



**REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

**AGENZIA REGIONALE PRO S'AMPARU DE S'AMBIENTE DE SARDIGNA  
AGENZIA REGIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE DELLA SARDEGNA**

**ARPAS**

Dipartimento Geologico

## **Carta del Curve Number Regionale**

**FEBBRAIO 2019**

**A cura di**

Direttore del Dipartimento Geologico: Boi Marino

Direttore facente funzioni del Servizio Idrogeologico e Idrografico: Orrù Aldo

Benedetti Elisabetta  
Caracciolo Domenico  
De Carlo Ivano  
Dessì Riccardo  
Fercia Maria Luisa  
Lai Andrea  
Lonis Roberto  
Melis Egidia Bruna  
Muntoni Francesco  
Tobia Sandra

Si ringrazia il Prof. Roberto Deidda dell'Università degli Studi di Cagliari per il contributo in fase di revisione del documento



## Indice

1. Creazione della carta regionale del Curve Number	3
2. Confronto con la carta del CN <sub>II</sub> del Piano Stralcio Fasce Fluviali	12
3. Effetti sul calcolo del tempo di corrivazione dei bacini idrografici	14
3.1 Test sul caso studio	16
4. Conclusioni	16
5. Bibliografia	17





## 1. Creazione della carta regionale del Curve Number

Il presente documento, cogliendo l'occasione offerta dal Dipartimento Geologico dell'ARPAS con la redazione della carta delle permeabilità dei substrati della Regione Sardegna, propone l'adeguamento della carta regionale del Curve Number (CN) adottata nell'ambito del Piano Stralcio Fasce Fluviali (PSFF) della Regione Sardegna (adottato con delibera n° 2 del 17/12/2015) e che risale ai primi anni del 2000. In particolare, di seguito viene descritta la metodologia adottata per la creazione della carta del CN della Regione Sardegna in scala 1:25.000 in ambiente GIS in formato vettoriale e in formato raster. Per la creazione di tale mappa sono state utilizzate la mappa di uso del suolo Corine Land Cover 2008 in scala 1:25.000 relativa alla Sardegna e disponibile nel geoportale della Regione Sardegna (<http://www.sardegna.geoportale.it/index.php?xsl=2420&s=40&v=9&c=14480&es=6603&na=1&n=100&esp=1&tb=14401>), e la mappa delle permeabilità dei substrati (anche essa in scala 1:25.000) sviluppata e prodotta dal Dipartimento Geologico dell'ARPAS.

Il CN è un parametro dell'equazione del modello di formazione di deflusso superficiale SCS-CN (Soil Conservation Service - Curve Number) sviluppato dal Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti (USDA) del Natural Resources Conservation Service. Il CN teoricamente può variare tra 0 e 100: valori alti del parametro CN rappresentano le caratteristiche di assorbimento di superfici poco permeabili, mentre valori bassi indicano terreni ad alta permeabilità. Il CN è funzione della tipologia di uso-copertura del suolo, della tipologia geo-pedologica del suolo e delle condizioni di umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico. La procedura prevede che si determini dapprima un valore di Curve Number  $CN_{II}$  riferito alle condizioni medie di umidità del suolo, ovvero condizioni AMC (Antecedent Moisture Condition) di tipo II, che successivamente deve essere eventualmente incrementato o ridotto con formule ad hoc nel caso in cui il suolo sia inizialmente molto umido (AMC di tipo III) o asciutto (AMC di tipo I). La valutazione della condizione AMC viene effettuata confrontando la precipitazione avvenuta nei cinque giorni precedenti con dei valori soglia specifici per la stagione vegetativa e di riposo, per cui si rimanda alla bibliografia. Questo documento tratta e descrive la determinazione del  $CN_{II}$  per l'intero territorio della Regione Sardegna.

Per riprodurre la mappa del  $CN_{II}$  a scala regionale sono state utilizzate le tabelle dell'USDA che associano a ciascuna tipologia di uso del suolo (ossia copertura vegetale e grado di antropizzazione) i valori del  $CN_{II}$  funzione anche dalle caratteristiche idrologiche del suolo, in relazione alla maggiore o minore permeabilità del substrato (tipi idrologici A-B-C-D). Nelle Tabelle 1-3 si riportano i valori caratteristici di taratura del  $CN_{II}$  proposti dall'USDA (1986, 2004), il cui valore si ottiene per incrocio delle caratteristiche di uso prevalente del suolo e delle caratteristiche idrologiche del suolo, secondo i 4 tipi idrologici A-B-C-D a permeabilità decrescente.

Valori $CN_{II}$ nelle zone urbanizzate						
Tipo di uso del suolo	Copertura	A	B	C	D	
spazi aperti (parchi, cimiteri, campo da golf, prato all'inglese)	manto erboso <50%	68	79	86	89	
	manto erboso tra 50 e 75 %	49	69	79	84	
	manto erboso >75%	39	61	74	80	
aree impermeabili: parcheggi, tetti, autostrade etc.	-	98	98	98	98	
strade pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	-	98	98	98	98	
	strade asfaltate	-	83	89	92	93
	strade con letto in ghiaia	-	76	85	89	91
	strade battute in terra	-	72	82	87	89
deserti naturali permeabili in aree urbane	-	63	77	85	88	
deserti artificiali impermeabili in aree urbane	-	96	96	96	96	
zone commerciali e di business	area impermeabile 85%	89	92	94	95	
zone industriali	area impermeabile 72%	81	88	91	93	
zone residenziali, lotti fino a 500 m <sup>2</sup>	area impermeabile 65%	77	85	90	92	
zone residenziali, lotti di 500-1000 m <sup>2</sup>	area impermeabile 38%	61	75	83	87	
zone residenziali, lotti di 1000-1500 m <sup>2</sup>	area impermeabile 30%	57	72	81	86	
zone residenziali, lotti di 1500-2000 m <sup>2</sup>	area impermeabile 25%	54	70	80	85	
zone residenziali, lotti di 2000-5000 m <sup>2</sup>	area impermeabile 20%	51	68	79	84	
zone residenziali, lotti di 5000-10000 m <sup>2</sup>	area impermeabile 12%	46	65	77	82	
zona di nuova espansione urbana	-	77	86	91	94	

**Tabella 1. Valori caratteristici di  $CN_{II}$  nelle zone urbanizzate (USDA, 1986, 2004).**



In particolare, il tipo idrologico A è relativo a suoli ad elevata infiltrazione, con strati da sabbiosi (o di loess profondi) a siltosi aggregati (diametro 0,002-0,05 mm), il tipo idrologico B è relativo a suoli con infiltrazione moderata, tessitura da moderatamente fine a moderatamente grossolana, quali limi sabbiosi. Il tipo idrologico C è relativo a suoli con infiltrazione lenta, tessitura fine, come le argille limose con deboli strati di limo sabbioso; infine, il tipo idrologico D comprende argille plastiche e compatte con infiltrazione molto lenta.

Valori CN <sub>II</sub> nelle zone rurali						
Tipologia di coltivazione	Trattamento	Condizioni idrologiche cattive/buone	A	B	C	D
incolto, a maggese, a riposo	maggese nudo o arato a rittochino	-	77	86	91	94
	maggese residuo (almeno il 5%) (CR)	cattive	76	85	90	93
		buone	74	83	88	90
filari di coltivazione	filari di coltivazioni a rittochino (SR)	cattive	72	81	88	91
		buone	67	78	85	89
	SR + CR	cattive	71	80	87	90
		buone	64	75	82	85
	filari di coltivazioni per traverso (C)	cattive	70	79	84	88
		buone	65	75	82	86
	C+CR	cattive	69	78	83	87
		buone	64	74	81	85
	filari di coltivazioni per traverso e terrazzati (C&T)	cattive	66	74	80	82
		buone	62	71	78	81
	C&T + CR	cattive	65	73	79	81
		buone	61	70	77	80
cereali	cereali a rittochino (SR)	cattive	65	76	84	88
		buone	63	75	83	87
	SR+CR	cattive	64	75	83	86
		buone	60	72	80	84
	cereali per traverso ( C )	cattive	63	74	82	85
		buone	61	73	81	84
	C+CR	cattive	62	73	81	84
		buone	60	72	80	83
	cereali per traverso e terrazzati (C&T)	cattive	61	72	79	82
		buone	59	70	78	81
	C&T + CR	cattive	60	71	78	81
		buone	58	69	77	80
leguminose a semi ravvicinati o diffusi o prato a rotazione	leguminose o prato a rotazione a rittochino (SR)	cattive	66	77	85	89
		buone	58	72	81	85
	leguminose o prato a rotazione per traverso (C)	cattive	64	75	83	85
		buone	55	69	78	83
	leguminose o prato a rotazione per traverso e terrazzamento (C&T)	cattive	63	73	80	83
		buone	51	67	76	80

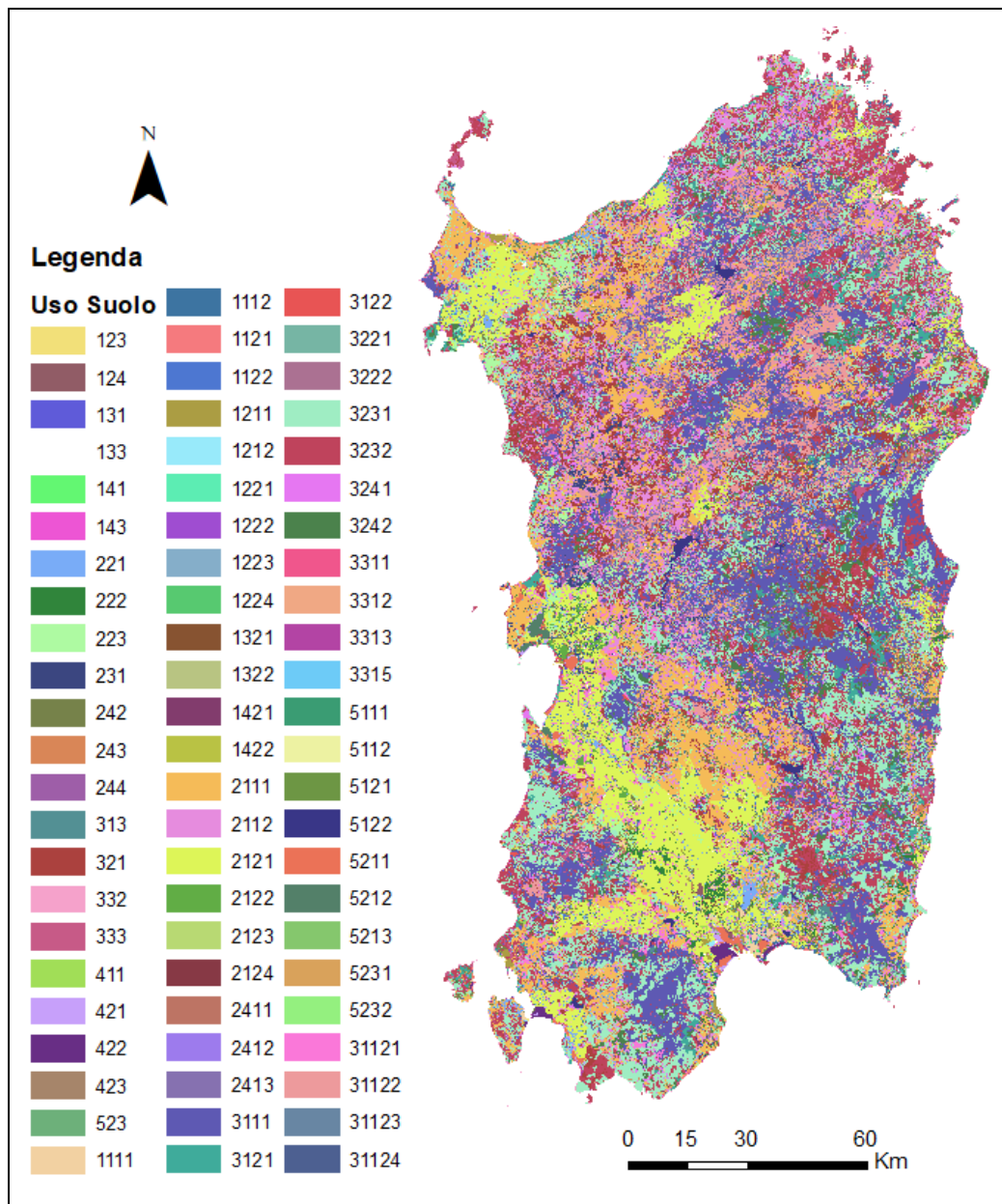
**Tabella 2. Valori caratteristici di CN<sub>II</sub> nelle zone rurali (USDA, 1986, 2004).**



Valori CN <sub>II</sub> in altre zone rurali					
Zone umide					
Copertura vegetale	Condizioni idrologiche cattive/discrete/buone	A	B	C	D
pascolo, prati, o foraggio continuo o ad intervalli per pascolo	cattive	68	79	86	89
	discrete	49	69	79	84
	buone	39	61	74	80
prato protetto dal pascolo e soggetto a fienagione	-	30	58	71	78
sterpaglia	cattive	48	67	77	83
	discrete	35	56	70	77
	buone	30	48	65	73
combinazione di bosco e prato (es. frutteto)	cattive	57	73	82	86
	discrete	43	65	76	82
	buone	32	58	72	79
bosco	cattive	45	66	77	83
	discrete	36	60	73	79
	buone	30	55	70	77
proprietà agricola-edifici, stradine, viottoli d'accesso e lotti circostanti	-	59	74	82	86
Zone aride e semiaride					
manto erboso, erba infestante	cattive	-	80	87	93
	discrete	-	71	81	89
	buone	-	62	74	85
macchia boschiva: quercia, pioppo, mogano, acero	cattive	-	66	74	79
	discrete	-	48	57	63
	buone	-	30	41	48
ginepro, pino e sottobosco	cattive	-	75	85	89
	discrete	-	58	73	80
	buone	-	41	61	71
macchia arbustiva	cattive	-	67	80	85
	discrete	-	51	63	70
	buone	-	35	47	55
arbusti desertici	cattive	63	77	85	88
	discrete	55	72	81	86
	buone	49	68	79	84

**Tabella 3. Valori caratteristici di CN<sub>II</sub> in altre zone rurali (USDA, 1986, 2004).**

In Figura 1 viene riportata la carta dell'uso del suolo Corine Land Cover 2008 relativa al territorio regionale con in legenda i codici relativi a ciascuna classe di uso del suolo (il lettore può fare riferimento alle Tabelle 4a-b per associare a ciascun codice la classe di uso del suolo).



### Carta dell'uso del suolo della Regione Sardegna 2008 (Corine Land Cover, 2008).

I valori del CN<sub>II</sub> riportati nel documento Technical Release 55: Urban Hydrology for Small Watershed (1986) dell'USDA e nelle Tabelle 1-3 sono stati quindi associati a ciascuna classe di uso del suolo presente nella carta dell'uso del suolo Corine Land Cover in Figura 1. In particolare, nel caso in cui nelle Tabelle 1-3 sono state trovate classi di uso del suolo descrittivamente corrispondenti a quelle presenti nella legenda della Corine Land Cover, a questa sono stati associati i valori di CN<sub>II</sub> secondo quanto riportato nelle Tabelle 1-3; mentre nel caso in cui non sono state trovate corrispondenti classi di uso del suolo tra quelle presenti in Tabelle 1-3, sono state create adeguate corrispondenze di comportamento fisico tra le classi appartenenti ai due distinti criteri descrittivi (USDA In Tabelle 1-3 e Corinne Land Cover in Tabelle 4a-b). Nelle Tabelle 4a-b vengono riportate le classi di uso del suolo della Corine Land Cover 2008 con associati i valori di CN<sub>II</sub> per i 4 tipi idrologici A-B-C-D ottenuti dalle Tabelle 1-3 applicando il criterio sopra descritto.



Classi di uso del suolo della Corine Land Cover 2008		CN <sub>II</sub>			
		A	B	C	D
1111	tessuto residenziale compatto e denso	77	85	90	92
1112	tessuto residenziale rado	61	75	83	87
1121	tessuto residenziale rado e nucleiforme	61	75	83	87
1122	fabbricati rurali	59	74	82	86
1211	insediamenti industriali-artigianali e commerciali e spazi annessi	89	92	94	95
1212	insediamenti di grandi impianti di servizi	81	88	91	93
1221	reti stradali e spazi accessori	98	98	98	98
1222	reti ferroviarie e spazi annessi	98	98	98	98
1223	grandi impianti di concentrazione e smistamento merci	98	98	98	98
1224	impianti a servizio delle reti di distribuzione	98	98	98	98
123	aree portuali	98	98	98	98
124	aree aereoportuali ed eliporti	98	98	98	98
131	aree estrattive	76	85	89	91
1321	Discariche	76	85	89	91
1322	depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli	76	85	89	91
133	Cantieri	76	85	89	91
141	aree verdi urbane	39	61	74	80
1421	aree ricreative e sportive	49	69	79	84
1422	aree archeologiche	68	79	86	89
143	Cimiteri	68	79	86	89
2111	seminativi in aree non irrigue	61	73	81	84
2112	prati artificiali	68	79	86	89
2121	seminativi semplici e colture orticole a pieno campo	63	73	80	83
2122	Risaie	96	96	96	96
2123	Vivai	68	79	86	89
2124	colture in serra	68	79	86	89
221	Vigneti	66	74	80	82
222	frutteti e frutti minori	62	71	78	81
223	Oliveti	62	71	78	81
231	prati stabili	30	58	71	78
2411	colture temporanee associate all'olivo	62	71	78	81
2412	colture temporanee associate al vigneto	66	74	80	82
2413	colture temporanee associate ad altre colture permanenti	64	73	79	82
242	sistemi colturali e particellari complessi	64	73	79	82
243	aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	64	73	79	82
244	aree agroforestali	64	73	79	82
3111	boschi di latifoglie	36	60	73	79
31121	pioppetti, saliceti, eucalitteti ecc. anche in formazioni miste	36	60	73	79
31122	Sugherete	36	60	73	79
31123	castagneti da frutta	36	60	73	79
31124	altri tipi di latifoglio	36	60	73	79
3121	boschi di conifere	45	66	77	83
3122	arboricoltura con essenze forestali di conifere	45	66	77	83
313	boschi misti di conifere e latifoglie	36	60	73	79
321	aree a pascolo naturale	49	69	79	84
3221	cespuglieti e arbusteti	35	56	70	77
3222	formazioni di ripa non arborea	35	56	70	77
3231	macchia mediterranea	35	56	70	77
3232	Gariga	35	56	70	77
3241	aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione: ricoloniz. naturale	43	65	76	82
3242	aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione: ricoloniz. artificiale	43	65	76	82

**Tabella 4a. Classi di uso del suolo della Corine Land Cover 2008 con associati i valori di CN<sub>II</sub> per i 4 tipi idrologici A-B-C-D (parte prima).**



Classi di uso del suolo della Corine Land Cover 2008		CN <sub>II</sub>			
		A	B	C	D
3311	spiagge di ampiezza superiore a 25 m	49	68	79	84
3312	aree dunali non coperte da vegetazione di ampiezza superiore a 25 m	49	68	79	84
3313	aree dunali coperte da vegetazione di ampiezza superiore a 25 m	49	68	79	84
3315	letti di torrenti di ampiezza superiore a 25 m	98	98	98	98
332	pareti rocciose e falesie	76	85	89	91
333	aree con vegetazione rada >5% e <40%	63	77	85	88
411	paludi interne	98	98	98	98
421	paludi salmastre	98	98	98	98
422	Saline	98	98	98	98
423	zone intertidali (zona del litorale che dipende dalle maree)	98	98	98	98
5111	fiumi, torrenti, fossi	98	98	98	98
5112	canali e idrovie	98	98	98	98
5121	bacini naturali	98	98	98	98
5122	bacini artificiali	98	98	98	98
5211	lagune, laghi e stagni costieri a produzione ittica naturale	98	98	98	98
5212	acquacolture in lagune, laghi e stagni costieri	98	98	98	98
5213	estuari e delta	98	98	98	98
5231	aree marine a produzione ittica naturale	98	98	98	98
5232	acquacolture in mare libero	98	98	98	98
523	Mare	98	98	98	98

**Tabella 4b. Classi di uso del suolo della Corine Land Cover 2008 con associati i valori di CN<sub>II</sub> per i 4 tipi idrologici A-B-C-D (parte seconda).**

Per determinare il tipo idrologico A-B-C-D è stata utilizzata la carta delle permeabilità dei substrati a scala regionale prodotta dal Dipartimento Geologico dell'ARPAS (in attesa di pubblicazione). La Carta di unità delle terre e di capacità d'uso dei suoli a scala 1:50.000 del Progetto CUT prodotta dalle Agenzie Agris e Laore e dalle Università di Cagliari e Sassari è relativa soltanto a 4 aree pilota (Pula-Capoterra, Muravera-Castiadas, Arzana e Nurra) che coprono una piccolissima parte della regione Sardegna. Pertanto non è stato possibile utilizzarla in attesa di disporre di una carta a scala regionale.

La carta delle permeabilità dei substrati della Sardegna in scala 1:25.000, portata a termine agli inizi del 2018 dal Dipartimento Geologico dell'ARPAS, è in parte derivata dalla carta litologica e in parte ottenuta dalle informazioni presenti nella cartografia geologica regionale ufficiale GeoPPR del 2008 (scala 1:25.000) integrando con le conoscenze geologiche e di campagna.

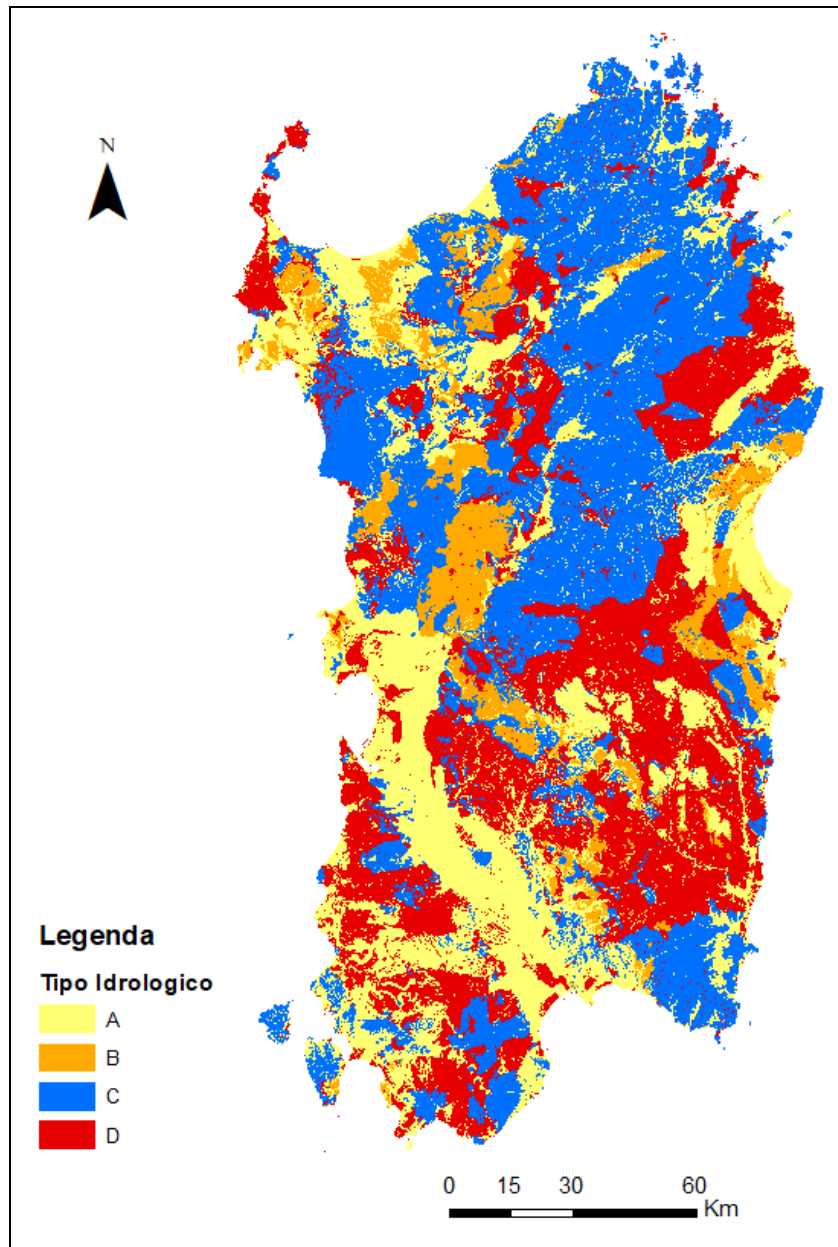
Si riassume di seguito brevemente come si è operato per ottenere la carta litologica: le rocce della Sardegna sono state suddivise in tre grandi classi: rocce magmatiche, rocce metamorfiche, rocce sedimentarie. Le tre classi sono state suddivise in otto sottoclassi (livello 1) di maggior dettaglio distinguendo al loro interno famiglie di rocce raggruppate per affinità (livello 2).

Il lavoro di assegnazione delle categorie di permeabilità è stato fatto sul livello di dettaglio 2 della carta litologica. Tuttavia, per quanto riguarda un gran numero di terreni, si è ripartiti dalle formazioni presenti nella cartografia ufficiale GeoPPR del 2008 reperibile su Sardegna Geoportale della Regione. Inoltre, poichè per la produzione della carta litologica sono stati integrati aggiornamenti successivi, derivati dal CARG (Cartografia Geologica e Geotematica, Ispra - Foglio 443 Tempio, in approvazione per la stampa) e dalla "Carta Graniti Nord Sardegna" del 2013 (Foglio 426 "Isola Rossa" e Foglio 427 "Luogosanto"), anche le litologie ricadenti in queste aree sono state trattate in dettaglio ripartendo dal dato geologico.

Per ottenere la carta delle permeabilità dei substrati, le rocce della Sardegna sono state suddivise in 5 classi di permeabilità: Alta permeabilità (AP), Medio Alta permeabilità (MAP), Media permeabilità (MP), Medio Bassa permeabilità (MBP), Bassa permeabilità (BP). All'interno di ciascuna sottoclasse, sono state distinte ulteriormente le tipologie di permeabilità per porosità, fatturazione e carsismo ottenendo 15 classi di permeabilità con le varie combinazioni dei dati.



A partire da tale carta, è stata quindi creata la carta dei tipi idrologici A-B-C-D assemblando le due classi di permeabilità AP e MAP al fine di ottenere solo quattro classi. In questo modo, è stato associato alle classi di permeabilità AP e MAP il tipo idrologico A, alla classe di permeabilità MP il tipo idrologico B, alla classe di permeabilità MBP la classe idrologica C, mentre alla classe di permeabilità BP e laghi la classe idrologica D. In particolare ad alcune aree fortemente antropizzate con permeabilità non classificata si è attribuito il valore di tipo idrologico con permeabilità più bassa (cioè classe D). In Figura 2 viene riportata la carta dei tipi idrologici A-B-C-D, mentre la carta delle permeabilità non è di seguito riportata perché tranne per le classi di permeabilità MAP e AP che sono state unificate, per il resto è praticamente identica alla carta sopra citata.



**Figura 2. Carta dei tipi idrologici (derivata dalla carta delle permeabilità dei substrati).**

E' stato creato un file tabellare .dbf (tab\_usoCN.dbf) che associa a ciascuna classe di uso del suolo della Corine Land Cover i valori di  $CN_{II}$  per i 4 tipi idrologici (Tabelle 4a-b). E' stato quindi eseguito in ArcGIS un join tra la tabella degli attributi della Corine Land Cover e la tabella "tab\_usoCN.dbf", attraverso il campo "UDSCOD", in modo da associare ad ogni tipo di uso del suolo i relativi valori di  $CN_{II}$  per ciascun tipo idrologico (A-B-C-D). Si è quindi effettuata l'intersezione tra gli shapefile della

carta dell'uso del suolo e della carta dei tipi idrologici A-B-C-D, aggiungendo alla tabella degli attributi di questo shapefile il campo CN<sub>II</sub>. Si è quindi riempito il campo CN<sub>II</sub> con il giusto valore:

- per i record con Tipo\_idrologico A, si è associato il valore presente nella colonna CN<sub>II</sub>=A;
- per i record con Tipo\_idrologico B, si è associato il valore presente nella colonna CN<sub>II</sub>=B;
- per i record con Tipo\_idrologico C, si è associato il valore presente nella colonna CN<sub>II</sub>=C;
- per i record con Tipo\_idrologico D, si è associato il valore presente nella colonna CN<sub>II</sub>=D.

Ottenuta la mappa del CN<sub>II</sub> a scala regionale in formato vettoriale riportata in Figura 3, si è prodotta pure la mappa del CN<sub>II</sub> in formato raster con risoluzione pari a 10 m e valore del pixel pari al CN<sub>II</sub> e mostrata in Figura 4. In particolare in Figura 4 il CN<sub>II</sub> viene rappresentato con 14 classi e con range pari a 5.

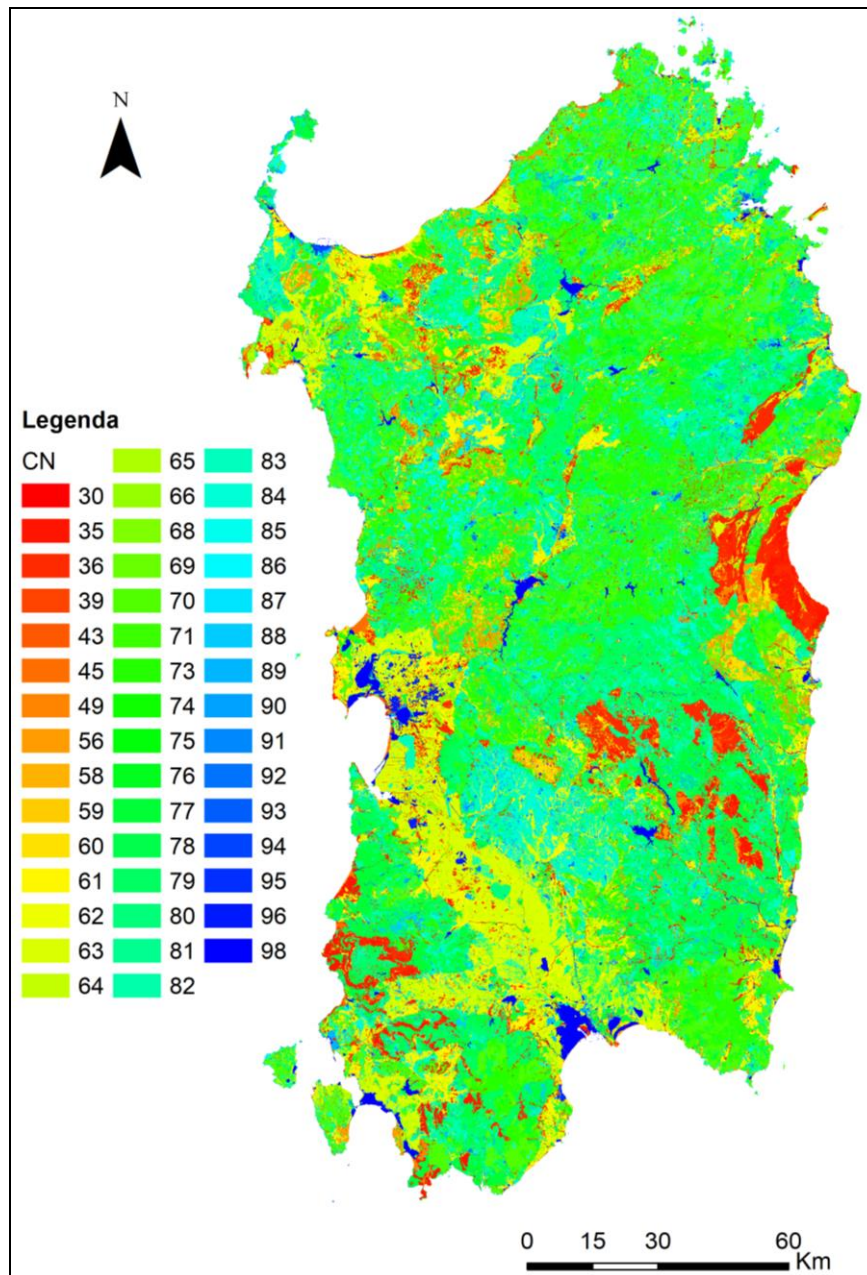


Figura 3. Carta del Curve Number (CN<sub>II</sub>) in formato vettoriale.

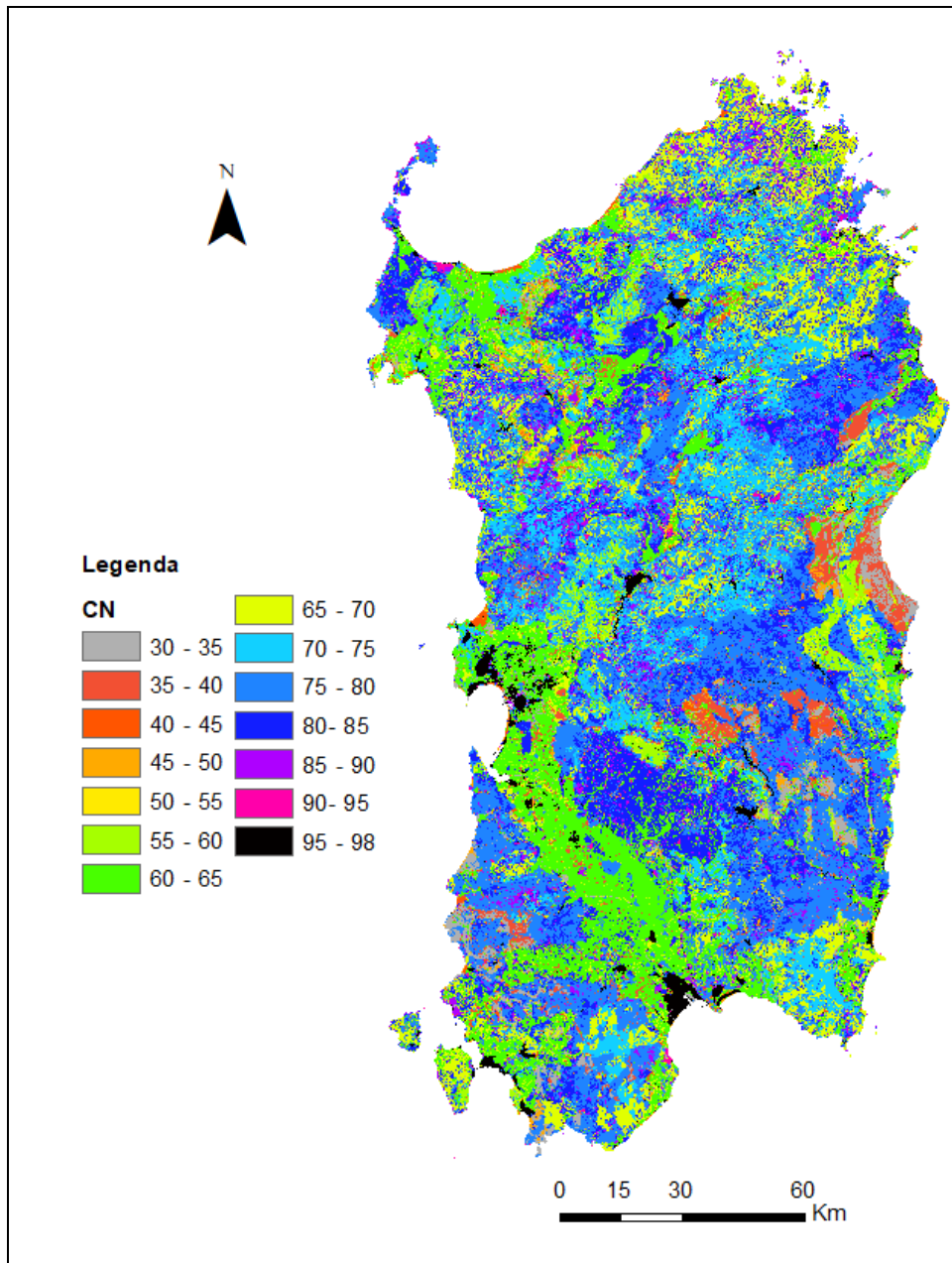
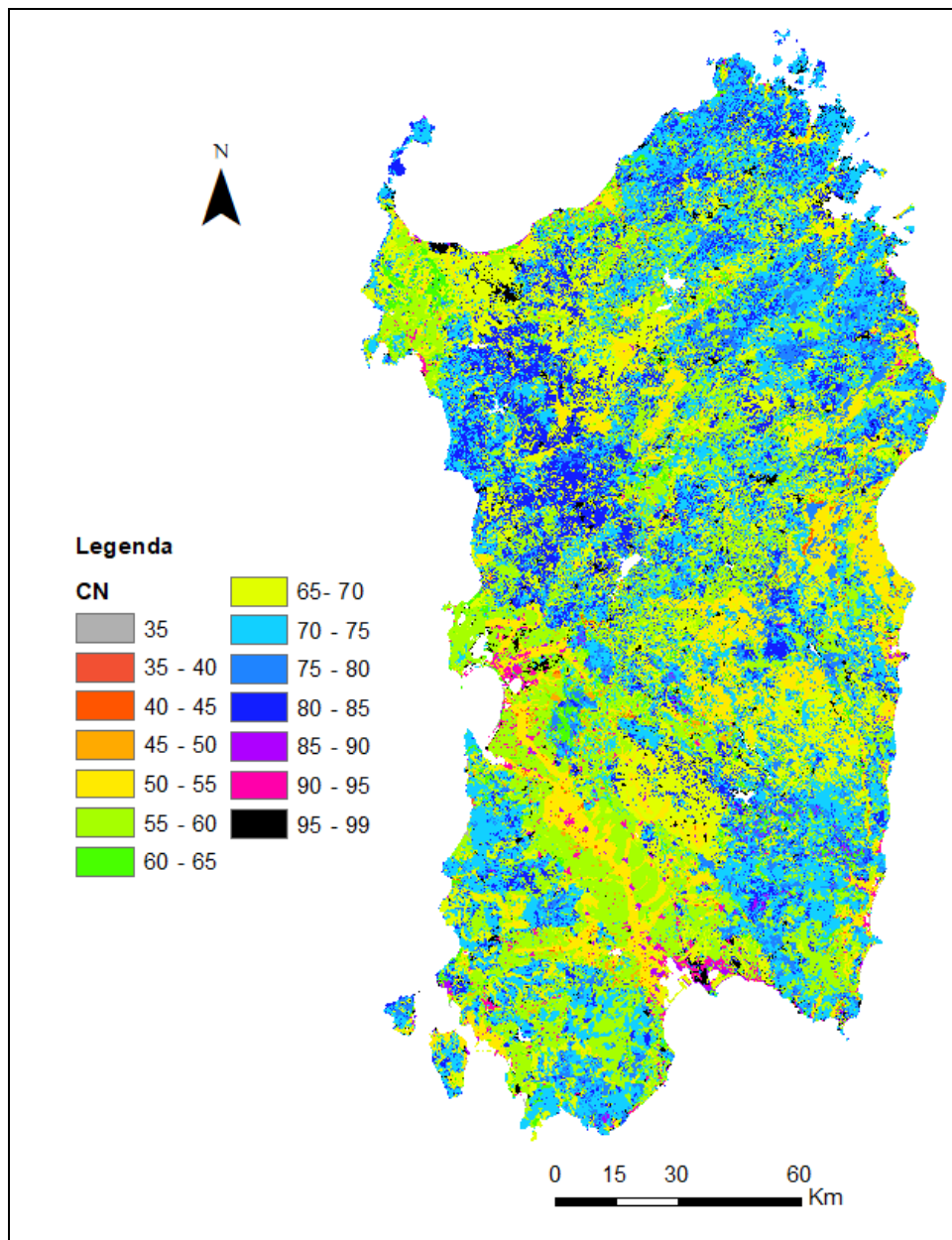


Figura 4. Carta del Curve Number (CN<sub>II</sub>) in formato raster.

## 2. Confronto con la carta del CN<sub>II</sub> del Piano Stralcio Fasce Fluviali

In Figura 5 viene riportata la carta del CN<sub>II</sub> in formato raster del Piano Stralcio Fasce Fluviali (PSFF, 2007) classificata con lo stesso numero e range di classi della carta del CN<sub>II</sub> dell'ARPAS.



**Figura 5. Carta del Curve Number (CN<sub>II</sub>) in formato raster (PSFF, 2007).**

Mentre la carta del CN<sub>II</sub> del PSFF riporta per tutta la Sardegna soltanto 15 differenti valori di CN<sub>II</sub> (che è un significativo limite nella definizione tipologica della mappa), la nuova mappa riporta 46 differenti valori di CN<sub>II</sub> con range tra 30 e 98. Questo determina conseguentemente nella nuova mappa del CN<sub>II</sub> un più grande spettro di variazione del valore del CN<sub>II</sub>.

Bisogna evidenziare che la mappa del CN<sub>II</sub> del Piano Stralcio Fasce Fluviali è stata realizzata nel 2002, utilizzando la carta di uso del suolo Corine Land Cover del 2000 in scala 1:100.000, e successivamente adottata per le analisi del PSFF. Mentre l'informazione sulla permeabilità determinava un coefficiente correttivo compreso tra -5 e 15 che andava addizionato al valore del CN<sub>II</sub>, individuato attraverso la classificazione dell'uso del suolo. Chiaramente questo ha determinato un limitato numero di differenti valori di CN<sub>II</sub> utilizzati per l'intera Regione. Analizzando i file in formato raster, nel 58% dei pixel il CN della nuova mappa è maggiore di quello ottenuto dalla mappa del CN

del PSFF, mentre nel 42% dei pixel il CN della nuova mappa è minore di quello ottenuto dalla mappa del CN del PSFF.

Per confrontare le due mappe si è calcolato il CN<sub>II</sub> medio (CN<sub>m</sub>) dei 36 bacini e sub-bacini sottesi alle stazioni idrometriche ARPAS con trasmissione del dato in tempo reale, dei due bacini oggetto di studio del progetto MAREGOT (Riu Palaceris e Riu Geremeas) e dell'intera Sardegna. I risultati vengono riportati nella Tabella 5, insieme all'area (A), alla differenza dei CN<sub>m</sub> ( $\Delta CN_m = CN_{m \text{ ARPAS}} - CN_{m \text{ PSFF}}$ ) di ciascun bacino e al rapporto  $|\Delta CN_m|/CN_m$  in % e in valore assoluto (in cui il CN<sub>m</sub> è quello ottenuto dalla mappa ARPAS). Inoltre si riporta pure il numero di differenti valori di CN<sub>II</sub> presenti in ciascun bacino per entrambe le mappe del CN<sub>II</sub>. In rosso sono evidenziati i bacini con valori di  $\Delta CN_m$  maggiori di 5 e minori di -5.

Bacini / sub-bacini	A [km <sup>2</sup> ]	CN <sub>m</sub> ARPAS	CN <sub>m</sub> PSFF	$\Delta CN_m$	$ \Delta CN_m /CN_m$ [%]	classi CN <sub>II</sub>	
						ARPAS	PSFF
Riu Geremeas	62,1	72,24	68,27	3,97	5,50	24	13
Riu Palaceris	36,7	69,93	68,27	1,66	2,38	29	15
Rio Posada a Torpè	636,3	76,76	74,48	2,28	2,97	33	11
<b>Rio Lanessi a Segariu</b>	96,5	76,91	71,16	5,75	7,48	33	10
Riu Foddeddu	60,6	72,24	73,93	-1,69	2,33	38	10
Riu Pramaera a Lotzorai	176,6	69,75	67,97	1,78	2,55	38	11
Riu Quirra a Tertenia	49,8	66,55	67,38	-0,83	1,25	33	10
Tirso a Sili (Or)	3289,1	74,29	71,03	3,26	4,39	45	13
<b>Riu Gutturu Mannu</b>	81,3	73,65	66,21	7,44	10,11	22	7
Riu Picocca a Monte Acuto	192,8	75,11	72,26	2,85	3,80	35	10
Rio Cixerri a Villamassargia	67,4	67,07	68,46	-1,39	2,08	28	11
Fiume Coghinias a Bortigiadas	2354,6	72,80	71,62	1,18	1,62	43	15
Flumini Mannu a Las Plassas	234,1	66,99	69,52	-2,53	3,77	46	12
Flumini Mannu a Villasor	880,7	70,90	66,92	3,98	5,62	45	13
<b>Rio Mogoro a Terralba</b>	387,0	75,39	67,04	8,35	11,07	44	13
Bartara	664,6	65,30	69,26	-3,96	6,06	43	12
Onifai	1064,6	67,52	70,00	-2,48	3,67	43	12
Su Mangano (Sologo a Galtelli)	291,6	71,39	70,18	1,21	1,69	37	11
Badu Crabolu	144,8	75,37	79,15	-3,78	5,02	32	6
Flumendosa a Ballao	1020,5	73,05	71,72	1,33	1,82	44	13
<b>Flumineddu ad Allai</b>	778,6	73,77	68,59	5,18	7,02	44	13
Flumini Uri a San Vito	37,9	76,78	74,60	2,18	2,84	21	10
Fluminimannu a Decimomannu	1714,3	70,97	66,73	4,24	5,97	45	14
Fluminimannu a Furtei	495,8	72,52	69,54	2,98	4,11	46	12
<b>Mannu di Porto Torres</b>	215,8	68,83	77,27	-8,44	12,26	40	9
Rio Terramaistus a Gonnosfanadiga	70,3	75,26	73,42	1,84	2,45	30	9
Tirso a rifornitore Tirso	590,4	74,60	70,81	3,79	5,08	34	12
Flumendosa a Isca Rena	1608,3	71,70	71,60	0,10	0,13	44	13
Riu Bade Crabile	26,2	72,85	74,17	-1,32	1,81	18	9
Padrongiano	437,7	73,00	73,12	-0,12	0,16	39	11
Coghinias a Viddalba	2427,7	72,82	71,69	1,13	1,55	43	15
Diga Maccheronis	607,5	76,71	74,44	2,27	2,96	33	9
Diga Pranu Antoni	2955,9	74,71	71,03	3,68	4,93	44	13
Diga Flumineddu	249,9	66,27	68,98	-2,71	4,09	29	9
<b>Diga di Mogoro</b>	249,9	78,55	67,70	10,85	13,81	40	13
Diga Monte Crispu	715,9	73,76	77,57	-3,81	5,17	41	10
Diga Bau Mela	94,5	76,4	75,00	1,40	1,83	24	9
<b>Diga Bau Mandara</b>	24,4	62,99	73,43	-10,44	16,57	23	7
Sardegna	24090	71,42	71,01	0,41	0,58	46	14

Tabella 5. Valori CN<sub>m</sub> ottenuti con le mappe del CN<sub>II</sub> ARPAS e PSFF per 38 bacini idrografici e per l'intera Sardegna, differenza dei due CN<sub>m</sub> ( $\Delta CN_m$ ),  $|\Delta CN_m|/CN_m$  [%], numero di differenti valori di CN<sub>II</sub> e area A di ciascun bacino.

Per l'intera Sardegna il  $CN_m$  è pari a circa 71 per entrambe le mappe. Si può notare che il differente numero di valori di  $CN_{II}$  presenti per ciascun bacino è notevolmente più elevato nel caso della mappa di  $CN_{II}$  presentata in questo documento rispetto a quello ottenuto a partire dalla mappa del PSFF.

L'influenza dell'area del bacino idrografico sulla differenza del  $CN_m$  ottenuto con le due differenti mappe di  $CN_{II}$  ( $\Delta CN_m$ ) viene analizzata in Figura 6. In particolare, si nota una rilevante variabilità del  $\Delta CN_m$  per bacini con estensione minore. Il valore minore di  $\Delta CN_m$  è stato riscontrato per il bacino del Flumendosa a Isca Rena e pari a 0,097 ( $|\Delta CN_m|/CN_m$  pari a 0,13%, numero di differenti valori di  $CN_{II}$  ottenuto dalla nuova mappa ARPAS pari a 44, e numero di valori di  $CN_{II}$  ottenuto a partire dalla mappa del PSFF pari a 13), mentre i valori più elevati sono pari a 10,85 relativo a un bacino di 250  $km^2$  (bacino Diga Mogoro,  $|\Delta CN_m|/CN_m$  pari a 13,81%, numero di valori di  $CN_{II}$  ARPAS pari a 40, e numero di valori di  $CN_{II}$  PSFF pari a 13) e -10,44 relativo ad un bacino di 24,4  $km^2$  (bacino Diga Bau Mandara,  $|\Delta CN_m|/CN_m$  pari a 16,57%, numero di valori di  $CN_{II}$  ARPAS pari a 23, e numero di valori di  $CN_{II}$  PSFF pari a 7). In 25 bacini il  $CN_m$  ottenuto dalla nuova mappa del CN è maggiore di quello ottenuto dalla mappa del CN del PSFF, mentre soltanto in 13 bacini il  $CN_m$  ottenuto dalla nuova mappa è minore di quello ottenuto dalla mappa del CN del PSFF.

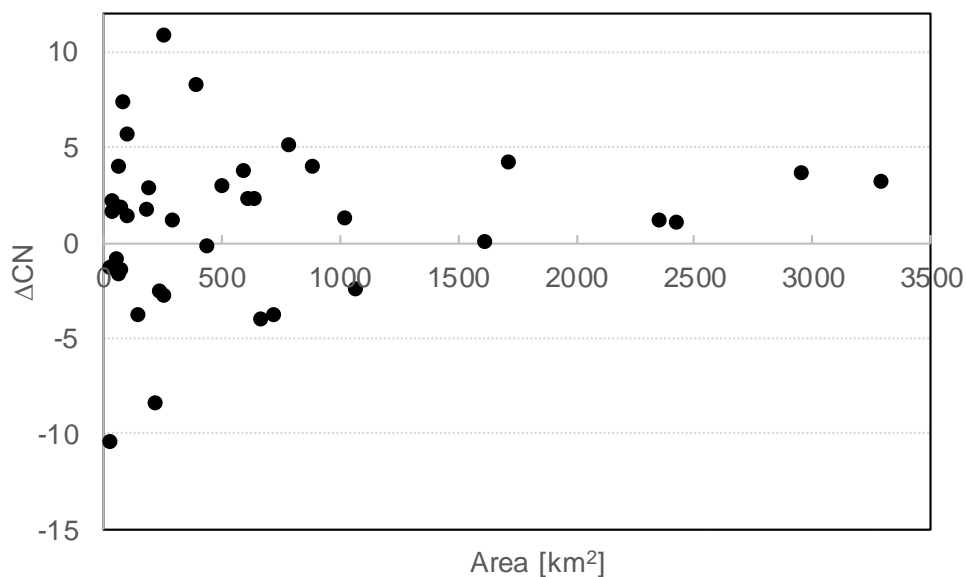


Figura 6. Valori di  $\Delta CN_m$  in funzione dell'area di ciascun bacino idrografico.

### 3. Effetti sul calcolo del tempo di corrivazione dei bacini idrografici

E' stata analizzata l'influenza del differente valore di  $CN_m$  sul calcolo del tempo di corrivazione ottenuto con la formula del Soil Conservation Service (SCS):

$$t_c = 0,00227 \cdot (L_p \cdot 1000)^{0,8} \cdot \left( \frac{1000}{CN_m} - 9 \right)^{0,7} \cdot i_b^{-0,5} \quad (1)$$

dove  $i_b$  è la pendenza media del bacino in %,  $L_p$  è la lunghezza dell'asta principale in km.

In Tabella 6 vengono riportati i valori di  $t_c$  ottenuti con il  $CN_m$  calcolato dalla mappa ARPAS e da quella del PSFF, la differenza  $\Delta t_c$  dei due tempi di corrivazione in valore assoluto ( $|\Delta t_c|$ ) e il rapporto tra il  $|\Delta t_c|$  e il  $t_c$  ottenuto a partire dalla mappa ARPAS,  $|\Delta t_c|/t_c$  in %. In rosso vengono evidenziati i bacini per cui  $|\Delta t_c|/t_c$  è superiore al 10%. Si può quindi notare come i differenti valori di  $CN_m$  ottenuti con le due mappe possano portare a notevoli differenze nel calcolo del tempo di corrivazione. Per esempio mentre per il bacino sotteso alla stazione di Isca Rena i due  $t_c$  differiscono di soli 2 minuti (16,25 h e



16,27 h) perchè il  $CN_m$  è praticamente identico, per il bacino Diga Mogoro i  $t_c$  differiscono di 2 h e 9 minuti ( $|\Delta t_c|/t_c$  pari al 35,64%) poiché i due valori di  $CN_m$  differiscono di circa 10 unità. Tali tempi di corrivazioni sono stati confrontati con quelli ottenuti con la formula del Giandotti mostrando che in alcuni casi il valore di  $t_c$  del Giandotti si avvicina di più a quello ottenuto con il  $CN_m$  della mappa ARPAS, mentre in altri si avvicina di più a quello ottenuto con la mappa PSFF. Questo non determina un test della bontà di uno o dell'altro metodo di stima del  $CN_{II}$ .

Bacini / sub-bacini	$t_c$ ARPAS [h]	$t_c$ PSFF [h]	$ \Delta t_c $ [h]	$ \Delta t_c /t_c$ [%]
<b>Riu Geremeas</b>	4,01	4,29	28 min	11,62
Riu Palaceris	3,08	3,16	8 min	4,26
Rio Posada a Torpè	10,23	11,06	43 min	6,90
<b>Rio Lanessi a Segariu</b>	12,34	14,47	2 h 13 min	17,64
Riu Foddeddu	3,29	3,20	9 min	4,31
Riu Pramaera a Lotzorai	4,34	4,47	13 min	4,74
Riu Quirra a Tertenia	1,34	1,32	2 min	2,13
Tirso a Sili (Or)	21,54	23,59	2 h 5 min	9,51
<b>Riu Gutturu Mannu</b>	2,58	3,37	39 min	21,91
Riu Picocca a Monte Acuto	5,21	5,48	27 min	8,41
Rio Cixerri a Villamassargia	4,09	4,00	9 min	3,61
Fiume Coghinas a Bortigadas	18,56	19,34	38 min	3,35
Flumini Mannu a Las Plassas	10,53	10,11	42 min	6,43
<b>Flumini Mannu a Villasor</b>	18,36	20,41	2 h 5 min	11,20
<b>Rio Mogoro a Terralba</b>	9,40	12,09	2 h 29 min	25,69
Bartara	11,35	10,26	1 h 9 min	9,93
Onifai	10,15	9,35	40 min	6,50
Su Mangano (Sologo a Galtelli)	6,02	6,15	13 min	3,59
<b>Badu Crabolu</b>	10,33	9,25	1 h 8 min	10,74
Flumendosa a Ballao	14,44	15,17	33 min	3,73
<b>Flumineddu ad Allai</b>	7,35	8,44	1 h 9 min	15,16
Flumini Uri a San Vito	2,24	2,34	10 min	6,94
<b>Fluminimannu a Decimomannu</b>	21,18	23,51	2 h 33 min	11,97
Fluminimannu a Furtei	13,50	15,00	1 h 10 min	7,23
<b>Mannu di Porto Torres</b>	6,41	5,16	1 h 25 min	21,20
Rio Terramaistus a Gonnosfanadiga	2,53	3,02	9 min	5,20
<b>Tirso a rifornitore Tirso</b>	10,44	11,55	1 h 11 min	11,02
Flumendosa a Isca Rena	16,25	16,27	2 min	0,20
Riu Bade Crabile	1,57	1,53	4 min	3,42
Padrongiano	14,50	14,47	3 min	0,34
Coghinas a Viddalba	19,45	20,22	37 min	3,12
Diga Maccheronis	9,53	10,34	41 min	6,91
<b>Diga Pranu Antoni</b>	17,53	19,50	1 h 57 min	10,90
Diga Flumineddu	5,38	5,15	23 min	6,80
<b>Diga di Mogoro</b>	6,02	8,11	2 h 9 min	35,64
<b>Diga Monte Crispu</b>	11,40	10,27	1 h 13 min	10,43
Diga Bau Mela	2,29	2,35	6 min	4,03
<b>Diga Bau Mandara</b>	3,56	2,59	57 min	24,15

**Tabella 6. Tempo di corrivazione  $t_c$  ottenuto utilizzando il  $CN_m$  derivato dalle mappe del  $CN_{II}$  ARPAS e PSFF per 38 bacini e sub-bacini idrografici, differenza dei due  $t_c$  in valore assoluto  $|\Delta t_c|$  e  $|\Delta t_c|/t_c$  [%].**

In 25 bacini il  $t_c$  ottenuto dalla nuova mappa del CN è minore di quello ottenuto dalla mappa del CN del PSFF, mentre soltanto in 13 bacini il  $t_c$  ottenuto dalla nuova mappa è maggiore di quello ottenuto dalla mappa del CN del PSFF.

### 3.1 Test su caso studio

A conferma dei vantaggi legati al metodo proposto, è stata fatta una prima validazione utilizzando i dati idrometrici dell'ultimo evento di pioggia del 30 Aprile - 10 Maggio andando a confrontare la traslazione temporale dei colmi dell'idrogramma di piena misurati da due stazioni idrometriche poste una a valle rispetto all'altra e la differenza dei tempi di corrivazione dei bacini sottesi alle due stazioni. Alla stazione di Decimomannu il colmo dell'onda di piena si è verificato 7 ore e 15 minuti dopo quello misurato a Furtei, mentre la differenza dei tempi di corrivazione dei bacini sottesi alle due stazioni è pari a 7 h e 28 minuti se misurato utilizzando l'equazione (1) del SCS e il  $CN_m$  calcolato con la mappa ARPAS, mentre è pari a 8 h e 51 minuti se calcolato utilizzando il  $CN_m$  della mappa PSFF. Stessa analisi è stata fatta per il colmo dell'onda di piena misurato a Tirso a Sili e a Tirso Rifornitore Tirso. E' stata osservata una traslazione del colmo dell'idrogramma di piena di circa 10 ore, mentre la differenza dei tempi di corrivazione è pari a circa 11 ore se misurata utilizzando il  $CN_m$  della mappa ARPAS, e a circa 12 ore utilizzando la mappa del  $CN_m$  del PSFF. Inoltre è stata osservata una traslazione del colmo di piena di circa 2 ore e 15 minuti tra le stazioni di Ballao e Isca Rena, mentre la differenza dei tempi di corrivazione è pari a circa 1 ora e 41 minuti se misurata utilizzando il  $CN_m$  della mappa ARPAS, e pari a circa 1 ora e 10 minuti utilizzando la mappa del  $CN_m$  del PSFF.

Da questa prima analisi si denota che utilizzando la mappa del  $CN_{II}$  dell'ARPAS anziché quella precedente del PSFF si riesce a riprodurre più correttamente il tempo di corrivazione dei bacini con l'equazione del SCS e quindi la traslazione temporale di due idrogrammi misurati in due stazioni idrometriche poste una a valle dell'altra.

## 4. Conclusioni

La seguente proposizione si distingue dal criterio precedentemente adottato nel Piano Stralcio Fasce Fluviali (PSFF, 2007) in quanto il valore del  $CN_{II}$  individuato contiene già l'informazione sulla permeabilità del substrato contenuta nella scala di valori di  $CN_{II}$  attribuiti per ogni classe di uso del suolo. Mentre in precedenza l'informazione sulla permeabilità determinava un coefficiente correttivo che andava addizionato al valore del  $CN_{II}$ , individuato sulla mera classificazione dell'uso del suolo ottenuta dalla Corine Land Cover del 2000.

L'esito del confronto tra l'applicazione dei due metodi (cioè quello proposto da ARPAS in questo documento, e quello presente nel Piano Stralcio Fasce Fluviali) sui medesimi bacini ha evidenziato variazioni del  $CN_{II}$  medio a scala di bacino comprese tra 0,097 e 10,85, che determinano differenze nei tempi di corrivazione calcolati con la formula del SCS che variano tra i 2 minuti e 2 h e 33 minuti.

I valori del  $CN_{II}$  proposti, a cui si è pervenuti con la metodologia illustrata nei paragrafi precedenti, sono da ritenersi migliorativi in quanto fondati sull'effettiva e più dettagliata carta delle permeabilità del substrato aggiornata al 2018, e sulla carta dell'uso del suolo Corine Land Cover del 2008 a scala 1:25.000 (mentre precedentemente era stata utilizzata la versione del 2000 in scala 1:100.000) e presentano una maggiore variabilità (46 differenti valori di  $CN_{II}$ , anziché 15).

E' evidente l'approssimazione con la quale entrambi i metodi giungano alla determinazione del valore del  $CN_{II}$  (definizione delle classi di appartenenza a cui si riconducono tipologie di uso del suolo differenti), ma la disponibilità di un più ampio spettro di valori di  $CN_{II}$  consente di ridurre l'entità di tale approssimazione, in particolare su piccoli bacini.

## 5. Bibliografia

Autorità di Bacino Regione Sardegna. Piano Stralcio Fasce Fluviali. “Studi, indagini, elaborazioni attinenti all’ingegneria integrata, necessari alla redazione dello studio denominato progetto di piano stralcio delle fasce fluviali (PSFF): metodologie di analisi”. Giugno 2007 (Rev. 1).

United States Department of Agriculture (USDA), Natural Resources Conservation Service. Technical Release 55: “Urban Hydrology for Small Watersheds”. June 1986. [http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/stelprdb1044171.pdf](http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044171.pdf).

United States Department of Agriculture (USDA), Natural Resources Conservation Service. Part 630 Hydrology, National Engineering Handbook: “Chapter 9: Hydrologic Soil-Cover Complexes”. 210-VI-NEH, July 2004.

