

Deloitte.

Smarta städer
Infrastrukturens
betydelse för en smart
stad



Januari 2017

Innehåll

Sammanfattning	2
Introduktion	5
Trender som påverkar utvecklingen av en Smart Stad	8
Referensmodell för en Smart Stad	19
En stads val av marknadsmodell och dess konsekvenser	24
Slutsatser och rekommendationer	33
Appendix I – Källor	36
Appendix II - Förkortningar	39
Appendix III – Bredbandslösningar	40

Sammanfattning

Europa, i likhet med stora delar av övriga världen, står inför ett antal stora utmaningar inom flera samhällsområden drivet av bland annat demografi och klimat. Dessa utmaningar ställer omfattande krav på offentlig sektor inom många av dess olika ansvarsområden, som exempelvis utbildning, äldreomsorg, sjukvård, miljö med mera. För att Europa fortsatt skall kunna vara konkurrenskraftigt och lösa de utmaningarna som samhället står inför krävs nya strukturer, lösningar och samverkansformer mellan privat och offentlig sektor samt ett stort inslag av digitalisering. Flera av frågorna ovan, har redan börjat adresseras inom ramen för olika projekt och program för smarta städer och smarta tjänster. En viktig framgångsfaktor i arbetet med smarta städer och tjänster kommer vara att inte begränsa diskussionen till en IT- och telekomfråga utan att se till helheten utifrån ett samhällsperspektiv, inkluderande frågor om kvalitet för medborgarna och utvecklingen inom viktiga samhällsområden.

Den tekniska utvecklingen av smarta stad tjänster och tillämpningar sker i rask takt baserat på bland annat områden som IoT (Internet of Things), cloud-tjänster och big data. Dock saknas det i många avseenden en sammahållen syn på den offentliga sektorns syn på skapandet av en smart stad. För en stad, med många olika enheter och verksamheter, är en stor utmaning att skapa goda möjligheter för interoperabilitet mellan olika tillämpningar och tekniker och säkerställa synergier och skalfördelar tvärs dessa. En viktig nyckel till framgång är att undvika vertikala lösningar som riskerar fungera som silos. För att lyckas med detta krävs ett horisontellt synsätt där man för olika områden skapar gemensamma horisontella lager med tydliga standarder och riktlinjer för tillämpningar och tekniker. En viktig uppgift för varje stad blir att definiera en "spelplan" för sin utveckling mot en smart stad, det vill säga vilken konceptuell modell för utvecklingen man väljer och hur man på bästa sätt kan skapa en öppen miljö som främjar konkurrens, mångfald och innovation.

Allt fler av städernas tjänster - alltifrån trafikstyrning och äldreomsorg - flyttar in i en digital miljö och får digitala komponenter eller tilläggstjänster. I samband med detta är det av stor vikt att en stad, på samma sätt som man sedan tidigare tagit ansvar för analoga tjänster och infrastrukturer och säkerställt att dessa fungerar effektivt tillsammans, tar ansvar för den digitala infrastrukturen. Därigenom säkras stadens strategiska styrning och utveckling av de områden staden ansvarar för, såväl nu som i framtiden.

Den referensmodell som tagits fram inom ramen för denna rapport, kan tjäna som en grund för att definiera den konceptuella modell som varje stad behöver etablera och som kan fungera som stöd vid utvärdering och beslut. Med utgång från referensmodellen och fem strategiska utvärderingskriterier – flexibilitet, ekonomi, innovation, kunskap och säkerhet – har tre specifika marknadsmodeller, det vill säga praktiska tillämpningar av referensmodell, belysts. Marknadsmodellerna – operatörsmodellen, specialistmodellen och samverkansmodellen - har olika egenskaper och karakteristika och medför därmed olika effekter och konsekvenser för varje enskild stad.



















En central fråga vid val av marknadsmodell är synen på stadens roll och ansvar för att skapa öppna lösningar och främja konkurrens och innovation. Valet av marknadsmodell är i många aspekter avgörande för en stads möjligheter att aktivt påverka sin utveckling som smart stad.

Baserat på utvärderingen genom referensmodellen kan konstateras att specialistmodellen och operatörsmodellen - i jämförelse med samverkansmodellen - har svagheter. Utmärkande för operatörsmodellen är att en smart stad väljer att en extern aktör tar helhetsansvaret, vilket bland annat medför inlåsnings effekter. Utmärkande för specialistmodellen är ett flertal aktörer som utvecklar vertikala lösningar för olika områden, vilket riskerar leda till fragmentisering. Samverkansmodellen, där staden tar huvudansvaret för infrastrukturen, är den mest effektiva modell då den ger följande positiva effekter:

- Ger såväl stadens egna verksamheter som externa aktörer tillgång till en öppen och operatörsneutral fiberinfrastruktur, vilket ger möjlighet till konkurrens och mångfald för slutkonsumenten, minskar risken för vertikalisering och inlåsnings effekter och ger staden möjlighet till effektiva och konkurrensutsatta upphandlingar och leverantörsavtal.
- Ger staden möjlighet till att driva horisontella lösningar som möjliggör högre grad av interoperabilitet mellan tillämpningar och tekniker samt i högre utsträckning möjliggöra synergieffekter och säkerställer skalfördelar.
- Staden kan utveckla en kravställande organisation där upphandling och utveckling inte sker i silos och viktig kompetens kan bibehållas. Därmed blir det möjligt att mer effektivt länka samman interna behov med externa aktörer och leverantörer. Samverkansmodellen ger staden möjlighet att bibehålla kontroll över central data-, integritets- och säkerhetsaspekter.

I tabellen nedanför återfinns en översiktlig utvärdering av respektive marknadsmodell utifrån de strategiska beslutskriterierna.

Tabell 1: Utvärdering av marknadsmodellerna

	Operatörsmodellen	Specialistmodellen	Samverkansmodellen
Flexibilitet			
Ekonomi (Lång sikt)			
Innovation			
Kunskap			
Säkerhet			
Totalt			

De positiva effekterna av att staden tar huvudansvaret för infrastrukturen har tidigare belysts i ett flertal studier av Deloitte avseende kommunikationsinfrastrukturens betydelse för bredbandsmarknaden. Studierna har bland annat visat att en öppen och operatörsneutral tillgång till fiberinfrastruktur, som exempelvis stadsnät kan tillhandahålla, främjar konkurrens och mångfald. Vidare underlättas operatörers och tjänsteleverantörers möjlighet att utveckla samt driva tjänsteutveckling och innovation och därigenom skapas en större mångfald och konkurrens vilket leder till ett bredare tjänsteutbud för slutkonsumenten.¹ Genom att tillhandahålla och säkerställa tillgång till en öppen och operatörsneutral fiberinfrastruktur

¹ Deloitte (2014): "Kommunikationsinfrastrukturens betydelse för bredbandsmarknaden"

skapas således en plattform för utveckling av tjänster och produkter både inom privat- och företagsmarknaden. I denna rapport visas att detta blir än viktigare i den kommande utvecklingen av en smart stad, där många av stadens ansvarsområden digitaliseras. Genom samverkansmodellen skapas en plattform för såväl utveckling av stadens egna smarta tjänster som för kommersiella tjänster och kommunikation, såsom 5G. På denna plattform kan staden upphandla stadens smarta tjänster i konkurrens för att nyttja specialistkunskaperna hos privata företag. Sammantaget stimulerar denna modell innovation och tjänsteutveckling i det framtida digitala samhällets sammanhållna ekosystem och vertikala inlåsningar, som potentiellt kan bli mycket kostsamma och ineffektiva för en stad i ett långsiktigt perspektiv, undviks.

Introduktion

Bakgrund

Det finns idag ingen enhällig definition av smarta städer men ofta inkluderar beskrivningar utnyttjandet av informationsteknik och nya teknologier för att öka allmännyttan och förbättra levnadsförhållanden (vidare behandlat i nedanstående avsnitt). Smarta städer bygger till stor del på en ökad samverkan mellan såväl medborgare, företag och staden samt andra aktörer inom offentlig sektor.

I en miljö präglad av samverkan och partnerskap mellan olika aktörer, kan en stad inta olika roller: allt från en passiv roll till en mer aktiv och möjliggörande roll där staden etablerar de rätta förutsättningarna för alla aktörer att verka inom smart stad-området. En stad behöver välja roll utifrån hur staden på bästa sätt kan främja utvecklingen till en smart stad och samtidigt skapa en god strategisk flexibilitet framåt. Med ett långsiktigt tänkande kan en stad ge tydliga mål och riktlinjer för verksamheten samt säkerställa goda förutsättningar för konkurrens, innovation och handlingsutrymme över tid. Varje stad behöver etablera strukturer och samverkansmodeller för att kunna möta föränderliga förväntningar och önskemål från medborgare, besökare, företag, verksamheter, medarbetare och samarbetspartners samtidigt som man behåller kontroll över agenda och inriktning framåt.

En central och viktig komponent i smart stad-utvecklingen är kommunikationsinfrastrukturen. Varje stad behöver säkerställa att kommunikationsplattformar finns etablerade och tillgängliga för att realisera smart stad-koncept på ett öppet och resurseffektivt sätt. Tillgången till en modern grundläggande infrastruktur för datakommunikation i form av exempelvis fasta nätverk, mobila nätverk och dedikerade nätverk för IoT-tillämpningar (Internet of Things) kommer att vara avgörande för städer som vill bli "smarta".

Deloitte har tidigare genomfört ett flertal studier av kommunikationsinfrastrukturens betydelse för bredbandsmarknaden. Dessa har bland annat visat att en öppen och operatörsneutral tillgång till fiberinfrastruktur främjar konkurrens och mångfald. Operatörers och tjänsteleverantörers möjlighet att utveckla samt driva tjänsteutveckling och innovation underlättas och därigenom skapas en större mångfald av tjänsteleverantörer samt bredare tjänsteutbud för slutkonsumenten.²

Vikten av tillgång till en god bredbandsinfrastruktur för ekonomisk utveckling, tillväxt och innovation har även belysts i en nyligen publicerad OECD-rapport som visar att höga bredbandshastigheter bidrar till ekonomisk tillväxt.³ Studien tydliggör att fiberinfrastrukturens täckning är en viktig investering för innovation och tillväxt. OECD:s rapport pekar också på vikten av de så kallade stadsnätens roll för investeringar och utrustning av i synnerhet fibernät och enligt rapporten driver stadsnätens investeringar även ökade investeringar från andra aktörer och stimulerar konkurrens.

² Deloitte (2014): "Kommunikationsinfrastrukturens betydelse för bredbandsmarknaden"

³ Mölleryd, B. (2015): "Development of High-speed Networks and the Role of Municipal Networks"

Valet av marknadsmodell, det vill säga hur bredbandsmarknadens värdekedja (se figur 1 nedan) strukturerats och organiserats har visat sig vara avgörande för en specifik bredbandsmarknads grad av öppenhet, konkurrens och innovationsförmåga.



Figur 1: Värdekedja för bredbandsmarknaden, källa PTS

En bredbandsmarknad som domineras av en vertikalt integrerad aktör – d.v.s. en aktör som äger infrastruktur och samtidigt agerar i samtliga steg i värdekedjan – har benägenhet att prestera sämre avseende innovation, konkurrens och mångfald för slutanvändaren. Anledningen till detta är att en sådan aktör ofta konkurrerar med sina kunder och/eller samarbetspartners i ett eller flera lager av värdekedjan, vilket potentiellt leder till intressekonflikter. En vertikalt integrerad aktör har till exempel begränsade incitament att investera i och utforma öppna mångfibernetverk som kan erbjuda svartfiber till andra aktörer då detta skulle stimulera konkurrensen högre upp i värdekedjan. Samtidigt är fullt parallella infrastrukturer av samma slag ett mindre sannolikt scenario på grund av höga investeringar i kombination med risk för att inte få tillräcklig avkastning på grund av för låg kundpenetration.

Utifrån ett konkurrensperspektiv är således en operatörsneutral fiberleverantör med ett nät utformat och byggt för flera operatörer en mycket effektiv lösning. Helt avgörande är dock att det samtidigt säkerställs att minst en av marknadens aktörer inte har incitament eller möjlighet att gå uppåt i värdekedjan. Stadsnätmodellen som finns i exempelvis Stockholm visar att det är möjligt att etablera öppna och operatörsneutrala nät, vilket är av central vikt för att främja konkurrens på tjänstenivå och en mångfald i utbudet till slutanvändaren.

Definition av smart stad

Som nämnts ovan finns det ingen entydig definition för en smart stad och det saknas i många avseenden en sammanhållen syn på offentlig sektor i skapandet av en smart stad. Gemensamt för de flesta definitioner och definitionen som används i denna rapport är att en Smart Stad är benämningen på användandet av informationsteknik och nya teknologier för att förbättra hållbarheten, effektiviteten och kvaliteten av allmännyttiga tjänster samt öka medborgarnas levnadsstandard. En Smart Stad utgör således ett sammanhållet ekosystem där olika smarta tjänster effektivt kan samverka och inte utgör separata vertikala lösningar.

Nedan beskrivs några exempel på definitioner av en Smart Stad:

EU:

“En smart stad har tre prioriteter: energi, transport samt informationsteknik. Syftet med tillämpningen av teknologi inom dessa områden är att öka effektiviteten, reducera energiförbrukningen och minska utsläppen av växthusgaser”⁴

Stockholms stad:

”En smart stad är en stad som med hjälp av innovationer och ny teknik kan utveckla service och tjänster som gör livet enklare och bättre för alla som lever, vistas och verkar här. Det är också en stad som utvecklar och erbjuder hållbara och klimatsmarta tjänster som möjliggörs genom uppkoppling och öppna data, integrerade plattformar, sensorer och annan teknik.”⁵

Telefonica:

“En smart stad är en stad som nyttjar informationsteknik för att göra deras centrala infrastruktur och allmännyttiga tjänster mer interaktiva och effektiva”⁶

En stad kan spela en viktig roll genom att skapa former för öppenhet för den grundläggande infrastrukturen och tillgång till data, samt förutsättningar för att upphandla offentliga tjänster i konkurrens. Med andra ord kan staden aktivt arbeta för att skapa ett ekosystem som gynnar medborgare, företag och det allmänna. De tre exempeldefinitionerna visar även att olika aktörer har olika syn på vad en Smart Stad är. Exempelvis Telefonica väljer en mer teknisk infallsvinkel, där Stockholm stad istället ser staden som en plattform för innovationer som gör vardagen enklare för de som är verksamma där.

Syfte

I likhet med bredbandsmarknaden, kommer en stads val av marknadsmodell för en Smart Stad skapa förutsättningar för stadens möjligheter till öppenhet, konkurrens och innovationsförmåga. Det blir således av stor strategisk vikt att förstå effekterna av en stads val av modell såväl vad gäller infrastrukturens öppenhet som former för offentlig upphandling av offentliga tjänster.

För att belysa vikten av kommunikationsinfrastrukturens vikt för Stockholm och andra städer som vill bli smarta, och då i synnerhet vikten av tillgång till öppen och operatörsneutral fiber, har Deloitte fått i uppdrag av Stokab att belysa trender och utveckling på marknaden för smarta städer samt skapa en referensmodell som kan fungera som stöd vid strategiska val och beslut avseende marknadsmodeller för smarta städer.

⁴ EU (2016): "Smart Cities"

⁵ Stockholms stad (2016): "Hur kan Stockholm bli världens smartaste stad?"

⁶ Telefonica (2016): "Smart Cities – Leading the IoT pathway"

Trender som påverkar utvecklingen av en Smart Stad

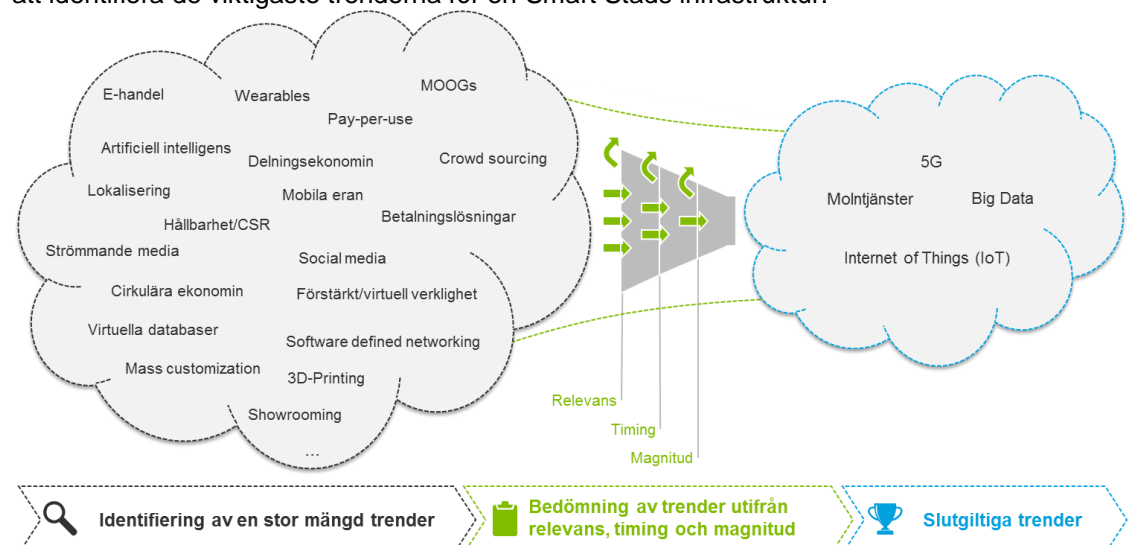
En Smart Stad påverkas ständigt av nya trender som medför att den behöver vara flexibel och anpassningsbar för kunna följa med i den snabba utvecklingen som sker. Trenderna har även direkt påverkan på specifika områden inom en Smart Stad, där exempelvis större mängder data ställer ökade krav på datalagring och den underliggande kommunikationsinfrastrukturen.

I följande stycke kommer trender som har inverkan på en Smart Stads infrastruktur att beskrivas. Stycket har delats upp i tekniska trender, tillämpningstrender och marknadsmodellstrender. De tre trenderna definieras enligt nedanstående.

- **Tekniska trender:** Avser trender inom kommunikationsteknik och andra närliggande tekniska framsteg såsom 5G, Big Data och molntjänster. Dessa trender kommer både att möjliggöra smarta städer, men även ställa högre krav bland annat på den underliggande kommunikationsinfrastrukturen.
- **Tillämpningstrender:** Avser applikationer eller verktyg som hjälper en stads medborgare, företag och förvaltningar att utveckla tjänster inom ett befintligt eller nytt område. I en Smart Stad finns det mängder av olika tillämpningsområden som exempelvis sjukvård och transport.
- **Marknadsmodellstrender:** Avser marknadsmodellstrender d.v.s. hur en stad väljer att organisera och upphandla sina lösningar samt hur dessa påverkar stadens roll som möjliggörare av en effektiv Smart Stad

Tekniska trender

De tekniska trenderna som beskrivs i detta stycke har tagits fram genom att ett stort antal trender har kartlagts och bedömts efter tre kriterier – relevans, timing och magnitud – i syfte att identifiera de viktigaste trenderna för en Smart Stads infrastruktur.



Figur 1: Identifiering av de viktigaste teknik trenderna för en Smart Stads infrastruktur

De trender som bedömdes vara mest relevanta är Internet of Things (IoT), 5G, Big Data och molntjänster.

Internet of Things (IoT)

IoT refererar till användandet av sensorer – små enheter som kan registrera olika typer av data, såsom värme, ljus, hastighet, vikt, m.m. – och trådlös kommunikation i olika typer av fysiska produkter i stor skala, där enheter kopplas upp mot internet och fungerar utan mänsklig interaktion. När många sensorer kopplas upp skapar det stora volymer av data som medför att den fysiska världen kan analyseras i detalj och i många fall i realtid. Informationen kan bland annat användas till att optimera en stads infrastruktur och att använda dess resurser mer effektivt. Vissa IoT tjänster ställer krav på kapacitet andra på tillgänglighet, därför är det viktigt att ha en infrastruktur som kan hantera båda delarna.

Inom IoT-området finns ett antal generella trender som ställer krav på en Smart Stads infrastruktur:

- **Många användningsområden:** IoT-lösningar kommer i framtiden i stort sett finnas inom alla områden och en stor mängd av de fysiska enheterna kommer behöva fibreras, exempelvis lyktstolpar och byggnader.
- **Kraftig tillväxt inom IoT:** Antalet IoT-enheter beräknas växa med cirka 30 % varje år fram till 2020.⁷
- **Industrin är främsta pådrivare:** Utvecklingen av IoT kommer drivas främst av industrin.

Bedömning

I tillägg till de generella trenderna finns ett antal faktorer som möjliggör en snabb utveckling av IoT-området:

- **Prispress på sensorer:** Priset på sensorer har fallit de senaste fem åren och uppskattningar pekar på att det kommer fortsätta falla med cirka 5 % per år de närmaste åren.⁸ Prisfallet kommer att medföra att det blir billigare att installera sensorer i stor skala, vilket ofta krävs för att koppla upp ett större antal enheter i en stad.
- **Fiberinfrastruktur:** Om en stad har en välutbyggd fiberinfrastruktur kommer detta möjliggöra en snabbare utbyggnad av sensornätverk då detta kommer krävas för sensorerna både ifall de ska skicka information direkt via fibernätet eller via trådlösa nätverk.
- **Trådlös täckning:** De flesta sensorer kräver att det finns trådlöst nätverk tillgängligt för att kunna skicka data då andra uppkopplingar såsom fiber inte finns tillgängligt på alla platser. Tillgången till trådlösa nätverk möjliggörs genom ökad utveckling, utbyggnad och tillgänglighet av exempelvis 5G, WiFi och LoRa.
- **IPv6:** Det nyaste internetprotokollen tillåter nästan oändligt antal unika IP-adresser, vilket har till följd att det går att identifiera fler IoT-enheter.
- **Bättre processorer och lagring:** Den stora mängden data som genereras av sensorer behöver lagras och processas, vilket tidigare inte har varit möjligt i samma utsträckning som nu då lagringskapacitet och processorhastighet inte varit tillräcklig.

⁷ Deloitte Estimate (2015)

⁸ Deloitte (2015): "Smart Cities Point-of-View"

Den snabba utvecklingen inom IoT-området till trots så kvarstår dock ett antal utmaningar med IoT som kommer kräva omfattande investeringar:

- **Integritet och säkerhet:** Då stora mängder data produceras och viss data (eller kombinationer av data) kan vara integritetskänslig och utgöra en sårbarhet för samhället och medborgarna, är det viktigt att ha en tydlig strategi kring säkerhet och datasekretess.
- **Strömförsörjning:** En stor mängd sensorer kommer installeras på platser där det idag inte finns ström vilket medför att elnäten antingen behöver byggas ut alternativt så kommer en ökad användning av batterier och/eller solceller att krävas.
- **Föråldrade plattformar och sensorer:** Äldre plattformar kommer ha svårt att hantera den mängd och typ av data och information som IoT-enheter skapar, vilket medför att investeringar i nya plattformar krävs. Även redan installerade sensorer inom exempelvis industrin har sina begränsningar då många av dessa inte kan agera autonomt som IoT-enheter och är beroende av mänsklig indata och interaktion.
- **Fibertäthet:** För att ha möjligheten att koppla upp sensorer kommer det krävas tillräcklig fibertäthet i gaturummet vilket medför stora investeringar för städer där det i nuläget inte finns fiber.

5G

Nästa generations mobilnät – 5G – benämns ofta som nätet som kommer kunna ”koppla upp allt, vart som helst, när som helst och vad som helst till vem som helst”. Det som kommer möjliggöra 5G är troligtvis inte en enskild, revolutionerande ny teknik, utan snarare en kombination av utbyggnad av fler mobilmaster och en stegvis uppgradering av redan befintliga tekniker inom mobil kommunikation.

Det finns åtta krav som industrigrupper och institutioner eftersträvar att 5G ska kunna uppnå:⁹

- Högre än 1 Gbit/s i nedladdningshastighet
- Mindre än 1 millisekund i fördröjning (latens)
- 1000 gånger mer bandbredd per område än idag
- Kapacitet att koppla upp 10-100 gånger mer enheter än idag
- (Uppfattad) nåttillgänglighet på 99,999 %
- (Uppfattad) täckning på 100 %
- 90 % minskad energiförbrukning i nätverket
- Upp till 10 års batterilivslängd för lågenergiheter

5G-nätet kommer att kräva ett mycket högre antal basstationer per yta, det vill säga en tätare placering av master och siter än vad som idag gäller för dagens mobilnätverk, vilket kommer kräva en utvidgning av fiberinfrastrukturen i gaturummet. 5G-utvecklingen kommer till stor del att drivas av kommersiella aktörer och globala forsknings-samarbeten och det första kommersiella 5G-nätet antas införas runt 2020.¹⁰

Bedömning

Det är cirka 2-4 år kvar innan det första 5G-näten antas installeras för kommersiellt bruk, vilket medför att det inte är en av de trenderna som har störst påverkan i närtid. 5G kommer dock ha stor påverkan framöver när kommersiella 5G-nät blir tillgängliga mer brett.

⁹ GSMA Intelligence (2014): "Understanding 5G: Perspectives on future technological advancements in mobile"

¹⁰ GSMA (2016): "Unlocking Commercial Opportunities From 4G Evolution to 5G"

5G kommer att möjliggöra ett stort antal nya tillämpningsområden inom smarta städer. Några exempel är:

- **Smarta och självkörande bilar:** Självkörande bilar kräver en uppkoppling med mycket låg fördröjning, vilket även är ett av kraven som ställs på 5G. Exempelvis kan självkörande och uppkopplade bilar vid olyckor mycket snabbt varna andra bakomliggande bilar samt säkerställa att olika trafik- och väderförhållanden snabbt kan kommuniceras.
- **Smarta hemmet:** Smarta apparater hemma kommer att kunna kommunicera med varandra och övervaka energiförbrukning av t.ex. TV- och datorapparater.
- **Nödtjänster:** Till exempel kan brandmän eller olika insatsstyrkor utnyttja hjälmar som kan strömma video i realtid, som direkt kan sändas till andra övervakare som kan bistå med råd om hur man kan hantera riskfyllda situationer.
- **Virtual reality-sjukvård:** 5G:s låga fördröjning kan möjliggöra att sjukvård kan genomföras på distans. Det kommer vara möjligt för en läkare med hjälp av nya robotar och en uppkoppling med mycket låg fördröjning att genomföra undersökningar eller till och med operationer på distans.

Big Data

Med Big Data avses den enorma mängd av data som produceras och finns tillgänglig i det digitala samhället, samt de nya möjligheter som finns för att analysera och använda informationen. Mängden data växer exponentiellt och över 90 % av världens data har tillkommit endast under de senaste två åren.¹¹ Data beskrivs ofta som strukturerad (t.ex. systemgenererad data) eller ostrukturerad (t.ex. data från sociala medier eller e-post).

Big Data har främst två användningsområden:

- **Analytisk Big Data:** Analytisk Big Data syftar till analys och inläsning av stora mängder data för att få en bättre insikt om något. Analytisk Big Data kan utföras på både strukturerad och ostrukturerad data.
- **Operationell Big Data:** Beskriver användandet av Big Data i den löpande verksamheten med analyser i realtid. Det innebär ofta både läsande och skrivande av data vilket i de flesta fall kräver strukturerade datakällor för att vara möjligt. Operationell Big Data kräver nätverk med låg fördröjning (latens).

Bedömning:

Big data är en stor tillgång för en stad och bedöms generera stora värden, därför är det viktigt för staden att ha en strategi för att undvika inläsningseffekter som kan uppstå när andra aktörer kontrollerar stadens data. En viktig uppgift blir således att säkerställa öppen tillgång till stadens data för medborgare och andra intressenter.

Utnyttjande av Big Data på rätt sätt kan möjliggöra en stor mängd nya lösningar för Smarta Städer. Några exempel är:

- **Förbättrade trafiktjänster:** Med hjälp av RFID-taggar eller uppkopplade bilar kan biltrafiken övervakas lättare och områden som är särskilt utsatta för exempelvis trafikstockning kan identifieras och analyseras snabbare. Sensorer på vägarna kan utnyttjas för att mäta trafik och föroreningar och data kan skickas till en

¹¹ SINTEF (2014): "Big Data, for better or worse: 90% of world's data generated over last two years."

trafikövervakning som med hjälp av datan exempelvis kan omdirigera trafik för att minska utsläpp i särskilt utsatta områden.

- **Parkering:** Med hjälp av Big Data kan även bilar omdirigeras till närmast lediga parkeringsplatser. Stadsplanerare kan utnyttja data för att förstå vilka områden som har störst behov av parkering och hur detta kan effektiviseras i utbyggnaden av nya parkeringsplatser.
- **Sophämtning:** Stadsplanerare kan med hjälp av Big Data bland annat se hur olika områden skiljer sig och på vilka sätt, och med hjälp av den informationen effektivisera sophämtningen ytterligare.
- **Smartare och mer effektiv belysning:** Smarta belysningar kan avaktivera sig själva när inga personer befinner sig i närheten och energiförbrukningen i staden kan kartläggas för att förstå efterfrågan. Även hur invånarna rör sig runt staden kan kartläggas för att maximera utnyttjandet av cykel och promenadvägar.

Molntjänster

Så kallade molntjänster är tekniker där stora skalbara resurser – som exempelvis processorkraft, lagring och funktioner – tillhandahålls som tjänster på internet. Istället för att användaren behöver inneha och ansvara för dessa resurser själv kan användaren enkelt utnyttja och komma åt dessa via internet, antingen direkt genom webbläsaren eller via särskilda programvaror och appar. Exempel på vanligt förekommande molntjänster är webmail (Gmail), online-datalagring (Dropbox) och CRM-system (Salesforce.com). Idag använder ungefär hälften av alla företag någon form av molntjänster.

Molntjänster delas vanligtvis upp i tre delar beroende på vad som tillhandahålls som en tjänst:

- **Mjukvara (SaaS eller Software-as-a-Service):** Användaren får tillgång till mjukvara på molntjänstleverantörens nätverk och behöver inte administrera underliggande infrastruktur som hårdvara, operativsystem, lagring, o.s.v. Exempel är webmail, Google Docs.
- **Plattform (Platform eller Platform-as-a-Service):** Användaren, som oftast är programmerare eller systemutvecklare, får tillgång till olika utvecklingsmiljöer för att skapa sina egna applikationer och mjukvara. Exempel är MS Azure och Google App Engine.
- **Infrastruktur (IaaS eller Infrastructure-as-a-Service):** Leverantören tillhandahåller processorkraft, lagring och nätverkskomponenter som möjliggör för användaren att installera och köra vilken mjukvara som helst, inklusive operativsystem. Exempel är Oracle VirtualBox och VMware.

Generellt brukar molntjänster även sägas ha tre olika distributionsmodeller:

- **Publikt moln:** Tjänsten är tillgänglig för allmänheten, ägs och administreras av leverantören samt delas av flera kunder och användare. Publikt moln är det som oftast förknippas med molntjänster.
- **Privat moln:** Infrastruktur och ingående tjänster drivs exklusivt för ett företag eller organisation. Kan skötas av egen eller extern organisation och finnas i både intern och extern datacentral.
- **Hybridmoln:** En sammansättning av flera molntjänster som möjliggör integration av dessa molntjänster.

Det finns flera exempel idag där molntjänster utnyttjas för smarta städer. Några exempel är¹²:

- **Smarter Sustainable Dubuque Project i Dubuque, Iowa, US:** Molntjänster från IBM används för att utnyttja appar som hjälper invånare att övervaka och kontrollera deras vatten- och elförbrukning, där molntjänster bland annat möjliggör koordinerade tillämpningar för att öka effektiviteten.
- **Smart Santander Project i Santander, Spanien:** Telefonoperatören Telefónica använder molntjänster för att hjälpa staden med att effektivisera renhållningstjänster, som exempelvis sophämtning.
- **ClouT-projektet:** ClouT, finansierat av EU-kommissionen och forskningsinstitut i Japan, skapar särskilda smarta stad-lösningar med hjälp av Internet of Things-sensorer i kombination med molntjänster.

Bedömning:

Molntjänster bedöms få en starkare position, då en Smart Stad och dess aktörer kan undvika initiala kostnader och vara mer flexibla med hjälp av molnlösningar. Vid val av extern aktör behöver en stad ha en tydlig förståelse för ägarbilden av stadens data, då det kan uppstå problematik kring integritet om obehöriga har tillgång till stadens data.

Tillämpningstrender

Det finns en rad olika tillämpningsområden som brukar nämnas i samband med begreppet Smart Stad. Det finns idag ingen enhällig kategorisering av tillämpningsområden som alla aktörer använder sig av, men däremot finns det en del återkommande teman som brukar nämnas i samband med smarta städer. Nedan belyses sex stycken av dessa tillämpningsområden.

Smarta trafik tjänster

Smarta transportsystem är tjänster som underlättar transport av människor eller gods och som samtidigt effektiviserar utnyttjandet av olika resurser genom att göra transportmetoder mer lätthanterliga eller mer lättillgängliga.

Exempel på tjänster och funktioner är olika typer av smarta trafikbevakningar, parkerings-system, trafikplanering och system för till exempel prissättning av transport under olika tider och rutter. Exempel på städer där tester eller implementeringar av smarta transportsystem genomförs är bland annat:

- **Smarta trafiksystem, Singapore:** Singapores intelligenta transportsystem innefattar elektroniska betalningar och sensorer på taxibilar vilket genererar en stor mängd trafikdata. Datan analyseras av staden och möjliggör exempelvis kartläggning av trafikförhållanden under olika tider på dygnet och dess förhållanden.
- **Smart trafikbevakning, Zaragoza, Spanien:** 2010-2011 implementerades över 150 sensorer i staden som mäter cirka 90 % av stadstrafiken. Den insamlade informationen skickas till stadens styrcentral där den bland annat används för att visa körtider för vanliga rutter men också i den långsiktiga planeringen av vägnätet.

Smarta energitjänster

Smarta energitjänster inkluderar tjänster som främst möjliggör mer effektiv och smartare användning av olika typer av energislag. Dessa tjänster kan exempelvis innebära smartare

¹² Deloitte (2015): "Omvärldsanalys av tekniktrender"

sätt att leverera energi, energisnålare funktioner och smartare sätt att kartlägga energi-användning.

Ett exempel på smarta energitjänster kan vara smarta belysningar, både inomhus och utomhus, som aktiveras eller avaktiveras beroende på om det befinner sig personer i närheten. Även tjänster som smarta elnät och smarta elmätare som kan kommunicera med varandra kan bidra väsentligt till mer effektiv energianvändning och klassas som smarta energitjänster. Andra exempel kan vara distribuerade energigeneratorer eller mer effektiva energilagringssystem.

Exempel på städer där tester eller implementeringar av smarta energitjänster genomförs är bland annat:

- **Smarta gatlyktor, Glasgow, Skottland:** Glasgow har lanserat ett pilotprojekt där gatlyktor utrustas med sensorer som känner av om någon person rör sig i närheten. Syftet är att undersöka hur stora elbesparingar som kan uppnås genom att låta gatlyktor automatiskt stängas av och på beroende på om någon person går förbi.
- **Smarta stadsområden, Norra Djurgårdsstaden, Stockholm:** Norra Djurgårdsstaden är ett av Europas största stadsutvecklingsprojekt. Hållbarhetsfrågor genomsyrar hela projektet, vilka bland annat möjliggörs genom nyttjande av informationsteknik. Staden har etablerat Norra Djurgårdsstaden Innovation som mötesplats och arena där olika aktörer kan mötas och samverka för att inspireras till innovativa lösningar för hållbar stadsutveckling.

Smarta förvaltningar och myndigheter

Smarta förvaltningar och myndigheter brukar ofta nämnas i samband med lösningar som syftar till att förbättra effektiviteten hos olika offentliga tjänster. Detta gäller exempelvis olika typer av digitala interaktioner mellan offentliga myndigheter och dess invånare, företag eller statligt anställda. Smarta lösningar kan öka transparensen bland förvaltningar och göra det lättare för olika aktörer att interagera med dessa.

Exempel på områden som kan gynnas väsentligt kan vara smarta utbildningssystem, offentlig säkerhet och tillgång till öppen data.

Exempel på städer där tester eller implementeringar av smarta myndigheter genomförs är bland annat:

- **Stadstäckande sensorer, Santander, Spanien:** I Santander har ett av världens mest omfattande pilotprojekt med stadstäckande sensorer lanserats, vilken innefattar över 120 000 sensorer som samlar data på allt från tillgängligheten av parkeringsplatser till luftkvalitet. Staden delar med sig av sin information för att möjliggöra för innovatörer att skapa olika appar och verktyg för att förbättra till exempel interaktionen med myndigheter
- **Smarta samarbetsplattformar, Florens, Italien:** Florens lanserade 2012 en satsning kring öppen data där offentlig information, data och statistik gjordes tillgänglig på en öppen hemsida. Det finns över 200 kontinuerligt uppdaterade dataset om allt från de vanligaste bebisnamnen till kartor över cykelparkeringar. Syftet med initiativet är att främja utvecklandet av olika digitala tjänster.

Smarta resurser

Smarta resurser inkluderar tjänster som effektiviserar och förbättrar hanteringen av vatten och avfall genom utnyttjande av ICT-lösningar. Till exempel kan smarta

vattenmätningssystem, smarta lösningar för sophantering och mätsystem av luftkvalitet klassas som "smarta resurser".

Exempel på städer där tester eller implementeringar av smarta resurser genomförs är bland annat:

- **Smarta soptunnor, Barcelona, Spanien:** Barcelona har bedrivit ett pilotprojekt där soptunnor utrustats med sensorer som kan mäta hur full soptunnan är. Informationen analyseras och används för att optimera rutterna för tömningsbilarna, som endast tömmer fulla soptunnor. Barcelonas stad uppskattar att systemet kan leda till 10 % färre soptömningar.
- **Resurshanteringssystem, Cologne, Tyskland:** Staden Cologne har implementerat smarta energimätare i över 30 000 hushåll, som mäter förbrukning av elektricitet, gas och vatten. Förbrukningsdata samlas av energiföretag som också utvecklat tjänster som tillåter invånare att se sin energiförbrukning i sin telefon och de får möjligheten att styra sitt användande av energikrävande hushållsapparater till tider under dygnet då vatten- eller elpriset är lägre.

Smarta byggnader

Smarta byggnader kan beskrivas som system som skapar möjligheten för byggnader att lära sig och förutse olika behov för exempelvis belysning, temperatur och rumstillgänglighet. Exempel på dessa funktioner kan vara smart belysning, prediktiva VVS-system och byggnadsautomatisering.

Exempel på städer där tester eller implementeringar av smarta byggnader genomförs är bland annat:

- **Smarta byggnader, "The Edge", Amsterdam, Holland:** Över 30 000 sensorer och 6 000 lampor av olika slag är installerade i Deloittes kontor "The Edge" i Amsterdam. Lamporna är kopplade via internetkablar och varje lampa har sin unika IP-adress och kan mäta infraröd, temperatur och luftfuktighet. Sensorerna gör det möjligt att redovisa vilka delar av byggnaden som används mest, vilka kaffe- eller handduksmaskiner som behöver fyllas på och vilka rum som behöver rengöras. Alla funktioner bidrar till att minska energiförbrukningen samt göra det både enklare och säkrare att använda olika funktioner i byggnaden.
- **Mikroinfrastrukturer, Greenwich, London, England:** I London har den lokala stadsförvaltningen beslutat att etablera ett lokalt nätverk av sensorer i stadsdelen Greenwich. Tusentals sensorer implementeras i byggnader, vägar, lyktstolpar och andra platser i staden. Den insamlade datan analyseras sedan i ett "operativsystem" för smarta städer, vilket är byggt för att bland annat möjliggöra M2M funktionalitet mellan uppkopplade enheter. Plattformen kan nyttjas av tjänsteutvecklare som kan utveckla applikationer baserat på insamlad data.

Smart sjukvård

Smart sjukvård inkluderar bland annat tjänster som använder sig av ICT-lösningar för att öka tillgängligheten till sjukvård, tjänster som kan diagnosticera eller förhindra sjukdomar över distans eller andra tjänster som kan möjliggöra effektiv sjukvård till en lägre kostnad. Exempel på dessa är telemedicin, uppkopplade medicinska apparater och olika metoder för att förhindra spridning av sjukdomar.

Exempel på städer där tester eller implementeringar av smarta sjukvårdslösningar genomförs är bland annat:

- **Sveriges kommuner och landstings (SKL) projekt LEDA:** SKL har valt ut tio svenska städer i ett pilotprojekt för olika smarta lösningar, där bland annat Västerås är en av dessa städer. Ett exempel är att istället för att personalen går runt till olika rum på ett äldreboende under natten för att säkerställa att allt är under kontroll, så har kameror installerats för att kunna övervaka. Ett annat exempel är att boende på demensboenden kan få ett dörrlarm som signalerar till personalen när de går ut och på så sätt kan dörrarna öppnas och boende slipper bli inlåsta. Genom dessa lösningar kan personalen på demensboenden och äldreboenden fokusera på de som faktiskt är i behov av hjälp och stöd.
- **Sensornätverk för äldre, Oslo, Norge:** I Oslo testas system som är utvecklade för att underlätta för äldre att klara sig själva hemma. Systemet inkluderar skärmar på väggar som de äldre kan kommunicera med vårdpersonal, påminnelser om dagliga uppgifter som läses ut högt och trådlösa sensorer som sänder ut larm om till exempel ugnen är på för länge eller om någon dörr öppnas under natten. Nätverket underlättar det dagliga livet för den äldre och gör det även lättare för anhöriga att kontrollera att allt är som det ska, samtidigt som det även innebär stora minskningar i vårdkostnader för myndigheterna.
- **Telemedicin, Baskien, Spanien:** I Baskien infördes det under 2013 ett telemedicin- eller "telehealth"-system som möjliggjorde för vårdpersonal att ge effektiv sjukvård över distans. Varje patient fick en pulsmätare, en andningsmätare som kopplades samman med ett rörelsesensorsystem och med hjälp av dessa kan läkare och sjuksköterskor genomföra virtuella möten, kontrollera patientens fysiska tillstånd och ge patienten råd på distans.

Bedömning

Tillämpningstrender kommer att möjliggöra ett stort antal nya smarta tjänster för en Smart Stad, där följande är av vikt:

- De beskrivna tillämpningstrenderna illustrerar att det för närvarande pågår en fragmenterad utveckling av smarta tjänster snarare än en sammanhållen utveckling av en Smart Stad.
- Det sker utveckling brett över olika tillämpnings- och geografiska områden.

Marknadsmodellstrender

Inom utvecklingen av smarta städer är det viktigt att ha förståelse för vad olika val av marknadsmodeller kan få för konsekvenser för en Smart Stads förutsättningar att stimulera tjänsteutveckling, effektivitet, flexibilitet och innovation. I samband med den snabba utvecklingen av lösningar för smarta städer, kommer vikten av vilken marknadsmodell som väljs att öka markant. Flera olika alternativa modeller kommer att existera på marknaden där olika aktörer kommer förespråka olika modeller. Marknadsmodellen kan sägas utgöra den grund på vilken en stad väljer att bygga sina smarta stad lösningar och den kommer därmed att definiera mycket av de spelregler som kommer att gälla för tillämpningar och leverantörer. I följande avsnitt kommer två tydliga marknadsmodellstrender att beskrivas:

- Vertikal integrering och inlåsning
- Konsortium och partnerskap

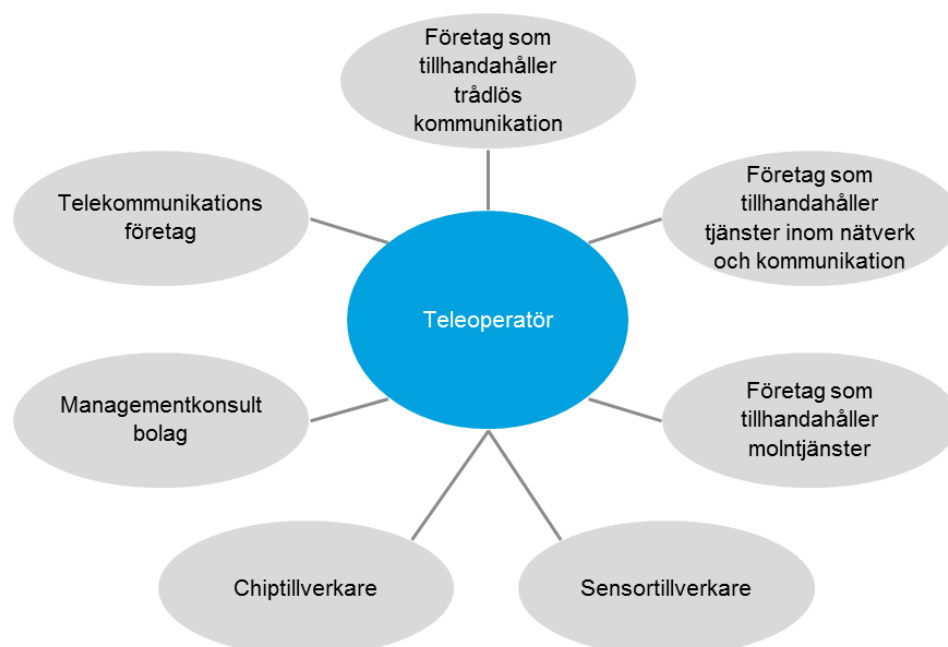
Vertikal integrering och inlåsning

Ett pågående trend inom utvecklingen av smarta städer är vertikalt integrerade lösningar och tjänster.¹³ En vertikal integrering innebär att en lösning utvecklas enbart för ett speciellt ändamål och med skräddarsydda tekniska lösningar vilket försvårar samverkan mellan olika lösningar. En vertikalt integrerad lösning skapar ofta ett beroende till en specifik leverantör och ger därmed tydliga inlåsningseffekter, d.v.s. svårighet att konkurransutsätta och byta ut leverantören. En vertikal lösning är ofta initialt både enklare och snabbare att införa, men behöver inte vara den mest effektiva lösningen i ett längre perspektiv då möjlighet till skalfördelar och interoperabilitet med andra lösningar kan försvåras. Har en stad genomfört ett antal vertikala integreringar blir det betydligt svårare i ett framtida läge att horisontellt integrera dessa, då exempelvis standarder och datadefinitioner kan skilja sig åt.

Konsortium och partnerskap

Leverantörer av smart stad lösningar och tjänster väljer allt oftare att ingå i större partnerskap när de erbjuder städer smarta stad-lösningar och koncept. På den amerikanska marknaden har till exempel en större teleoperatör tillsammans med sensortillverkare, molntjänstföretag och telekommunikationsföretag gått samman för att kunna erbjuda smarta städer helhetslösningar. Leverantörerna väljer samarbete i större utsträckning då det krävs en stor bredd av kompetenser och tekniker för att täcka alla områden som krävs för att kunna leverera hela värdekedjan av smarta stad tjänster. Vid flertalet intervjuer har leverantörerna nämnt att partnerskap är det sätt de väljer att arbeta med avseende smarta städer då de på så sätt kan fokusera på sina kärnkompetenser.

Ett exempel på ett partnerskap är illustrerat i bilden nedanför. Teleoperatören är i detta fall den centrala punkten och har det övergripande ansvaret gentemot staden. De deltagande företagen delar upp värdekedjan för en Smart Stad där exempelvis ett företag ansvarar för molntjänster, ett annat för plattformen samt ett tredje levererar sensorer och annan infrastruktur.



Figur 2: Illustrativ bild över ett konglomerat inom smarta städer

¹³ Intervjuer med Intel, Ericsson och CGI (2016)

I Sverige har bland annat Tele2 ingått minst 19 partnerskap med andra företag inom IoT för att kunna leverera helhetslösningar till smarta städer och företag. Detta vägval är även något som Vodafone valt.¹⁴

Bedömning

Marknadsmodellstrenderna påverkar de aktörer som är aktiva inom smarta städer där följande områden är av vikt:

- Marknadsmodellernas utveckling går i riktning mot alltmer vertikala lösningar i avsikt att låsa in kunderna, även om marknadsaktörer bildar konsortium så begränsar det antalet aktörer och konkurrensen.
- Marknaden utvecklas mot en alltmer specialiserad digital tjänstesektor som i sig driver den tekniska utvecklingen.

En Smart Stads roll i den digitala samhällsutvecklingen

För att en Smart Stad ska kunna tillgodogöra sig och påverka de relevanta trenderna och utveckla effektiva smarta tjänster är följande områden essentiella att beakta:

- Ha fokus på att – som Smart Stad – vara en möjliggörare där företag, invånare och förvaltningar har möjligheten till innovation och tjänsteutveckling genom att ha en öppen och stabil infrastruktur.
- De tekniska trenderna och smarta tjänsterna kommer skapa stora möjligheter för en Smart Stad, där det dock är avgörande för staden att ha en genomtänkt strategi för den underliggande infrastrukturen såsom fiber och trådlösa nätverk. Detta är av stor vikt för att undvika olika standarder och för att underlätta för en öppen och operatörsneutral tillgång till infrastrukturen, vilket är en förutsättning för en ökad grad av innovation och flexibilitet i en Smart Stad.
- Undvika vertikaler med de inlåsnings effekter som det medför och istället skapa horisontella lösningar. Detta möjliggör utbyte av information och ökad flexibilitet – där en Smart Stad exempelvis inte upphandlar olika tillämpningar i stuprör utan ser till att stadens olika förvaltningar upphandlar enligt samma strategi.
- Företag som levererar smarta tjänster till en Smart Stad ska fokusera på specialistkunskap snarare än att leverera helhetslösningar. Detta fokus är essentiellt vid upphandling av smarta tjänster då inlåsnings effekterna ökar när ett företag har kontroll över flera lager inom en Smart Stad. Med ett tydligt tänk kring upphandlingen driver det den digitala tjänsteutvecklingen och innovation i positiv riktning.
- De tekniska trenderna IoT och 5G kommer att ställa allt större krav på ett välutbyggt och robust fiber- och trådlöst nätverk.

¹⁴ Intervju med Tele2 (2016)

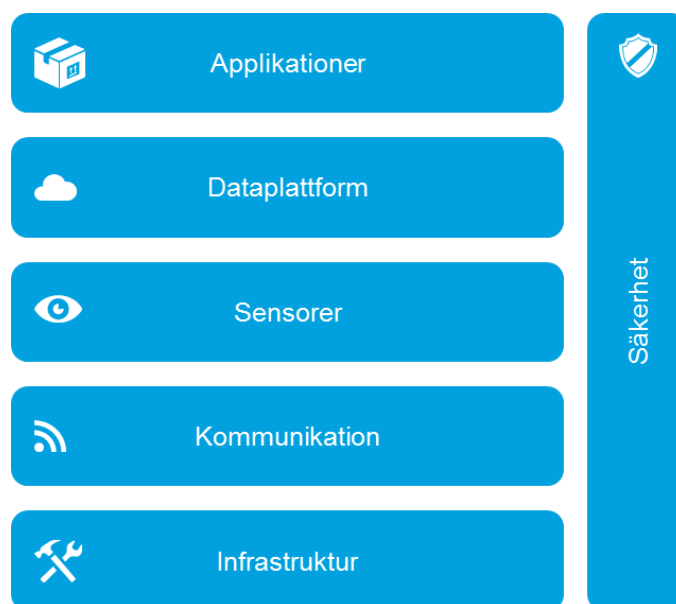
Referensmodell för en Smart Stad

Referensmodell

En alltmer komplex omgivning med en snabb utveckling av teknikområden, marknadsmodeller och tillämpningar, leder till behov att skapa överblick och möjlighet för att konceptuellt strukturera de olika komponenterna som tillsammans skapar effektiva lösningar för städer. En vanligt förekommande metod för konceptualisering av ett område är att utforma en så kallad referensmodell som, utifrån förenklingar, utgör en utgångspunkt för att bygga specifika och situationsanpassade modeller. En referensmodell utgör ett abstrakt ramverk för att förstå komponenter och relationer mellan dessa i en viss miljö och modellen kan därför användas som en grund för utbildning samt för att förklara mönster och samband för en icke-specialist. Vanligen är inte en referensmodell konkret avseende genomförandedetaljer, utan har för avsikt att tillhandahålla en gemensam semantik som kan användas entydigt över och mellan olika specifika modeller samt underlätta kommunikation, lärande och jämförande av dessa.

I följande stycke beskrivs en översiktlig referensmodell för huvudkomponenterna kopplade till smarta städer. Med huvudkomponenter avses i detta fall samtliga större ICT-områden som tillsammans utgör grunden för och möjliggör en Smart Stads olika tillämpningar.

Utgångspunkten för referensmodellen för smarta städer är en indelning av huvudkomponenterna i sex tydliga "lager": infrastruktur, kommunikation, sensorer, dataplattform, applikationer och säkerhet.



Figur 3: Referensmodell för en Smart Stads infrastruktur

Den förhållandevis enkla modellen ger möjlighet att kommunicera och jämföra olika specifika lösningar och modeller över olika organisationer och intressegrupper samt ger även

möjlighet att jämföra för- och nackdelar med specifika lösningar. Mer konkret ger modellen följande nyttor:

- Utgör en grund för val och jämförande av olika marknadsmodellens för- och nackdelar samt för hur en stad kan påverka/stimulera tjänsteutvecklingen.
- Ger möjlighet till en bättre gemensam förståelse och samsyn tvärs en stads olika enheter, förvaltningar och bolag med gemensamt ansvar för olika Smart Stad-lösningar och tillämpningar.
- Utveckling av horisontella lösningar och belyser effekterna av vertikala lösningar.
- Skapar förutsättningar och möjligheter till att etablera tekniska standarder och specifikationer för enskilda lösningar.

För att uppnå samarbeten mellan en stads olika enheter och maximera medborgarnyttan för en Smart Stad är en viktig nyckel horisontell integrering.¹⁵ Det är ingen lätt lösning att integrera alla enheter inom en stad då den ofta består av tusentals enheter och system, men det är viktigt att från början ha en strategi för att horisontellt integrera respektive lager i en Smart Stads infrastruktur. Detta gäller hela vägen från anläggandet av den grundläggande fiberinfrastrukturen för bredband och dess tjänster till plattformarna som samlar upp data.

Nedan beskrivs referensmodellens lager utförligare.

Infrastruktur

Infrastruktur avser bredbandinfrastruktur såsom fiber, koppar eller koax. Dessa tre bredbandsinfrastrukturer möjliggör leverans av data vilket är grunden för att kunna koppla upp en stor mängd sensorer och leverera stora mängder data och information inom en stad.

Fiber är den mest lämpade och framtidssäkra teknologin då det inte finns några tekniska begränsningar samtidigt som fiber levererar symmetriska, det vill säga likvärdiga upp- och nedströms och betydligt högre hastigheter än de andra alternativen. Dessutom behöver inte bandbredden delas av slutanvändarna, kapaciteten är inte avståndsoberoende och har låg latens.¹⁶ Låg latens, det vill säga fördröjning i nätet, är en mycket viktig kvalitetsfaktor för att möjliggöra tillämpningar som självkörande bilar och olika sjukvårdstillämpningar som till exempel kirurgi över nätet.

I Appendix III finns en utförlig jämförelse mellan de olika egenskaperna hos de tre olika nätteknikerna koppar, koax och fiber.¹⁷ Nedanför följer en sammanfattning av egenskaperna.

För kopparnät är den vanligaste tekniken VDSL2 som kan leverera hastigheter på cirka 60 Mbps nedåt och 10 Mbps uppåt. Nyare tekniker för kopparnätet är under test där till exempel G. Fast har potential att leverera upp till 500 Mbps vid utnyttjande av distributionsnoder inom 100 m avstånd från slutanvändaren (FTTdp). På grund av den inneboende resistansen i kopparledningarna minskar dock kapaciteten snabbt med längre avstånd, vilket även gör att G.Fast är begränsad till endast kortare sträckor.

För operatörer som utnyttjar koaxnätet är nästa utveckling av tekniken protokollet DOCSIS 3.1. Detta protokoll har uppvisats kunna leverera hastigheter på 1-10 Gbps, som dock måste delas mellan slutanvändarna. Tekniken levererar inte symmetrisk dataöverföring och uppladdningshastigheten är generellt sett väsentligt lägre än nedladdningshastigheten. Likt

¹⁵ IEC (2015): "Orchestrating infrastructure for sustainable Smart Cities"

¹⁶ Broadband World Forum (2015): "FTTX: Delivering the future of connectivity"

¹⁷ European Commission (2014): "Guide to High-Speed Broadband Investment"

kopparnätet är även kapaciteten i koaxnätet kraftigt begränsad av avståndet mellan slutanvändaren och distributionsnoden.

FTTH/B (Fiber) levererar symmetriska och betydligt högre hastigheter som inte behöver delas av slutanvändarna och kapaciteten är inte heller avståndsberoende. FTTH/B är den mest kompletta och framtidssäkra teknologin av befintliga infrastrukturer.¹⁸

I tillägg till ett välutbyggt fibernätet behövs ett trådlöst nätverk då det är mycket kostsamt och praktiskt omöjligt att koppla upp alla sensorer via fast anslutning. Det trådlösa nätverket behöver vara säkert och högpresterande för att fungera effektivt och hantera den data som transporteras. Ett trådlöst nätverk möjliggör också att invånarna kan kommunicera med stadens olika system och applikationer i realtid via telefoner och läsplattor. Det trådlösa nätverket kan överföra data genom exempelvis Wi-Fi, 4G/5G eller Bluetooth. En Smart Stad kan dock inte enbart förlita sig på trådlösa uppkopplingar, utan det krävs även en välutbyggd fast infrastruktur för att det trådlösa nätverket ska fungera. Fiber är den bästa lösningen och när det gäller t ex 5G är det den enda infrastrukturen som har tillräcklig teknisk prestanda, då den både kan transportera information på långa avstånd och hantera stora mängder data.

För att kunna förverkliga en Smart Stad är det nödvändigt att säkra tillgången till fiber inte bara ända fram till fastigheterna utan även ut i gaturummet för att på så sätt kunna tillgodose trender såsom IoT och 5G. I en Smart Stad ställs krav på att en bredare krets av aktörer än enbart traditionella telekomoperatörer får tillgång till fibernätet i avsikt att möjliggöra en mångfald av tillämpningar på samma plattform. En Smart Stad ska också se till att olika aktörer i närliggande lager (kommunikation och sensorer) kan ansluta till infrastrukturen på ett effektivt sätt och på marknadsmässiga grunder för att undvika att innovation och utveckling begränsas samt för att ge möjlighet att dela samma infrastruktur. Infrastrukturlagret utgör en av de delar som är mest kostsamma för en Smart Stad att installera vilket medför att fel val av aktör kan bli mycket kostsamt att åtgärda vid en senare tidpunkt.

Kommunikation

Lagret ovanför den passiva infrastrukturen består av kommunikationsutrustning som möjliggör för en Smart Stads aktörer att sända information i olika format och enligt olika standarder och som därmed ger möjlighet till olika typer av kapacitets- och transmissions-tjänster så som Wavelength- och Ethernet-tjänster som ofta utförs av en kommunikationsoperatör (fristående eller som del av en större operatörs verksamhet). Aktörerna inom detta lager äger den aktiva utrustningen, d.v.s. telekommunikationsutrustning som t ex switchar, vilket ger möjlighet till mer avancerade kommunikationstjänster och möjliggör att data kan skickas över den passiva infrastrukturen.

För en Smart Stad är det essentiellt att olika aktörer har möjligheten att sända information över den passiva infrastrukturen för att möjliggöra innovation. Det ligger i stadens intresse att infrastrukturen är öppen och att så många som möjligt har möjligheten att sända information över nätet. Därigenom undviks inlåsnings effekter vilket kan uppstå om en extern aktör äger den underliggande infrastrukturen. En Smart Stad kan även skilja ut kommunikationslagret och handha detta. På denna plattform kan sedan stadens olika verksamheter handla upp tjänster i full konkurrens. Därmed kan privata företags specialistkunskande utnyttjas optimalt.

Sensorer

Sensorer och andra avläsningsverktyg hjälper smarta städer att inhämta information där det tidigare var för komplext eller tidskrävande. Sensorerna medför också att informationen kan analyseras och övervakas i realtid, vilket tidigare inte varit praktiskt möjligt.

¹⁸ Broadbald Forum (2015): "FTTX: Delivering the future of connectivity"

Användningsområden för sensorer är bland annat att samla in information för energianvändning, vattenanvändning, infrastruktur och transport genom att placera dessa i allt från gatubelysningen, parkeringsmätare till papperskorgar. Många tillverkare av produkter för offentliga miljöer har även börjat integrera sensorer som en standard i sina produkter. Sensornäten genererar stora mängder data vilket ställer krav på infrastrukturen och kommunikationsutrustningens kapacitet att processa den data som skickas.

Då sensorer kan ta många olika skepnader och har mängder av olika användningsområden, är det viktigt för en Smart Stad att ha enhetlig strategi för standarder och protokoll, detta för att infrastrukturen inte ska bli för komplex samt skapa en smidig kommunikation och enhetlig data.

Dataplattform

Sensorer och andra avläsningsverktyg är avgörande komponenter för att samla in omfattande mängder av data och information. För att kunna hantera de stora mängderna behövs en teknisk plattform som är kapabel att samla och aggregera data och information. Plattformens roll är att ta emot, processa och tillgängliggöra information för smarta lösningar och tjänster.

Då sensorer genererar stora mängder data är det viktigt att plattformen är byggd på sådant sätt att den kan kommunicera med många enheter och att det finns en tydligt inbyggd struktur för lagring och hantering av data med etablerade standarder och regelverk.

Dataplattformen kan både vara molnbaserad eller drivas och förvaltas av den enskilda staden i egen regi. Fördelen med molntjänster är att det krävs mindre initiala investeringar, enkelt att skala upp gällande lagring av data och staden betalar för det den faktiskt använder. Nackdelarna med molntjänster är att det finns risk att staden tappar kontrollen över data som samlas in då ofta andra aktörer än staden äger molninfrastrukturen. I kravspecifikationen och i kontrakt med externa aktörer är det därför av stor vikt att tydligt klargöra vem det är som äger datan, speciellt med hänsyn till att den kan vara integritetskänslig data.

Ett av målen för en Smart Stad är att säkra öppenheten av data för stadens intressenter och medborgare. För staden är det därför av vikt att ha dataplattformar som har möjligheten att samla in data från många olika sensornät och ställa krav på interoperabilitet på de aktörer som är involverade i den smarta staden. Det huvudsakliga målet för den smarta staden är att skapa en så pass integrerad lösning för datalagring som möjligt och undvika flertalet parallella dataplattformar, och därigenom skapa förutsättningar för en enhetlig lösning och öppenhet till stadens data. Ytterligare en central fråga är ägande av data och varje stad bör grundligt analysera frågan om ägande av data och konsekvenserna av ett eventuellt externt ägande av stadens data och information.

Applikationer

För att kunna använda och få värde ur det data som genereras samt ha möjligheten att processa den är applikationslagret grunden. Stadens intressenter kan använda samlad data för att analysera, ta beslut och modifiera för specifika syften. Ytterst finns det en slutanvändare som får tillgång till den modifierade informationen med hjälp av exempelvis en applikation i sin smartphone, läsplatta eller dator. En och samma datapunkt kan således betjäna en mångfald av användningsområden.

En Smart Stads roll i applikationslagret är framförallt att vara en kravställare snarare än att utveckla applikationerna. Staden bör se till att övrig infrastruktur är på plats för att underlätta för andra aktörer att utveckla sina applikationer. Utvecklingen av applikationer är generellt

bättre lämpat för en extern aktör snarare än staden själv, dock bör staden se till att det inte skapas för många vertikala applikationer. Istället bör aktörer uppmuntras till kombinationer av olika datapunkter för att skapa bättre horisontella lösningar. Det är även viktigt att staden har en möjliggörande roll i applikationslagret och uppmuntrar både privatpersoner och företag att utveckla applikationer som gör staden till en bättre plats att bo på – t.ex. genom att spara på stadens resurser eller minska miljöpåverkan.

Säkerhet

Alla aktörer som är verksamma inom smarta städer möter en problematik gällande säkerhet och integritet.¹⁹ Den ökade risken består bland annat i att sensorer kan bli hackade för att ge felaktig data eller att tredje part får ta del av information som den bör ha tillgång till. Det huvudsakliga målet med en Smart Stad är att det blir fler uppkopplade enheter vilket medför fler datasystem och dataflöden samtidigt som staden ska ge myndigheter, företag och privatpersoner access till vissa delar av informationen, vilket ställer ökade krav på säkerheten.²⁰ Desto fler som har access till stadens data desto svårare blir det att få överblick och kontroll – vilket ställer stora krav på staden att värna om integritet för stadens intressenter.

Den stora mängd data som produceras från alla enheter och sensorer lagras i många städer i olika molntjänster. För dessa är det viktigt att sätta upp tillräckliga säkerhetsrutiner för att undvika att konfidentiell data läcker ut till obehöriga parter.²¹ Att ha en kombinerad infrastruktur med både molntjänster och fysiska lagringsplatser medför svårigheter att få en tydlig översikt på alla delar i systemet.²² Utifrån förhållandevis oskyldig data som exempelvis sophämtning kan enskilda individers levnadsvanor och sårbarheter i samhällets infrastrukturer exponeras på ett integritetskränkande vis varför rådhetsen över offentlig data som samlas in av offentlig sektor ställer krav på ett förhållningssätt utifrån överväganden om integritet och samhällets säkerhet.

Staden behöver ha en aktiv roll i säkerhetsarbetet i referensmodellens alla lager, där staden antingen kan ta helhetsansvar alternativt ta en övervakande roll. Det viktiga är att staden har resurser som har kunskap inom säkerhetsområdet för att kunna förstå och undvika attacker från obehörig part eller att andra externa aktörer missbrukar stadens information.

¹⁹ National Institute of Standards and Technology (2015): "Designed-in Cyber security for Smart Cities: A Discussion of Unifying Architectures, Standards, Lessons and R&D Strategies".

²⁰ DarkReading, InformationWeek (2015): "Smart Cities' 4 Biggest Security Challenges"

²¹ European Network and Information Security Agency, ENISA (2012): "Critical Cloud Computing".

²² Cerrudo, C; IOActive Labs (2015): "An Emerging US (and World) Threat: Cities Wide Open to Cyber Attacks"

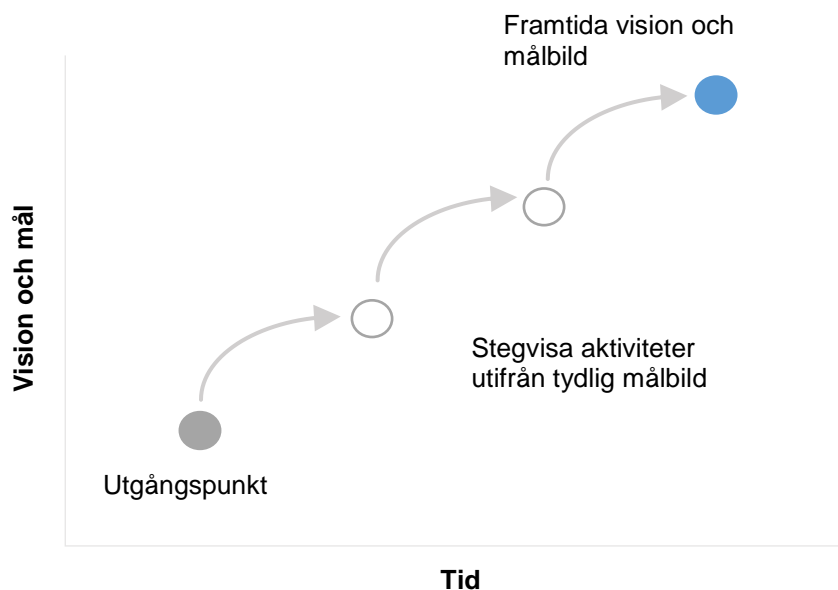
En stads val av marknadsmodell och dess konsekvenser

Referensmodellen som stöd för val av marknadsmodell

En referensmodell utgör inte endast ett stöd för kommunikation och jämförande av olika specifika ICT-modeller för smarta städer utan kan även fungera som en effektiv beslutstödsmodell för val av marknadsmodell för en enskild stad. Med marknadsmodell avses här det sätt en stad väljer att organisera och styra de olika områdena beskrivna i referensmodellen. Marknadsmodellen kan sägas utgöra den grund på vilken en stad väljer att bygga sina smarta stad lösningar och den kommer därmed att definiera mycket av de spelregler som kommer att gälla för tillämpningar och leverantörer. Utifrån referensmodellen kan för och nackdelar med olika marknadsmodeller klargöras och ett antal centrala områden för smarta städer diskuteras, så som exempelvis:

- Hur en stad väljer att organisera sina egna resurser
- Vad man väljer att äga och driva i egen regi respektive vilka delar och områden som man väljer att anlita externa leverantörer för
- Vilka områden där man bör söka horisontella lösningar och standardisera gränssnitt och lösningar med mera
- Hur man kan etablera en tydlig och effektiv modell för styrning och beslutsfattande
- Vilka olika leverantörsmodeller som kan tillämpas och vilka effekter och begränsningar dessa kan medföra

Med stöd av en referensmodell kan dialogen mellan en stads olika interna aktörer och potentiella externa aktörer underlättas och förenklas. Utifrån en referensmodell kan även strategi och målbild för en Smart Stad tydliggöras och därmed ge ett stöd för planering och genomförande av relevanta och adekvata aktiviteter för strategi- och målbildsuppfyllelse.



Figur 4: Framtida vision och målbild

I samband med den snabba utvecklingen av lösningar för Smarta Städer, kommer vikten av vilken marknadsmodell som väljs att öka markant. Flera olika alternativa modeller kommer att existera på marknaden där olika aktörer kommer förespråka olika modeller. Att tydligt kunna bedöma och kommunicera olika modellers för- och nackdelar utifrån viktiga beslutskriterier kommer därför vara av stor strategisk vikt för en enskild stad.

Strategiska beslutskriterier

Valet av marknadsmodell kommer få både kort- och långsiktiga effekter för en stad inom ett flertal områden. Därmed blir det av stor betydelse för en enskild stad att ha tydliga kriterier för att analysera, förstå och bedöma, i synnerhet de långsiktiga, effekterna. Fem utvärderingskriterier kommer med stor sannolikhet att vara av speciellt stor vikt: flexibilitet, ekonomi, innovation, kunskap och säkerhet. Nedan beskrivs varje utvalt kriterium utförligare.

Flexibilitet

Med flexibilitet avses de möjligheter och begränsningar som en marknadsmodell ger en stad för att, med god framförhållning och i rätt tid, anpassa sig till förändringar i omvärld och förutsättningar. Nyckelfrågor att ställa omfattar till exempel:

- Hur påverkar marknadsmodellen stadens möjligheter och förmåga att anpassa sig till och tillgodogöra sig nya tekniker och tillämpningar?
- Vilka eventuella inlåsnings effekter och begränsningar kan valet av marknadsmodell medföra?

Ekonomi

Kriteriet ekonomi syftar till de ekonomiska effekter valet av en marknadsmodell medför för en stad på kort och lång sikt. Nyckelfrågor omfattar till exempel:

- Vilka kostnader uppstår på kort och lång sikt?
- Vilka möjligheter har staden att påverka kostnaderna och minska dem?
- Hur påverkas kassaflödet?
- Vilken möjlighet har staden att förutse och planera för kostnader och kassaflöde?

Innovation

Med innovation avses marknadsmodellens påverkan på öppenhet och förmåga till innovation avseende såväl teknik, tillämpningar, organisation och processer för en Smart Stad. Typiska nyckelfrågor omfattar:

- Hur påverkas möjligheterna till konkurrens avseende lösningar och tjänster?
- Hur påverkas stadens innovationsförmåga?
- Hur påverkas möjligheterna till öppen innovation och att skapa en omgivning där så många intressenter som möjligt kan bidra men kreativiteten och innovation?
- Hur påverkas stadens förändringsförmåga, det vill säga möjligheter till att driva igenom och styra förändringar drivna av nya innovationer och förbättringsförslag?

Kunskap

Med kunskap avses en marknadsmodellens effekter på möjligheterna till en stads kunskaps- och kompetensuppbyggnad. Nyckelfrågor omfattar bland annat:

- Hur sprids och delas kunskap och kompetens?

- Vilka eventuella begränsningar medför marknadsmodellen på möjligheter att dela information och bygga kunskap och kompetens?
- I vilken utsträckning medför marknadsmodellen risker för centralisering av kunskaper och kompetens?

Säkerhet

Kriteriet säkerhet avser en marknadsmodells inverkan på säkerhets- och integritetsaspekter såsom ägande och kontroll av data samt förmåga att skydda data och information. Typiska nyckelfrågor omfattar:

- Påverkar marknadsmodellen stadens förmåga att kontrollera data och information?
- Hur påverkas möjligheterna till att analysera stora datamängder?
- Vilka eventuella risker medför marknadsmodellen avseende data- och informationssäkerhet?

Frågorna under varje kriterieområden kan utökas ytterligare och bör även anpassas för varje enskild stads situation och behov.

Potentiella marknadsmodeller

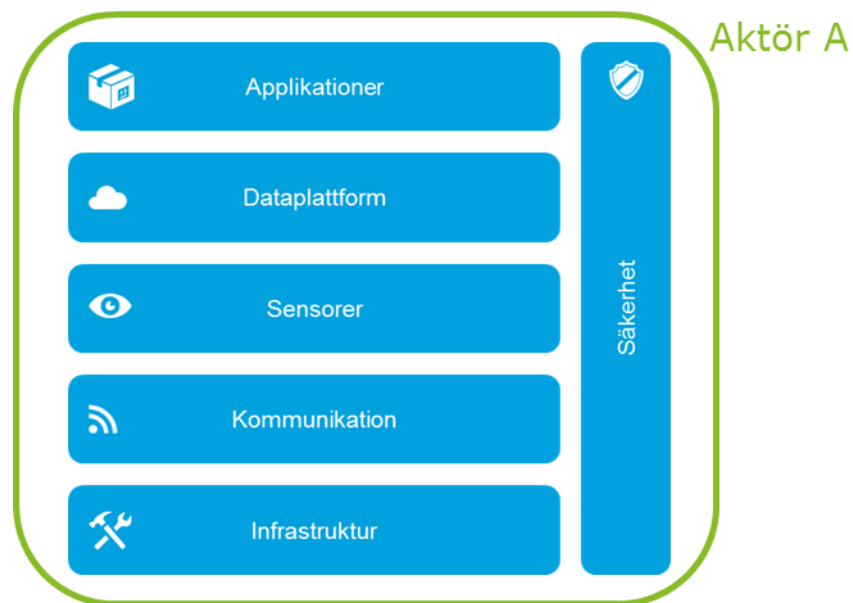
Tre möjliga marknadsmodeller analyseras i detta stycke utifrån de strategiska besluts-kriterierna definierade ovan. De valda modellerna tydliggör hur en stad kan förhålla sig till de strategiska besluts-kriterierna och vad för konsekvenser en specifik modell medför långsiktigt. Modellerna visar på möjliga val där staden antingen kan ta en tydlig ansvarsroll eller välja en extern aktör att ansvara för den Smarta Staden. Modellerna är generella och beskriver skillnaderna på en övergripande och förenklad nivå, där det i verkligheten finns mängder av olika kombinationer av marknadsmodeller. Följande tre generella modeller kommer belysas och förklaras:

- Operatörsmodellen
- Specialistmodellen
- Samverkansmodellen

De tre modellerna ovan har valts i syfte att tydliggöra de skillnader i effekter som kan uppstå när olika modeller tillämpas och modellerna är därför medvetet renodlade och stiliserade.

Operatörsmodellen

Operatörsmodellen innebär att en Smart Stad väljer en extern aktör som tar helhetsansvaret och ansvarar för samtliga lager i referensmodellen. Detta betyder att den externa aktören ansvarar för hela kedjan från den passiva infrastrukturen till att utveckla applikationer samt ansvara för data- och informationssäkerhet. Modellen är sannolikt inte den vanligaste, framförallt för att det över tid är svårt för en aktör att ansvara för alla lager, då det krävs ett mycket brett spann av kunskaper och kompetenser då i synnerhet den tekniska komplexiteten är mycket hög för en Smart Stad. Principiellt är det endast operatörer med egna nät som kan ta ett helhetsansvar och därav modellens namn. Modellen kan liknas vid den tidiga IT-marknaden där system utvecklades i vertikala lösningar med en och samma leverantör från hårdvara till slutanvändarapplikation. I takt med att IT-marknaden mognade och gemensamma standarder med mera utvecklades, möjliggjordes lösningar baserade på ett mer modulärt synsätt med möjlighet att välja såväl tekniska som applikationslösningar.



Figur 5: En extern aktör ansvarar för samtliga lager i referensmodellen

Flexibilitet

Operatörsmodellen medför stora inlåsningsrisker då en aktör ansvarar för den Smarta Stadens samtliga olika delar. Detta kan medföra att en Smart Stad får det svårare att anpassa sig till nya tekniker och trender, då det till stor del kommer vara helhetsleverantörens specifika standarder och lösningar som implementerats, vilket medför risk att i framtiden få svårigheter att snabbt kunna anpassa sig till nya tekniker och trender.

Det uppstår även svårigheter för den Smarta Staden att konkurransutsätta och upphandla vissa av lagren i framtiden, exempelvis fiberinfrastruktur då en tydlig inlåsningsseffekt skapats. Även dataplattformen kan vara problematisk att låta en extern helhetsleverantör ansvara för och då är det framförallt ägandet av data och information som staden bör säkerställa kontroll över.

Ekonomi

Kortsiktigt kan en så kallad operatörsmodell vara en attraktiv lösning för en Smart Stad, då en leverantör tar helhetsansvaret och därmed med större sannolikhet initialt kan agera mer kostnadseffektivt och snabbt. Långsiktigt kan dock riskerna öka för den Smarta Staden då inlåsningsseffekter kan uppstå där staden får svårt att konkurransutsätta befintlig leverantör. En operatörsmodell kan även medföra stora kostnader för staden om den exempelvis vill byta ut komponenter eller lager som dataplattformen eller installera nya sensorer då nya tekniker och lösningar inte är kompatibla med befintliga.

Innovation

Både innovations- och förändringsförmågan tenderar generellt att påverkas negativt av operatörsmodellen då inlåsnings- och monopolsituationer riskerar att uppstå då en leverantör har kontroll över alla lager och därmed kan utforma och bygga vertikala lösningar baserade på leverantörens egna standarder och lösningar. Vertikala lösningar med en ensam leverantör tenderar att minska andra aktörers möjlighet till att driva innovation och utveckling. Vertikaliserings negativa effekter på innovation kan delvis motverkas genom strukturerade upphandlingar och avtalsutformningar, men det tenderar att bli svårare då den externa parten har ett helhetsansvar för hela vertikalen.

Kunskap

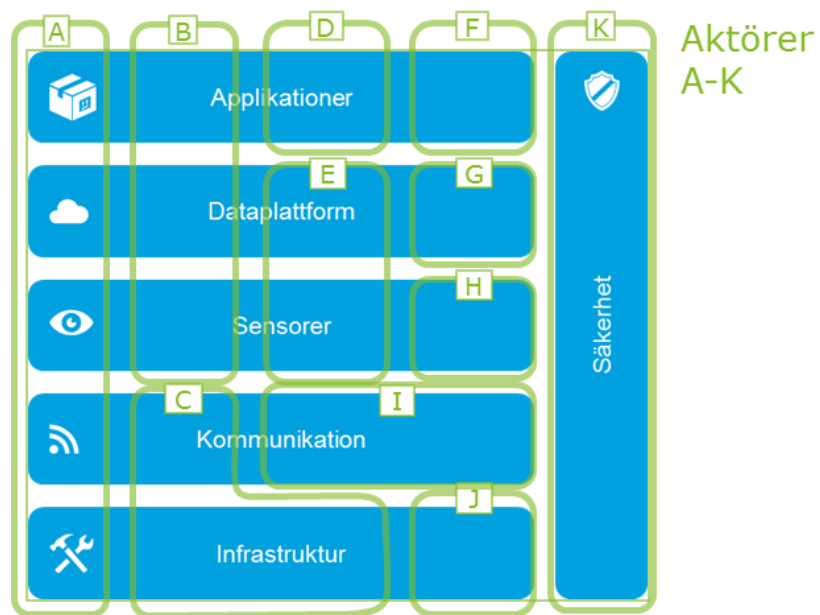
En Smart Stad är ett komplext ekosystem med infrastruktur-, nät- och IT-komponenter och därför är det svårt för en enskild aktör att ha alla de kunskaper och kompetenser som krävs för att leverera alla delar av en lösning. Komplexiteten tydliggjordes i trendkapitlet där det visades att leverantörer ofta väljer att ingå partnerskap eller större konsortium för att kunna erbjuda så bra lösningar för smarta städer som möjligt. Det finns även långsiktiga risker för en stad att släppa kontrollen över alla lager och komponenter i en Smart Stad lösning då det i ett senare skede kan vara svårt att återuppbygga kunskap och kompetens och återfå kontrollen. För att en modell som operatörsmodellen ska ha möjligheten att fungera, behöver staden ta en mycket aktiv roll och vara väl integrerade med företaget som ansvarar för den Smarta Staden och säkerställa att man har den kompetens som krävs för att ersätta en leverantör med egen personal alternativt klara av att genomföra en upphandling och transition till en eller flera nya aktörer.

Säkerhet

Utifrån ett säkerhetsperspektiv kan operatörsmodellen ge effektiva lösningar givet att vald leverantör har den rätta kompetensen och kapaciteten. Det kan dock bli svårare för staden att ha direkt insyn i säkerheten då den externa leverantören har ett helhetsansvar. Frågan om ägande av data och information blir i synnerhet en viktig frågeställning.

Specialistmodellen

Specialistmodellen innebär att en eller flera aktörer, förvaltningar och externa leverantörer, utformar och utvecklar vertikala lösningar för enskilda tillämpningsområden. Detta medför att marknadsmodellen blir fragmenterad då referensmodellens lager blir uppdelat i många delar med vertikaler för varje tillämpningsområde och med en eller flera aktörer. I jämförelse med operatörsmodellen riskerar man fortsatt en vertikaliserings, dock med flera vertikaler än operatörsmodellens enda vertikal. En uppdelning behöver dock inte vara en nackdel i alla lager trots att horisontella integreringar generellt är att föredra för att kunna erhålla skalfördelar och interoperabilitet mellan en stads olika tillämpningar. Det finns områden högre upp i värdekedjan där vertikala integreringar kan fungera, exempelvis inom applikations och kommunikationslagret. Anledningen till detta är att riskerna för inlåsning minskar ju högre upp man kommer i värdekedjan. Vertikal integrering omfattande det grundläggande infrastrukturlagret kan exempelvis medföra stora kostnader och långvariga inlåsningar. Specialistmodellen kan vara en fungerande modell ifall den enskilda staden väljer att ta ansvar för vissa delar eller har en tydlig struktur för hur den Smarta Staden ska styras och hur respektive lager skall hanteras för att möjliggöra skalfördelar och interoperabilitet.



Figur 6: Specialistmodellen – En eller flera aktörer, förvaltningar och externa leverantörer, utformar och utvecklar i huvudsak vertikal lösningar per tillämpning. I exempel bilden motsvarar varje bokstav en aktör.

Flexibilitet

Specialistmodellen är en flexibel modell där nya tekniker och tillämpningar relativt snabbt kan utformas, utvecklas och införas. Utmaningen med specialistmodellen är dock att implementera nya tekniker eller tillämpningar tvärs över stadens vertikaler och säkerställa interoperabilitet och skalfördelar då tillämpningarna blir mer autonoma och självständiga. Det finns även svårigheter i att genomföra förändringar i större skala då den smarta staden är fragmenterad i flera tillämpningsvertikaler med begränsad övergripande styrning.

Ekonomi

Då många specialiserade aktörer är involverade i modellen och utvecklar sina egna tillämpningsspecifika vertikaler kan specialistmodellen bli mer kostsam än det skulle vara för en leverantör att erbjuda en sammanhållen helhetslösning. Det finns även en risk att man skapar vertikala inlåsningsområden per tillämpningsområde vilket långsiktigt kan minska stadens möjligheter till konkurrensutsättning och driva kostnader då man får svårt att möjliggöra synergieffekter mellan tillämpningar tvärs referensmodellens olika lager. Generellt blir inlåsnings effekterna dock mindre med specialistmodellen än med operatörsmodellen.

Innovation

För att upprätthålla innovationsförmågan inom staden är specialistmodellen en bra modell då den skapar en miljö som öppnar upp för att testa olika lösningar och leverantörer i mindre skala. Att genomföra större förändringar blir dock svårare eftersom den Smarta Staden blir fragmenterad och det blir svårare att i ett framtida skede horisontellt integrera olika vertikaler och utveckla nya lösningar då det saknas en gemensam plattform.

Kunskap

Kunskaps- och kompetensmässigt ger specialistmodellen relativt goda effekter då, den ger den som är lämpad, möjlighet att utforma och utveckla tillämpningar avseende respektive område, även om detta skapar vertikala inlåsningsområden. Staden har i denna modell även möjligheten att ansvara för olika delar i modellen om den är bättre lämpad än tillgängliga externa leverantörer. För staden är det emellertid svårare att få en övergripande kontroll då den Smarta Staden blir relativt fragmenterad tillämpningsmässigt.

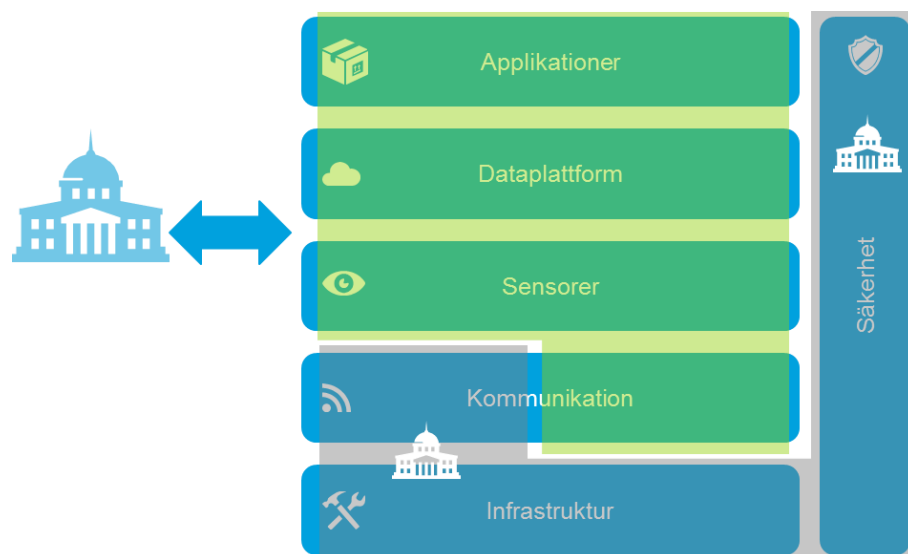
Säkerhet

Med specialistmodellen blir det betydligt svårare att upprätthålla säkerheten och dataintegritet, då det är många aktörer som är involverade tvärs lagret. Det är även viktigt, som har påvisats i referensmodellens avsnitt, att det finns en övergripande funktion som har hand om säkerheten för den smarta staden, vilket inte nödvändigtvis är i linje med hur specialistmodellen är uppbyggd.

Samverkansmodellen

Samverkansmodellen innebär att staden själv tar huvudansvaret för de lager i referensmodellen som är av avgörande vikt för att möjliggöra en mångfald av aktörer och tjänster och därmed främja konkurrens för att undvika negativa inläsnings- eller interoperabilitetsproblem. Samverkansmodellen bygger på horisontella lösningar för de olika lagren i syfte att driva skalfördelar och synergier. Tidigare rapporter från Deloitte har visat att en operatörsneutral fiberleverantör med ett nät utformat och byggt för flera operatörer och tjänsteleverantörer högre upp i värdekedjan är en mycket effektiv lösning för att skapa mångfald och konkurrens. Den så kallade stadsnätmodellen som finns i Stockholm visar att det är möjligt att etablera öppna och operatörsneutrala nät vilket är av central vikt för att främja konkurrens på tjänstenivå och en mångfald i utbudet till slutanvändaren. I tillägg har den Smarta Staden i Samverkansmodellen bibehållen kontroll av kommunikationslagret avseende upphandling och val av aktör som handhar kommunikationslagret för stadens förvaltningar. Detta medför att kommunikationslagret skiljs ut och större konkurrens möjliggörs i de övre lagren då stadens olika verksamheter kan upphandla tjänster i de övre lagren i full konkurrens och med flera möjliga leverantörer. Till sist har staden även en aktiv roll gällande arbetet med säkerheten och dataintegritet för hela referensmodellen. Detta kan göras helt på egen hand eller tillsammans med extern aktör, dock ska staden vara tätt involverad i dessa delar som beskrevs i referensmodellskapitlet.

Övriga delar i referensmodellen utförs av externa aktörer eller av staden beroende på vem som är bäst lämpad. Om valet faller på en extern aktör är det viktigt för staden att ha en tydlig kravställande organisation som har ett helhetstänk för att undvika att vertikala inläsningar uppstår. Målet för den kravställande organisationen är att ha ett horisontellt perspektiv för respektive lager och kontrollera att alla interna och externa aktörer följer uppsatta standarder och rutiner så att stadens olika vertikaler har möjligheten att kunna kommunicera med varandra.



Figur 7: Samverkansmodellen – Staden ansvarar för infrastruktur, säkerhet, stadens upphandling av kommunikationstjänster samt har ett tätt samarbete med ansvariga aktörer för övriga delar i referensmodellen.

Flexibilitet

Då staden ansvarar för infrastrukturen, som är det lager som kan ge störst inlåsningseffekt, ökar öppenhet i övriga lager. Den viktiga framgångsfaktorn är att staden kan tillgodose övriga aktörer med en operatörs- och tjänsteleverantörsneutral fiberinfrastruktur, det vill säga utan eget kommersiellt intresse att skydda i de övriga lagren. Staden får även en tydlig kravställande organisation som medför att aktörer verksamma inom den Smarta Staden anpassar sig till uppsatta standarder och rutiner för kommunikations- och säkerhetslösningar, vilket medför att vertikala inlåsningar motverkas och interoperabiliteten främjas.

Ekonomi

Om staden äger en välutbyggd fiber- och kommunikationsinfrastruktur sedan tidigare blir de initiala investeringskostnaderna och driftskostnaderna sannolikt lägre i jämförelse med de två andra marknadsmodellerna. Det kan dock uppstå kostnader ifall det behövs genomföras ytterligare utbyggnad och förändringar i den underliggande infrastrukturen. En eventuell nyetablering kommer att kräva omfattande investeringar och kommer sannolikt att ta flertalet år i anspråk. Investeringar och genomförandetid skall dock ställas i jämförelse med de nyttoeffekter som uppstår i form av möjlighet till konkurrensutsättning och ökad mångfald av leverantörer i övriga lager och tillgången till ett operatörsneutralt fibernät. Ett alternativ till en egen investering är ett så kallat "build-operate-transfer" upplägg där den initiala investeringen genomförs av en extern aktör i utbyte mot ett driftsavtal där infrastrukturen över tid överförs till staden och där staden efter övergången fullt ut äger infrastrukturen.

Innovation

Genom att tillgången till en öppen och operatörsneutral fiber och kommunikationsnät främjas konkurrens på tjänstenivå och skapar mångfald i utbudet till slutanvändaren. Den vertikalisering som ofta kan uppstå då en enskild aktör äger hela värdekedjan och samtliga lager kan undvikas och därmed kan en plattform för innovation skapas i de övre lagren, och då i synnerhet data- och applikationslagren som är centrala för att driva utveckling av nya tillämpningar och analystjänster.

Kunskap

Då staden i samverkansmodellen behåller utföransvar för flera av referensmodellens lager, kan kunskap och kompetens kvarhållas och utvecklas. Genom att samtidigt de övre lagren öppnas för flera aktörer och möjliga leverantörer, skapas en miljö där kunskap och kompetensutveckling kan drivas framåt av ett stort antal intressenter. Staden har även genom en bibehållen internkompetens förmågan att agera länk mellan stadens interna förvaltningar, externa leverantörer och övriga aktörer på ett effektivt sätt. I tillägg till att bibehålla kompetensen inom staden så säkerställs möjlighet till samverkan på regional och nationell nivå i större utsträckning.

Säkerhet

I samverkansmodellen ansvarar staden för säkerhetslagret och kan därmed i större utsträckning kontrollera och kvalitetssäkra data- och informationssäkerhet och integritet. Genom att ha ett tydligt ägarskap över säkerheten och till största möjliga utsträckning äga kritisk data skapas en stad där säkerheten utgör en av grundpelarna och där tekniska lösningar kan utvecklas i linje med stadens policys och riktlinjer för data- och informationssäkerhet.

Sammanfattning marknadsmodeller



















Med utgångspunkt i den tidigare beskrivna referensmodellen har tre principiella marknadsmodeller för en Smart Stad belysts: operatörsmodellen, specialistmodellen och samverkansmodellen. Varje marknadsmodell har sedan utvärderats utifrån fem strategiska beslutskriterier i syfte att tydliggöra konsekvenser och effekter av varje marknadsmodell. Baserat på utvärderingen kan det konstateras att samverkansmodellen är en effektiv modell då den:

- Ger stadens aktörer tillgång till en öppen och operatörsneutral fiberinfrastruktur vilket ger möjlighet till konkurrens och mångfald vilket i förlängningen driver innovation samt kunskaps- och kompetensutveckling.
- Ger staden möjlighet till att driva horisontella lösningar som möjliggör högre grad av interoperabilitet mellan tillämpningar och tekniker samt kan i högra utsträckning möjliggöra synergieffekter och säkerställa skalfördelar.
- Minskar risken för vertikaliserings och inlåsnings effekter och ger staden möjlighet till effektiva och konkurrensutsatta upphandlingar och leverantörsavtal
- Ger staden möjlighet att bibehålla kontroll över det viktiga säkerhetslagret i referensmodellen.

Staden kan utveckla en kravställande organisation där upphandling och utveckling inte sker i silos och viktig kompetens kan bibehållas. Därmed blir det möjligt att mer effektivt länka samman interna behov med externa aktörer och leverantörer.

I tabellen nedanför återfinns en översiktlig utvärdering av respektive marknadsmodell utifrån de strategiska beslutskriterierna.

Tabell 2: Utvärdering av marknadsmodellerna

	Operatörsmodellen	Specialistmodellen	Samverkansmodellen
Flexibilitet			
Ekonomi (Lång sikt)			
Innovation			
Kunskap			
Säkerhet			
Totalt			

Slutsatser och rekommendationer

Utvecklingen av smarta stads lösningar och tillämpningar sker nu i rask takt drivet av bland annat en snabb teknisk utveckling inom områden som IoT, cloud-tjänster och Big Data. För en stad, med många olika enheter och verksamheter, är en stor utmaning i samband med detta att skapa goda möjligheter för interoperabilitet mellan olika tekniker och tillämpningar och säkerställa synergier och skalfördelar tvärs dessa. En viktig nyckel till framgång är att undvika vertikala lösningar som fungerar som silos. För att lyckas med detta krävs ett horisontellt synsätt där man för olika områden skapar gemensamma lager med tydliga standarder och riktlinjer för tillämpningar och tekniker. En viktig uppgift för varje stad blir att definiera en "spelplan" för sin utveckling mot en Smart Stad, det vill säga vilken konceptuell bild för utvecklingen man väljer och hur man på bästa sätt kan skapa en öppen miljö som främjar konkurrens och mångfald och därmed innovation och utveckling av nya effektiva tekniker och tillämpningar. Då allt fler av stadens tjänster - alltifrån trafikstyrning och äldreomsorg - flyttar in i en digital miljö eller får digitala komponenter eller tilläggstjänster. I samband med detta är det av stor vikt att en stad, på samma sätt som tidigare tagit ansvar för analoga tjänster och infrastruktur och säkerställt att dessa fungerar effektivt tillsammans, tar ansvar för den digitala infrastrukturen. Därigenom säkras stadens strategiska styrning och utveckling av de områden staden ansvarar för, såväl nu som i framtiden.

Den referensmodell som tagits fram inom ramen för denna rapport, kan tjäna som en god grund för att definiera den konceptuella bild som varje stad behöver etablera och som skall syfta till att skapa horisontella lösningar och plattformar som minskar risken för vertikala tillämpningar som inte kan integreras. I tillägg kan referensmodellen fungera som utgångspunkt för diskussioner avseende smarta tjänster som skall fungera gemensamt för flera städer och kommuner på regional och nationell nivå. Fokus i denna rapport har av naturliga skäl varit städernas roll när det gäller Smart Stad. Den nationella nivån och EU-nivån har dock också en viktig roll vad gäller att skapa övergripande förutsättningar för en Smart Stad, såväl i form av incitament som tydliga spelregler som främjar utvecklingen. Därutöver kan den nationella nivån och EU-nivån ha en sammanhållande funktion och bidra med kompetens och erfarenhetsutbyte.

Referensmodellen

Den referensmodell som tagits fram bygger på sex olika lager. Modellen är av nödvändighet en förenkling av verkligheten, men ger en stad möjlighet att utifrån en gemensam bild, internt och med andra intressenter, diskutera centrala frågor avseende en Smart Stad såsom ägande, ansvar, interoperabilitet, standards med mera. De sex olika lagren omfattar:

Infrastruktur

- Infrastrukturlagret omfattar den fasta infrastrukturen, där fiber är den bästa och mest framtidsäkra lösningen. Fiber har inte några tekniska begränsningar samtidigt som den levererar symmetriska och betydligt högre hastigheter än de andra alternativen. Ägandet och kontrollen av infrastrukturen är av central vikt för en stad som vill ha en öppen och operatörsneutral marknadsmodell för sin Smarta Stad som möjliggör konkurrens i de övre lagren i referensmodellen.

Kommunikation

- Kommunikationslagret omfattar de aktiva kommunikationslösningarna som möjliggör slutkundstjänster och applikationer. En Smart Stad bör göra ett genomtänkt val när den väljer vem som ska leverera den aktiva kommunikationsinfrastrukturen i syfte att undvika inlåsnings effekter. Om möjligt bör vald leverantör inte vara aktiv i de övre lagren i modellen då detta riskerar begränsa möjligheten till konkurrens och innovation avseende tjänster och applikationer.

Sensorer

- Sensorlagret avser de olika enheter (IoT-enheter, beacons et cetera) som används för att samla data och information inom staden. En Smart Stad bör ha en enhetlig strategi för användandet av sensorer gällande standarder och protokoll för att underlätta datakommunikationen och skapandet av enhetlig data. Detta för att i ett framtida läge undvika kostnader som kan uppstå då olika vertikaler ska integreras.

Dataplattform

- Datalagret avser den samlade data och information som staden samlar in och hanterar. Staden ska säkra öppenheten till Big Data för stadens intressenter, detta för att intressenterna ska kunna kombinera datapunkter från olika vertikaler och därigenom kunna skapa ändamålsenliga och effektiva tjänster och applikationer. Det är även viktigt för en Smart Stad att bygga en flexibel lösning för lagring av data i syfte att undvika onödiga investeringar i infrastruktur som snabbt kan bli föråldrad.

Applikationer

- Applikationslagret avser de lösningar och applikationer som tas fram för stadens olika intressenter och medborgare. Staden ska framförallt verka som kravställare för applikationer, där den ska se till att övrig infrastruktur är på plats för att underlätta för andra aktörer att ha möjligheten att utveckla sina applikationer.

Säkerhet

- Säkerhetslagret avser de tekniker, lösningar med mera som skall säkerställa datasäkerhet och integritet tvärs stadens lösningar och applikationer. Staden bör ha en central strategi för säkerhetsarbetet och inriktningen bör vara att ha en huvudaktör som ansvarar för den övergripande kontrollen för stadens olika horisontella lager.

Marknadsmodeller

Utifrån referensmodellen kan flera olika marknadsmodeller, det vill säga praktiska tillämpningar av referensmodellen, definieras. Tre olika modeller har belysts och utvärderats i rapporten: Operatörsmodellen, Specialistmodellen och Samverkansmodellen. De olika modellerna har olika egenskaper och karakteristika och ger därmed olika effekter och konsekvenser. I syfte att tydliggöra effekter och konsekvenser och förstå skillnaderna mellan modellerna, har en utvärdering och jämförelse över fem olika kriterier (flexibilitet, ekonomi, innovation, kunskap och säkerhet) genomförts.

Baserat på genomförd utvärdering, kan det konstateras att Samverkansmodellen är den bäst lämpade för att skapa en framtidsäker, flexibel och innovationsmöjliggörande modell för Smarta Städer. Samverkansmodellen innebär att staden tar huvudansvaret för:

- Fiberinfrastrukturen, där staden själv och externa leverantörer har tillgång till en operatörsneutral fiberinfrastruktur vilket leder till en öppen och innovationsvänlig Smart Stad.

- Säkerheten och dataintegriteten, då detta kommer vara ett av de viktigaste områdena när en Smart Stad skapar stora mängder data som kan vara integritetskränkande för stadens invånare.
- Den kravställande organisation som sätter standarder och rutiner för både de interna- och externa aktörernas roller i modellen och med horisontella lösningar som en tydlig målbild

För övriga delar i referensmodellen bör den bäst lämpade aktören vara ansvarig och där även staden själva kan utföra dessa delar om den är mest lämpad. Oavsett val är det viktigt att horisontella lösningar och plattformar genomsyrar den smarta staden för att undvika vertikala inlåsnings som potentiellt kan bli mycket kostsamma och ineffektiva för en stad i ett långsiktigt perspektiv.

Appendix I – Källor

Accenture (2016): *"Telehealth and patient engagement tools are transforming care delivery"*. Hämtad juni 2016 från <https://www.accenture.com/us-en/insight-highlights-health-familiar-technologies-leverage-telehealth>

Arthur D Little (2015): *"Connecting the dots – Telecommunication providers as enablers for Smart Cities"*. Hämtad från juni 2016
http://www.adlittle.com/downloads/tx_adlreports/ADL_SmartCity_Telcos-as-enablers.pdf

Broadband World Forum (2015): *"FTTX: Delivering the future of connectivity"*. Hämtad juni 2016 från <https://broadbandworldforum.wordpress.com/2015/07/22/fttx-delivering-the-future-of-connectivity/>

Cable Labs (2015): *"Featured Technology – DOCSIS 3.1 – A New Generation of Cable Technology"*. Hämtad november 2015 från <http://www.cablelabs.com/innovations/featured-technology/>

Cerrudo, C; IOActive Labs (2015): *"An Emerging US (and World) Threat: Cities Wide Open to Cyber Attacks"*. Hämtad juni 2016 från
http://www.ioactive.com/pdfs/IOActive_HackingCitiesPaper_CesarCerrudo.pdf

DarkReading, InformationWeek (2015): *"Smart Cities' 4 Biggest Security Challenges"*. Hämtad juni 2016 från <http://www.darkreading.com/vulnerabilities---threats/smart-cities-4-biggest-security-challenges/d/d-id/1321121>

Deloitte (2015): *"Smart Cities PoV - How rapid advances in technology are reshaping our economy and society"*.

Deloitte (2013): *"Kommunikationsinfrastrukturens betydelse för bredbandsmarknaden"*.

Department for Business Innovation & Skills, UK (2013): *"Smart cities – Background paper"*. Hämtad juni 2016 från
https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/246019/bis-13-1209-smart-cities-background-paper-digital.pdf

Elloumi, O; Alcatel-Lucent (2015): *"Horizontal platforms offer fast track to vertical applications – applicability of one M2M to smart city and smart living"*. Hämtad juni 2016 från https://docbox.etsi.org/Workshop/2015/201512_M2MWORKSHOP/KEYNOTE_ALCATELLUCENT_ELLOUMI .pdf

European Commission (2016): *"Smart Cities"*. Hämtad juni 2016 från
<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/smart-cities>

European Commission (2014): *"Guide to High-Speed Broadband Investment"*, Release 1.1 – 22 oktober 2014

European Network and Information Security Agency, ENISA (2012): *"Critical Cloud Computing"*. Hämtad juni 2016 från https://www.enisa.europa.eu/activities/Resilience-and-CIIP/cloud-computing/critical-cloud-computing/at_download/fullReport

European Parliament (2014): *"Mapping Smart Cities in the EU; European Parliament"*. Hämtad juni 2016 från [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE_ET\(2014\)507480_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE_ET(2014)507480_EN.pdf)

GSMA Intelligence (2014): *"Understanding 5G: Perspectives on future technological advancements in mobile"*. Hämtad juni 2016 från <https://www.gsmainelligence.com/research/?file=141208-5g.pdf&download>

GSMA (2016): *"Unlocking Commercial Opportunities From 4G Evolution to 5G"*. Hämtad juni 2016 från http://www.gsma.com/network2020/wp-content/uploads/2016/02/704_GSMA_unlocking_comm_opp_report_v5.pdf

IDC Planscape (2015): *"The Essentials of Internet of Things Investment for Smart Cities"*. Hämtad juni 2016 från http://www.idc.com/prodserv/decisionscapes/RESOURCES/ATTACHMENTS/IDC_PlanScap_e-The_Essentials_of_IoT_Investment_for_Smart_Cities.pdf

International Electrotechnical Commission (2015): *"Orchestrating infrastructure for sustainable Smart Cities"*. Hämtad juni 2016 från <http://www.iec.ch/whitepaper/pdf/iecWP-smartcities-LR-en.pdf>

International Telecommunication Union (ITU) (2014): *"Smart sustainable cities: An analysis of definitions"*. Hämtad juni 2016 från https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ssc/Documents/Approved_Deliverables/TR-Definitions.docx

Libelium (2016): *"50 Sensor Applications for a Smarter World"*. Hämtad juni 2016 från http://www.libelium.com/top_50_iot_sensor_applications_ranking/

Light Reading (2014): *"G.fast: The Dawn of Gigabit Copper?"*. Hämtad November 2015 från <http://www.lightreading.com/huawei-ultra-broadband-forum/gfast-the-dawn-of-gigabit-copper/a/d-id/710565>

Mölleryd, B. (2015): *"Development of High-speed Networks and the Role of Municipal Networks"*. OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, No. 26, OECD Publishing, Paris.

National Institute of Standards and Technology (2015): *"Designed-in Cyber security for Smart Cities: A Discussion of Unifying Architectures, Standards, Lessons and R&D Strategies"*. Hämtad juni 2016 från http://www.nist.gov/cps/cybersec_smartcities.cfm

Perle (2016): *"3 essential network considerations for smart cities"*. Hämtad juni 2016 från <https://www.perle.com/articles/3-essential-network-considerations-for-smart-cities-40117618.shtml>

Russel, R (2015): *"IoT & Smart Cities: Not horizontal, cross vertical!"*. Hämtad juni 2016 från <http://www.labcities.com/iot-smart-cities-not-horizontal-cross-vertical/>

SmartCitiesCouncil (2013): *"4 ways cities are getting smarter healthcare"*. Hämtad juni 2016 från <http://smartcitiescouncil.com/article/4-ways-cities-are-getting-smarter-healthcare>

SINTEF (2013): *"Big Data, for better or worse: 90% of world's data generated over last two years"*. Hämtad juni 2016 från www.sciencedaily.com/releases/2013/05/130522085217.htm

Stockholms stad (2015): *"Folkmängden i Stockholm 1252 – 2014"*. Hämtad juni 2016 från <http://statistik.stockholm.se/images/stories/excel/Tabell%202.3.htm>

Stockholms stad (2016): *"Hur kan Stockholm bli världens smartaste stad?"*. Hämtad juni 2016 från <http://www.stockholm.se/-/Nyheter/Var-vision/Hur-kan-Stockholm-bli-varldens-smartaste-stad/>

Telecoms.com (2015): *"BT, Alcatel-Lucent reach 5Gbps over copper in XG.Fast lab trial"*. Hämtad november 2015 från <http://telecoms.com/448561/bt-alcatel-lucent-reach-5gbps-over-copper-in-xg-fast-lab-trial/>

Telefónica (2016): *"Smart Cities – Leading the IoT pathway"*. Hämtad juni 2016 från <https://iot.telefonica.com/smart-cities/smart-cities>

Uraia (2015): *"Public-Private Partnerships for SMART City Management - Recommendations for local governments to prepare and implement SMART PPPs"*. Hämtad juni 2016 från <http://www.uraia.org/files.uploads/oct-2015-uraia-smart-ppp-eng>

Urban Sustainability Directors Network (2015): *"Getting Smart About Smart Cities"*. Hämtad juni 2016 från [http://sustainablecommunitiesleadershipacademy.org/resource_files/documents/Smart%20Cities%20RG%20\(2\).pdf](http://sustainablecommunitiesleadershipacademy.org/resource_files/documents/Smart%20Cities%20RG%20(2).pdf)

Intervjuer

Staffan Ingvarsson VD, Stokab. Intervjun genomförd i maj 2016.

Jörgen Sandström, Head of Internal IT, Sveriges Kommuner och Landsting.

Jo Arne Lindstad, VP of Customer Unit Industry and Society, Ericsson.

Bengt-Åke Claesson, Senior Advisor Cloud/IoT, CGI.

Johan Falk, Telecommunications and IT Business Dev Executive, Intel.

Stefan Carlsson, enhetschef, Stockholms stads IT-avdelning.

Per Gadenius, Global IoT Partners Manager, och Joakim Elmquist, Director IoT Solution Consultants, Tele2.

Appendix II - Förkortningar

DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification
FTTB	Fibre to the Building
FTTC	Fibre to the Curb
FTTH	Fibre to the Home
FTTN	Fibre to the Node
FTTP	Fibre to the Premise
ICT	Information and communications technology
IoT	Internet of Things
IPv6	Internet Protocol version 6
GBPS	Gigabits per second
MBPS	Megabits per second
LoRa	Low Power Wide Area Network
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PTS	Swedish Postal and Telecommunications regulator
RFID	Radio-frequency identification
VDSL	Very high data rate Digital Subscriber Line

Appendix III – Bredbandslösningar

	Fiber (FTTH/B)	Koax	Koppar
Mest kommersiellt tillämpade bredbands-tekniken	GbE/GPON	DOCSIS 3.0	VDSL2
Hastigheter (ner/upp)	1/1 Gbps (eller högre)	300/50 Mbps	60/10 Mbps
Avstånd	Upp till 80 km	0,5 - 3 km (hög - låg hastighet)	0,2 - 1,5 km (hög - låg hastighet)
Egenskaper av infra-struktur	<p>Fiber är installerat hela vägen in till slutkonsumentens hem (FTTH) eller dess byggnad (FTTB).</p> <p>Fibernätet i sig har inga tekniska begränsningar för maxkapacitet – gränsen utgörs av den aktiva utrustningen som används för att transmitta ljus genom fiberkablarna.</p> <p>Enda bredbands-infrastrukturen som bedöms vara helt framtidssäker. Låg fördröjning (latency) och ej begränsad av avstånd.</p>	<p>Använder fiber till "utmatningsstationer", sedan koaxkablarna sista biten ("last mile") för att nå slutkonsumenten i hemmet eller byggnaden.</p> <p>Hastigheten måste delas mellan användare, vilket betyder att ett hushåll sällan kan uppnå topphastigheten som en koaxkabel kan leverera (eftersom koaxkablarna nästan alltid delas mellan flera hushåll).</p> <p>Vidareutvecklingen DOCSIS 3.1 ska kunna leverera hastigheter på uppemot 10 Gbps nedströms och 1 Gbps uppströms. De första utrullningarna bedöms ske inom 1-2 år.²³</p>	<p>För VDSL skickas data från operatören till ett teleskop på gatan, varefter data skickas via kopparkablarna in till slutkonsumentens hem (FTTC).</p> <p>Resistansen på koppar innebär att man har kraftiga begränsningar på hur långa avstånd man kan skicka signaler över – detta gäller särskilt för signaler med högre frekvens.</p> <p>Vidareutvecklingen av VDSL, kallat G.Fast, ska kunna leverera (asymmetriska) hastigheter upp till 300-500 Mbps nedströms. Dock är avståndet kraftigt begränsat och G.Fast bedöms ha en räckvidd på under 100 m.^{24 25}</p> <p>Den senaste vidareutvecklingen, XG.FAST, har i labbmiljöer uppnått hastigheter på 5 Gbps. Denna teknik bedöms dock ha långt kvar tills den kan bli kommersiellt gångbar.²⁶</p>

²³ Cable Labs (2015): "Featured Technology – DOCSIS 3.1"

²⁴ En symmetrisk uppkoppling innebär att den har samma hastighet både ned- och uppströms.

²⁵ Light Reading (2014): "G.fast: The Dawn of Gigabit Copper?"

²⁶ Telecoms.com (2015): "BT, Alcatel-Lucent reach 5Gbps over copper in XG.Fast lab trial"