

**MÄTPROTOKOLL**

Datum: 2009-09-10

Vår referens: 2009/3427

Författare: Jimmy Estenberg

Fastställt: Hélène Asp 2009-09-10

Mätning av radiovågor från trådlösa datornätverk på Hällsviks bycenter

Syftet med mätningarna var att undersöka hur eleverns exponeringsnivå av radiovågor kan påverkas av trådlösa datornätverk på skolan.

Sammanfattning

Datornätverket på Hällsviks bycenter använder radiovågor för att kommunicera trådlöst. Det trådlösa datornätverket har samma sändarstyrka och är av samma typ som trådlösa nätverk som används i hemmen. Signalstyrkan från det trådlösa nätverket, WLAN, mättes på platser där elever normalt befinner sig. Mätresultaten visar att exponeringen för WLAN-signaler varierar beroende på var man befinner sig och hur hårt nätverket är belastat. När nätverket var i stand-by läge sände det under 6-12 % av tiden. När nätverket belastades uppmättes som högst en aktivitet på 69 %. Det högsta toppvärdet uppmättes när nätverket var belastat och uppgick till $1,8 \text{ mW/m}^2$ (milliwatt per kvadratmeter). Motsvarande medelvärde var $1,2 \text{ mW/m}^2$. I dessa mätvärden ingår signaler både från accesspunkterna och från datorerna. Strålsäkerhetsmyndighetens rekommenderade maxvärde för allmänheten är $10\,000 \text{ mW/m}^2$ för WLAN-signaler (SSM FS 2008:18).

Som jämförelse gjordes även mätningar av andra källor, som radio- och TV-sändningar, kommunikationsradio, trådlösa telefoner (DECT) och mobiltelefoner samt deras basstationer. Mätningarna gjordes både på Hällsviks bycenter och på Skutehagen, en skola som saknade WLAN. Mätningen på Hällsviks bycenter gjordes på skolgården och i ett rum utan WLAN-accesspunkt. Mätresultaten visar att bidraget från WLAN är försumbart på skolgården och i rum som saknar accesspunkt. De dominerande källorna på dessa platser och på Skutehagen är istället radio, TV och mobilbasstationer (3G och GSM).



I rum med accesspunkt ger WLAN det största enskilda bidraget till den totala exponeringen. Om man sitter vid en dator som sänder data via det trådlösa nätverket så ger datorn det största exponeringsbidraget eftersom den sänder liknande signaler som accesspunkten samtidigt som den är på ett kortare avstånd. Om man bortser från datorerna så ger accesspunkten i rummet den högsta exponeringen, mätvärdena visar på toppvärden på upp till $0,2 \text{ mW/m}^2$ på två meters avstånd. Medelvärdet på motsvarande avstånd är $0,01\text{-}0,02 \text{ mW/m}^2$ när nätverket är i stand-by läge.

Mätobjekt

På Hällsviks bycenter i Torslanda fanns tre accesspunkter för trådlöst datornätverk (WLAN, Wireless Local Area Network). Frekvensen var inom 2,4-2,5 GHz. Referensmätningar gjordes på en närliggande skola, Skutehagen, som saknade WLAN.

Sändarstyrkan (uteffekten) för WLAN är begränsad till max 0,1 watt per accesspunkt men signalen är pulsad vilket gör att medeluteffekten blir lägre. Ju mer data som överförs desto tätare kommer pulserna och desto högre blir medeluteffekten. Det gäller för både datorn och accesspunkten.

Mätutrustning

Den använda mätutrustningen presenteras i tabell 1. Dels användes en personexponeringsmätare, dels användes ett mätsystem bestående av en spektrumanalysator och en mätantenn. Spektrumanalysatorns inställningar presenteras i tabell 2. Mätsystemets totala mätosäkerhet är mindre än +/- 2,7 dB, vilket innebär en avvikelse med som mest -46% till +86%.

Personexponeringsmätaren är inte lika noggrann, men den mäter kontinuerligt, med ett mätvärde var fjärde sekund.

Tabell 1. Mätinstrument

Instrument	Märke	Modell	Serienummer	Kalibreringsdatum
Spektrumanalysator	Anritsu	MS2721A	451081	2008-10-17
Mätantenn	A.R.C	PCD 8250	060401	2008-11-07
Antennkabel	A.R.C	RG 400	K299/E	2008-11-04
Personexp. mätare	Antennessa	EME SPY 120	DE_004_1106	2006-03-22



Tabell 2. Spektrumanalysatorns inställningar

Inställning	Detektor	Sampling	RBW	VBW
Fullspektrum	Peak*	Maxhold	100 kHz	300 kHz
WLAN max	RMS	Maxhold	1 MHz	3 MHz
WLAN medel	RMS	Medel 60 svep	1 MHz	3 MHz

**Peak detektor i kombination med max hold ger en överskattning av signalen eftersom mätvärdet med denna inställning visar högsta registrerade exponering vid den aktuella mätplatsen. RMS detektor och medelvärde över 60 svep ger istället en mer rättvis bild av den verkliga exponeringen under mättiden.*

Genomförande

Mätningarna utfördes 2009-06-07 mellan klockan 10.00-16.30 av Jimmy Estenberg (Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM) och Viktor Hakeberg (SSM). Under delar av mätningarna närvarade även Dieter Ostwald (vaktmästare Skutehagen), Susan Dalton (IT-strateg Göteborgs stad, Torslanda), Anna-Carin Öhman (rektor Hällsviks bycenter) samt fyra intresserade föräldrar och en person som de ombett att göra egna mätningar parallellt med SSM.

Vid mätningarna användes en spektrumanalysator för att kunna urskilja olika signaler. Spektrumanalysatorn kopplades till en mätantenn som var placerad på ett 1,5 m högt icke-ledande stativ för att undvika onödig störning och påverkan av signalerna som mättes. Mätmetoden finns beskriven i SSI-rapport 2008:13 som finns tillgänglig som pdf-dokument på www.ssm.se.

Totalt valdes två mätplatser på Skutehagen (studierummet Skonaren och klassrummet Tärnan) och nio mätplatser på Hällsviks bycenter (i Maneten, Bokrummet, Hummern, Sjöstjärnan och ute på skolgården). Mätplatserna beskrivs i figur 1-13 nedan.

Tre olika typer av mätningar gjordes; hela frekvensspektret (60-2500 MHz), detaljerade mätningar av enbart WLAN-signaler och kontinuerlig mätning av WLAN-signaler med hjälp av en personexponeringsmätare (PEM). Före mätningarna på Hällsviks bycenter säkerställdes att samtliga tre accesspunkter var i drift. Efter mätningarna stängdes nätverket ner för mätning av bakgrundsnivån.

Vid två av platserna på varje skola mättes hela frekvensspektret (60-2500 MHz) för att kunna jämföra styrkan mellan signaler från olika källor. Frekvensområdet omfattar bland annat radio- och TV-sändningar,



kommunikationsradio, trådlösa datornätverk (WLAN), trådlösa telefoner (DECT) och mobiltelefoner samt deras basstationer. Vid dessa mätningar användes inställningar på instrumentet som säkerställer att inga signaler underskattas. Inställningarna medför dock att pulsade signaler överskattas. I det här fallet gäller det främst GSM-mobiltelefoni, DECT och WLAN.

I Bokrummet, Hummern och Sjöstjärnan fanns WLAN-accesspunkter och där mättes endast WLAN-signaler. Vid WLAN-mätningar användes optimala inställningar för att undvika över- och underskattning av signalens styrka. Mätvärdena ger därmed en sannare bild av den verkliga signalstyrkan. Både maxvärden och medelvärden mättes. För att beräkna medelvärdet användes inställningen *zero span* på spektrumanalysatorn som gör att tidskvoten, dvs hur stor del av tiden som nätverket sänder, kan mätas. Eftersom nätverket under sändning alltid har samma styrka fås medelvärdet genom att multiplicera maxvärdet med tidskvoten.

Personexponeringsmätaren (PEM) var fäst i midjehöjd och bars med under hela mät dagen för att mäta och logga WLAN-signalernas styrka. PEM-mätningarna är inte lika exakta som de övriga mätningarna och visar endast nivån på de platser där mätaren befann sig under dagen. Resultaten från PEM-mätningarna är därför inte nödvändigtvis representativa för elevernas normala exponering.

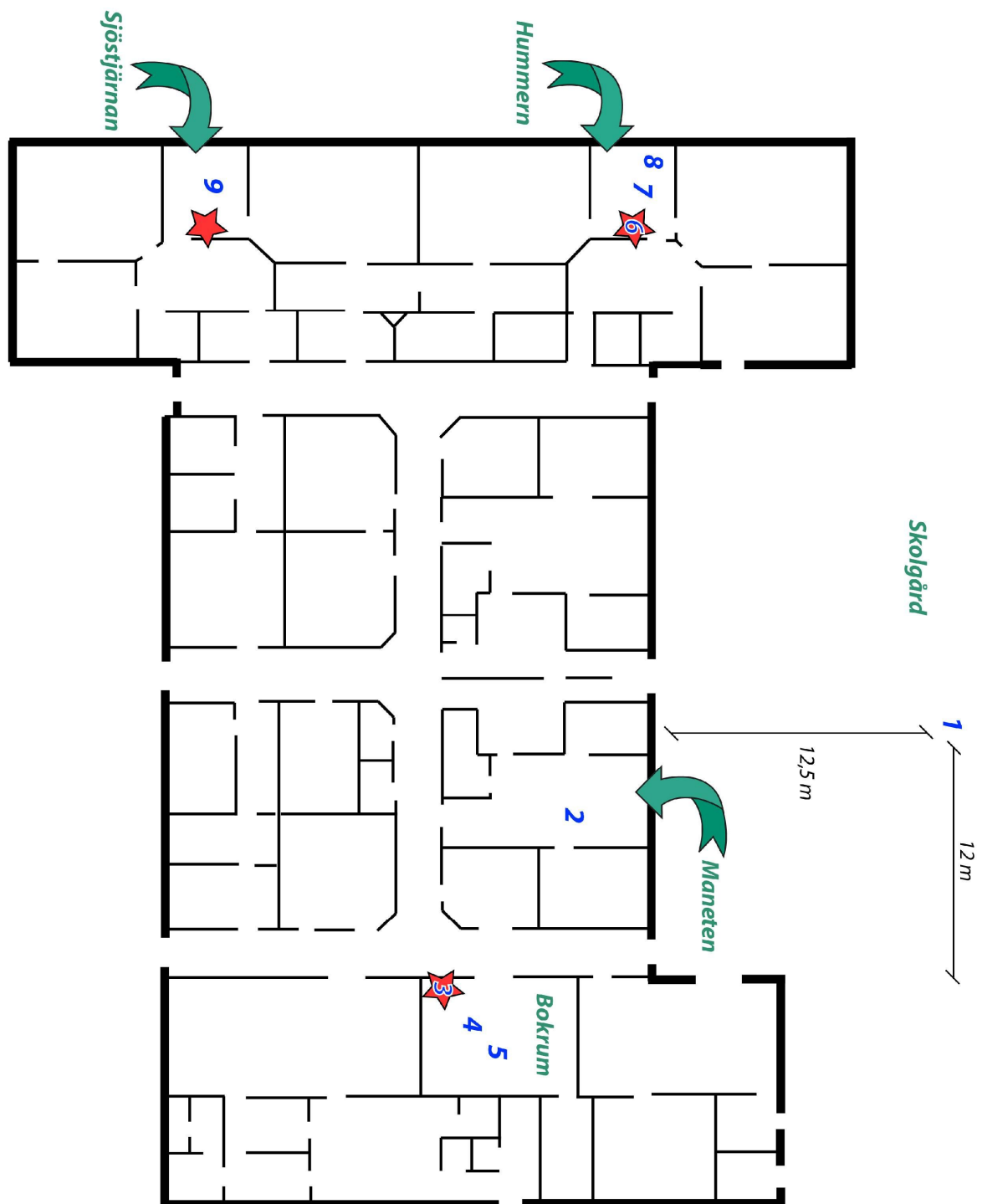
Vid en av mätplatserna på Hällsviks bycenter användes fyra bärbara datorer för att belasta nätverket vid en av mätningarna. Belastningen bestod i att datorerna ”streamade” film från Internet, vilket medför hög belastning. Det möjliggjorde att exponeringsskillnader under olika förhållanden kunde mätas och jämföras. Under övriga mätningar var nätverket i drift men obelastat, dvs inga datorer var anslutna.



Figur 1. Studierummet Skonaren på Skutehagen. Mätantennen syns i bildens mitt.



Figur 2. Klassrummet Tärnan på Skutehagen. Mätantennen syns i bildens mitt.



Figur 3. Skiss över Hällsviks bycenter. Mätplatserna på skolan är numrerade 1-9 och beskrivs detaljerat nedan. De tre WLAN-accesspunkterna är markerade med stjärnor.



Figur 4. Skolgården på Hällsviks bycenter. Mätantennen syns i bildens mitt.



Figur 5. Skolgården med Hällsviks bycenter i bakgrunden.



Figur 5. Allrummet Maneten på Hällsviks bycenter. Mätantennen syns i bildens mitt.



Figur 6. Bokrummet på Hällsviks bycenter. Mätantennen syns i bildens mitt. Mätplatsen betecknas Bokrummet (5).



Figur 7. Bokrummet (3).



Figur 8. Bokrummet (4).

Accesspunkten var placerad 2,3 m över golvet.



Figur 9. Grupperummet Hummern på Hällsviks bycenter. Mätantennen syns till höger om fönstret. Mätplatsen betecknas Hummern (8).

Accesspunkt



Figur 10. Hummern (6).



Figur 11. Hummern (7).

Accesspunkten var placerad 2,5 m över golvet.



Accesspunkt



Figur 12. Grupprummet Sjöstjärnan på Hällsviks bycenter. Mätantennen syns till vänster i bild och accesspunkten syns högst upp till höger, 2,5 m över golvet.



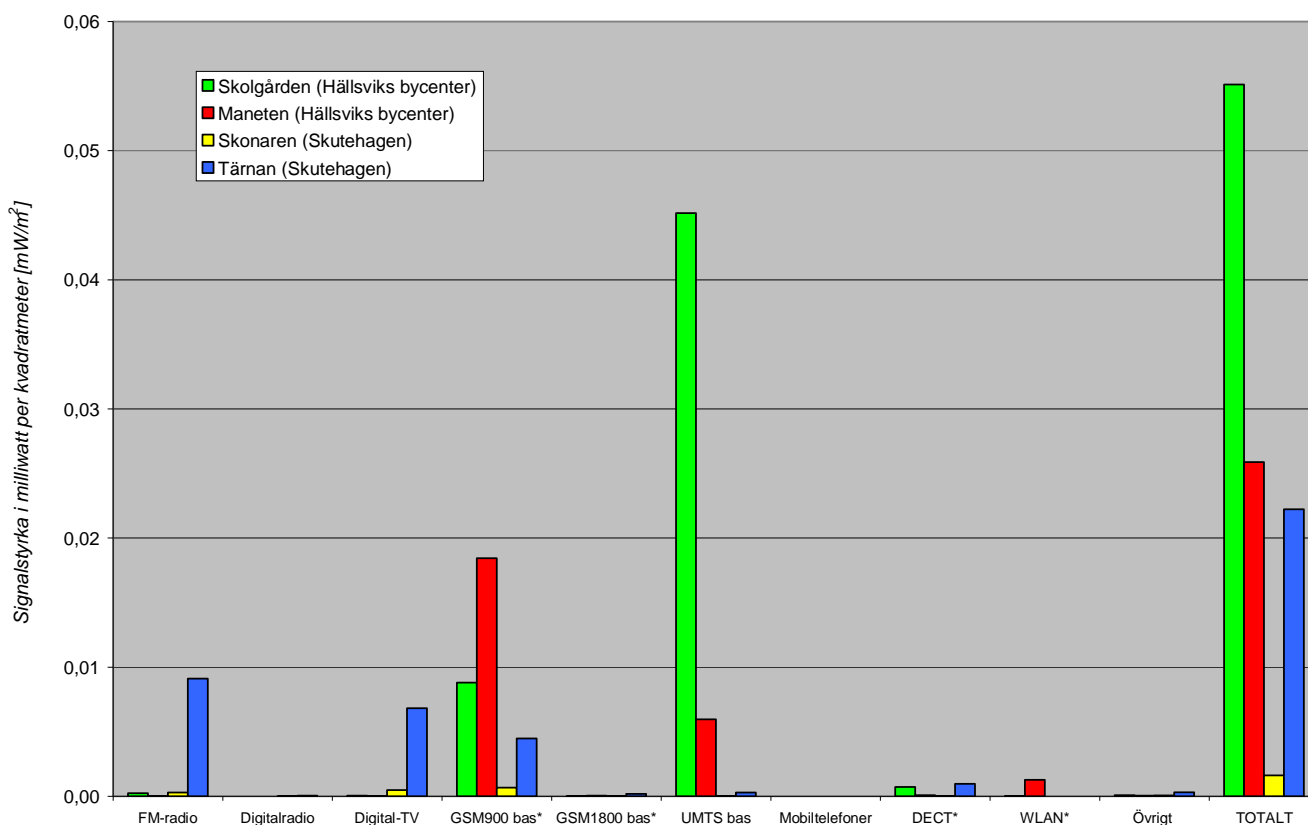
Figur 13. Bilden visar samma mätuppställning som ovan med de fyra datorerna uppkopplade.



Resultat av fullspektrummätningarna

Mätning av hela frekvensspektrat (60-2500 MHz) gjordes på fyra platser; skolgården och Maneten på Hällsviks bycenter samt Skonaren och Tärnan på Skutehagen. Figur 14 visar uppmätta signalstyrkor från olika källor vid de fyra mätplatserna. Den högsta totala exponeringen uppmättes på skolgården till 0,055 mW/m², vilket motsvarar ungefär 5 miljondelar av Strålsäkerhetsmyndighetens rekommenderade maxvärde. Det största bidraget på skolgården kom från UMTS (3G)-basstationer.

I tabell 3 presenteras de uppmätta värdena i sifferform.



*Signalen är pulsad och överskattas därför med den aktuella mätmetoden

Figur 14. Signalstyrkor från olika källor vid de fyra mätplatserna.



Tabell 3. Mätresultat från fullspektrummätningarna på Skutehagen och Hällsviks bycenter.

Källa	Skonaren kl. 10.16	Tärnan kl. 10.51	Skolgården kl. 12.21	Maneten kl. 13.10
FM-radio	2,9E-04	9,1E-03	2,4E-04	2,6E-05
Digitalradio	1,6E-05	5,6E-05	5,5E-07	9,8E-07
Digital-TV	4,9E-04	6,8E-03	5,9E-05	3,2E-05
GSM900 bas*	6,7E-04	4,5E-03	8,8E-03	1,8E-02
GSM1800 bas*	1,9E-05	2,0E-04	1,5E-05	4,9E-05
UMTS bas	4,0E-05	2,9E-04	4,5E-02	6,0E-03
Mobiltelefoner	2,2E-06	2,0E-06	2,2E-06	3,4E-06
DECT*	3,1E-05	9,6E-04	7,2E-04	9,0E-05
WLAN*	1,1E-06	1,4E-06	4,2E-05	1,3E-03
Övrigt	6,7E-05	3,1E-04	8,2E-05	5,1E-05
TOTALT	1,6E-03	2,2E-02	5,5E-02	2,6E-02

*Signalen är pulsad och överskattas därför med den aktuella mätmetoden

Resultat av de detaljerade WLAN-mätningarna

Detaljerade mätningar av WLAN-signaler gjordes i fyra rum på Hällsviks bycenter. Mätresultaten visas i tabell 4. Där redovisas signalstyrkans uppmätta maxvärde, medelvärde samt vilken frekvens som accesspunkten använde i det aktuella rummet. Maxvärdet motsvarar nivån när nätverket är maximalt belastat och sänder för fullt. Platserna i tabell 4 är betecknade på samma sätt som i beskrivningen av mätplatserna ovan.

Tabell 4. Resultat från de detaljerade WLAN-mätningarna på Hällsviks bycenter.

Plats	Maxvärde mW/m^2	Medelvärde mW/m^2	Centerfrekvens MHz	Tidpunkt	Avstånd till närmsta accesspunkt
Maneten (2)	0,00067	0,000084		14.19	ej mätt
Bokrummet (3)	0,105	0,013	2437	14.30	rakt under
Bokrummet (4)	0,19	0,023	2437		2 meter
Bokrummet (5)	0,061	0,0073	2437		4,4 meter snett framför
Hummern (6)	0,054	0,0032	2412	14.55	rakt under
Hummern (7)	0,15	0,0090	2412		2 meter rakt framför
Hummern (8)	0,028	0,0017	2412		3,9 meter rakt framför
Sjöstjärnan (9)	0,090	0,0054	2461	15.50	3 meter
Sjöstjärnan (9)*	1,8	1,2	2461	15.57	3 meter
Sjöstjärnan (9)**	<0,00007	ej mätt			ingen aktiv accesspunkt

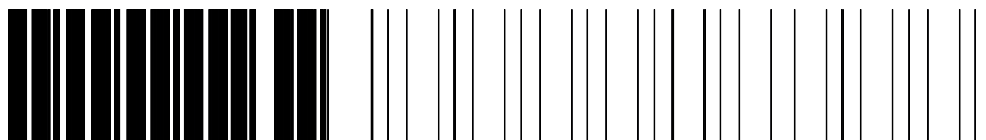
*Vid belastning med fyra datorer. Signalerna både från datorerna och från accesspunkterna är inkluderade i mätvärdena.

**Bakgrundsnivå med samtliga accesspunkter avstängda

Mätvärdena visar att signalstyrkan var lägre rakt under accesspunkten än 2 meter framför. Anledningen är att accesspunkten riktar radiovågorna framåt snarare än nedåt.

Samtliga uppmätta värden ligger långt under Strålsäkerhetsmyndighetens rekommenderade maxvärde som är $10\ 000\ mW/m^2$ för allmänheten.

För att beräkna medelexponeringen mättes hur aktivt nätverket var. Figur 15 visar att nätverket sänder tätare, men med samma styrka, när belastningen ökar. Det gör att signalstyrkan varierar, men alltid ligger under maxvärdet. Figur 15a visar att nätverket sände under 69 % av tiden när de fyra datorerna belastade nätverket genom att visa video från Internet. När inga datorer var uppkopplade och nätverket var i stand-by läge så sände det bara under 6-12 % av tiden, se figur 15b.



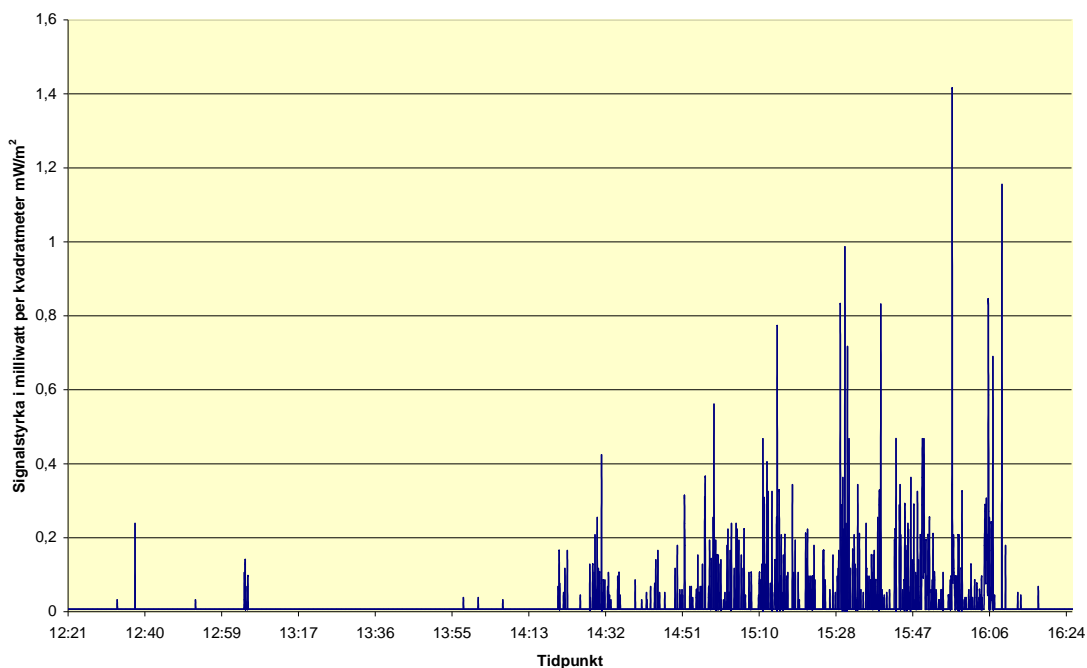
Figur 15a. 69% aktivitet. Figur 15b. Nätverket i stand-by läge, 6% aktivitet.

Resultat av personexponeringsmätningarna

En personexponeringsmätare (PEM) bars med för att kontinuerligt mäta WLAN-signalernas styrka under dagen. Resultatet presenteras i figur 16. PEM-mätningen ger inte lika exakta värden som de andra mätmetoderna.

Under den första halvan av mätserien var mätaren huvudsakligen på Hällsviks bycenters skolgård och i allrummet Maneten. Under den andra halvan av mätserien var mätaren runt i olika delar av Hällsviks bycenter, vid vissa tillfällen nära WLAN-sändare (accesspunkter och datorer) och vid andra tillfällen var avståndet större. Det är därför inte säkert att värdena är representativa för elevers exponering, men de ger ändå en indikation på hur exponeringen kan se ut.

Det högsta värdet, på ca $1,4 \text{ mW/m}^2$, uppmättes under tiden som datornätverket belastades med fyra datorer. Instrumentet har endast känslighet för att kunna detektera signaler som är starkare än $0,0067 \text{ mW/m}^2$. Under mätperioden som presenteras nedan var 3300 av de 3730 mätvärdena, vilket motsvarar 88 %, lägre än detektionsgränsen.



Figur 16. Signalstyrka för WLAN, uppmätt med personexponeringsmätare.