

# Sperimentazione pre-operativa DVB-T in area di servizio

ing. Paolo Benvenuto **Forni**,  
ing. Silvio **Ripamonti**,  
ing. Vincenzo **Sardella**

**Rai - Centro Ricerche e  
Innovazione Tecnologica**  
Torino

## 1. Introduzione

Nel quadro dell'attività rivolta all'introduzione dei futuri servizi televisivi digitali sulle reti terrestri (DVB-T) [1] il Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica della RAI (CRIT), in stretta collaborazione con RaiWay, ha avviato da tempo una sperimentazione, differenziata per aree geografiche e per servizi, i cui primi risultati sono stati presentati dalla RAI in ambito al Comitato Nazionale per lo sviluppo dei sistemi digitali costituito dall'Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni [2], ed in ambito internazionale [3], [4].

Il primo esperimento pilota è stato avviato a Torino a partire dal febbraio 1998, con lo scopo principale di valutare sul campo le prestazioni del DVB-T, ponendo particolare attenzione alla capacità trasmissiva, alla qualità del servizio, al "bouquet" di programmi (audio, video, dati) offerti: sono questi i parametri che consentono di identificare la miglior configurazione di servizio in grado di interessare la più vasta utenza. Altre aree di sperimentazione sono state allestite a Roma e a Palermo, direttamente a cura di RaiWay; un secondo test-bed curato da RAI-CRIT e RaiWay è in fase di realizzazione in Valle d'Aosta.

L'articolo analizza le configurazioni delle reti pilota a Torino (canali 28 e 66) e in Valle d'Aosta (canale 64), con particolare attenzione ai parametri adottati per la codifica del segnale di sorgente e per la trasmissione; descrive sinteticamente i criteri per la stima della copertura del servizio, con riferimento ai metodi ed alle procedure adottati in ambito CEPT, sia per reti a singola frequenza (SFN Single Frequency Network) che per reti convenzionali multifrequenza (MFN Multi Frequency Network), avvalendosi di modelli propagativi avanzati integrati con modelli numerici del territorio; riporta le previsioni della copertura radioelettrica del servizio DVB-T sperimentale. Inoltre sono presentati i risultati di misure del campo elettromagnetico (e.m.) e della copertura percentuale eseguite nell'area torinese, con particolare riguardo alla ricezione fissa e in movimento su autoveicoli.

### Sommario

L'articolo riporta i principali risultati della sperimentazione pre-operativa di televisione digitale terrestre (DVB-T) condotta nell'area pilota di Torino e illustra l'architettura della rete DVB-T in Valle d'Aosta che costituirà prossimamente una nuova area di sperimentazione della Rai.

La sperimentazione pre-operativa, descritta nell'articolo, ha permesso di effettuare valutazioni tecniche sulle effettive prestazioni del sistema DVB-T in area di servizio, focalizzate sulla ricezione fissa, portatile e mobile. Queste indagini, arricchite dai risultati di valutazioni tecniche effettuate in laboratorio [5] forniscono rilevanti informazioni sulle prestazioni del sistema DVB-T in vista dell'introduzione del servizio operativo.

## **2. Criteri di valutazione delle coperture**

La copertura di un impianto o di una rete di impianti di diffusione viene calcolata suddividendo l'area geografica su cui opera il singolo impianto (o la rete) in un numero di zone (aree locali) sufficientemente elevato in modo da poter evidenziare la variazione spaziale del campo sull'area geografica considerata. E' necessario che tali zone siano sufficientemente piccole da potersi considerare statisticamente rappresentate in termini di campo elettrico ricevuto fornendone il valore in un punto dell'area (p. es. al centro) e la percentuale di tutte le possibili postazioni riceventi omogenee (p. es. tutte fisse) localizzabili nella singola area locale per cui tale valore risulta superato. Nel caso in cui la percentuale di superamento corrisponda al 50 %, il valore di campo calcolato corrisponde alla media dei valori di campo riscontrabili sulle locazioni nell'area.

La percentuale di locazioni riceventi appartenenti all'area locale per cui risulta superato il valore di campo minimo richiesto dal servizio di diffusione televisiva, è denominata "percentuale di località".

Dal momento che i sistemi a modulazione numerica sono caratterizzati da un'ecce-

lente qualità ma subiscono un brusco degrado allorchè viene raggiunta la soglia di sensibilità del sistema, per essi si richiede una disponibilità del servizio (per località e per percentuale di tempo) superiore ai requisiti tipici della televisione analogica, per cui si specifica una disponibilità per il 50% del tempo e per il 50% delle località. Tipicamente per la televisione digitale terrestre [6] è richiesta la disponibilità per il 99% del tempo mentre la disponibilità per località viene differenziata secondo la qualità: una copertura è considerata buona se caratterizzata da una disponibilità per il 95% delle località, accettabile per disponibilità del 70%. Generalmente si preferisce assicurare una disponibilità per il 95% delle località nel caso di ricezione fissa con antenna direttiva sul tetto, ed accettare una disponibilità per il 70% delle località nel caso di ricezione portatile all'interno delle abitazioni.

La valutazione della copertura di un servizio diffusivo richiede quindi il calcolo preventivo del campo prodotto da uno o più impianti trasmettenti, in termini di campo minimo richiesto per soddisfare i requisiti di qualità tipici del servizio. La valutazione dovrebbe possibilmente avvenire considerando tutti gli effetti perturbanti presenti, quali attenuazioni da ostacoli ed interferenze.

Il calcolo della copertura di un impianto trasmittente avviene mediante algoritmi in grado di stimare il campo prodotto su un'area geografica predeterminata, note le caratteristiche del sistema radiante, ovvero l'ERP (Equivalent Radiated Power) irradiata nelle varie direzioni, e l'orografia dell'area attraverso una base dati altimetrica. Generalmente sono utilizzati metodi predittivi in grado di stimare la copertura nel 50% delle località; si considera servita un'area laddove sia stimato un campo e.m. a 10 m dal suolo derivato dal valore

**Tabella 1 - Campo minimo richiesto per utilizzare metodi predittivi con stima nel 50% delle località nella valutazione dei servizi DVB-T**

Canale	Modulazione	$E_{min}(a 10\text{ mt})$ (50,50) [dB( $\mu$ V/m)]	Ricezione	Disponibilità (% loc.)
74	64QAM; 8k; 2/3; 1/32	81	Portatile indoor piano terra	70
64	64QAM; 8k; 2/3; 1/32	57,3	Fissa sul tetto	95
66	64QAM; 8k; 2/3; 1/32	81	Portatile indoor piano terra	70
76	64QAM; 8k; 2/3; 1/32	57,5	Fissa sul tetto	95

minimo del rapporto portante/rumore (C/N) specifico del sistema comprensivo di un margine di implementazione (ad es. C/N=17.1 dB + 3 dB nel caso di 64QAM 2/3). Il valore del campo e.m. richiesto va maggiorato da coefficienti correttivi statistici al fine di garantire valida la stima per la reale quota rispetto al suolo a cui si trova l'antenna ricevente e la percentuale di località per cui si intende garantire il servizio.

Nel caso di una rete a singola frequenza (SFN), in cui tutti gli impianti irradiano lo stesso programma sul medesimo canale, la copertura della rete può essere significativamente più estesa della somma delle coperture dei singoli impianti. Ciò avviene quando i vari contributi di segnale provenienti dai diversi impianti costituenti la rete giungono al ricevitore secondo percorsi che comportano ritardi inferiori all'intervallo di guardia tipico del modo adottato (variabili tra 28 e 224 ms) e danno luogo ad un livello di segnale complessivo di energia

sufficiente a garantirne la ricezione con una qualità accettabile [7].

La stima della copertura di una rete SFN prevede il calcolo della copertura dei singoli impianti e la valutazione della copertura complessiva di rete mediante l'applicazione di un modello per la combinazione degli echi.

Dipendentemente dalla tipologia di servizio, variano la quota dell'antenna ricevente (tipicamente 10 m per la ricezione fissa con antenna direttiva sul tetto, ed 1,5 m per la ricezione mobile) e l'intensità di campo minimo richiesto al ricevitore (secondo la banda e le caratteristiche di modulazione adottate). La disponibilità del servizio è stabilita in sede di progetto a seconda della tipologia di ricezione preferenziale (fissa, portatile o mobile). In tabella 1 sono riportati i campi minimi richiesti alla quota di 10 m tali da assicurare il servizio DVB-T, in assenza di interferenza, per le disponibilità spaziali (70% e 95%) riportate alla quota di fruizione del servizio (piano

Tab. 1 - Campo minimo richiesto per utilizzare metodi predittivi con stima nel 50% delle località nella valutazione dei servizi DVB-T

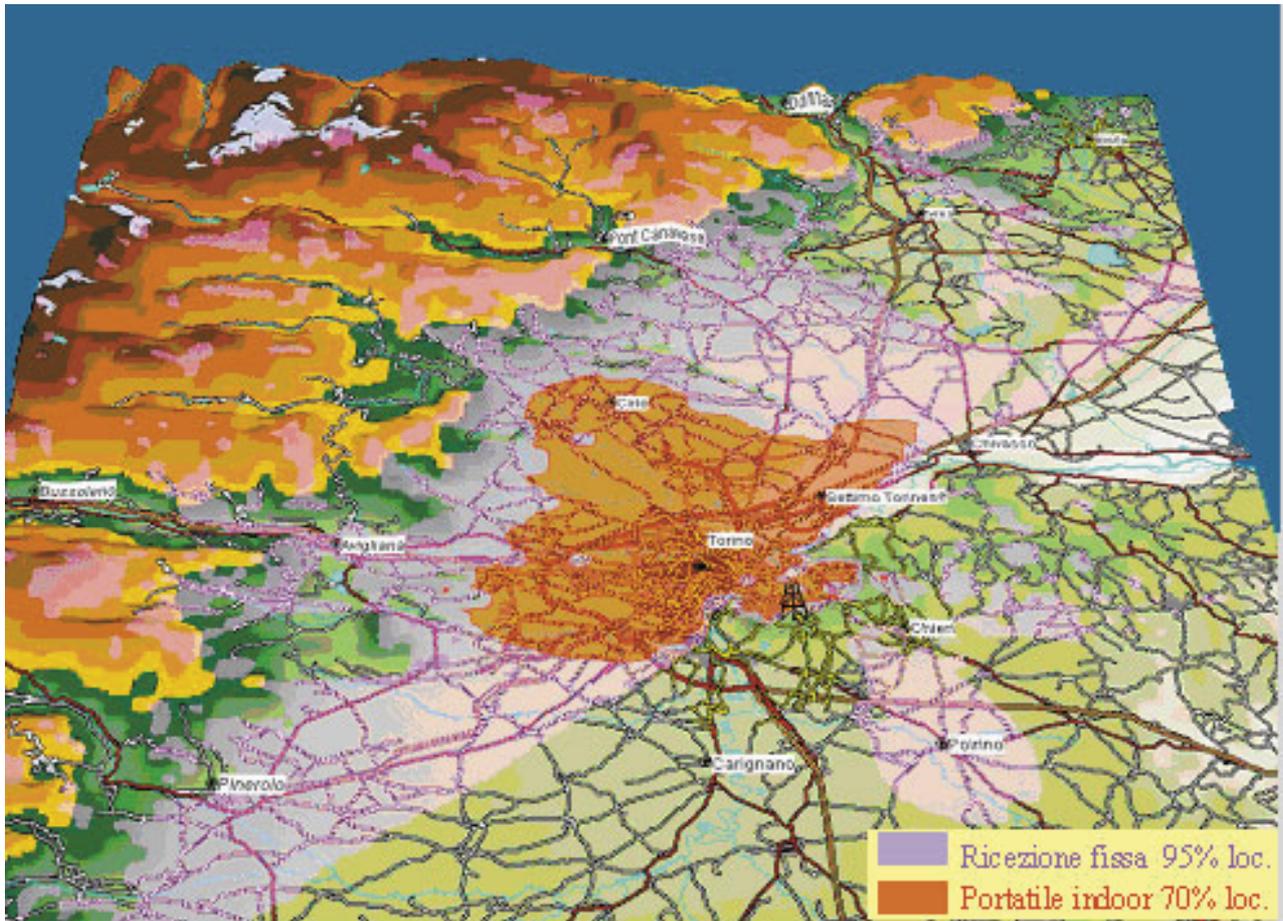


Fig. 1 - Copertura  
Im-pianto DVB-T  
di Torino Eremo  
sul canale 66.

terra, tetto) sui canali 66 e 64 oggetto delle sperimentazioni in corso in Piemonte e Valle d'Aosta. Tali campi sono stati calcolati applicando le formulazioni adottate in sede CEPT [7].

In figura 1 è riportata la stima della copertura dell'impianto di Torino Eremo sul canale 66, per i casi di ricezione fissa, e portatile indoor a piano terra. La figura 2 riporta la stima delle coperture fissa ed indoor al piano terra, relativamente alla rete SFN della Valle d'Aosta sul canale 64 (Impianti di Col de Courtil, St. Vincent, Blavy, Gerdaz, St. Nicolas) ottenute mediante un software appositamente sviluppato [8], basato sull'impiego di un GIS (Sistema informativo Geografico).

### 3. Sperimentazione pilota in Torino

#### 3.1 Configurazione di servizio

Nel febbraio del 1998 Rai - CRIT, in collaborazione con la Divisione Trasmissione e Diffusione (ora RaiWay) ha dato inizio alle prime trasmissioni sperimentali di televisione digitale terrestre (DVB-T) in Italia. La piattaforma di generazione dei segnali è stata successivamente ampliata per la diffusione di un maggior numero di programmi e per includere applicazioni multimediali e di data broadcasting.

La catena di codifica e di multiplazione consiste attualmente di 5 codificatori MPEG-2

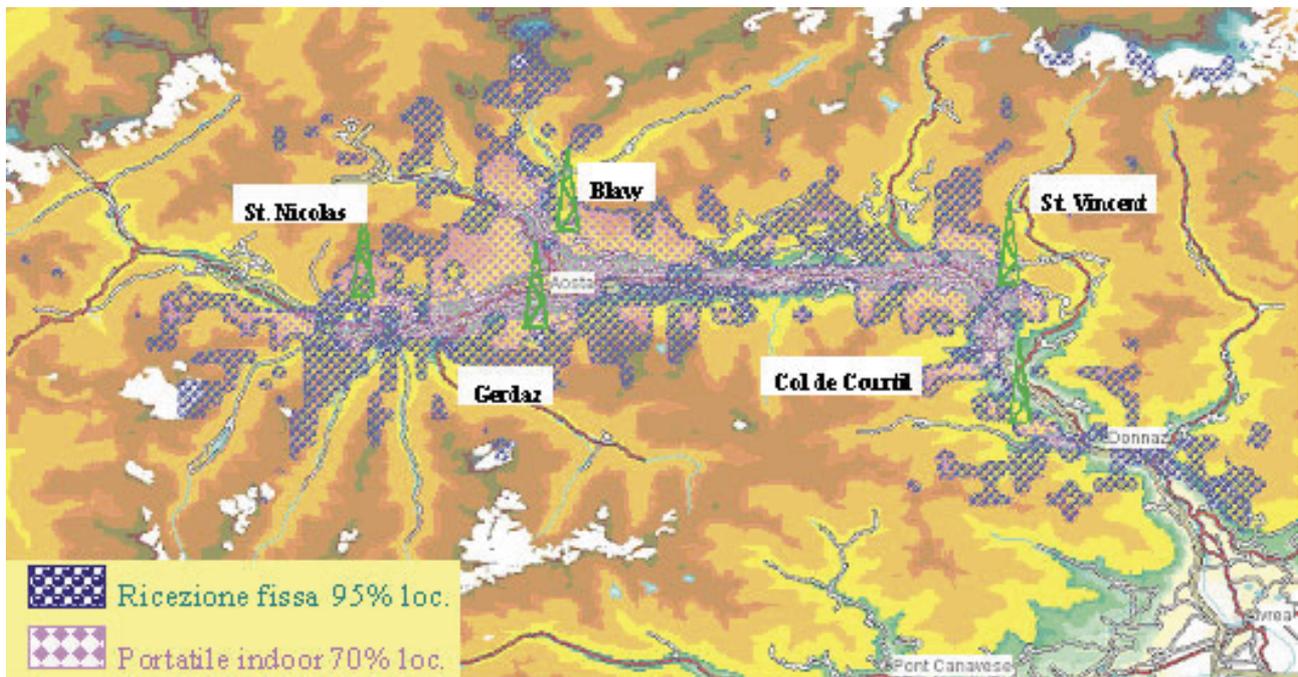
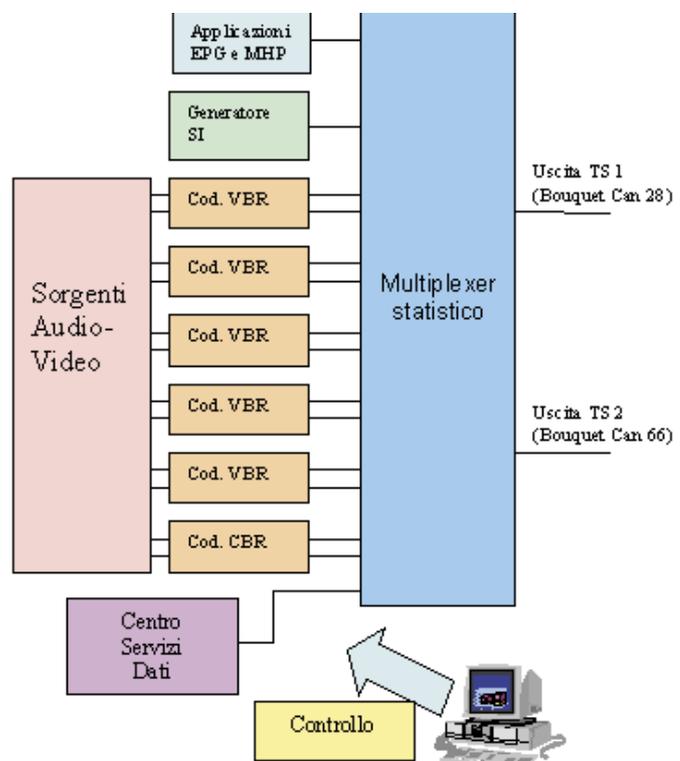


Fig. 2 - Copertura Rete DVB-T in Valle d'Aosta

statistici, un codificatore MPEG-2 a bit-rate costante, un re-multiplexer per fornire servizi EPG (Electronic Programme Guide) e MHP (Multimedia Home Platform), un generatore di informazioni SI (System Information) e PSI (Programme Specific Information).

Fig. 3 - Catena di co-difica e moltiplicazione per il DVB-T

Il moltiplicatore riceve i flussi numerici dei singoli programmi (PES: Packetised Elementary Stream) dai codificatori e i servizi multimediali dal Centro Servizi Dati e genera due Transport Stream (TS) con bit-rate di 12,06 e 24,13 Mbps, trasportanti ciascuno un "bouquet" di programmi video, audio, dati. Un Personal Computer controlla i parametri della catena di codifica e moltiplicazione, come evidenziato in figura 3.



I due bouquet sono quindi trasferiti al Centro Trasmittente di Torino-Eremo, situato ad una distanza di circa 5 km dal CRIT e ad una elevazione di circa 500 m dall'area circostante, per mezzo di un ponte radio digitale. Il trasporto avviene in tecnologia

<b>Tabella 2 - Caratteristiche dei segnali DVB-T in diffusione dal trasmettitore di Torino-Eremo</b>				
<b>Canale</b>	<b>Modulazione</b>	<b>Bit-rate (Mbps)</b>	<b>ERP (W)</b>	<b>Pol.</b>
28	16QAM; 2k; 1/2; 1/32	12,06	300	V
66	64QAM; 8k; 2/3; 1/32	24,13	2000	H

Tab. 2 - Caratteristiche dei segnali DVB-T in diffusione dal trasmettitore di Torino-Eremo

<b>Tabella 3 - Bouquet DVB-T sul canale 28</b>		
<b>Programma</b>	<b>Bit-rate (Mbps)</b>	
	<b>Video</b>	<b>Audio</b>
RaiNews24	2 (CBR)	0,192
RaiSport	2÷5 (VBR)	0,192
RaiEducational	2÷5 (VBR)	0,192
Canali radio	-	0,384
Dati	1,5	

Tab. 3 - Bouquet DVB-T sul canale 28

Tab. 4 - Bouquet DVB-T sul canale 66

<b>Tabella 4 - Bouquet DVB-T sul canale 66</b>		
<b>Programma</b>	<b>Bit-rate (Mbps)</b>	
	<b>Video</b>	<b>Audio</b>
RaiUno	Multiplex statistico: 20 Mbps	0,192
RaiDue		0,192
RaiTre		0,192
RaiSport		0,192
RaiEducational		0,192
RaiNews24	2 (CBR)	0,192
Dati	1,5	

ATM (Asynchronous Transfer Mode) tramite un tributario a 45 Mbps di un ponte radio SDH (Synchronous Digital Hierarchy), utilizzando una coppia di Adattatori di Rete (Network Adapter) ATM.

Al Centro Trasmettente i segnali dei due bouquet sono inviati a due modulatori COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) che alimentano due indipendenti catene trasmissive in banda UHF, una operante sul canale 28 (frequenza centrale: 530 MHz) e l'altra operante sul canale 66 (frequenza centrale: 834 MHz).

La tabella 2 riporta i parametri di modulazione e diffusione per le due catene. I rapporti C/N teorici su canale gaussiano, alla soglia di corretta ricezione, sono di 8,8 dB e 16,5 dB rispettivamente per le modulazioni 16QAM-1/2 e 64QAM-2/3.

Lo schema di modulazione adottato per il canale 66 è molto efficiente in termini di capacità e consente di trasmettere fino a 6 programmi televisivi (vedi tabelle 3 e 4). Questa configurazione, che permette una ampia e diversificata offerta di servizi, è particolarmente orientata alla grande utenza con ricezione fissa. Il bouquet contiene i programmi di RaiUno, RaiDue e RaiTre; ciò consente di effettuare una efficace valutazione comparativa della qualità e

robustezza dei segnali televisivi terrestri irradiati sui canali analogici e digitali.

I due trasmettitori sui canali 28 e 66 utilizzano differenti sistemi radianti, posizionati sullo stesso traliccio.

Dal momento che nell'area di servizio DVB-T i canali adiacenti ai canali 28 e 66 sono occupati da servizi televisivi analogici PAL, le catene trasmissive includono opportuni filtri RF che assicurano adeguati rapporti di protezione verso tali servizi. Gli stessi filtri garantiscono inoltre la protezione verso i canali "taboo", anch'essi occupati da servizi analogici nella stessa area.

E' allo studio la configurazione finale della piattaforma DVB-T sulla rete pilota nell'area torinese, che consisterà in una piccola rete SFN (Single Frequency Network) che include un secondo trasmettitore presso il CRIT, probabilmente sul canale 28, per estendere la copertura nell'area sud-est di Torino, schermata dalla collina dal trasmettitore principale. Le problematiche relative all'inserimento dell'adattatore SFN nella rete di collegamento in ponte radio tra CRIT e Centro Trasmittente sono state, per il momento, affrontate tramite sperimentazione in laboratorio.

### **3.2 Prestazioni del sistema DVB-T in area di servizio**

Sono state condotte sperimentazioni in campo, focalizzate su valutazioni tecniche della qualità del servizio in ricezione fissa sul canale 66 e in ricezione mobile sul canale 28. I principali risultati sono riportati nel seguito.

#### **3.2.1 Ricezione fissa (canale 66)**

E' stato utilizzato un furgone equipaggiato con l'opportuna strumentazione e con un'antenna direttiva log-periodica



Fig. 4 - Automezzo attrezzato per le misure in ricezione fissa

(guadagno di 6 dB) montata su un palo estensibile fino ad una elevazione di 20 m dal suolo (figura 4). Un Personal Computer registra i parametri di misura ed i dati di posizione del mezzo ricavati da GPS (Global Positioning System).

I principali parametri di valutazione sono stati: la misura del campo elettromagnetico ( $E$  dB(mV/m)), la sua distribuzione cumulativa riferita alle previsioni di servizio distribuzione e il margine di ricezione, valutato come attenuazione (dB) da introdurre sul segnale RF per raggiungere la soglia di corretta ricezione QEF (Quasi Error Free).

Le misure di campo elettromagnetico sono state effettuate ad una elevazione di 10 m rispetto al terreno in conformità con la raccomandazione ITU 370, calcolando il valore del campo attraverso misure di potenza e considerando una stratificazione

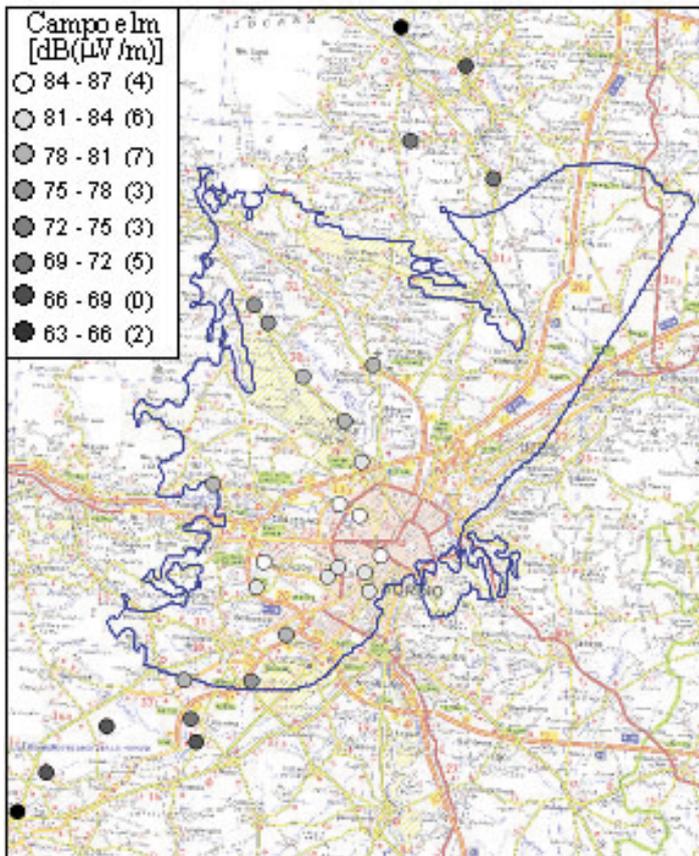
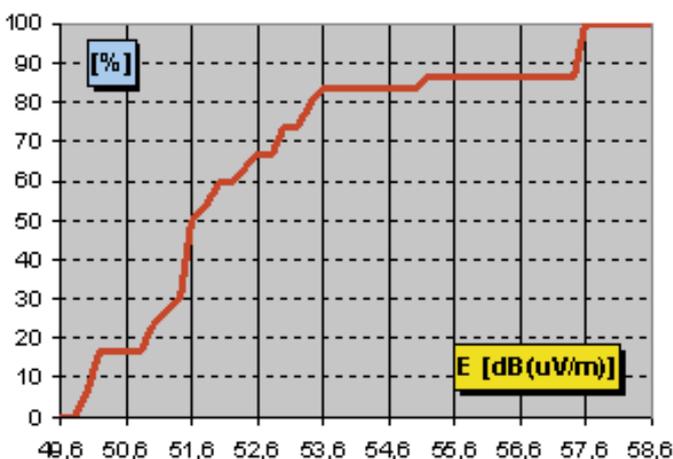


Fig. 5 - Misure di campo elettromagnetico nell'area di servizio del trasmettitore DVB-T sul canale 66

Fig. 6 - Distribuzione cumulativa dei valori di campo elettromagnetico alla soglia di ricezione



di  $\pm 1$  lunghezza d'onda intorno ai 10 metri di elevazione.

La figura 5 riporta i risultati delle misure di campo effettuate in varie località dell'area di servizio del trasmettitore DVB-T sul canale 66. Fra parentesi sono indicati i numeri di punti di misura nella fascia di campo e.m. relativo. L'area interna al contorno blu rappresenta l'area in cui, secondo i presupposti CEPT [7], la ricezione portatile indoor dovrebbe essere possibile per il 70% delle località.

In conclusione, in tutti i punti di misura la ricezione DVB-T è stata affidabile, con margini adeguati, ed i risultati di misura hanno confermato con buona approssimazione le previsioni di campo e di criteri di valutazione della CEPT. La figura 6 riporta la distribuzione cumulativa dei risultati delle misure.

Il valore di campo minimo alla soglia di ricezione è risultato compreso tra 50 e 57,5 dB(mV/m). La differenza tra i valori trovati ed il valore assunto dalla CEPT (48 dB(mV/m)) può essere dovuta sia alle caratteristiche del canale nei vari punti di misura, che si discosta dal modello teorico, sia alla eventuale presenza di interferenti co-canale.

### 3.2.2 Ricezione mobile (canale 28)

Il sistema DVB-T è stato progettato per la ricezione fissa, con antenna direttiva posta sul tetto dell'abitazione, e per la ricezione portatile, con antenna omnidirezionale a stilo posta direttamente sul ricevitore. Dal momento che il canale di trasmissione non può essere assunto completamente stazionario, soprattutto nel caso di ricezione portatile, a causa dei movimenti di persone e oggetti che riflettono il segnale attorno all'antenna ricevente, è stato necessario, nel progetto del sistema, tenere in considerazione lente variazioni della risposta

in frequenza del canale. Il sistema DVB-T utilizza, per la corretta demodulazione del segnale su un canale di trasmissione variante nel tempo, portanti pilota che non trasportano informazione, ma vengono utilizzate dal ricevitore per una stima dinamica del canale. Sebbene lo scopo di queste portanti pilota sia quello di permettere al ricevitore di inseguire variazioni lente della risposta del canale tipiche della ricezione portatile, la scelta di una configurazione di trasmissione particolarmente robusta (ad esempio 16QAM-2k, rate 1/2 o addirittura QPSK-2k, rate 1/2) consente in pratica di inseguire anche variazioni veloci, associate alla ricezione mobile, grazie alla elaborazione del segnale nel ricevitore.

Infatti, grazie alla flessibilità del sistema DVB-T che permette diverse configurazioni operative, è opportuno adottare, per la ricezione mobile, parametri trasmissivi che assicurino elevata robustezza al segnale a scapito però di una riduzione del bit-rate utile per il bouquet di programmi. I test di ricezione effettuati in movimento sul canale 28 sono quindi stati condotti utilizzando



Fig. 7 - Auto attrezzata per le misure in ricezione mobile

i parametri di modulazione specificati nella tabella 2.

E' stata quindi attrezzata un'auto con una antenna omnidirezionale, posta a circa 2 m di altezza (figura 7), equipaggiata con un banco di misura ed acquisizione dati gestito da personal computer.

Il sistema di misura ha permesso la rilevazione delle interruzioni del servizio, valutate sul segnale DVB-T visualizzato sullo schermo di un televisore installato a bordo, correlandoli con gli andamenti della potenza del segnale all'ingresso



Fig. 8 - Percorso N° 1, in area urbana

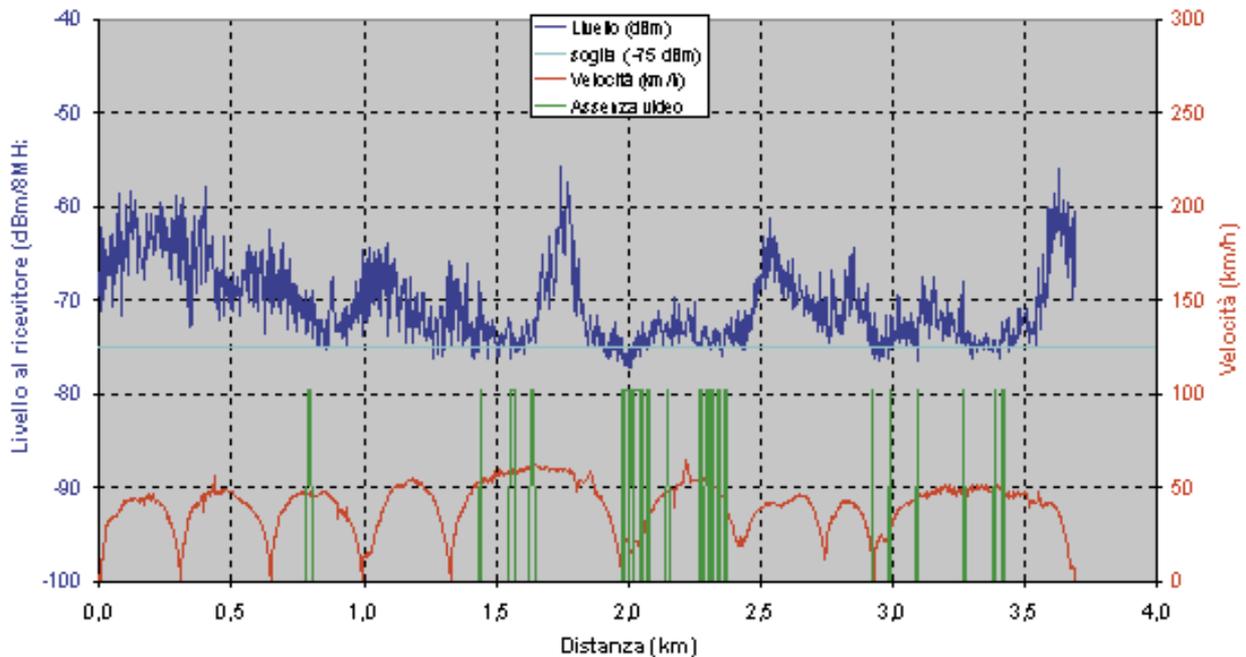


Fig. 9 - Misure relative al percorso N° 1.

del ricevitore e della velocità dell'auto in funzione della distanza lungo il percorso di prova. L'indagine ha finora interessato quattro itinerari, rappresentativi di diverse condizioni di ricezione in area urbana ed extraurbana, per una distanza complessiva di 110 km. I risultati dettagliati delle misure sono riportati in [9].

urbana, mentre la figura 9 riporta il relativo grafico dei parametri misurati. La linea blu rappresenta il livello del segnale all'ingresso del ricevitore (in dBm su una banda di 8 MHz), la linea rossa riporta la velocità istantanea dell'auto (in km/h), mentre i segmenti verticali in verde indicano le interruzioni del servizio.

Tab. 5 - Percentuale di servizio per i vari percorsi

La figura 8 rappresenta il primo dei quattro percorsi, interamente situato in area

I risultati complessivi di copertura del servizio sono riportati in tabella 5, dove vengono indicate le percentuali dei vari percorsi in cui si è rilevata la continuità del servizio. Si osserva che sui percorsi 2 e 3 extra-urbani ed autostradali la velocità del mezzo si è mantenuta mediamente intorno a 100 km/h.

Dall'analisi dei grafici relativi ai vari percorsi, riportati in [9], è stata individuata sperimentalmente una soglia di - 75 dBm per la potenza in ingresso al ricevitore,

Tabella 5 - Percentuale di servizio per i vari percorsi	
Percorso	% di copertura
1 - Urbano	95
2 - Autostradale	80
3 - Extraurbano	93
4 - Urbano	84

corrispondente ad un valore di campo elettromagnetico di circa 55 dB(mV/m), in grado di garantire un buona qualità del servizio. Questo valore è di circa 7 dB maggiore rispetto alla soglia di corretta ricezione stabilita dalla CEPT per il canale Rayleigh [7], che è rappresentativo della ricezione con antenna omnidirezionale. Il peggioramento è da attribuirsi in parte all'effetto Doppler e in parte al contributo degli echi corti, particolarmente sui percorsi in area urbana. E' stato infatti dimostrato sia sperimentalmente che con simulazioni al calcolatore [10] che in presenza di echi corti rispetto alla durata del simbolo COFDM e di elevato livello ( $C/I \gg 0$  dB, ritardo  $\approx 200$  ns), quali possono essere quelli generati da ostacoli vicini in assenza di raggio principale, il degradamento in termini di rapporto C/N risulta peggiore di circa 5-6 dB rispetto a quello originato da echi più lunghi, sempre però all'interno dell'intervallo di guardia.

Un secondo risultato ottenuto dalle misure in movimento riguarda le variazioni del campo elettromagnetico su aree locali (dell'ordine di 100-200 m) che possono essere così sintetizzate:

- variazioni massime di circa 10 dB e 15 dB sono state misurate in aree suburbane e urbane, rispettivamente, in condizioni di visibilità del trasmettitore;
- in presenza di ostacoli che schermano il trasmettitore (ad esempio edifici elevati in area urbana) le variazioni possono essere anche superiori a 20 dB, in corrispondenza al passaggio tra la condizione di schermatura e condizione di visibilità del trasmettitore. In questi casi si è riscontrata l'interruzione del servizio.

I risultati ottenuti dalla sperimentazione in ricezione mobile, nella configurazione 16QAM che rende disponibile un bit-rate utile di circa 12 Mbit/s, sono incoraggianti

e confermano la possibilità di introdurre servizi DVB-T all'utenza mobile, a condizione che vengano utilizzati schemi di modulazione robusti. Come contropartita, viene ridotta la capacità complessiva di trasmissione del canale rispetto allo schema di modulazione 64QAM, utilizzato per la ricezione fissa, che rende disponibile un bit-rate di circa 24 Mbit/s.

Sono allo studio presso Rai-CRIT [10] sistemi riceventi che impiegano sull'automezzo antenne dotate di agilità direzionale, in grado cioè di operare sulla base della diversità spaziale, riducendo significativamente il degradamento del segnale ricevuto, imputabile alle condizioni di ricezione variabili durante il percorso.

L'impiego di questi sistemi di ricezione a bordo potranno contribuire a migliorare la qualità del segnale ricevuto.

#### **4. Rete pilota DVB-T in Valle d'Aosta**

Rai-CRIT, in collaborazione con RaiWay, ha in corso di allestimento una rete DVB-T in Valle d'Aosta sul canale 64 (frequenza centrale = 818 MHz), che prevede 5 impianti trasmettenti in rete SFN nelle località di Gerdaz, St. Vincent, Col de Courtil, Blavy e St. Nicolas, come evidenziato in figura 10. La configurazione di rete è molto simile a quella già in esercizio sin dal 1995 per il servizio DAB (Digital Audio Broadcasting). Le potenze di apparato degli impianti trasmettenti sono le seguenti:

- St. Vincent: 500 W rms.
- Gerdaz: 500 W rms.
- Col de Courtil: 100 W rms.
- Blavy: 50 W rms.
- St. Nicolas: 50 W rms.

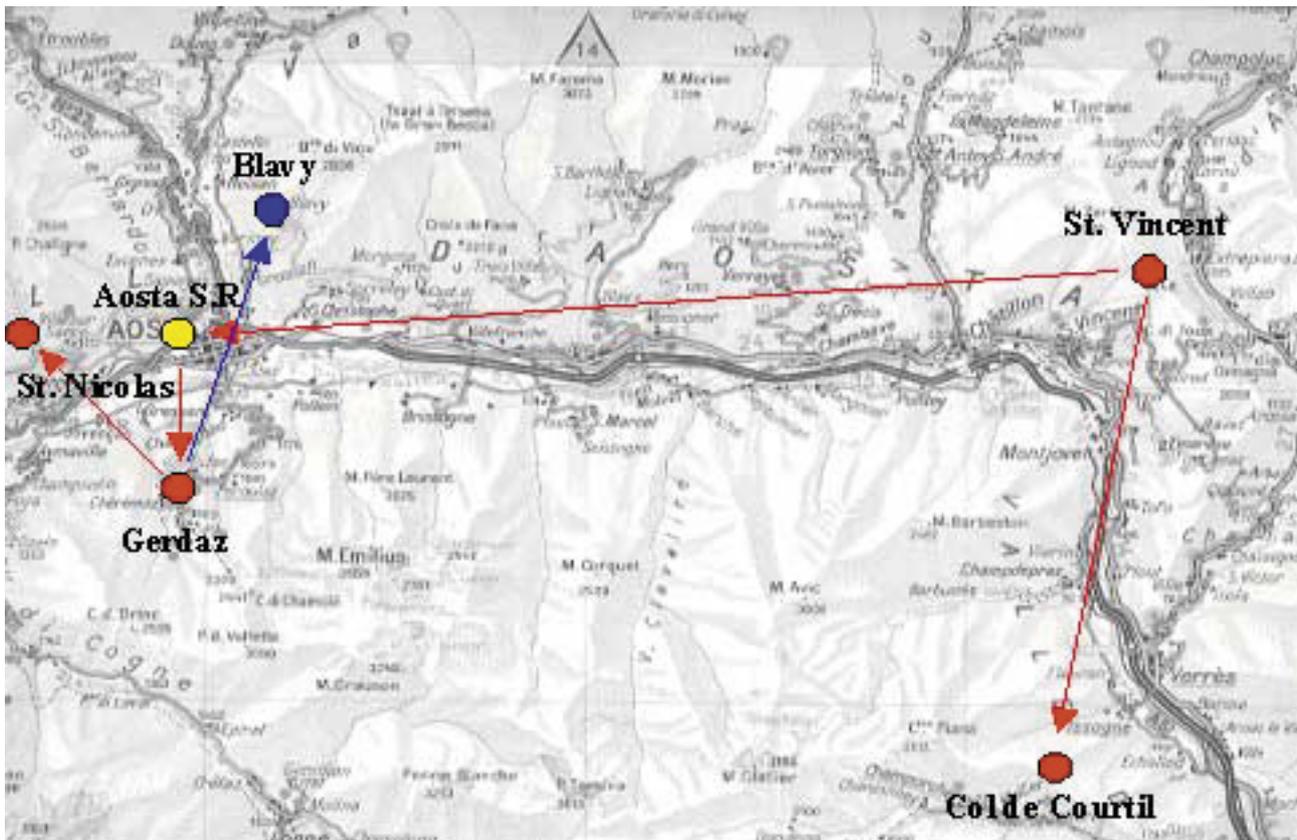


Fig. 10 -  
Configurazione della  
rete SFN DVB-T  
della Valle d'Aosta

#### 4.1 Configurazione della rete SFN

La realizzazione della rete SFN viene aggiornata in fasi successive, sia per quanto riguarda l'attivazione dei trasmettitori che la modalità di trasporto del segnale ai trasmettitori.

Ad oggi, i centri trasmettenti di Gerdaz e St. Vincent sono già stati allestiti con trasmettitori DVB-T e sono operativi su carico artificiale, in attesa della concessione ministeriale all'irradiazione.

##### 4.1.1 Trasporto tramite ponte radio analogico

Il multiplex DVB-T di banda base viene generato presso il Centro Trasmittente di St. Vincent utilizzando i programmi dei bouquet Rai diffusi da satellite e, dopo la modulazione OFDM, raggiunge l'impianto di Gerdaz per

mezzo di un collegamento in ponte radio analogico normalmente utilizzato per il trasferimento dei segnali televisivi PAL. Per la compatibilità con gli ingressi dei ponti radio il segnale OFDM è trasferito dalla frequenza intermedia di uscita del modulatore (36,15 MHz) in una "banda base" compresa fra 0 e 10 MHz. Questa modalità di trasporto ha il duplice vantaggio di utilizzare un solo modulatore OFDM per tutta la rete SFN e di non richiedere grandi modifiche alla rete di distribuzione già esistente. Comporta però un degrado delle prestazioni del segnale DVB-T in termini di peggioramento del rapporto C/N, dovuto al fenomeno del rumore triangolare tipico della modulazione di frequenza, che si manifesta in modo più sensibile nella parte alta dello spettro OFDM. Sul collegamento St. Vincent- Blavy è stato misurato un degradamento di circa 0,1 dB [11]. A questo degrado, sebbene molto contenuto, potrebbe sommarsene uno ulteriore dovuto alle variazioni della propagazione (fading, effetti stagionali), che la attuale

configurazione di rete non equipaggiata con diversity di spazio/frequenza non consente di superare.

Altro aspetto di importanza non secondaria per una rete SFN connesso alla distribuzione del segnale mediante ponte radio analogico è quello della sincronizzazione temporale del segnale irradiato dai diversi trasmettitori che richiede un'opportuna compensazione dei ritardi di percorso. In una rete SFN l'area di servizio può essere in alcuni casi ottimizzata agendo sui ritardi relativi dei vari trasmettitori; tale operazione, nel caso di trasporto del segnale in formato analogico, può richiedere la conversione A/D del segnale di banda base e l'impiego di opportune linee di ritardo digitali.

#### **4.1.2 Trasporto tramite ponte digitale e SFN adapter**

Un sistema di distribuzione che non introduce degrado sul segnale OFDM, in termini di peggioramento dell'S/N, e nello stesso tempo risolve i problemi di sincronizzazione temporale dei trasmettitori, è quello basato sulla trasmissione del Transport Stream (TS) relativo al multiplex DVB-T su collegamenti digitali su ponte radio o su fibra ottica. Questa tecnica di trasporto richiede, a differenza della distribuzione analogica, che il segnale sia successivamente modulato OFDM presso ogni centro trasmittente. Per ottenere la sincronizzazione degli impianti trasmettenti, la specifica DVB/ETSI [12] utilizza dei blocchi di dati (MIP, Mega-frame Initialization Packet) inseriti nel TS mediante apparati "SFN adapter", recanti tutte le informazioni necessarie per ottenere la corretta sincronizzazione dei trasmettitori. La possibile conversione dell'attuale rete di distribuzione in ponte radio analogico impiegata nella sperimentazione DVB-T in Valle d'Aosta è allo

studio da parte di Rai-CRIT e RaiWay, e utilizzerà le infrastrutture della attuale rete di distribuzione digitale SDH in ponte radio gestita da RaiWay.

Per quanto riguarda il multiplex DVB-T, si può ipotizzarne la generazione presso il Centro Trasmittente di St. Vincent, che opera come impianto capo-rete; in alternativa si valuta l'opportunità di generarlo presso il Centro Servizi di Rai-CRIT e Torino e trasportarlo sulla rete DVB-T della Valle d'Aosta attraverso un collegamento SDH. Ciò consentirebbe di estendere la sperimentazione DVB-T pre-operativa ad una vasta area geografica con un "bouquet di programmi" arricchito nei contenuti con nuovi servizi quali EPG, MHP etc., già disponibili presso Rai-CRIT.

## **5. Conclusioni**

La televisione terrestre, dopo la televisione via satellite e via cavo, sta per passare anche nel nostro Paese dalla attuale soluzione analogica PAL a quella digitale, secondo lo standard DVB-T. Questa radicale conversione tecnologica potenzierà ulteriormente il servizio televisivo orientato al grande pubblico in termini quantitativi e qualitativi, rendendo disponibile una grande offerta di programmi televisivi, radiofonici e multimediali, offrendo inoltre nuove prospettive di mercato ai fornitori di servizio, ai gestori di rete, all'industria del settore.

Le principali caratteristiche delle reti di diffusione televisiva terrestre sono la copertura capillare del territorio e la possibilità di introdurre servizi a carattere regionale e locale. La disponibilità dei risultati di sperimentazioni in aree pilota inserite nella realtà della attuale diffusione televisiva analogica, per impianti singoli e in prospettiva per reti a singola frequenza

(SFN), risulta quindi essenziale per affrontare la futura progressiva digitalizzazione della rete diffusiva.

Nell'articolo sono riportati i principali risultati della sperimentazione di televisione digitale terrestre (DVB-T) condotta nell'area pilota di Torino; è stata inoltre presentata l'architettura della rete DVB-T in Valle d'Aosta che costituirà prossimamente una nuova area di sperimentazione.

La sperimentazione DVB-T di Torino, che costituisce un contributo all'attività condotta dall'Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni e dal Ministero per le Comunicazioni, ha permesso di stimare la copertura della rete DVB-T, sulla base dei parametri tecnici adottati (ERP dei trasmettitori, frequenza del canale r.f., modulazione 64 QAM e/o 16 QAM, bitrate., ecc.), di affrontare i problemi tecnici relativi al nuovo sistema (inter-operabilità tra apparati e certificazione delle loro caratteristiche, metodi di misura, previsioni campo,...) e di valutarne le prestazioni del servizio nei casi di ricezione fissa, con sistemi riceventi individuali, e mobile.

I risultati delle misure effettuate in area confermano sostanzialmente le prestazioni del sistema conosciute per via teorica e forniscono importanti elementi per la pianificazione sul territorio dei nuovi servizi DVB-T.

## **6. Ringraziamenti**

Gli autori desiderano ringraziare il Dott. M. Cominetti per i suggerimenti alla stesura dell'articolo ed i colleghi A. Bertella, S. Berto, A. Gallo, D. Milanesio, S. Meneghella, R. Olivazzo, G.P. Placidi, B. Sacco, M. Tabone per i loro contributi alla sperimentazione.

## **Bibliografia**

1. ETSI: Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television, EN 300 744 V1.4.1, 01/2001.
2. M. Cominetti, A. Morello, R. Serafini: Prospettive per l'introduzione della televisione digitale terrestre in Italia, *Elettronica e Telecomunicazioni*, N° 3, dicembre 1999.
3. M. Cominetti, A. Morello, R. Serafini: Current plans for DTT implementation in a densely utilised frequency spectrum, *Montreux TV Symposium*, June 1999.
4. A. Bertella, M. Cominetti, S. Ripamonti, M. Visintin: The RAI DVB-T pilot trials in Turin, *IBC 2000*; Amsterdam; September 2000.
5. A. Bertella; B. Sacco; M. Tabone: Valutazione in laboratorio delle prestazioni del sistema DVB-T; *Elettronica e Telecomunicazioni*, n°1, 2002
6. CEPT/FM-PT24(01) Doc. 047 Rev.4, September 2001.
7. CEPT: The Chester 1997 Multilateral Coordination Agreement relating to Technical Criteria, Coordination Principles and Procedures for the Introduction of Terrestrial Digital Video Broadcasting (DVB-T), Chester, July 1997.
8. P.B. Forni: A GIS Based Flexible Environment for the Coverage Prediction and Evaluation of SFN; *XXV URSI General Assembly*, Lille, Sept. 1996
9. S. Meneghella, R. Olivazzo, V. Sardella: Misure in ricezione mobile nell'area di servizio del trasmettitore DVB-T di Torino Eremo (can. 28-UHF), *Relazione Tecnica Rai-CRIT N° 99/24*, agosto 1999.
10. Bertella, B.P.Forni, G.Giancane, B.Sacco, M.Tabone: Ricezione indoor di segnali DVB-T; *Elettronica e Telecomunicazioni*, di prossima pubblicazione.
11. Bertella, S. Berto, S. Mina, M. Tabone: DVB-T: test sul collegamento in ponte radio analogico St. Vincent-Gerdaz, *Relazione Tecnica Rai-CRIT N° 99/13*, marzo 1999.
12. ETSI: Digital Video Broadcasting (DVB); DVB mega-frame for Single Frequency Network (SFN) synchronisation, TS 101 191 V1.3.1, January 2001.