på tvers av lokasjoner.

Kategorien fast representerer det bruksmønsteret de fleste er vant med, en fast arbeidsplass på jobb eller hjemme. Flere og flere blir imidlertid nomadiske brukere og jobber på flyplasser, hoteller, bensinstasjoner, kafeer og lignende. Etter hvert som det begynner å komme mobile terminaler eller mobiltelefoner som har støtte for Wi-Fi<sup>2</sup> er det grunn til å tro at brukerne også vil bli mobile brukere. For Trådløse Trondheim er det nettopp de to siste kategoriene som er viktig og som vil bli fokusert på; nomadisk og mobil kommunikasjon. Dette medfører et medium kapasitetsbehov mens posisjonering og mobilitet blir svært viktig.

---

<sup>2</sup> Mobiltelefoner med Wi-Fi kompatibilitet har så vidt begynt å komme på markedet og innen 2006 vil det trolig være mange Wi-Fi kompatible terminaler blant brukerne.

## 4 Teknisk beskrivelse og krav til infrastrukturen

Et trådløst bredbåndsnett består av to hoveddeler; det trådløse aksessnettet som kunden kobler seg til og et matenett som forsyner aksesspunktene med kapasitet.

### Aksessnett

For første fase utbygging vil aksessnettet være basert på Wi-Fi (802.11a/b/g). Begrunnelsen for å bruke ulisensierte frekvenser, med de bekymringer det gir, er at svært mange potensielle brukere allerede har Wi-Fi-kort i sine bærbare PCer. Investeringskostnadene og således terskelen for å benytte seg av nettet vil derfor være lav, og nettet vil dermed kunne få mange brukere innen relativt kort tid.

Aksesspunktene bør ha støtte for både 802.11b/g og 802.11a. 802.11a benytter frekvenser i 5 GHz båndet i motsetning til 802.11b/g som benytter frekvenser i 2,4 GHz båndet. Per i dag er 802.11a standarden lite brukt og det er ennå få brukere som har sendere eller trådløskort som støtter denne standarden. Det innebærer at det er mindre støy i dette båndet enn i båndet som 802.11b/g benytter. Det vil være en stor fordel med tanke på å sikre QoS. Det må imidlertid antas at det kommer flere sendere som støtter 802.11a, og at det blir mer støy også i dette båndet etter hvert.

### Matenett

Som matenett til aksesspunktene finnes det flere alternativer avhengig av kapasitetsbehov, QoS-krav, investerings- og driftskostnader. De aktuelle løsningene for matenettet er ADSL/ADSL2+, fiber og lisensierte radioløsninger.

ADSL er lett tilgjengelig i Midtbyen, men teknologien har begrenset kapasitet (opptil 8 Mbit/s ned og opptil 800 kbit/s opp). Sentralen i Midtbyen er også bygget ut for ADSL2+ som gir vesentlig større kapasiteter ned (opptil 25 Mbit/s), men fortsatt svært lav kapasitet opp (opptil 1,5 Mbit/s).

Fiber er en suveren teknologi med hensyn på kapasitet og det ligger per i dag mye fiber i Midtbyen. Problemet er at det er få avtappingspunkter og at installasjonskostnadene er store.

WiMAX eller andre radioløsninger basert på lisensierte frekvenser er også aktuelle teknologier for matenettet. Slike lisensierte radioløsninger kan gi relativt høye kapasiteter (opptil 622 Mbit/s for punkt til punkt linker), men har relativt store investeringskostnader.

Fiber vil bli foretrukket der avtappingspunkter er tilgjengelig. På kort sikt vil likevel radio og ADSL2+ være de mest aktuelle teknologiene på grunn av tilgjengelighet og tidshorisonen for utbyggingen.

### 4.1 Kapasitetsbehov

#### Kapasitetsbehov i aksessnettet

Kapasitetsbehovet vil variere for ulike områder og hvilke tjenester som skal implementeres. I enkelte folkerike områder som Torget, Nordre gate og Solsiden vil antall samtidige brukere kunne bli svært mange og kapasitetsbehovet vil derfor være langt større for disse områdene enn for mindre folkerike områder. Kapasitetsbehovet er også nært knyttet til hvilke tjenester som skal implementeres. Tjenester som streaming av video og IP-telefoni krever betydelig høyere kapasiteter enn webtrafikk og e-post.



For å holde kostnadene på et realistisk nivå bør en derfor legge opp til trådløsdekning for hele det foreslåtte området, men med begrensede kapasiteter for mindre folkerike områder. Ellers bør aksesspunktene plasseres slik at tilgjengelig kapasitet er minimum 11 Mbit/s for hele utbyggingstraseen og med tettere plassering i folkerike områder for å håndtere flere samtidige brukere.

Det må også være mulig å flytte eller legge til aksesspunkter i ettertid for å dekke endringer i kapasitetsbehovet.

### **Kapasitetsbehov i matenettet**

I liket med aksessnettet vil kapasitetsbehovet i matenettet være avhengig av antall samtidige brukere og tjenester/anvendelser. I tillegg til å være matenett for Wi-Fi aksesspunkter skal matenettet også betjene og gi nok kapasitet til eksperimentell infrastruktur for begrensede områder. Eksempel på slik eksperimentell infrastruktur er neste generasjon av Wi-Fi og WiMAX. Disse teknologiene kan gi høyere bitrater, og for å kunne teste det i reelle omgivelser er en avhengig av et matenett som håndterer disse bitratene. Matenettet må derfor håndtere kapasiteter opp mot 100 Mbit/s enkelte steder hvor en ønsker å teste neste generasjons aksesspunkter.

For det kommersielle nettet basert på dagens Wi-Fi teknologi vil imidlertid 10-15 Mbit/s til hvert aksesspunkt være tilstrekkelig. Det er ønskelig at denne kapasiteten er symmetrisk, for å ta høyde for trafikk både til og fra brukeren. Teoretisk maksimal effektiv kapasitetsutnyttelse med dagens Wi-Fi utstyr er omkring 22 Mbit/s under ideelle forhold (Signal/støyforhold, antall brukere, avstand fra aksesspunktet osv). 10-15 Mbit/s til hvert aksesspunkt burde derfor i de fleste praktiske tilfelle være tilstrekkelig.

## **4.2 Tjenestekvalitet i aksessnettet**

Tjenestekvalitet har stor betydning i et nettverk, og er kanskje spesielt viktig for et trådløst bynett som baserer seg på ulisensierte frekvenser. Det eksisterer allerede flere private ulisensierte nett i det aktuelle utbyggingsområdet og interferens kan derfor skape problemer i enkelte områder. Fjernadministrasjon av aksesspunktene med hensyn på frekvenser og kanalvalg vil derfor være et absolutt krav.

I tillegg vurderes det å etablere et frivillig frekvenskontor for å koordinere frekvensvalg for ulisensierte nett og på den måten redusere de potensielle problemene med interferens.

Dersom det skulle bli mangel på ressurser i nettverket må det være mulig å prioritere trafikk. Fordi brukerne av et slikt offentlig trådløst nett er nomadiske, vil det være stor usikkerhet rundt antall samtidige brukere og hvor mye kapasitet de vil konsumere. Ved mangel på kapasitet bør det derfor være mulig å prioritere enkelte tjenester, for eksempel sanntidsapplikasjoner. Aksesspunktene bør derfor støtte 802.1q og 802.1p. En annen måte å sikre tjenestekvalitet på er å begrense antall tillatte assosierte brukere per aksesspunkt. De som får tilgang vil da være sikret en viss kapasitet, mens resten av brukerne blir nektet tilgang. Prinsipper for hvordan tjenestekvalitet skal håndteres bør studeres nærmere. Et annet forhold som bør avklares nærmere er i hvilken grad en skal legge opp til redundans i nettet. Med redundans behøver ikke brukeren bli berørt om et aksesspunkt går ned, uten redundans vil den samme brukeren miste forbindelsen.

### 4.3 Mobilitet

For å ligge i forkant av utviklingen og skape et innovativt miljø for utvikling av bredbåndstjenester er det viktig at nettverket har støtte for nomadisk og mobil bruk. Det er derfor et absolutt krav at brukeren skal kunne logge seg på nettverket over alt hvor det er trådløsdekning, altså nomadisk bruk. Samtidig skal brukeren bare behøve å ha kundeforhold til en trådløsoperatør.

I tillegg vil mobilitet eller sesjonsmobilitet være viktig. Sesjonsmobilitet innebærer at brukeren kan flytte seg mellom ulike aksesspunkt uten å miste forbindelsen, og uten måtte logge seg på nettverket på nytt. Sesjonsmobilitet er nødvendig dersom tjenester som mobil IP-telefoni eller andre sanntidstjenester hvor brukeren beveger seg på tvers av flere aksesspunkt skal kunne realiseres.

### 4.4 Sikkerhet

Et offentlig trådløstnett krever en sikker, men fleksibel sikkerhetsarkitektur. Sikkerhet er nødvendig for å unngå uautorisert bruk og misbruk. Autentisering og aksesskontroll vil derfor være svært viktig. I tillegg må arkitekturen være fleksibel. Forskjellige brukere kan ha forskjellige rettigheter og må gies tilgang deretter. Noen brukere vil være gjester som ønsker å leie seg tilgang til Internett mens de besøker området, andre brukere vil være "faste brukere" som har behov for å få tilgang til de samme verktøy og tjenester som de har når de sitter på sin arbeidsplass. De sistnevnte brukerne må kunne nå sitt hjemmenett på en sikker måte.

Sikkerhetsarkitekturen må også håndtere spørsmålet om hvem som er ansvarlig ved misbruk eller innbrudd, den som eier nettet eller den som har kundeansvaret.

Aksesspunktene bør ha støtte for WPA-kryptering (802.1x) for å sikre trafikken på trådløstettet til alle brukere. I tillegg bør det implementeres sikre/krypterte protokoller for ende-til-ende overføring eller VPN. Disse protokollene må også fungere under mobilitet. VPN er ikke ideelt ved roaming fordi krypteringen må reforhandles når brukeren flytter seg fra et aksesspunkt til et annet. Dette er svært tidkrevende og kan derfor skape problemer for sanntidsapplikasjoner.

### 4.5 Posisjonering

For å utvikle kontekstavhengige tjenester er det nødvendig å kunne posisjonere brukeren eller brukerutstyret geografisk i nettverket. Posisjonering av brukere og utstyr er også en stor fordel i driftssammenheng og vil for eksempel lette jobben med å finne brukere eller brukerutstyr som ikke oppfører seg slik det skal.

Med triangulering er det mulig å posisjonere brukeren med en nøyaktighet på inntil  $\pm 5 \text{ m}^3$  og med egne posisjoneringssystemer er nøyaktighetsgraden enda høyere. Krav til nøyaktighet vil avhenge mye av anvendelsen av nettet og personvern hensyn må også ivaretas. Strukturering og tilrettelegging av tjenester der posisjon inngår vil imidlertid være et viktig forskningsfelt fremover og posisjonering vil derfor være et en svært viktig funksjon i nettverket.

---

<sup>3</sup> Basert på tall fra Cisco vil det være mulig å posisjonere brukeren innenfor  $\pm 10 \text{ m}$  90 % av tiden og innenfor  $\pm 5 \text{ m}$  50 % av tiden.

## 4.6 Migrering og integrering av neste generasjons teknologier

Det er viktig å etablere tekniske og forretningsmessige modeller som tillater integrering og migrering til neste generasjons teknologier. Ved å ta høyde for neste generasjons teknologier skaper en langsiktighet og forutsigbarhet for tjenesteutviklere, investorer, operatører og brukerne.

*Hvordan skal en sikre at operatører ikke bryter ut og lager parallelle systemer når neste generasjons teknologier er tilgjengelig?* Den mest sannsynlige etterfølgeren til Wi-Fi, slik det ser ut i dag, er WiMAX-standard 802.16e som har støtte for mobilitet. Dersom denne standarden skal bli like utbredt som Wi-Fi er per i dag må den basere seg på frekvenser i ulisensierte bånd. Det betyr at problemene med interferens og støy vil være tilnærmet de samme som for dagens Wi-Fi løsninger. Det taler for et fortsatt samarbeid og en koordinering av ressurser også for neste generasjons teknologier. I tillegg vil det være viktig å være tidlig ute med neste generasjons teknologier, samt løsninger som gjør det mulig å roame mellom flere teknologier som Wi-Fi, WiMAX og UMTS. Ved å tilby løsninger hvor brukeren kan roame sømløst mellom ulike teknologier og nett kan en øke dekningsområdet, skape redundans og bedre gi brukerne mer fleksibilitet. Flere grupperinger innen IEEE jobber med å standardisere slike roamingløsninger for medieuavhengig aksess blant annet 802.11u og 802.21, men det er fortsatt flere år før standardene vil være ferdige.

De tekniske løsningene som velges må derfor i den grad det lar seg gjøre støtte integrering og migrering til neste generasjons teknologier.

## 4.7 Miljøhensyn

Trådløse Trondheim må forholde seg til de retningslinjer, lover og regler post- og teletilsynet gir.

Generelt er det slik at helsefaren ved stråling bestemmes av utstrålt effekt og frekvensbånd. Dess *høyere* utstrålt effekt og dess *lavere* frekvensbånd som benyttes dess høyere er helsefaren.

Første fase utbygging vil være basert på Wi-Fi teknologien (802.11a/b/g). For 802.11b/g som benytter 2,4 GHz båndet er maksimalt tillatt utstrålt effekt 100mW og for 802.11a, som benytter 5GHz båndet, er tilsvarende grense på 200mW.

Sammenlignet med for eksempel mobiltelefoni er utstrålt effekt i trådløse datanettverk liten. Stråling fra en GSM-mobiltelefon ligger normalt i området 0,2-0,6 W<sup>4</sup>. I tillegg benyttes det lavere frekvensbånd for mobiltelefoni (900MHz eller 1800MHz). Strålingsfaren for trådløse datanettverk anses derfor som langt mindre farlig enn for mobiltelefoni.

Post- og Teletilsynet konkluderer i et notat om "Stråling fra trådløse datanettverk (WLAN/RLAN)" på sine nettsider med at aksesspunkter i trådløse datanettverk normalt er plassert slik at feltstyrkenivået der folk oppholder seg er langt lavere enn grenseverdien for det som regnes som helsefarlig<sup>5</sup>. Videre finnes allerede flere private trådløse nettsider i området og en utbygging av Trådløse Trondheim vil gi en liten økning i total strålingsmengde.

---

<sup>4</sup> Post og Teletilsynet, informasjon om eksponering ved bruk av mobiltelefon

<sup>5</sup> Post og Teletilsynet; Notat om "Stråling fra trådløse datanettverk (WLAN/RLAN)", desember 2004.

Sammenlignet med eksisterende strålingskilder, både fra mobiltelefoni og datanettverk, vil en utbygging av et trådløstnett i Trondheim gi en minimal økning i stråling og en slik utbygging anses ikke å gi noen økt helsemessig risiko.

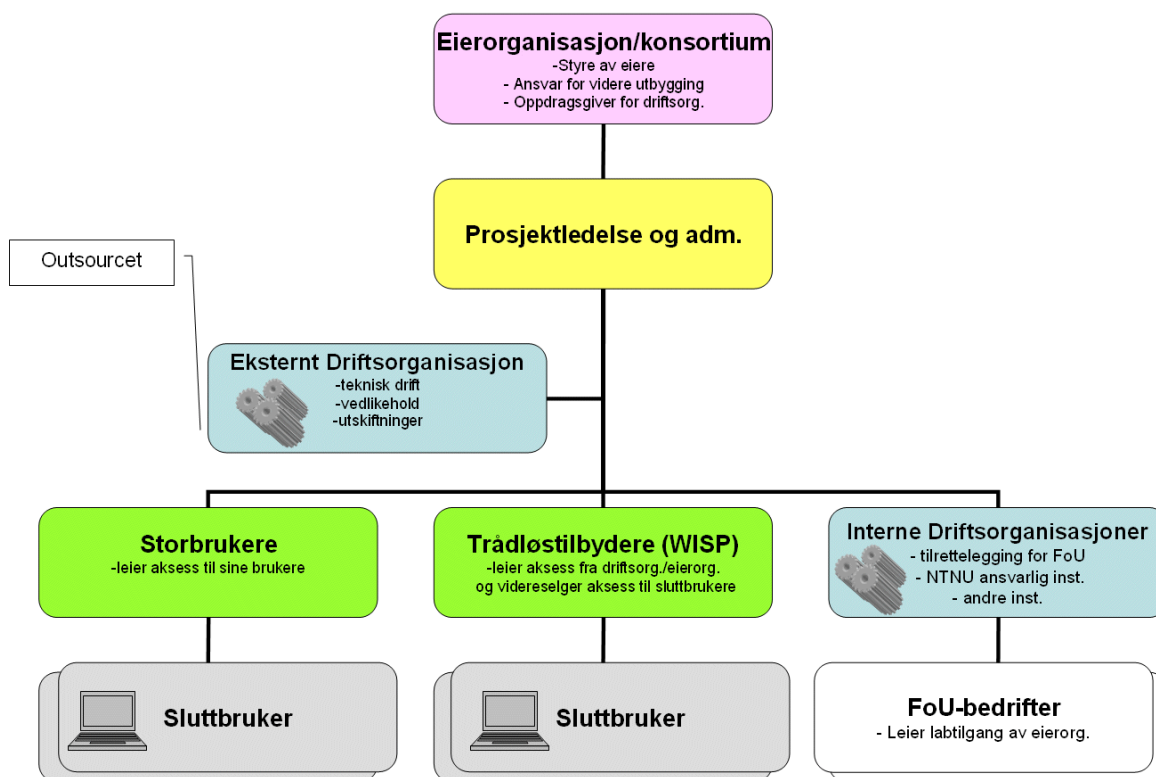
## 5 Organisering

Situasjonen per i dag er slik at de trådløse teknologiene fortsatt er kostbare og at markedet sannsynligvis ikke er modent for kommersiell utbygging, både med hensyn på brukerutstyr og tjenester. Selv om det ikke er forretningsmessig grunnlag for en slik utbygging ennå er det grunn til å tro at det vil endre seg innen 2-3 år. Målsetningen med prosjektet er å opparbeide nasjonal og regional kompetanse og være med å drive utviklingen. Det er nødvendig å ligge i forkant av hva som er forretningsmessig lønnsomt og være med å tilrettelegge og utvikle løsninger som senere kan bli lønnsomme for å oppnå kommersielle og kunnskapsmessige fortrinn

Prosjektet vil derfor organiseres som et forsknings- utviklingsprosjekt. Prosjektet styres av de parter som inngår samarbeidet om å gjennomføre prosjektet. Per dato er det Trondheim kommune, Sør-Trøndelag fylkeskommune, Næringsforeningen i Trondheim og NTNU (Konsortiet). Konsortiets parter oppnevner et prosjektstyre som styrer prosjektet de første 2-3 årene. Utviklingen i denne perioden vil legge premisser for hvordan prosjektet skal videreføres, men intensjonen er å etablere et eget selskap etter denne perioden. Videreføring besluttet av partene i konsortiet. NTNU vil være en viktig storbruker og samtidig vertskap for betydelig FoU-aktivitet. NTNU har derfor påtatt seg å være vertsinstitusjon for prosjektet.

Konsortiet vil være ansvarlig for å forvalte infrastrukturen og tilrettelegge for forskning, utvikling og kommersiell drift. Konsortiet og prosjektets styre kan utvides med representanter fra andre storbrukerne, FoU-miljøet, teleoperatører og eventuelt finansielle bidragsytere slik konsortiets parter i oppstartfasen måtte bestemme.

Av praktiske årsaker er det ønskelig å skille mellom drift av den operative/kommersielle delen av infrastrukturen og forskningsdelen. Det ønskelig å outsource drift av den operative delen til en egen nøytral aktør. Dette først og fremst fordi det vil være tungt å etablere en egen driftsorganisasjon, samt at økonomien i tidlig fase utbygging ikke vil være robust nok til å kunne etablere en fornuftig driftsorganisasjon. Drift av forskningsdelen av infrastrukturen vil naturlig tilfalle de involverte FoU-miljøene, med NTNU som ansvarlig institusjon. Figur 3 illustrerer organisasjonsmodellen.



Figur 3 - Organisasjonsmodell

## 6 Kostnadsvurderinger

Under følger kostnadsvurderinger for første fase utbygging. Områdene omfatter NTNUs utendørs arealer og Midtbyen med omegn. IT-seksjonen ved NTNU (ITEA) har ved tidligere anledninger utarbeidet et kostnadsoverslag for NTNUs utendørs arealer og detaljer er derfor utelatt her.

### 6.1 Investeringskostnader

#### NTNUs arealer

NTNU har i overkant av 3,7 km<sup>2</sup> med utendørsarealer. Fratrekt det som betegnes som lite tilgjengelige arealer vil det i følge beregninger fra ITEA koste rundt 12 millioner å etablere trådløstdekning for disse arealene. I tillegg kommer arealet for busstraseen Midtbyen-Dragvoll som utgjør ca 0,5 km<sup>2</sup>. Kostnadene for busstrassene er estimert til ca 1,5-2 millioner.

#### Midtbyen med omegn

Kostnadsvurderingene skissert for Midtbyen og omegn er basert på tidligere estimater i samarbeid med Telenor og innspill fra Cisco og ITEA. Kostnadene som er skissert under inkluderer investeringer i utstyr og programvare, installasjon og konsulentbidrag i forbindelse med planlegging av topologi og frekvensbruk.

Beregningene under baserer seg på følgende antagelser:

- 100 % opplevd utendørsdekning innenfor det spesifiserte området (se utbyggingsområder kapittel 2)
- Støtte for 802.11a, 802.11b og 802.11g for alle aksesspunkter
- 54 Mbit/s kapasitet<sup>6</sup> for de folkerike områdene
- 11-54 Mbit/s kapasitet for resten av utbyggingsområdet
- Radius per aksesspunkt er 50 m (som gir 127 aksesspunkt per km<sup>2</sup>)

Radius pr. aksesspunkt:	0,050	km
Areal pr. aksesspunkt:	0,008	km <sup>2</sup>
Antall basestasjoner pr. km <sup>2</sup> :	<b>127</b>	

Areal med trådløsdekning:	1,41	km <sup>2</sup>
Antall aksesspunkt:	<b>179</b>	

#### **Investeringskostnader**

Pris per aksesspunkt:	12 000	kr
Installasjonskostnader pr aksesspunkt	3 000	kr
Etablering matenett, radio/xDSL	7 500	kr
Kostnader pr. aksesspunkt	<b>22 500</b>	kr
Administrasjonssystem	500 000	kr
Nettverksutstyr	250 000	kr
Planleggingskostnader	200 000	kr

<b>Totalt</b>	<b>4 977 500</b>	<b>kr</b>
---------------	------------------	-----------

I tillegg kommer kostnader i forbindelse med prosjektledelse og intern planlegging. For Midtbyen utgjør disse kostnadene omtrent 1,2 millioner.

Totalt for NTNUs arealer og Midtbyen med omegn blir investeringskostnader for første fase på rundt 19 millioner, pluss kostnader i forbindelse med prosjektledelse og planlegging.

## **6.2 Drifts- og avskrivningskostnader for Midtbyen**

Operasjonell drift av nettverket forventes å utgjøre ca 15 % av investeringskostnadene per år. I tillegg kommer kostnader for leie av aksess i matenettet som anslås til 300.000 kr per år. Kostnader for telelosji og kostnader forbundet til strøm osv er satt til 100.000 årlig, men dersom en må betale for å få ha aksesspunktene på veggen vil disse kostnadene bli høyere.

<sup>6</sup> Effektiv kapasitet for nyttetraffic med Wi-Fi er rundt halvparten av oppgitt kapasitet på grunn av signalerings og kontrolldata som skal sørge for harmoni mellom de ulike brukere og en pålitelig overføring av brukerens data.

Ettersom utbyggingen baserer seg på umodne teknologier som stadig forbedres må en regne med avskrivningstider på ned mot 3 år. For aksesspunktene hvor utviklingen er raskest er avskrivningstiden satt til 3 år. For matenettet og nettverksutstyret ellers kan en regne med avskrivningstider fra 5-10 år. Avskrivningskostnadene blir dermed nærmere 1,5 millioner årlig.

I tillegg kommer kostnader til prosjektledelse og administrasjon som anslås til rundt 1 million per år. Totalt vil de årlige kostnadene dermed utgjøre vel 3,8 millioner. Tabell 2 gir en oversikt over de årlige kostnadene

	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
Operasjonelle driftsutgifter	465	930	930
Leie av kapasitet i matenettet	150	300	300
Div. kostnader (strøm, telelosji osv)	50	100	100
Avskrivninger	750	1 500	1 500
Prosjektledelse og adm.	500	1 000	1 000
<b>Totalt per år</b>	<b>1 915</b>	<b>3 830</b>	<b>3 830</b>

**Tabell 2 - Oversikt over årlige kostnader, alle tall i tusen kroner**

## **7 Finansierings- og inntektsmodeller**

### **7.1 Finansieringsmodeller**

#### **Investering**

Investeringskostnadene for første fase kan grovt sett deles i to, NTNUs utendørsarealer og Midtbyen med omegn. Det vil være naturlig at NTNU dekker investeringskostnadene for egne områder. For områdene Midtbyen med omegn har NTNU, Trondheim Kommune, Sør-Trøndelag Fylkeskommune og Næringsforeningen forpliktet seg sammen til å jobbe for en finansiering om. Utfallet av dette samarbeidet er ennå ikke kjent, men det er sannsynlig at disse partene sammen vil dekke store deler av finansieringsbehovet for Midtbyen.

Finansieringsbehovet for Midtbyen med omegn er omkring 6,2 millioner, hvor omkring 5 millioner er utstyr og eksterne kostnader. Se kapittel 6.1 for nærmere detaljer.

#### **Drift**

De første 2-3 årene vil fokuset ligge i å få etablert en kritisk brukermasse og starte utviklingen av nye og innovative tjenester basert på nomadisitet, mobilitet og posisjonsdata. Som tidligere nevnt er det lite trolig at det er forretningsmessig grunnlag for en slik utbygging ennå og det vil være urealistisk å tro at inntektene som genereres vil være nok til å dekke inn driftskostnadene de første 2-3 årene. Det bør derfor settes av midler til å drifte infrastrukturen i denne perioden. Eventuelle inntekter bør regnes som ekstraordinære inntekter som styret i konsortiet kan disponere der det er hensiktsmessig de første årene. Etter prosjektets utløp (fra 2009) antas det at det vil være kommersielt grunnlag for å drive et eget selskap som skal være selvfinansierende.

## 7.2 Inntektsmodeller

Det finnes flere inntektsmodeller for et forskningslaboratorium som dette, og det vil være fornuftig å ha flere inntektskilder og dele kostnadene mellom kommersielle trådløstilbydere og FoU-miljøet.

For den kommersielle trafikken er ytterlighetene enten å ta betalt av brukeren for aksess til nettet, eller at aksessen er gratis, men at brukeren må betale for tjenestene. Applikasjoner finner ofte veier utenom infrastrukturen og det kan derfor være vanskelig å ta betalt for ren aksess over tid. Et godt eksempel på en slik applikasjon er Internettelefonitjenester (Skype) som omgår det vanlige telefonsystemet. Dessuten kan bortimot en hver kafé sette opp egne hotspots og tilby aksess til sine kunder gratis, slik som Peppes har gjort i Norge. Å basere seg på å selge ren trådløs internettaksess kan derfor være vanskelig.

Målsetningen for Trådløse Trondheim er derfor å kunne tilby en tjenesteplattform med aksess, mobilitet og posisjonering. Med muligheter for å kunne posisjonere hvor brukeren befinner seg samt mobilitet kan en tilby "value-added services". Disse funksjonene vil forhåpentligvis åpne for en rekke nye produkter og tjenester som gir merverdi for brukeren. I tillegg er sikkerhet en viktig nøkkel. Mange forretningsbrukere velger i dag UMTS/3G løsninger for datatrafikk på grunn av sikkerhet. Med skikkelige autentiserings og sikkerhetsløsninger vil et trådløstnett også kunne adressere denne kundegruppen.

NTNU ønsker ikke å tilby kommersiell aksess utover egne studenter og ansatte, men ønsker å overlate dette til internettleverandører, her kalt trådløstilbydere. I tillegg vil NTNU tilby aksess til FoU-bedrifter som ønsker å delta i utviklingslabben.

Inntektsmodellen er derfor basert på salg av aksess til trådløstilbydere og salg av labtid til FoU-miljøer. Figur 4 illustrerer inntektsmodellen.



Figur 4 - Inntekstmodell



Hvordan trådløstilbyderne ønsker å pakketere produktet ut til sine kunder vil være opp til dem. Ulike trådløstilbydere vil sannsynligvis velge ulike forretningsmodeller i forhold til sine eksisterende produkter og tjenester.

Noen mulige inntektsmodeller er:

- Å selge aksess til sine kunder
- Å gi gratis aksess, men ta betalt for tjenester
- Reklamefinansiert aksess, brukeren får gratis aksess, men må tolerere å se reklame
- Pakketering med andre produkter for å differensiere og komplimentere egne produkter.
- Kombinasjoner av modellene over

Volum av brukere anses som kritisk for at prosjektet skal lykkes. Dette bør reflekteres i inntektsmodellene. Prisingen av aksess til trådløstilbyderne bør derfor være basert på en modell som oppfordrer til bruk av nettet.

## 8 Fremdriftsplan

For å samle erfaringer til videre planlegging av Trådløse Trondheim med tanke på radiostøy, tetthet på aksesspunkter, installasjon, drift og ikke minst hvorvidt utstyret holder mål, vil det i 1. kvartal 2006 bli foretatt en pilotutbygging. Pilotutbyggingen vil være begrenset til 20 aksesspunkter og utbyggingsområdet vil være Nedre Elvehavn/Solsiden. Piloten forventes operativ i midten av februar med tilgang for NTNUs studenter og ansatte samt FoU-miljøer tilknyttet NTNU.

Målsetningen er at større deler av fase 1 skal være operativ innen 15. august 2006. Studentene ved NTNU begynner semesteret i midten av august og semesterstart vil være en fin test på hvor vidt nettverket og tjenesteplattformen er vellykket.

Tabell 3 viser en fremdriftsplan for fase 1 med milepæler.

Milepæler	Dato
Intensjonsavtaler med Trondheim Kommune, Sør-Trøndelag Fylkeskommune, Næringsforeningen i Trondheim og NTNU signert	30. nov. 2005
Etablering av konsortium. Finansiering fase 1 avklart.	26. jan. 2006
Pilotområde operativt	15. febr. 2006
Beslutning om organisering, utbygging og drift 2006	8. mars 2006
Test og evaluering mhp pilot ferdig	1. april 2006
Godkjenning av dekningsgrad og kravspesifikasjon fase 1	1. april 2006
Valg av utstysleverandører	15. april
Installasjonsstart fase 1	15. april
Fase 1, Midtbyen operativ og klar til bruk	15. aug. 2006

**Tabell 3 - Fremdriftsplan med milepæler**