



29 marzo 2023

# Piano per una cartografia dei suoli su scala nazionale

N. di riferimento: BAFU-434.21-59684/2/4

Operazione:

## Indice

<b>1</b>	<b>Situazione iniziale</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Motivazioni per una cartografia dei suoli e benefici</b> .....	<b>2</b>
2.1	Attuale mandato legislativo .....	2
2.2	Benefici di una cartografia dei suoli su scala nazionale .....	4
2.3	Informazioni pedologiche in Svizzera.....	6
<b>3</b>	<b>Metodologia della cartografia dei suoli su scala nazionale</b> .....	<b>6</b>
3.1	Modalità di mappatura .....	6
3.2	Tappe della procedura di cartografia dei suoli.....	7
3.3	Metodi efficienti per i lavori sul campo e in laboratorio .....	10
3.4	Sinergie ed efficienza delle tappe procedurali e dei metodi.....	12
<b>4</b>	<b>Attuazione finanziaria e organizzativa</b> .....	<b>12</b>
4.1	Possibili varianti per l'organizzazione e il finanziamento.....	12
4.2	Cartografia dei suoli: attuazione e finanziamento in comune .....	13
4.2.1	Variante attuazione e finanziamento in comune mediante «joint venture».....	14
4.2.2	Variante attuazione e finanziamento in comune mediante «accordi programmatici» .....	16
4.3	Varianti di riferimento.....	17
4.3.1	Variante di riferimento «Compiti della Confederazione».....	17
4.3.2	Variante di riferimento «Compiti dei Cantoni» (a oggi).....	17
4.4	Stime dei costi.....	18
4.5	Finanziamento.....	20
4.6	Adeguamenti normativi .....	21
4.7	Fase preparatoria .....	22
<b>5</b>	<b>Conclusione e valutazione delle varianti</b> .....	<b>23</b>
	<b>Bibliografia</b> .....	<b>26</b>
	<b>Allegato</b> .....	<b>27</b>
	Allegato 1: Panoramica sulle cartografie dei suoli in Svizzera .....	27
	Allegato 2: Interessi di utilizzazione delle informazioni pedologiche .....	29
	Allegato 3: Tabella dei costi .....	30



## 1 Situazione iniziale

In Svizzera la risorsa suolo è oggetto di interessi variegati e viene sempre più edificata e deteriorata. Per una gestione sostenibile della risorsa suolo è fondamentale che siano disponibili informazioni pedologiche attendibili, ciò che in Svizzera riguarda solo una piccola parte di suoli. Nel mese di maggio 2020 il Consiglio federale ha adottato la Strategia Suolo Svizzera e un pacchetto di misure per garantire in modo sostenibile la risorsa suolo. Con il  **suo decreto dell'8 maggio 2020** il Consiglio federale ha conferito il mandato seguente: «**Il DATEC (UFAM, ARE), in collaborazione con il DEFR (UFAG), presenterà al Consiglio federale entro fine 2021 un piano per una cartografia dei suoli su scala nazionale e una proposta per il relativo finanziamento**». Il piano dovrà comprendere un'analisi della situazione attuale, oltre a proposte su procedura e finanziamento di una cartografia dei suoli su scala nazionale. L'analisi della situazione effettiva dovrà illustrare i lavori in corso e le competenze dei vari attori, le basi legali vigenti e le carenze dell'odierna cartografia dei suoli. La proposta di procedura dovrà definire le fasi necessarie per una cartografia su scala nazionale, spiegare la ripartizione dei compiti e le competenze della Confederazione e dei Cantoni e illustrare le modifiche che dovranno essere eventualmente apportate alle basi legali. La proposta di finanziamento dovrà illustrare quante risorse vengono utilizzate in un determinato periodo di tempo e a che scopo (inclusa la ripartizione tra Confederazione e Cantoni e l'utilizzo di eventuali sinergie con i lavori in corso).

Per lo sviluppo del presente piano è stata costituita una direzione del progetto formata da specialisti dell'UFAM, dell'UFAG e dell'ARE. La gestione è affidata al comitato di progetto Suolo, gestito dai membri della direzione dell'UFAM, dell'ARE e dell'UFAG. Come base per lo sviluppo del piano, la direzione del progetto ha chiesto l'elaborazione di rapporti specialistici in tre moduli:

- Modulo 1: Aspetti tecnico-operativi concernenti in particolare l'esecuzione della cartografia dei suoli secondo un metodo nuovo, elaborato da Soilution GbR e dal Centro di competenze per il suolo (CCSuolo).
- Modulo 2: Aspetti organizzativo-finanziari concernenti in particolare la suddivisione dei compiti e la ripartizione del finanziamento tra Confederazione e Cantoni, elaborato da Ecoplan AG.
- Modulo 3: Analisi degli effetti: rapporto sulle esperienze dei Cantoni e delle conoscenze che ne derivano riguardanti la realizzazione di una cartografia dei suoli su base nazionale, elaborata da Interface Politikstudien GmbH.

La bozza del piano è stata inviata per consultazione ai Cantoni da ottobre 2021 a gennaio 2022 e poi successivamente rielaborata.

## 2 Motivazioni per una cartografia dei suoli e benefici

### 2.1 Attuale mandato legislativo

Il suolo è una risorsa limitata e non rinnovabile; la formazione di 1 cm di suolo fertile richiede circa 100 anni. Esso è una delle basi vitali più importanti per uomo, animali e piante. Costituisce la base per la produzione alimentare e del legno, filtra l'acqua garantendo così un approvvigionamento di acqua potabile a costi contenuti, accumula l'acqua e il carbonio, riducendo i rischi di inondazioni e svolgendo un ruolo importante per il clima e l'adattamento ai cambiamenti climatici. Oltre a fornire questi numerosi servizi ecosistemici, il suolo è spesso uno spazio vitale di flora e fauna sottovalutato. Gli organismi del suolo sono fondamentali per i cicli alimentari, la degradazione delle sostanze nocive, l'umificazione e il regime idrico.

Le informazioni pedologiche<sup>1</sup> sono indispensabili per l'adempimento di numerosi incarichi costituzionali. Dal momento che il suolo è una risorsa non rinnovabile, lo sviluppo sostenibile previsto dall'articolo 73 della Costituzione federale (Cost.) può essere raggiunto solo se si dispone di conoscenze adeguate sul suolo e se le decisioni vengono prese tenendone conto.

Anche l'articolo 102 Cost. (Approvvigionamento del Paese), l'articolo 104 Cost. (Agricoltura) e l'articolo 104a Cost. (Sicurezza alimentare) riguardano direttamente il suolo: l'approvvigionamento della popolazione svizzera con derrate alimentari sane non è possibile senza suoli intatti ed efficienti. Questa constatazione riveste particolare importanza soprattutto in tempi di approvvigionamento problematico e in situazioni di penuria

<sup>1</sup> Le informazioni pedologiche descrivono la posizione, la struttura e le proprietà chimiche, fisiche e biologiche dei suoli, la loro qualità e l'idoneità d'uso. Possono essere rilevate in modo uniforme e messe a disposizione solo per mezzo di cartografie dei suoli.

grave. Per una protezione efficace di questi suoli e una gestione attenta e rispettosa delle condizioni locali è necessario sapere dove si trovano i suoli più idonei e a quali fattori reagiscono in modo particolarmente sensibile.

Se si vogliono adempiere i mandati costituzionali riguardanti gli ambiti della protezione dell'ambiente (art. 74 Cost.), pianificazione del territorio (art. 75 Cost.), acqua (art. 76 Cost.), foreste (art. 77 Cost.) e protezione della natura e del paesaggio (art. 78 Cost.) e dare efficace attuazione alle leggi basate su questi mandati, è indispensabile disporre di informazioni pedologiche affidabili: sono necessarie informazioni sul suolo dettagliate, per esempio, per prevenire pericoli naturali come piene o scoscendimenti e prevedere misure preventive sulla base di tali informazioni (art. 13 della legge federale del 21 giugno 1991 sulla sistemazione dei corsi d'acqua [RS 721.100]) o per selezionare le specie arboree nel bosco di protezione o nel bosco sfruttato a scopo economico (art. 20 e art. 33 della legge federale del 4° ottobre 1991 sulle foreste [LFo; RS 921.0]). Il regime idrico delle torbiere è fondamentale per la conservazione di questo ambiente, che contribuisce anche alla cattura dei gas serra. Per molti di questi compiti vale il principio secondo cui, con un utilizzo accurato e tipico delle condizioni locali, il suolo fornisce servizi ecosistemici preziosi. D'altro canto, una gestione errata del suolo comporta gravi conseguenze ecologiche ed economiche nel lungo termine.

Secondo gli articoli 43a capoversi 2 e 3 Cost. in combinato disposto con gli articoli 74 Cost. (protezione dell'ambiente), 75 Cost. (pianificazione del territorio), 104 Cost. (agricoltura), 76 Cost. (protezione delle acque), 77 Cost. (foreste) e 78 Cost. (protezione della natura e del paesaggio) la cartografia dei suoli a livello nazionale deve essere finanziata congiuntamente da Confederazione e Cantoni (cfr. cap. 4), a beneficio delle autorità pubbliche federali e cantonali come pure delle persone private attive nei settori specifici elencati. Secondo il diritto costituzionale il settore di competenza non può essere attribuito con certezza alla Confederazione e nemmeno ai Cantoni.

Gli articoli 33-35 della legge federale del 7 ottobre 1983 sulla protezione dell'ambiente (LPamb; RS 814.01) costituiscono la base legale per le misure di protezione del suolo e per l'ordinanza del 1° luglio 1998 contro il deterioramento del suolo (O suolo; RS 814.12). Pur non essendo esplicitamente riportata, la messa a disposizione delle informazioni pedologiche rappresenta una delle basi tecniche necessarie per l'esecuzione della normativa. L'articolo 4, capoverso 2 O suolo specifica che: «L'UFAM provvede in collaborazione con l'Ufficio federale dell'agricoltura (UFAG) alla creazione delle basi tecniche necessarie alla sorveglianza del deterioramento del suolo e offre consulenza tecnica ai Cantoni». Inoltre, in base all'articolo 10f LPamb, ogni quattro anni la Confederazione deve valutare lo stato dell'ambiente in Svizzera e inoltrare un rapporto alle Camere, mentre in base all'articolo 10e LPamb deve mettere a disposizione le informazioni ambientali, se possibile sotto forma di dati digitali aperti. Per poter riconoscere, valutare e prevenire deterioramenti del suolo, è importante conoscere le caratteristiche e le sensibilità locali dei suoli.

Anche l'esecuzione di altre leggi – in particolare della legge federale del 22 giugno 1979 sulla pianificazione del territorio (LPT; RS 700, artt. 3, 15 e 16), della LFo, della legge federale del 24 gennaio 1991 sulla protezione delle acque (LPac; RS 814.20, art. 27) e della legge del 29 aprile 1998 sull'agricoltura (LAgr; RS 910.1) – dipende dalla disponibilità di informazioni pedologiche precise. Soprattutto il rilevamento delle superfici per l'avvicendamento delle colture (SAC) è già espressamente previsto dalla legge. In base all'articolo 28 dell'ordinanza del 28 giugno 2000 sulla pianificazione del territorio (OPT; RS 700.1), i Cantoni sono tenuti a effettuare il rilevamento cartografico dell'ubicazione e della qualità di queste superfici. Le norme per la salvaguardia di queste superfici sono riportate nel piano settoriale delle superfici per l'avvicendamento delle colture. Secondo il piano settoriale, per la designazione delle SAC sono necessarie informazioni pedologiche affidabili rilevate attraverso le cartografie dei suoli. Nel piano settoriale si chiede pertanto che gli inventari SAC cantonali siano allestiti sulla base di dati affidabili relativi al suolo e che vengano definiti sia le norme per le carte dei suoli che i requisiti qualitativi minimi (criteri di qualità) che devono essere soddisfatti in caso di un nuovo rilevamento di SAC e di ricoltivazioni e valorizzazioni di una SAC (Piano settoriale SAC, 2020, principi P5 e P6). Nel 2021 la Commissione della gestione del Consiglio nazionale (CdG-N) si è nuovamente occupata dello stato della protezione delle superfici coltivate<sup>2</sup>. Dal suo esame è emerso che la Confederazione non dispone ancora di dati attendibili sull'effettiva qualità delle SAC nei Cantoni. La CdG-N deplora che non siano stati

<sup>2</sup> Rapporto del 10 settembre 2021 della Commissione della gestione del Consiglio nazionale: Controllo successivo dell'ispezione «Preservazione dei terreni agricoli coltivati». Cfr. <https://www.parlament.ch/centers/documents/it/bericht-gpk-n-10-09-2021-i.pdf>

apportati prima miglioramenti in questo settore, pertanto invita il Consiglio federale a rafforzare il suo impegno in materia.

## 2.2 Benefici di una cartografia dei suoli su scala nazionale

Il suolo può essere utilizzato in modo sostenibile solo se sono disponibili informazioni pedologiche, ossia quando viene esaminato sistematicamente se ne sono documentati lo stato, le sensibilità e le funzioni e se, sulla base di questi dati, vengono realizzati e messi a disposizione prodotti cartografici specifici per i diversi gruppi target. A tal fine è urgente e fondamentale disporre di informazioni pedologiche armonizzate su scala nazionale, che consentono di illustrare le più svariate tematiche in modo comprensibile. Queste carte comprendono i parametri del suolo (ad es. pH), i tipi di suolo (ad es. suolo bruno), le funzioni del suolo (ad es. funzione di spazio vitale) e molti temi specifici come la sensibilità alla compattazione, la capacità di accumulo dell'acqua ecc. Ne beneficiano svariati attori, come dimostrano le conoscenze risultanti dalla valutazione delle cartografie cantonali dei suoli (Interface 2021):

**Agricoltura:** una carta dei suoli dettagliata aiuta l'agricoltura ad adattarsi alle condizioni locali, quindi a produrre in modo più sostenibile e a prevenire perdite di produzione. Sulla base dei dati relativi al suolo, le colture possono per esempio essere piantate nelle zone con le sostanze nutritive più indicate per la loro crescita. Al tempo stesso si può adattare la concimazione alle esigenze e alla capacità di assorbimento del suolo, contribuendo in tal modo a ridurre complessivamente lo spandimento di concimi, e quindi l'inquinamento ambientale, come pure a risparmiare sui costi. Utilizzando le carte relative alla sensibilità alla compattazione come quelle create dal Cantone di Soletta, gli agricoltori possono emanare raccomandazioni concrete su come gestire il territorio in modo adeguato al luogo e in che misura vi si può transitare con attrezzi pesanti. Così facendo, la capacità produttiva del suolo può essere mantenuta a lungo. Una carta del suolo contribuisce inoltre a preparare l'agricoltura in modo che sia attrezzata per far fronte al cambiamento climatico. Data la siccità estiva che, secondo le previsioni, continuerà ad aumentare, sarà sempre più importante irrigare utilizzando l'acqua in modo efficiente, considerata la scarsità di questa risorsa. Informazioni dettagliate sulla capacità dei suoli di accumulare e assorbire acqua forniscono un contributo importante al raggiungimento di questo obiettivo. I dati pedologici sono tuttavia utili anche nella gestione delle precipitazioni intense. Inoltre, il risanamento dei sistemi di drenaggio per lo smaltimento delle acque può essere realizzato in modo molto più conveniente se si tiene conto del regime idrico del suolo indicato nelle apposite carte.

**Pianificazione del territorio:** la disponibilità di una carta delle funzioni del suolo<sup>3</sup>, consente di progettare costruzioni o di prevedere zone edificabili in regioni nelle quali tali funzioni sono meno importanti, riducendo così gli effetti negativi dovuti all'impermeabilizzazione del suolo e conservando nel lungo termine funzioni importanti. In futuro gli strumenti presenti nell'ambito della pianificazione del territorio potrebbero essere basati sui dati pedologici e creare ulteriori incentivi a favore di un'edilizia rispettosa del suolo. Nel Cantone di Zurigo, che già dispone di carte del suolo molto estese, le informazioni sul suolo confluiscono nelle decisioni concernenti la pianificazione del territorio. L'importanza dei dati sul suolo emerge in particolare nella protezione delle SAC. Una protezione efficace dei suoli agricoli più fertili, come previsto nel piano settoriale SAC, è possibile solo se sono disponibili informazioni sulle loro funzioni. La protezione mirata delle superfici agricole effettivamente più importanti presenti nel Paese è attuabile solo se si dispone di una carta del suolo uniforme su scala nazionale; tale protezione rafforza inoltre la sicurezza alimentare della Svizzera nel lungo termine. Per quanto sia difficile stimare l'entità monetaria di questo effetto, l'interesse sembra comunque notevole: in un sondaggio svolto in otto Cantoni, il rilevamento delle SAC e la relativa compensazione sono stati menzionati come elemento importante per la realizzazione di una cartografia dei suoli.

**Protezione della natura:** per far fronte a una delle più grandi sfide del nostro tempo – la conservazione della biodiversità – è assolutamente necessario aggiungere e connettere in modo mirato nuove aree ai territori attuali vocati alla conservazione delle biocenosi. A questo proposito i dati pedologici possono fornire un contributo importante, perché consentono di identificare le zone (ad es. ex suoli torbosi, suoli molto ricchi di scheletro) che dovrebbero essere dedicate in via prioritaria alla conservazione della biodiversità. Inoltre, i dati pedologici possono servire per delimitare zone cuscinetto sufficienti dal punto di vista ecologico e fornire

---

<sup>3</sup> Per funzioni del suolo si intende la capacità del suolo di fornire servizi all'uomo e all'ambiente

indicazioni importanti sull'intensità con cui il suolo può fungere, per esempio, da cuscinetto di sostanze nutritive.

**Cambiamento climatico:** i dati pedologici possono assumere un ruolo importante anche nella lotta contro il cambiamento climatico. Dal momento che il tenore esatto di carbonio varia da una regione all'altra, si possono identificare le ubicazioni con riserve di carbonio molto alte e sensibili. Con un utilizzo adattato in tal senso si potrebbero ridurre sensibilmente le emissioni di CO<sub>2</sub>. Inoltre, informazioni dettagliate sulle proprietà fisiche e chimiche dei suoli boschivi consentono un miglior adattamento dei boschi al cambiamento climatico, in particolare promuovendo le specie arboree più resistenti alla siccità e alle temperature elevate, secondo modalità idonee in base alle condizioni locali. Ulteriori vantaggi di questi dati emergono attraverso la prevenzione dei pericoli naturali e le previsioni in caso di eventi. A seconda delle caratteristiche e dell'utilizzo, i suoli possono assorbire diverse quantità di acqua. Queste informazioni sono decisive per la modellizzazione idrologica e quindi per la protezione contro le piene, come pure per la prevenzione di scoscendimenti e colate detritiche. Una carta dei suoli su scala nazionale consentirebbe di definire con maggior precisione le regioni a rischio e di adottare misure più mirate. Allo stesso tempo i serbatoi idrici molto efficienti potrebbero essere meglio protetti dall'impermeabilizzazione o dalla compattazione, fino a escludere addirittura costose misure di protezione.

**Protezione delle acque e approvvigionamento di acqua potabile:** il suolo è un filtro molto efficace ed efficiente. In Svizzera le acque sotterranee e le acque sorgive dovrebbero poter essere immesse nella rete dell'acqua potabile senza ulteriore trattamento, dal momento che il suolo deve essere utilizzato in modo da evitare effetti pregiudizievoli per le acque (art. 27 LPAc). Questa disposizione comporta un utilizzo del suolo che non pregiudichi le acque e consenta al suolo di filtrare in gran parte le sostanze nocive. Una cartografia dei suoli su scala nazionale rappresenta una base importante per conservare a lungo termine la funzione di filtro naturale del suolo e per sfruttarla in modo conforme alle condizioni locali. Partendo dai dati pedologici raccolti è possibile, per esempio, generare carte sulle funzioni di filtro e cuscinetto delle varie regioni e coordinare meglio l'impiego di pesticidi in agricoltura in base alla capacità di filtro naturale del suolo. Secondo una stima, gli apporti di sostanze nutritive e di sostanze nocive nelle acque sotterranee e nelle acque sorgive verrebbero ridotti almeno del 10-15 per cento. Ogni anno si risparmierebbero dai 7 ai 10 milioni di franchi spesi per il trattamento dell'acqua potabile.

**Bosco:** il suolo boschivo presenta funzioni importantissime, di grande rilevanza per la prevenzione dalle piene, l'adattamento climatico/l'accumulo di gas serra e la protezione contro l'erosione. I suoli boschivi sono a volte esposti a pericoli diversi rispetto ai suoli agricoli. Si prevede che la compattazione del suolo riguardi una percentuale inferiore di superficie, dal momento che l'uso di mezzi pesanti per la raccolta del legno avviene in parte durante la stagione invernale, ovvero su suoli gelati e quindi con una maggiore capacità di carico. La cartografia dei suoli consente di identificare i suoli boschivi sensibili alla compattazione e può quindi rappresentare una base cartografica per i servizi forestali. Per contro, il 95 per cento dei suoli boschivi è contaminato da immissioni di azoto rilevanti, che intensificano notevolmente l'acidificazione naturale del suolo. Il processo di acidificazione riduce la disponibilità di sostanze nutrienti, libera ioni di alluminio tossici per le radici delle piante e compromette le condizioni vitali necessarie per gli organismi del suolo, per esempio i lombrichi. La cartografia dei suoli migliora i dati disponibili sulle minacce alla biodiversità terrestre. Informazioni dettagliate sulle caratteristiche del suolo delle zone boschive consentono inoltre una selezione più mirata delle specie nel caso di nuove piantagioni, contribuendo in tal modo a migliorare la capacità dei boschi – anch'essi importanti serbatoi di CO<sub>2</sub> – di adattarsi ai cambiamenti climatici.

Una **stima quantitativa** concreta dei **benefici** derivanti da una cartografia dei suoli su scala nazionale è stata eseguita nell'ambito del PNR 68 «Uso sostenibile della risorsa suolo» (sintesi parziale 4). Il valore aggiunto dato dalle informazioni pedologiche è stato valutato in dieci diversi esempi applicativi. Sono stati analizzati, per esempio, i minori costi di costruzione per le opere di drenaggio, i risparmi nell'impiego di concimi o la perdita di rendimento nella cerealicoltura imputabile alla compattazione dei suoli. A seconda delle modalità di valutazione, dalle informazioni pedologiche si ottiene un valore aggiunto che va da 55 a 132 milioni di franchi all'anno. Occorre tuttavia tenere presente che gran parte del beneficio derivante dalla cartografia dei suoli è realizzato in modo indiretto, per esempio contribuendo alla conservazione della biodiversità e della sicurezza alimentare. Pur trattandosi di elementi di importanza fondamentale per le generazioni future, è difficile attribuire loro un valore monetario diretto. Se si confronta il valore aggiunto calcolato partendo da una

selezione di esempi applicativi con i costi di una cartografia dei suoli su scala nazionale, si ottiene un ottimo rapporto costi-benefici (cfr. cap. 4.4 e all. 2). Se inoltre si considerano anche i numerosi effetti positivi, il beneficio a lungo termine aumenta ulteriormente. Dalle varie analisi emerge chiaramente che ogni franco speso per la cartografia dei suoli genererà nel lungo termine un rendimento di gran lunga maggiore.

### 2.3 Informazioni pedologiche in Svizzera

Le informazioni pedologiche descrivono la posizione, la struttura e le proprietà chimiche, fisiche e biologiche dei suoli, la loro qualità e l'idoneità d'uso, quindi la loro grande varietà. Tali informazioni possono essere rilevate in modo uniforme e messe a disposizione solo per mezzo di cartografie dei suoli. Per la Confederazione, i Cantoni e i Comuni è indispensabile disporre di informazioni pedologiche valide e complete al fine di gestire con efficienza le esigenze di utilizzazione. In base all'articolo 28 capoverso 2 OPT, tali informazioni sono richieste per le SAC.

A partire dal 1953 la Confederazione si è occupata della cartografia dei suoli in Svizzera attraverso il servizio di cartografia dei suoli presso Agroscope. Tuttavia, dopo la sua abolizione in seguito all'adozione di misure di risparmio avvenuta nel 1996, solo una minoranza dei Cantoni ha continuato a mappare i suoli, a volte con metodi diversi. Per questo motivo le informazioni pedologiche in Svizzera non sono per nulla complete (Borer e Knecht, 2014, Nussbaum et al. 2018, Rehbein et al. 2019). Con lo studio di Rehbein et al. (2019) si è fatto un punto della situazione completo sulle carte del suolo presenti in Svizzera. Una cartografia dei suoli dettagliata ed estesa è stata allestita soprattutto dai Cantoni BL, BS, LU, SO, VD, ZG e ZH. Questi rilevamenti e queste esperienze sono molto preziosi per la cartografia su scala nazionale. Alcune superfici dei Cantoni AG, AI, BE, GL e JU sono state inoltre mappate nell'ambito di progetti per l'indicazione delle SAC e di progetti di migloria (panoramica delle cartografie cantonali di cui all'all. 1).

A causa del prolungato periodo di allestimento, che si è protratto dal 1950 a oggi, dal punto di vista qualitativo le carte del suolo esistenti presentano notevoli differenze sia nel metodo, nel grado di dettaglio come pure nella scala di rilevamento. Secondo Rehbein et al. (2019), carte del suolo di buona qualità e risoluzione sono disponibili solo per il 13 per cento circa (127 000 ha) della superficie agricola utile della Svizzera (1,05 mio ha) e solo per il 4,1 per cento dei suoli svizzeri pari a 30 600 km<sup>2</sup>. Per quanto concerne la superficie ancora da mappare, gli autori rimandano alla ridotta attività di mappatura degli ultimi due decenni, pari a soli 2400 ha all'anno, ovvero a meno dell'uno per mille della superficie restante. Proseguendo con questa velocità di mappatura, servirebbero diversi secoli per avere una carta del suolo completa della Svizzera. Una cartografia completa dei suoli della Svizzera in base alla metodologia attuale e in scala 1:5000 comporterebbe costi complessivi di oltre 1,4 miliardi di franchi (Borer e Knecht 2014, Carrizoni et al. 2017). Adottando nuovi metodi di cartografia si potrebbe sia ridurre notevolmente i costi, sia accorciare il tempo necessario a circa 2-3 decenni (cfr. cap. 3 e 4.4).

Rispetto ad altri Paesi di superficie simile, le informazioni pedologiche dettagliate disponibili in Svizzera presentano notevoli lacune. A livello nazionale, esiste al momento infatti solo una carta sintetica d'idoneità dei suoli in scala 1:200 000 (Nussbaum et al. 2018), mentre in altri Paesi sono disponibili carte più dettagliate. In Europa orientale, negli anni 1950-1990 sono state generalmente allestite carte dei suoli in scala 1:5000-1:10 000. In Europa occidentale Belgio e Austria hanno realizzato mappature capillari in scala 1:20 000 e 1:25 000, mentre le carte della Germania e dei Paesi Bassi sono in scala 1:50 000 (EU Soil Atlas, 2005). Nell'ultimo decennio circa, in 16 dei 38 Paesi considerati sono state create nuove carte dei suoli oppure è stata aggiornata la cartografia esistente. In un terzo dei Paesi le carte sono state create utilizzando metodi statistici (modelli digitali del suolo, Digital Soil Mapping); anche nel presente piano si consiglia l'adozione di questi nuovi metodi più convenienti.

## 3 Metodologia della cartografia dei suoli su scala nazionale

### 3.1 Modalità di mappatura

In collaborazione con gli esperti, il Centro di competenze per il suolo (CCSuolo) ha sviluppato una modalità di mappatura per una cartografia completa dei suoli della Svizzera (Behrens et al. 2021). La modalità proposta mira al rilevamento uniforme delle proprietà di quasi tutti i suoli svizzeri. Questi suoli corrispondono a una superficie totale di 30 600 km<sup>2</sup> e comprendono tutti i suoli agricoli e boschivi, i suoli di zone naturali protette e i suoli non utilizzati (suoli permafrost e suoli rocciosi esclusi). Nel piano, i suoli degli insediamenti (ad es. giardini privati, parchi, zone verdi, suoli per infrastrutture per i trasporti) sono considerati come un possibile

ampliamento. La loro mappatura richiede infatti una procedura modificata. Con «suolo» si intendono gli orizzonti A e B e parti dell'orizzonte C (secondo la fig. 2 «Limiti di sistema della Strategia Suolo» di cui nella Strategia Suolo Svizzera). La cartografia dei suoli si distingue quindi chiaramente dalla cartografia geologica.

La modalità prevista si concentra su una cartografia dei suoli svizzeri standard e su larga scala, realizzata con una procedura uniforme nella quale, ai validi elementi dell'odierna mappatura sul campo, vengono associati nuovi metodi tecnici e digitali. La nuova modalità di mappatura integra l'attuale rilevamento del suolo effettuato secondo la scienza del suolo con l'aggiunta di metodi geofisici di rilevamento diretto, nuovi metodi di analisi in laboratorio e sul campo, analisi di serie storiche di dati telerilevati e l'impiego di metodi di data science derivanti dall'apprendimento automatico (McBratney et al. 2003; Behrens 2018c; Ma et al. 2019). La mappatura basata sulla scienza del suolo, con la descrizione dei profili del suolo e le perforazioni sul campo, continua a essere valida ma, grazie alle economie di scala, si può ridurre il numero degli onerosi profili del suolo e delle perforazioni sul campo. Rispetto all'attuale cartografia dei suoli, che ha come obiettivo primario quello di rispondere a problematiche agricole, il ventaglio di prodotti viene ampliato a includere anche le tematiche e i gruppi di utenti menzionati nel capitolo 2.2. Oltre a una carta del suolo, la modalità di mappatura proposta fornisce quindi una serie di informazioni complete e non classificate sulle proprietà del suolo (ad es. il valore pH preciso al posto di informazioni classificate come ad es. «neutro», «poco acido» o «molto acido») e carte di dati riferite alle applicazioni che, oltre a essere molto precise, sono a disposizione per analisi e prodotti specifici dei vari utenti, come per esempio carte sulla capacità di accumulo dell'acqua, sensibilità di compattazione del suolo ecc., e possono essere aggiornate regolarmente nell'ambito della gestione delle versioni. La risoluzione spaziale orizzontale deve corrispondere in media alla scala 1:5000 delle attuali cartografie dei suoli nell'Altipiano, tenendo presente che, per i suoli boschivi e i suoli difficilmente accessibili (ad es. i suoli alpini), deve essere possibile una risoluzione meno precisa. Le informazioni verticali sulla profondità saranno più dettagliate rispetto all'attuale modello a due livelli (solo strato superiore e strato inferiore). Sarà così possibile rispettare in modo efficace le svariate esigenze legislative e pratiche secondo il capitolo 2, in particolare la valutazione delle numerose funzioni del suolo.

La futura cartografia dei suoli standard su scala nazionale, si basa sull'attuale standard nazionale per il rilevamento sul profilo e su perforazioni. I Cantoni che dispongono di carte dei suoli aggiornate o che stanno mappando i suoli possono portare avanti le proprie cartografie dei suoli secondo lo standard attuale. Gli adattamenti metodici nelle cartografie cantonali che tengono conto del nuovo standard cartografico devono essere concordati con la Confederazione. Si garantisce in tal modo la continuità delle cartografie attuali dei suoli nei Cantoni.

La cartografia dei suoli deve essere attuata in tre fasi (Behrens et al. 2021). Nella **fase 0 (fase preparatoria)** sono previsti diversi lavori preparatori, in particolare l'adattamento delle basi legali, le decisioni sul finanziamento e chiarimenti tecnici preliminari sulla logistica dei campioni e dei dati, su operazioni tecniche, sull'allestimento di capacità di laboratorio, sui bandi di concorso OMC per la cartografia dei suoli sul campo ecc. Questi lavori preliminari avranno una durata prevista di circa cinque anni (2024 – 2028, cfr. cap. 4.7). Dopo le decisioni del Parlamento relative all'approvazione delle modifiche normative e dei fondi necessari, con la **fase 1 (esecuzione)** avrà inizio il lavoro di cartografia vero e proprio. La **fase 2 (lavori successivi)** è dedicata al seguito e alla validazione, oltre che all'allestimento di ulteriori prodotti di analisi, ad esempio le carte applicabili. Le fasi 1 e 2 possono avere una durata diversa da una regione all'altra. La cartografia dei suoli svizzeri (fase 1 e 2) richiederà 20 anni, fermo restando che le carte dei suoli saranno costantemente disponibili. Possono essere definite delle priorità temporali: le carte di regioni esposte a un'elevata pressione dallo sfruttamento (ad es. nell'Altipiano) possono essere rese disponibili prima delle altre. Nella fase preparatoria tali priorità saranno elaborate d'intesa con i Cantoni. Verso la fine della fase 1 (esecuzione), le attività di rilevamento saranno progressivamente ridotte. In tal modo diminuiscono costantemente i costi del personale coinvolto nel progetto. In funzione delle esigenze dei diversi gruppi di utenti, i dati possono infine essere elaborati e messi a disposizione in forme diverse. L'aggiornamento delle carte e dei dati richiede tuttavia risorse anche a conclusione del progetto avvenuta.

### 3.2 Tappe della procedura di cartografia dei suoli

La cartografia dei suoli avviene in sei tappe (Figura 1):

1. Preparazione dei dati ambientali e dei geodati
2. Allestimento della carta concettuale, incluso il piano di campionamento

N. di riferimento: BAFU-434.21-59684/2/4

3. Cartografia dei suoli sul campo e misurazione mediante sensori
4. Misurazioni in laboratorio
5. Creazione delle carte e
6. Analisi e creazione del prodotto

Segue una descrizione sintetica delle sei tappe



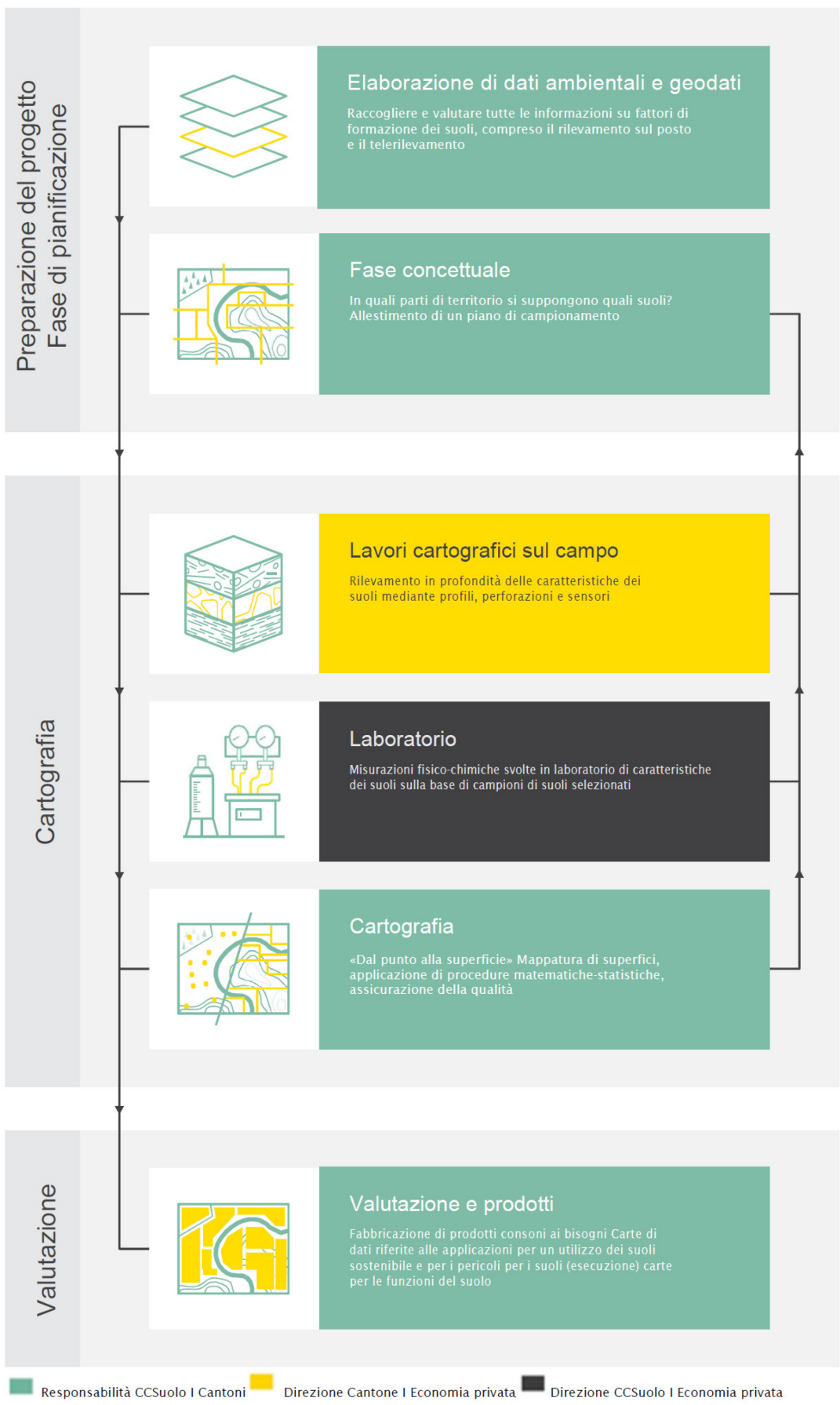


Figura 1: Svolgimento di massima e tappe operative di una cartografia dei suoli su scala nazionale (rappresentazione semplificata). La procedura dalla fase concettuale alla creazione delle carte può essere strutturata in modo dinamico e flessibile e adattata alle varie regioni.

Nella *tappa 1* vengono riuniti tutti i dati disponibili sull'ambiente e tutti i geodati che presentano un riferimento alla formazione e alle caratteristiche del suolo. La Svizzera dispone di serie di dati molto buone, in particolare il modello altitudinale di swisstopo come pure i dati ottenuti dai satelliti Landsat e Sentinel. I dati geologici, sul clima e sulla vegetazione e molte altre basi di dati, come pure i dati pedologici attuali della Confederazione e dei Cantoni vengono accorpatis (cfr. all. 1). Insieme alle conoscenze sull'utilizzazione attuale dei suoli, nella *tappa 2* i dati della *tappa 1* vengono elaborati e si crea una carta delle ipotesi o **carta concettuale** sulla quale sono rappresentate zone di suolo intercantonali che presentano una formazione dei suoli presumibilmente simile. Per motivi di efficienza la cartografia non si deve fermare ai confini cantonali, ma deve includere le cosiddette zone di suolo, che possono essere sovracantonali. Sulla base di questa carta concettuale elaborata, nella *tappa 3* si crea una **cartografia dei suoli sul campo**. Secondo la carta concettuale e il piano di campionamento, i 16-18 team di mappatura sul campo stimati che lavoreranno in contemporanea preleveranno campioni di suolo nei punti identificati (da misurare successivamente in laboratorio) oppure misureranno determinate caratteristiche del suolo direttamente in loco (cfr. figura 2). I team addetti alla cartografia sul campo dovrebbero nei limiti del possibile sondare i siti elencati nel piano di campionamento. In considerazione delle peculiarità locali e sulla base della loro valutazione specialistica, possono tuttavia stabilire anche propri punti di campionamento, puntando a un rapporto medio di 2 a 1 (numero dei punti prestabiliti dalla modellizzazione rispetto al numero dei punti selezionabili dal team addetto alla cartografia). Come spiegato nel capitolo che segue, verranno sondati diversi siti in base al tipo di utilizzazione del suolo. I campioni di suolo prelevati e i dati misurati verranno trasmessi al laboratorio dove, nella *tappa 4*, verranno subito eseguite determinate **analisi di laboratorio** in modo da far pervenire un riscontro immediato al team di mappatura presente sul posto. Questo riscontro rapido è essenziale per l'assicurazione della qualità e per la possibilità di reagire in modo flessibile a eventuali imprevisti. Alcune analisi di laboratorio approfondite verranno effettuate successivamente, soprattutto durante la stagione invernale poiché, a causa del congelamento del suolo, sarà possibile eseguire un numero inferiore di lavori sul campo. Viene così garantito lo sfruttamento ideale delle risorse durante tutto l'anno. Partendo dai risultati del laboratorio e della mappatura sul campo, nella *tappa 5* si crea la **carta del suolo** digitale, nella quale sono rappresentati poligoni che presentano le stesse caratteristiche del suolo. Questa carta e i dati pedologici sui quali essa si basa costituisce la base per poter realizzare, nella *tappa 6*, altre **analisi**, per esempio la valutazione delle funzioni dei suoli, e **carte applicative**. Le carte applicative possono rappresentare, per esempio, la sensibilità alla compattazione che fornisce agli agricoltori o ai servizi di consulenza per l'agricoltura indicazioni preziose su come conservare la fertilità del suolo. Per gli ambiti indicati nel capitolo 2.2 si elaborano prodotti e carte applicative, al fine di trarre la massima utilità possibile dalla cartografia dei suoli. Queste carte, insieme alla carta dei suoli e ai dati sui suoli, dovranno essere liberamente accessibili conformemente alle norme di accesso alle informazioni ambientali (art. 10e LPAmb), alla strategia open government data della Confederazione<sup>4</sup> e alla convenzione di Aarhus<sup>5</sup> che è stata ratificata.

### 3.3 Metodi efficienti per i lavori sul campo e in laboratorio

Con il nuovo metodo della cartografia dei suoli, molte delle informazioni utilizzate sono dati telerilevati. I progressi conseguiti nella digitalizzazione, nella modellizzazione dei suoli e nella disponibilità di basi digitali (in particolare anche modelli altitudinali ad alta risoluzione), metodi di misura affermati su scala internazionale ma a oggi non ancora utilizzati in Svizzera come pure una stretta interconnessione tra tutte le fasi di processo menzionate nel capitolo 3.2 permettono oggi di raggiungere un livello di efficienza decisamente maggiore rispetto alle passate mappature dei suoli.

Prima di poter prelevare campioni di suolo sul campo, è necessario allestire una carta concettuale e un piano di campionamento come descritto nel capitolo 3.2. Sulla base dell'interpretazione delle serie di dati Landsat raccolti a partire dal 1985, è possibile identificare zone di suoli con caratteristiche mineralogiche uguali o tra loro simili, indice di una formazione del suolo pressoché uguale. Tuttavia, si possono utilizzare i dati satellitari per ricavare informazioni pedologiche solo se il suolo non è ricoperto da vegetazione, cosa attualmente riscontrabile solo per le superfici coltivate. Pur avendo soltanto una risoluzione di 30x30 m, i dati Landsat sono già utili per la cartografia dei suoli. Si stanno valutando le potenzialità offerte dai nuovi satelliti Sentinel del programma Copernicus, ma non si riesce comunque a rimuovere la problematica della crescita della

<sup>4</sup> Strategia OGD della Confederazione: <https://www.fedlex.admin.ch/eli/fga/2019/125/it>

<sup>5</sup> Convenzione di Aarhus: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/it/home/temi/diritto/info-specialisti/convenzione-di-aarhus.html>

vegetazione. In ogni caso, dai dati satellitari si possono ricavare importanti informazioni fenologiche e pedologiche anche sulle superfici inerbite.

Con il presente piano di campionamento, i team operanti sul campo possono dare avvio alla cartografia dei suoli sul campo. Per la realizzazione di una nuova cartografia su scala nazionale in Svizzera, è previsto un campionamento sul campo a densità decrescente strutturato secondo le cinque reti di misurazioni seguenti:

1. sensori di terra I: misurazioni sul campo mediante spettroscopia gamma<sup>6</sup>;
2. sensori di terra II: misurazioni mediante spettroscopia vis-NIR<sup>7</sup>;
3. perforazioni I: misurazioni in laboratorio;
4. perforazioni II: descrizione pedologica;
5. profilo: descrizioni pedologiche del profilo.

Le reti di misurazione si distinguono per oneri e densità spaziale: l'onerosa descrizione del profilo<sup>8</sup> è effettuata soltanto per circa 4-7 punti per 100 ha, mentre l'applicazione dei sensori di terra di facile attuazione è molto più stretta e viene quindi utilizzata presso un numero di punti più elevato. Le cinque reti di misurazione sono inoltre organizzate gerarchicamente, una forma che comporta l'attuazione contemporanea di rilevamenti onerosi e meno onerosi.

In un sito di prelievo campioni di tipo «perforazioni I» vengono ad esempio eseguiti anche i rilevamenti spettroscopici con sensori di terra I e II. Nel caso della descrizione del profilo si effettuano anche tutte le altre quattro misurazioni. La figura 2 mostra la gerarchia delle reti di misurazione prendendo esempio dall'estratto di un Comune svizzero.

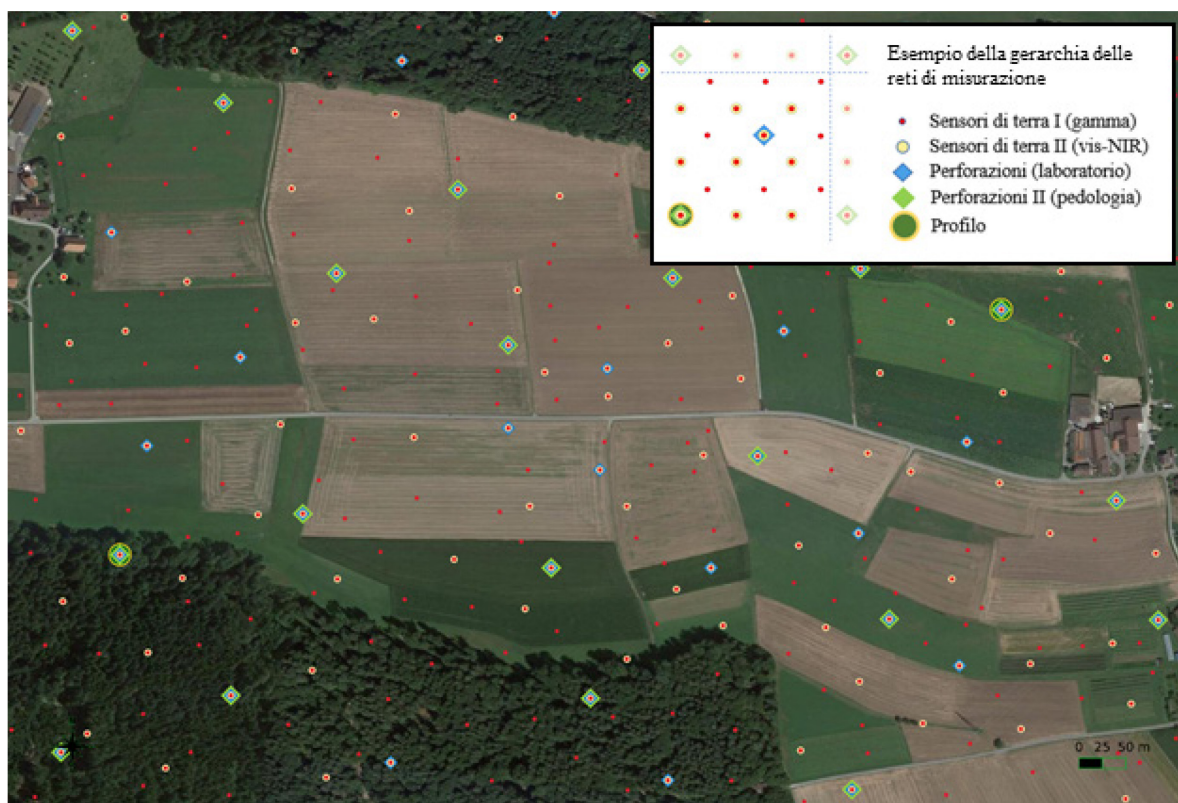


Figura 2: Schema ed esempio relativi all'impostazione delle misurazioni e della mappatura gerarchica qui proposte per una cartografia su scala nazionale. Profili e perforazioni (standard odierno) vengono completati con campioni di laboratorio prelevati dai punti di perforazione e con sensori di terra. Le coordinate dei siti vengono riportate

<sup>6</sup> La spettroscopia gamma consente la misurazione indiretta di caratteristiche del suolo quali il tenore di argilla e la mineralogia

<sup>7</sup> La spettroscopia nel visibile e nel vicino infrarosso (vis-NIR) consente la misurazione indiretta di caratteristiche del suolo quali il tenore di carbonio, il valore pH e la tessitura.

<sup>8</sup> I profili del suolo ne descrivono le caratteristiche (fra cui il tenore di humus e di acidità, granulazione) nello strato superiore di 1 – 2 m. Informazioni supplementari sono disponibili sul sito <https://www.nabodat.ch/index.php/de/service/kartieranleitungen>. Cfr, anche [https://www.agroscope.admin.ch/dam/agroscope/de/dokumente/themen/umwelt-ressourcen/boden-gewaesser-naehrstoffe/faszination-boden.pdf.download.pdf/Praesentation\\_Bodenkalender.pdf](https://www.agroscope.admin.ch/dam/agroscope/de/dokumente/themen/umwelt-ressourcen/boden-gewaesser-naehrstoffe/faszination-boden.pdf.download.pdf/Praesentation_Bodenkalender.pdf)

sul piano di campionamento come risultato della carta concettuale oppure determinate dal team cartografico sulla base delle condizioni locali.

I sensori di terra vengono utilizzati per la misurazione indiretta di importanti caratteristiche del suolo, la cui misurazione in laboratorio risulterebbe altrimenti molto complessa. Così facendo si ottiene un notevole incremento di efficienza rispetto al metodo di cartografia attuale.

Analisi di laboratorio efficienti e metodologicamente uniformi sull'intera durata del progetto sono decisive per la creazione di una carta dei suoli armonizzata a livello nazionale. Per le analisi del suolo è pertanto imprescindibile disporre di procedure e tipi di apparecchi standard. Per la convalida dei lavori sul campo occorre inoltre un coordinamento puntuale tra prelievo di campioni e analisi in laboratorio. L'ideale sarebbe avere un laboratorio specifico a disposizione per tutta la durata della cartografia dei suoli. Ulteriori accertamenti permetteranno di capire se questo laboratorio dovrà essere gestito a livello centrale dalla Confederazione o da fornitori privati.

### 3.4 Sinergie ed efficienza delle tappe procedurali e dei metodi

Le tappe procedurali e i metodi di cui ai capitoli 3.2 e 3.3 consentono una cartografia efficiente dei suoli svizzeri. Metodi basati sull'impiego di sensori di terra, affermati a livello internazionale ma oggi non ancora adottati in Svizzera, permettono una determinazione più rapida e conveniente di importanti caratteristiche dei suoli e la rete di misurazione gerarchica di campioni di diversa densità spaziale consente una cartografia più efficiente dei suoli sul campo. Digitalizzando regolarmente tutte le tappe, si semplificano le fasi di tracciabilità, controllo di qualità e messa a disposizione per tutti gli utenti. La digitalizzazione semplifica l'aggiornamento e l'aggiunta delle informazioni sul suolo da parte dei nuovi dati. In futuro, i dati che vengono raccolti, per esempio, nell'ambito di un progetto di rinaturazione, di ricerca, di mappatura o costruzione potranno facilmente essere integrati nella cartografia dei suoli su scala nazionale. In tal modo la carta del suolo e i dati su cui essa si basa mantengono il proprio valore a lungo termine e le carte applicative possono essere aggiornate *automaticamente*.

Per cogliere effettivamente l'efficienza descritta è assolutamente necessario disporre di una procedura intercantonale. I team addetti alla cartografia sul campo devono poter mappare zone di suoli tra loro analoghe anche superando i confini cantonali; solo così si può ottenere il massimo risparmio possibile sui costi. Occorrerà creare le condizioni quadro organizzative e normative a tal fine necessarie (cfr. cap. 4). Per la convalida dei lavori sul campo occorre inoltre un coordinamento puntuale tra il prelievo di campioni e le analisi in laboratorio. È pertanto opportuno allestire o dare mandato a un laboratorio specifico che analizzi i campioni con gli stessi metodi per tutta la durata del progetto, mantenga un rapporto di scambio costante con i team sul campo e sia a conoscenza dell'interpretazione secondo la *data science* attuata nel CCSuolo.

Attraverso l'interazione efficiente di tutte le tappe procedurali secondo la figura 1 sarà possibile reagire a problemi e difficoltà con rapidità e flessibilità, raggiungendo uno standard elevato nell'assicurazione della qualità dei dati pedologici raccolti. In termini operativi la qualità è garantita a diversi livelli, sia a livello tecnico-metodologico, sia mediante un controllo del progetto e una gestione dei rischi permanenti. I risultati della cartografia dei suoli sono rapidamente disponibili in formato digitale, così come le carte applicative, che contribuiscono all'utilizzo sostenibile dei suoli e alla conservazione delle funzioni e della fertilità del suolo anche per le prossime generazioni. Della cartografia dei suoli su scala nazionale potranno quindi beneficiare tutti i gruppi d'interesse.

## 4 Attuazione finanziaria e organizzativa

### 4.1 Possibili varianti per l'organizzazione e il finanziamento

In base all'approccio cartografico descritto al capitolo 3, per l'organizzazione e il finanziamento della cartografia dei suoli su scala nazionale sono state elaborate diverse varianti (Ecoplan 2020).

- **Variante 1: Progetto della Confederazione.** In un'ottica che contempla l'impegno come compito della Confederazione, la Confederazione organizza e finanzia direttamente tutti i compiti. L'esecuzione è affidata a un mandatario, che assume il ruolo di «impresa generale».

- **Variante 2: Attuazione e finanziamento in comune mediante ripartizione dei costi tra Confederazione e Cantoni («joint venture»).** La Confederazione e i Cantoni si accordano preventivamente sull'esecuzione centralizzata della cartografia dei suoli e, insieme, incaricano in tal senso un mandatario. Il finanziamento è sostenuto dalla Confederazione e dai Cantoni insieme (ad es. metà ciascuno).
- **Variante 3: Attuazione e finanziamento in comune mediante accordi programmatici.** Analogamente a quanto accade con le Varianti 1 e 2, il progetto è coordinato da un mandatario e realizzato con una metodologia uniforme. A differenza della Variante 2, i Cantoni affidano gli incarichi agli uffici cartografici e li pagano, assumendo così una parte significativa dei costi. La Confederazione finanzia le fasi operative centrali e partecipa ai costi della cartografia mediante accordi programmatici. Le direttive della Confederazione sono molto esaustive per consentire un'attuazione uniforme ed efficiente del piano metodologico.
- **Variante 4: Compito dei Cantoni – La Confederazione si limita a fornire raccomandazioni.** La cartografia rimane principalmente compito dei Cantoni. La Confederazione esprime raccomandazioni sulla metodologia, mentre il CCSuolo fornisce ai Cantoni consulenza sulle questioni metodologiche e organizzative.

Le varianti 1, 2 e 3 si basano sul piano metodologico di una nuova cartografia dei suoli su scala nazionale (cfr. cap. 3). Le varianti comprendono tuttavia modalità di finanziamento e assegnano compiti differenti ai Cantoni un aspetto che influenza l'attuazione standard ed efficiente della metodica. La Variante 4 («continuare come prima») probabilmente non condurrebbe alla realizzazione di una cartografia uniforme dei suoli su scala nazionale.

Come illustrato al capitolo 2.1, è giuridicamente giustificato che la cartografia dei suoli su scala nazionale sia attuata congiuntamente da Confederazione e Cantoni. Le possibili varianti in comune 2 e 3 vengono perciò descritte in dettaglio, mentre le due soluzioni a carico di Confederazione e Cantoni sono considerate varianti di riferimento e non erano oggetto della consultazione. Occorre ribadire che il piano della cartografia dei suoli su scala nazionale funziona soltanto se la Confederazione o il CCSuolo possono elaborare per i Cantoni direttive metodologiche e organizzative molto stringenti e se certe fasi operative vengono realizzate a livello centrale (cfr. cap. 3).

#### 4.2 Cartografia dei suoli: attuazione e finanziamento in comune

Le seguenti sezioni mostrano in che modo la cartografia dei suoli può essere attuata congiuntamente e come potrebbe essere regolamentata la collaborazione tra Confederazione e Cantoni.

**Finanziamento in comune:** la Confederazione e i Cantoni finanziano la cartografia dei suoli. Confederazione e Cantoni hanno concordato l'esatto meccanismo di indennità e l'ammontare della partecipazione della Confederazione. La Confederazione vincola la sua partecipazione finanziaria:

- alla partecipazione al progetto in comune (joint venture o accordi programmatici),
- all'adempimento delle prescrizioni metodologiche, e
- a un accordo preventivo su un calendario che consenta un'esecuzione centralizzata razionale e a basso costo.

Per quanto riguarda le prestazioni preliminari dei Cantoni, occorre presumere che la cartografia sul campo può essere eventualmente eseguita con maggiore efficacia. Le carte del suolo e le descrizioni dei profili esistenti semplificano presumibilmente la cartografia dei rispettivi suoli attuata con il nuovo metodo. Al momento soltanto il 13 per cento delle superfici agricole svizzere è già cartografato nella scala appropriata e con la giusta chiave di dati. Fino a che punto il costo di queste cartografie potrà essere computato è ancora oggetto di accertamenti supplementari. Non sarà invece possibile computare i costi per quelle superfici la cui cartografia è già stata finanziata con sovvenzioni della Confederazione (ad es. cartografie a seguito di migliorie agricole).

**Progetto complessivo coordinato:** si prevede un coordinamento della cartografia su scala nazionale, con la gestione del progetto affidata a Confederazione e Cantoni e la realizzazione affidata a un mandatario (cfr. cap. seguente).

Nella fase preparatoria la Confederazione e i Cantoni devono istituire l'organo di committenza comune, inclusa l'organizzazione del progetto, che garantisce il coordinamento generale. L'organizzazione del progetto comprende tutte le fasi del progetto: preparazione delle basi giuridiche, stesura dell'accordo di collaborazione tra Confederazione e Cantoni, preventivazione e pianificazione dei processi di finanziamento di Confederazione e Cantoni, fino alla designazione del mandatario e al chiarimento del ruolo del CCSuolo. In collaborazione

con il mandatario viene inoltre proseguita l'attuazione operativa con la creazione dell'infrastruttura del progetto.

Per la fase 1 (esecuzione) la gestione è assunta congiuntamente da Confederazione e Cantoni e il mandatario coordina l'esecuzione operativa, coinvolgendo tutti i portatori d'interesse. Infine va costituito un gruppo consultivo a livello tecnico (ad es. la rappresentazione da parte di servizi specializzati e delle associazioni settoriali più importanti).

**Organizzazione e compiti centrali del mandatario:** uno svolgimento efficiente della cartografia dei suoli nell'arco di circa vent'anni richiede un alto livello organizzativo e pianificazioni affidabili. Affinché la metodica venga applicata in modo uniforme a livello nazionale e gli studi di cartografia privati e i laboratori siano impegnati equamente, un mandatario centrale coordina il progetto complessivo e pianifica i sottoprogetti. Il mandatario assume inoltre ulteriori fasi operative, quali la determinazione dei principali punti di rilevamento, l'assicurazione qualità e la creazione delle effettive carte dei suoli. A tale scopo, il mandatario predispone la relativa logistica e le infrastrutture IT e si dota parimenti di appositi dispositivi per il rilevamento dei dati (quali veicoli specializzati per il prelievo di campioni di suolo).

**Metodologia:** per conseguire l'obiettivo di una cartografia uniforme ed efficiente su scala nazionale, è necessario che la Confederazione fornisca ai Cantoni direttive dettagliate sulla metodologia da adottare. Tali direttive sono elaborate dal CCSuolo e le basi strategiche verranno fissate in un'ordinanza della Confederazione, purché sussistano le relative premesse giuridiche formali. Il mandatario in collaborazione con il CCSuolo esercita una forte influenza anche sui capitolati d'onere destinati agli uffici cartografici incaricati della raccolta dei dati.

**Obbligo di cartografia e scadenza:** affinché i Cantoni possano essere obbligati a cartografare il suolo (obbligo di cartografia) occorrono modifiche di leggi. Inoltre, deve essere fissata una scadenza realistica entro cui portarla a compimento (scadenza) (cfr. cap. 4.6).

**Flessibilità:** i Cantoni possono notificare in via preliminare eventuali esigenze speciali (quale il rilevamento di ulteriori indicatori pedologici o un campionamento di maggiore densità). Tali richieste vengono tenute in considerazione se il piano metodologico della cartografia dei suoli su scala nazionale lo consente e se i costi supplementari saranno sostenuti dai Cantoni. In caso di conflitto, tuttavia, prevale la rapida attuazione della cartografia dei suoli su scala nazionale con una metodologia armonizzata.

**Coinvolgimento di portatori d'interesse:** la cartografia dei suoli su scala nazionale coinvolge tutti i portatori d'interesse (ad es. Cantoni, Comuni, agricoltura e selvicoltura, ambiente, ordinamento del territorio) e tiene conto delle diversità linguistiche, delle differenze locali e regionali, delle competenze locali, dello scambio con i proprietari fondiari, delle associazioni regionali e delle associazioni specialistiche nazionali.

#### 4.2.1 Variante attuazione e finanziamento in comune mediante «joint venture»

La Variante 2 «joint venture» prevede che la Confederazione e i Cantoni si accordino in via preliminare su una realizzazione centralizzata della cartografia dei suoli e la finanzino congiuntamente (50:50). Confederazione e Cantoni elaborano e finanziano insieme un mandato al mandatario, che pianifica e organizza i relativi lavori.

La procedura, fortemente centralizzata, della Variante 2 offre la possibilità di beneficiare di importanti economie di scala e di realizzare la cartografia dei suoli a costi più efficienti per Confederazione e Cantoni. Uno dei vantaggi principali della Variante 2 è l'attuazione dell'intero progetto nettamente più semplice rispetto all'attuazione di 26 progetti cantonali singoli della Variante 3 (accordi programmatici, cfr. cap. 4.2.2). Invece di avere 26 progetti cantonali organizzati e attuati in modo indipendente, si procede alla realizzazione di una cartografia dei suoli gestita centralmente. Con la Variante 2 nasce quindi «automaticamente» un'opera cartografica armonizzata a livello nazionale, mentre la Variante 3 prevede singole cartografie cantonali del suolo che dovrebbero poi essere integrate con eventuali incongruenze relative ai confini cantonali che andrebbero poi rettifiche successivamente.

I risparmi sui costi risultano, per esempio, dal fatto che le gare d'appalto per i lavori di cartografia (la parte del progetto di maggior peso dal punto di vista finanziario) possono essere indette a livello centrale dal mandatario e i Cantoni non devono quindi costituire risorse tecniche e amministrative proprie come non devono occuparsi di questioni procedurali, ricorsi ecc. I lavori degli uffici di cartografia possono essere meglio sincronizzati e



coordinati, evitando così ai Cantoni di dover competere tra di loro per assicurarsi i pochi cartografi specializzati disponibili. La procedura centralizzata presenta, peraltro, anche vantaggi metodologici: i lotti cartografici possono essere direttamente abbinati alle regioni pedologiche della Svizzera, indipendentemente dai confini cantonali, a vantaggio della qualità del prodotto e dell'efficienza del lavoro cartografico. La durata di una cartografia su scala nazionale è lievemente inferiore rispetto alla Variante 3 Accordi programmatici. La condizione per la riuscita della Variante 2 è tuttavia che la Confederazione e i Cantoni siano disposti a impegnarsi in un grande progetto di cartografia comune.

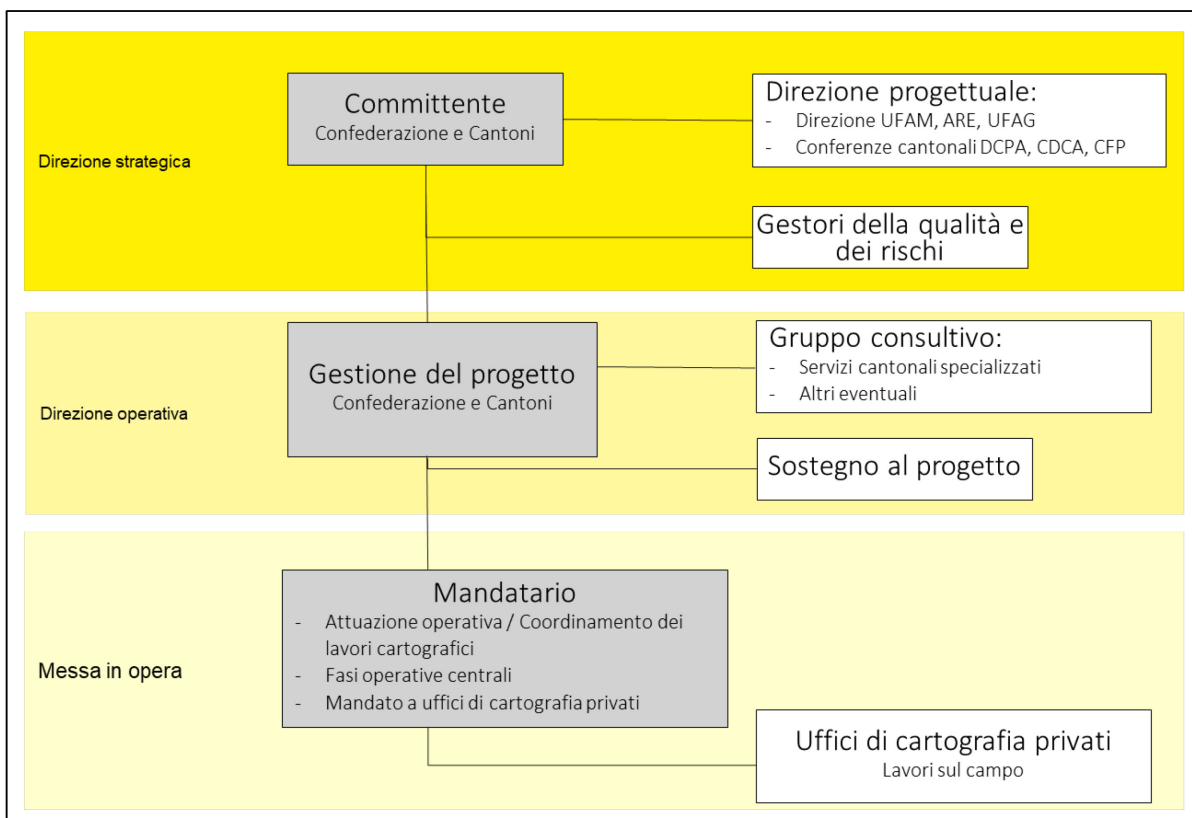


Figura 3: Gestione della Variante 2 «joint venture»

La gestione della Variante 2 «joint venture» è assunta congiuntamente da Confederazione e Cantoni, i quali sono i committenti a livello strategico. La cartografia dei suoli e la collaborazione sono regolate da un accordo quadro<sup>9</sup> comune. La direzione operativa dell'intero lavoro di cartografia è assunta da una direzione progettuale, che commissiona l'esecuzione al mandatario. Per i rispettivi lavori commissionati nell'ambito della cartografia su scala nazionale, la Confederazione stipula con il mandatario e con il CCSuolo un contratto di prestazione. Il mandatario è responsabile dell'attuazione operativa e del coordinamento, incarica gli uffici di cartografia mediante contratti d'opera ed esegue lui stesso fasi operative centrali. Il CCSuolo è competente per la metodologia e sostiene il mandatario negli aspetti tecnici e metodologici.

Contestualmente alla definizione della nuova base giuridica, la legge potrà prevedere anche la soluzione di finanziamento per la joint venture (cfr. cap. 4.6). I particolari saranno poi disciplinati a partire da questa base giuridica, per esempio con una ordinanza o un accordo. In tal caso, è previsto che il denaro per la cartografia dei suoli fluisca dai Cantoni al mandatario e al CCSuolo passando per la Confederazione. In questo modo la Confederazione può garantire al mandatario e al CCSuolo un flusso finanziario costante e la gestione della qualità e del rischio, compreso il controllo finanziario dei lavori, può essere esercitata da un unico ufficio centrale. A sfavore di questa variante depone il fatto che la collaborazione tra Confederazione e Cantoni nella forma della joint venture è sinora rara, quindi la struttura organizzativa comporta un onere iniziale piuttosto elevato, che sarà tuttavia presumibilmente compensato da guadagni in termini di efficienza nella fase dell'attuazione.

<sup>9</sup> O più di una, se si prevede di stipulare accordi con singoli Cantoni

#### 4.2.2 Variante attuazione e finanziamento in comune mediante «accordi programmatici»

Nella Variante 3 «Accordi programmatici» la cartografia dei suoli è attuata con lo strumento degli accordi programmatici (AP). A differenza della Variante 2, i Cantoni affidano gli incarichi agli uffici di cartografia e li pagano, ricevendo per tale scopo i contributi della Confederazione. Per le fasi di lavoro da attuare centralmente la maggior parte dei fondi federali è versata direttamente al mandatario, ad esempio per l'elaborazione del piano di cartografia, la valutazione e l'elaborazione di carte del suolo e per l'assicurazione della qualità. Per l'attuazione di tali lavori, la Confederazione stipula un accordo di prestazione con il mandatario e con il CCSuolo.

A differenza di quanto accade con gli accordi programmatici esistenti nel settore ambientale che richiedono laboriose trattative fra Confederazione e Cantoni e nei quali i Cantoni hanno ampia autonomia di attuazione, gli accordi programmatici proposti per la cartografia dei suoli sono accordi standard e relativamente flessibili che in sostanza determinano la durata della cartografia e il contributo federale, e rimandano quindi a prescrizioni metodologiche uniformi (quali le specifiche tecniche per gli uffici di cartografia). Gli accordi programmatici previsti si possono comparare piuttosto agli accordi del settore della geoinformazione, nello specifico della misurazione ufficiale, anch'esso soggetto a stringenti prescrizioni metodologiche. In particolare, per quanto riguarda il coordinamento intercantonale dei lavori, la Variante 3 è un ulteriore passo avanti: i tempi e i contenuti di tutte le attività dei Cantoni devono essere definite in stretta collaborazione con il mandatario affinché si possano possibilmente cartografare secondo confini cantonali le regioni pedologiche e gli uffici di cartografia e i laboratori siano occupati in modo ragionevole evitando sovraccarichi di lavoro. La pianificazione temporale dei singoli progetti cartografici cantonali rimane tuttavia difficile con questa variante, dato che dipende da finanziamenti e priorità cantonali. Occorrono uno stretto coordinamento con il mandatario e il trasferimento allo stesso di compiti centrali, tenuto conto del fatto che l'obiettivo rimane la realizzazione di un'opera cartografica armonizzata su scala nazionale, utile a Confederazione e Cantoni.

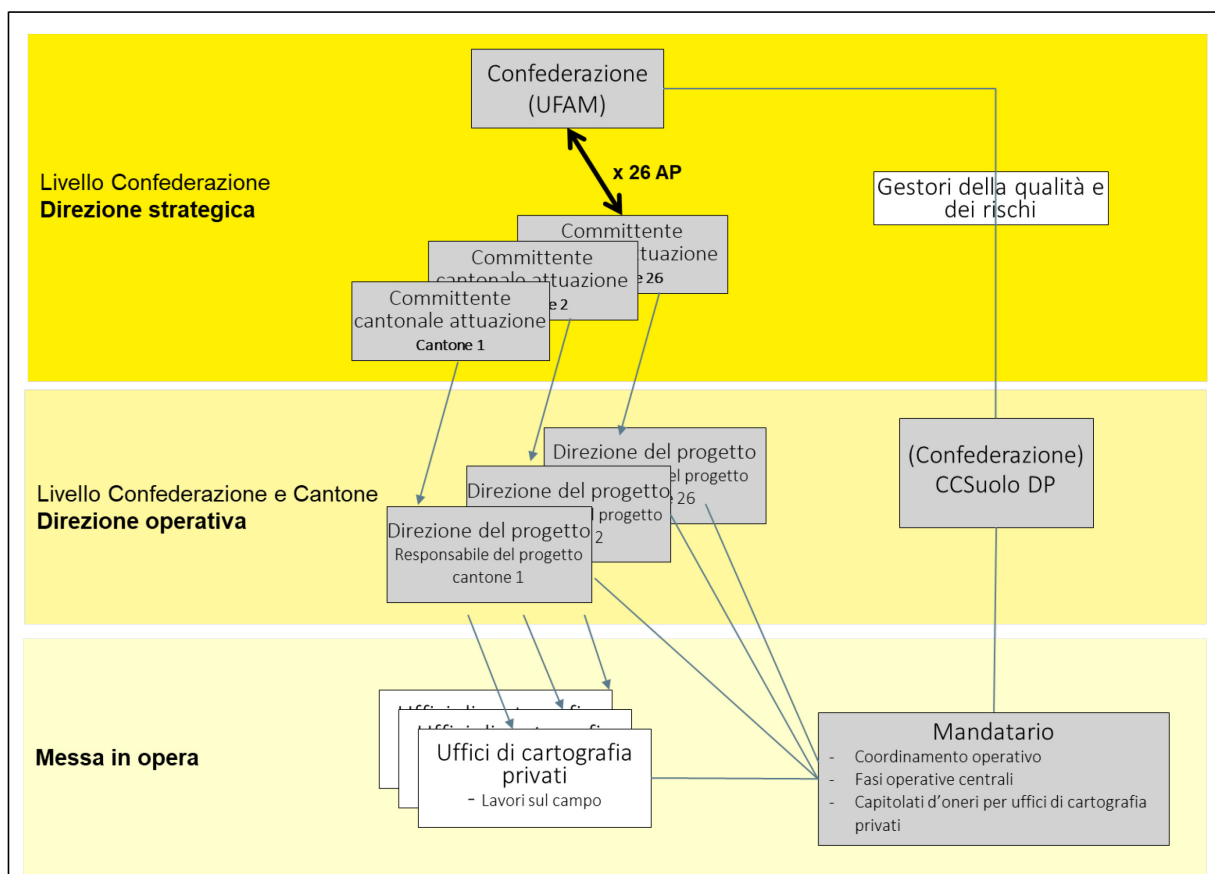


Figura 4: Ripartizione dei compiti e flussi finanziari nella Variante 3 – Accordi programmatici

In analogia alla Variante «joint venture» il progetto è gestito e realizzato in modo uniforme sotto il profilo metodologico da un mandatario. I lavori di cartografia sono tuttavia organizzati e gestiti dal Cantone. Rispetto alla Variante «joint venture» il Cantone detiene nell'ambito di questa variante la responsabilità di indire il bando di concorso OMC, come pure dell'assegnazione agli uffici di cartografia e dei lavori da essi svolti sul campo. I



Cantoni si accollano anche i costi della cartografia e retribuiscono direttamente le prestazioni svolte dagli uffici di cartografia.

Considerata la speciale situazione iniziale della cartografia dei suoli, per gli accordi programmatici sono previste anche le due regolamentazioni speciali supplementari indicate di seguito:

- Gli accordi sono formulati per l'intera durata della cartografia di un Cantone (ossia ca. 4-8 anni a seconda della dimensione della superficie da cartografare), anziché per quattro anni come nel caso di altri accordi programmatici. Il motivo di questa differenza si spiega con la necessità di mantenere al minimo gli oneri amministrativi: dovrà quindi essere stipulato un solo accordo programmatico per Cantone. Dal punto di vista metodologico, lo scaglionamento con due o tre accordi programmatici non ha alcun senso. La durata pianificata si basa sul lasso di tempo previsto per completare il rilevamento dei dati nel rispettivo Cantone.
- Se opportuno, verrà creata per i Cantoni la possibilità giuridica di delegare al mandatario i compiti di mandato e di sorveglianza degli uffici di cartografia privati. Questo provvedimento dovrebbe permettere soprattutto ai Cantoni più piccoli di ridurre il più possibile le spese amministrative. Una soluzione analoga ha dato buoni risultati anche per la misurazione ufficiale.

Rispetto alla Variante 2, nella variante con accordi programmatici si possono realizzare meno economie di scala. I Cantoni, per esempio, devono predisporre risorse umane proprie per la gara d'appalto, l'assegnazione e il monitoraggio degli ordini di cartografia. Il coordinamento di tutte le attività che intercorrono tra il mandatario e i Cantoni comporta, inoltre, una spesa aggiuntiva. In compenso, si ha il vantaggio che questa variante conferisce responsabilità leggermente maggiori ai Cantoni e prevede l'impiego di uno strumento di finanziamento consolidato. I Cantoni attuano la cartografia dei suoli autonomamente sul proprio territorio nel rispetto della procedura standard e ottengono così una maggiore flessibilità. Tutti i Cantoni dovrebbero sviluppare le necessarie competenze in seno alle proprie autorità, almeno temporaneamente; ciò potrebbe creare un valore aggiunto, per esempio nell'ottica di un rafforzamento dell'esecuzione a livello cantonale. Alcuni Cantoni ipotizzano di poter comunicare più direttamente con i proprietari dei terreni rispetto alla Variante «joint venture».

#### 4.3 Varianti di riferimento

##### 4.3.1 Variante di riferimento «Compiti della Confederazione»

Nella Variante 1, la cartografia dei suoli su scala nazionale è organizzata come progetto della Confederazione. In qualità di «impresa generale» incaricata dalla Confederazione, un mandatario, perciò, pianifica e coordina centralmente la cartografia dei suoli e conferisce gli ordini di cartografia a uffici privati. Il mandatario, inoltre, porta a termine determinate fasi operative centrali, crea l'infrastruttura necessaria allo scopo e produce le carte dei suoli finalizzate sulla base dei dati raccolti. Tutte queste attività vengono completamente finanziate dalla Confederazione, ma in questa variante i Cantoni sostengono i lavori di cartografia mettendo a disposizione della Confederazione i dati già esistenti, supportando il mandatario nella comunicazione con i Comuni e i proprietari dei terreni e contribuendo con le loro conoscenze dei suoli locali all'assicurazione della qualità del processo e dei prodotti.

L'approccio organizzativo della Variante 1 consente di garantire con maggiore facilità l'uniformità della procedura, sia in termini di tempi sia a livello di territori o Cantoni. Le spese amministrative e di coordinamento sono contenute. Le responsabilità possono essere definite con precisione e l'attuazione è controllata centralmente. Come illustrato nei capitoli 2.1 e 4.1, è lecito presupporre un'attuazione e un finanziamento in comune per la cartografia su scala nazionale del suolo svizzero.

##### 4.3.2 Variante di riferimento «Compiti dei Cantoni» (a oggi)

Anche la quarta variante dell'organizzazione e del finanziamento della cartografia dei suoli costituisce una variante di riferimento («continuare come prima»). Considerate le esperienze degli ultimi vent'anni, con questa procedura non è realistico pensare di conseguire l'obiettivo di una cartografia dei suoli armonizzata su scala nazionale entro un lasso di tempo utile.

La principale responsabilità finanziaria e organizzativa rimarrebbe dei Cantoni. Rispetto allo status quo, il CCSuolo avrebbe tuttavia facoltà di elaborare un piano dettagliato per la cartografia dei suoli su scala

nazionale, in analogia alle altre tre varianti. La Confederazione si limiterebbe tuttavia a consigliarne l'applicazione, con il solo incentivo di un affiancamento del CCSuolo ai Cantoni per consulenza sulla metodologia e sulle fasi operative centrali, quali la modellazione dei dati e la creazione dei prodotti. La relativa spesa del CCSuolo viene finanziata dalla Confederazione. Non sono invece previsti altri incentivi da parte della Confederazione. Poiché non vige alcun obbligo di cartografare i suoli, né sono previste scadenze, i Cantoni possono decidere liberamente se applicare o meno la nuova metodologia al proprio interno e se cartografare o meno i loro suoli. Dal momento che le attività dei Cantoni non sono sufficientemente coordinate e non si possono sfruttare economie di scala (ad es. per le analisi chimiche), si prevede un coacervo metodologico, con costi complessivi elevati.

#### 4.4 Stime dei costi

I seguenti calcoli dei costi comprendono tutti i costi per il personale, l'amministrazione, i dispositivi, il materiale utilizzato, l'informatica e l'analisi per l'esecuzione del progetto. La fase preparatoria della cartografia dei suoli a livello nazionale comporta ulteriori costi e spese per il personale non compresi nel piano. Si tratta dei costi per la formazione di personale specializzato in cartografia nell'ambito della fase preliminare del progetto, per la preparazione dell'assegnazione, la ricerca dei siti e la pianificazione preliminare del laboratorio e per un'infrastruttura IT adatta, nonché dei costi amministrativi sostenuti per le trattative tra Confederazione e Cantoni e gli strumenti contrattuali (cfr. cap. 4.7). Tutti gli importi devono essere considerati stime effettuate nel modo oggi più realistico possibile. Nell'ambito dell'operatività nel corso dei preparativi preliminari vengono effettuati test accurati di dispositivi, tempi ed esecuzione che potrebbero comportare variazioni della densità della rete di misurazione, dei costi e della durata. In taluni casi, quindi, a parità di costi la densità della rete di misurazione può diminuire o aumentare, oppure – con una densità della rete di misurazione invariata – i costi e il tempo di esecuzione potrebbero cambiare. Inoltre, le stime dei costi si basano su un nuovo metodo di cartografia in fase di sviluppo. Le stime dei costi possono quindi ancora cambiare in funzione delle esperienze compiute nell'attuazione pratica. Nella fase preparatoria tutte le stime dei costi saranno pianificate in modo dettagliato.

La Tabella 1 mostra i costi stimati e arrotondati per le Varianti 1, 2 e 3 ripartite fra le categorie rilevanti (cartografia, laboratorio, modellizzazione e coordinamento, IT e logistica). Le stime dettagliate dei costi e del personale sono illustrate nell'allegato 3. Le stime dei costi per le Varianti 2 e 3 si basano sulla Variante 1 perché rappresenta la variante meglio pianificabile. Rispetto alla Variante 1, le Varianti 2 e 3 devono considerare costi del personale leggermente più elevati e una durata appena più lunga. L'accresciuto fabbisogno di personale è riconducibile a un maggior dispendio per l'amministrazione, la coordinazione e l'elaborazione dei dati nella prima fase del progetto. I calcoli rappresentano una stima il più possibile realistica e non la peggiore delle ipotesi.

Tabella 1: Confronto tra le varianti in base a caratteristiche finanziarie: durata, costi di personale e costi complessivi. Per i costi del personale sono state utilizzate, da un lato, le tariffe SSAFA attualmente vigenti<sup>10</sup>, dall'altro le consuete tariffe del settore privato.

		<b>Variante</b>		
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Periodo (in anni)		18	20	22
<b>Costi per personale e materiali (Mio CHF)</b>	Cartografia (lavori sul campo)	232	256	278
	Laboratorio	62	67	72
	Modellizzazione	26	43	53
	Coordinamento, IT e logistica	50	64	72
<b>Costi complessivi</b>		<b>370</b>	<b>430</b>	<b>475</b>

<b>Posti di lavoro (tempo pieno)</b>	Amministrazione Confederazione	1.5	2	1 - 2
	Amministrazione Cantoni	0	2	10

Dalla Tabella 1 si evince con chiarezza che circa due terzi dei costi del personale sono da attribuire alla cartografia sul campo. Tali lavori saranno commissionati a uffici di cartografia, con notevoli benefici per il settore privato.

La Variante 4 non raffigurata in tabella corrisponde alla cartografia attuale secondo le condizioni quadro odierne. In base alle esperienze maturate sino a oggi, la durata è stimata in 80-450 anni e i costi in circa 1450 milioni di franchi (Carrizoni et al., 2017).

Se si confronta il valore aggiunto calcolato da una scelta di esempi di applicazione (cfr. cap. 2.2) con i costi di una cartografia dei suoli su scala nazionale (compresi tra 370 e 475 milioni di franchi sull'arco di circa vent'anni, ossia 18-24 milioni franchi l'anno, in funzione della variante), ne risulta già un rapporto costi-benefici (ovvero almeno 2,3). Il bilancio è ancora più positivo se si considera che la cartografia dei suoli sarà di utilità a diverse generazioni, dato che le informazioni sul suolo non diventano obsolete. In linea di massima si può affermare che il presumibile rapporto costi-benefici della carta dei suoli pianificata sarà molto buono.

Anche se i costi, considerati isolatamente, appaiono elevati, la loro entità si relativizza se, per esempio, vengono messi in relazione con il guadagno monetario ottenuto dall'utilizzazione del suolo. Il valore aggiunto netto per metro quadro di superficie agricola utile ammonta a 20 centesimi l'anno e per metro quadro sono versati annualmente circa 11 centesimi di contributi per la sicurezza dell'approvvigionamento per la gestione di queste superfici<sup>11</sup>. La cartografia dei suoli ha un costo medio una tantum inferiore a 2 centesimi per metro quadro, ma fornisce un'eccellente base di dati per una gestione sostenibile e per decidere l'utilizzazione e gli adeguamenti in vista delle sfide attuali e future, per esempio il cambiamento climatico o la sicurezza dell'approvvigionamento di generi alimentari (adattamento da Borer e Knecht 2014).

Il confronto tra i costi della cartografia dei suoli e l'onere previsto per la cura del bosco per circa 100 anni di popolamento forestale è altrettanto significativo: con un onere stimato di 3000 franchi l'ettaro per la cura del bosco e un tasso d'interesse del 3 per cento, i costi finali per le opere di cura del bosco si attestano a circa 27 800 franchi l'ettaro per 100 anni (comunicazione orale del Prof. Moog, economo forestale, Politecnico di Monaco di Baviera), quindi circa 2,78 centesimi l'anno per m<sup>2</sup>. I dati disponibili per i suoli forestali consentono una cura meno onerosa poiché, sulla scorta dei dati pedologici, è possibile adottare decisioni più efficienti nella gestione forestale. Ciò riguarda la scelta delle specie arboree, ma anche l'impiego di macchine per la cura e la raccolta della legna. Le informazioni relative alla quantità di sostanze nutritive a disposizione delle piante sono sempre più importanti per la pianificazione forestale. La cartografia dei suoli ha dunque un costo una tantum leggermente inferiore alla cura annua dei boschi, ma fornisce basi eccellenti per una gestione forestale

<sup>10</sup> Il CCSuolo sarà ospitato dalla Scuola superiore di scienze agrarie, forestali e alimentari (SSAFA).

<sup>11</sup> Rapporto agricolo 2021: <https://www.agrarbericht.ch>

sostenibile e meno onerosa, la valutazione della stabilità del bosco di protezione, la prevenzione della compattazione del suolo, la valutazione del tenore di sostanze nutritive e la scelta delle specie arboree per la rinnovazione dei boschi considerando i futuri cambiamenti climatici.

Il fabbisogno di personale è stimato come segue: per la Variante 2 «joint venture» si prevede una direzione progettuale con due posti a tempo pieno, mentre per i Cantoni saranno necessari per l'intero decorso del progetto, altri due posti a tempo pieno per coordinare i lavori sul posto (contatti con i proprietari dei terreni, infrastrutture locali ecc.). Per la Variante 3 «Accordi programmatici» occorreranno alla Confederazione da 1 a 2 posti a tempo pieno, per gli accordi programmatici e la loro attuazione. Questa variante prevede oneri ben maggiori per i Cantoni. Sarà infatti loro compito preparare i bandi OMC destinati agli uffici di cartografia. Tali preparativi richiederanno in media per Cantone e anno di cartografia 2 posti a tempo pieno. Se calcoliamo con cinque Cantoni che svolgono contemporaneamente lavori di cartografia sull'arco di cinque anni, risulta in media un fabbisogno di dieci posti di lavoro a tempo pieno.

#### 4.5 Finanziamento

Nell'ambito del finanziamento della cartografia dei suoli su scala nazionale si pone non soltanto la questione della ripartizione dei costi fra Confederazione e Cantoni e chi li finanzia. Occorrono anche strumenti di finanziamento configurati su misura.

Tabella 2: Ripartizione dei costi secondo le varianti 1-3

Variante	1 Progetto della Confederazione	2 Joint venture	3 Accordi programmatici
<b>Costi complessivi (mio. CHF)</b>	<b>370</b>	<b>430</b>	<b>475</b>
<b>Durata (anni)</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>22</b>
<b>Costi per ha</b>	<b>121 CHF/ha</b>	<b>141 CHF/ha</b>	<b>155 CHF/ha</b>
<b>Costi per anno (mio. CHF)</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>22</b>
<b>Quota finanziamento</b>		50 %: 11 mio. CHF/a (di cui 9 Mio. CHF/a per laboratorio e KOBO)	
- Confederazione	100%	50 %: 11 mio. CHF/a	
- Cantoni	-	50 %: 11 mio. CHF/a	
<b>Costi Confederazione (mio. CHF)</b>	370	215	238
<b>Costi Cantoni (mio. CHF)</b>	0	215	238

La Tabella 2 mostra una possibile ripartizione dei costi per le tre varianti. I costi annuali sono quasi identici per tutte e tre le varianti, ma la durata – e pertanto i costi complessivi – differiscono. La Tabella 2 mostra anche i costi assunti dalla Confederazione e dai Cantoni in caso di una ripartizione al 50 per cento tra la Variante 2 e la Variante 3 sull'intera durata del progetto. I 215 milioni di franchi della Variante 2 corrisponderebbero appena a 11 milioni di franchi annui da suddividere tra i 26 Cantoni. Degli 11 milioni di franchi annui, stanziati dalla Confederazione, 9 verrebbero destinati direttamente ai lavori centrali svolti da mandatari e dal CCSuolo e non verrebbero distribuiti fra i Cantoni sulla base di accordi programmatici.

Nel corso dei 20 anni di lavori cartografici, nella variante 2 si può presumere un'assegnazione annua di fondi prevalentemente costante, mentre nella Variante 3 si prevedono maggiori oscillazioni dei fondi annui assegnati, dato che i Cantoni determinano loro stessi i tempi dei lavori di cartografia incidendo di conseguenza sulla disponibilità dei fondi. Occorre inoltre partire dal presupposto che la Variante 3 prolungherà in tutto il Paese la durata dei lavori di cartografia. Da una prospettiva economica, lo Stato è chiamato a intervenire con una misura politico-finanziaria (o un'azione pubblica in genere) quando si verifica un fallimento del mercato per l'approntamento di un bene. Nel caso dei prodotti della cartografia dei suoli, si tratta di beni per i quali si osserva almeno in parte un fallimento del mercato (M. Gmünder, IWSB, 2016).

I prodotti della cartografia dei suoli sono ausili per le autorità, per i proprietari e i gestori dei terreni, i giornalisti dei dati, gli studi di ingegneria e i gruppi di ricerca e promuovono l'uso sostenibile di un bene limitato, il suolo. Quanto più ampio è l'utilizzo dei prodotti per la cartografia dei suoli, tanto maggiore è l'effetto della cartografia dei suoli e ottimale l'utilizzo che ne viene fatto nel rispetto delle condizioni locali. Nell'interesse di un uso sostenibile del suolo, le informazioni collegate alla cartografia dei suoli dovrebbero, quindi, essere accessibili a tutti, come stabiliscono anche i principi della Open Governmental Data Strategy della Confederazione. Per l'utilizzo della cartografia dei suoli non è pertanto prevista la riscossione di alcuna tassa a copertura dei costi.

**Fonti di finanziamento:** in linea di massima, i compiti e i relativi costi possono essere finanziati in base al principio di causalità, di utilizzo o dell'onere comune.

- In questo caso il principio di causalità è applicabile solo limitatamente perché la cartografia non rimedia a danni arrecati. In senso lato e alquanto indirettamente, una responsabilità potrebbe essere imputata a tutti coloro che causano una perdita quantitativa e qualitativa del suolo. In quest'ottica potrebbe essere considerata un'imposizione commisurata al consumo di suolo (ad es. l'impermeabilizzazione).
- Il principio di utilizzo si afferma quando è possibile definire con chiarezza i gruppi di utilizzatori. Per quanto riguarda la cartografia dei suoli, dalla sintesi tematica «Bodeninformations-Plattform Schweiz (BIP-CH)» (Piattaforma per le informazioni pedologiche della Svizzera (BIP-CH)) redatta dal PNR 68, risulta che il gruppo più cospicuo di utilizzatori è la pubblica amministrazione, la quale utilizza i dati sul suolo per l'esecuzione. Altri utilizzatori sono ingegneri e uffici di pianificazione, ricercatori, agricoltori (per miglione), uffici di consulenza per l'agricoltura, silvicoltori (per l'economia forestale) ecc. Agli eterogenei gruppi di utilizzatori, i dati pedologici potrebbero essere, al massimo, venduti contro corrispettivo, ma ciò contrasta con la tendenza prevalente nell'ambito dei dati (territoriali): un'utilizzazione il più possibile gratuita per massimizzarne l'utilità. Così, dall'1 marzo 2021 i prodotti standard swisstopo digitali vengono messi a disposizione gratuitamente online.
- Resta, quindi, il principio dell'onere comune, vale a dire il finanziamento con il denaro dei contribuenti.

Per il finanziamento della cartografia dei suoli, sono stati, tuttavia, valutati anche strumenti diversi, il cui impiego potrebbe essere giustificato in senso lato con il principio di causalità o di utilizzo. In concreto, sono stati valutati gli strumenti (attuali) seguenti: fondo per i siti contaminati, tassa sulle acque di scarico, imposta immobiliare (anche imposta sul terreno o sul fondo), tassa sul plusvalore di pianificazione / compensazione in termini di valore aggiunto e contributo compensativo per i parcheggi. Sono stati inoltre valutati i seguenti nuovi strumenti: tassa per l'impermeabilizzazione del suolo, tassa combinata sull'utilizzazione del suolo, tassa di urbanizzazione basata sul principio di causalità e tassa sulla superficie abitabile. Questa analisi mostra che:

- nel lungo periodo e con uno sguardo alla realizzazione degli obiettivi della strategia dei suoli, sono pensabili nuove imposte dirette in ambito pedologico, con destinazione degli introiti (parzialmente) vincolata alla cartografia dei suoli. I prelievi fiscali spesso implicano, tuttavia, alti oneri di riscossione, soprattutto in rapporto al fabbisogno di finanziamento relativamente esiguo della cartografia dei suoli e non sono, pertanto, adatti.
- Le attuali imposte e tasse (e i fondi corrispondenti) sono rapportabili alla cartografia dei suoli in misura assai tenue e un loro adeguamento incontrerebbe forti ostacoli di natura giuridica e politica.

A differenza dei settori riguardanti i siti contaminati e il microinquinamento, per esempio, per la cartografia dei suoli sono necessari contributi molto più modesti, che non giustificano un apposito canale di finanziamento tramite imposizione fiscale e i relativi costi di riscossione. I costi per la cartografia oscillano annualmente tra i 10 e i 18 milioni di franchi per la Confederazione su un orizzonte di circa vent'anni.

#### 4.6 Adeguamenti normativi

Dall'entità del progetto cartografico, dell'attuazione e del finanziamento in comune di Confederazione e Cantoni, dell'impegno dei Cantoni nel realizzare la cartografia e dalle disposizioni relative ai metodi cartografici uniformi si evince la necessità di un regolamento a livello legislativo per l'intera cartografia dei suoli su scala nazionale.

Da un punto di vista normativo, la Variante 2 **attuazione e finanziamento in comune mediante «joint venture»** si può sostanzialmente avvalere di diversi atti normativi in cui integrare i necessari orientamenti (in particolare la LPAmb e la LPT).

A livello legislativo dovrebbero essere disciplinati i seguenti aspetti:

- obbligo di cartografia;
- obblighi di finanziamento;
- designazione di una scadenza per la conclusione dei lavori di cartografia dei suoli;
- accesso ai dati (open data);
- delega al Consiglio federale di regolamentare gli aspetti più dettagliati della cartografia dei suoli a livello di ordinanza;
- delimitazioni dalla LGI.

Stabilire una scadenza a livello legislativo entro la quale completare la cartografia dei suoli segnalerebbe che si tratta di un compito a termine, fatti salvi gli aggiornamenti successivi. Le prescrizioni temporali di eventuali scaglionamenti potrebbero essere stabilite a livello di ordinanza (qualora il tenore della legge fosse ad es. «Il Consiglio federale fissa la pianificazione a medio e lungo termine della cartografia dei suoli»). La Confederazione affiderebbe al mandatario la pianificazione e l'organizzazione della cartografia dei suoli. A livello legislativo non occorrerebbe alcuna regolamentazione speciale, tanto meno l'autorizzazione del mandatario ad assegnare gli incarichi di cartografia dei suoli a terzi privati. Al momento, tuttavia, non si può ancora escludere che nel corso dei lavori non possano emergere qui ulteriori esigenze normative. Finora, in un'ottica tecnica, i cosiddetti accordi amministrativi prevedono, oltre alla ripartizione dei costi, che tra Confederazione e Cantoni si stabilisca la costituzione di un ente comune per l'esecuzione della cartografia dei suoli su scala nazionale e si indichi l'intenzione di delegare l'esecuzione della cartografia a un mandatario.

Nel caso della Variante 3 **attuazione e finanziamento in comune mediante «accordi programmatici»** la Confederazione finanzia, nel quadro degli accordi programmatici, parte dei costi sostenuti dai Cantoni per la cartografia dei suoli. Per contenere al massimo gli oneri amministrativi, sarebbe opportuno accertare se per la cartografia dei suoli gli accordi programmatici possono essere stipulati in numero ridotto – o addirittura uno solo – per Cantone (per evitare di dover condurre un nuovo negoziato ogni quattro anni).

A livello legislativo dovrebbero essere disciplinati i seguenti aspetti:

- obbligo di cartografia dei Cantoni;
- sovvenzione della Confederazione mediante accordi programmatici;
- accesso ai dati (open data);
- prescrizione delle tempistiche per la conclusione della cartografia dei suoli (o delega al Consiglio federale);
- delega al Consiglio federale di regolamentare gli aspetti più dettagliati della cartografia dei suoli a livello di ordinanza.

Per ambedue le varianti occorre inoltre tenere conto che vanno in parte elaborate nuove basi giuridiche **a livello cantonale**. Inoltre le decisioni di finanziamento devono essere prese presumibilmente in tutti i Cantoni dagli organismi competenti.

#### 4.7 Fase preparatoria

Insieme all'approvazione del piano per la cartografia dei suoli su scala nazionale da parte del Consiglio federale, l'UFAM, l'UFAG e l'ARE dovranno essere incaricati di assumersi i lavori successivi. Tali lavori saranno guidati dall'UFAM e saranno finalizzati a garantire, tramite gli uffici menzionati, una comunicazione regolare con gli organismi e i servizi federali interessati, ovvero swisstopo, la Conferenza sull'assetto del territorio e il GLID PS SAC. L'obiettivo principale della fase preparatoria è creare le necessarie condizioni quadro a livello giuridico, organizzativo, finanziario, specialistico, tecnico-operativo, del personale, amministrativo e di altro tipo, affinché la cartografia possa essere attuata. Nel contempo è necessario garantire che i lavori di cartografia in corso possano proseguire fino all'avvio della cartografia dei suoli su scala nazionale e che le competenze tecniche esistenti siano assicurate.

A livello di Confederazione, la fase di preparazione comprende l'intervallo che va dalla decisione del Consiglio federale in merito al piano, all'entrata in vigore della base giuridica fino alla delibera del Parlamento

federale in merito al finanziamento della cartografia dei suoli. Oltre che elaborare le basi giuridiche e redigere il messaggio di finanziamento, è necessario chiarire la collaborazione con i Cantoni e concludere un accordo in materia.

Durante la fase preparatoria i Cantoni esaminano se e quali adeguamenti legislativi occorrono nel proprio ambito di competenza e come possono essere approvate le opportune risorse finanziarie. Ulteriori lavori preliminari sono necessari riguardo agli accordi tra Confederazione e Cantoni, alla partecipazione all'organo di committenza e alla direzione del progetto, all'aspetto della ripartizione finanziaria tra i Cantoni e ad altri temi. Questi lavori preliminari devono essere svolti parallelamente ai lavori preliminari della Confederazione. Per quanto riguarda l'organizzazione, in questa fase è già possibile istituire una relativa organizzazione di progetto di Confederazione e Cantoni. Un buon coordinamento tra i Cantoni e, al contempo, con la Confederazione è essenziale per un avvio riuscito della cartografia dei suoli su scala nazionale.

Durante la fase di preparazione a livello di Confederazione e di Cantoni devono già essere avviati o svolti lavori tecnici e organizzativi preliminari in funzione della cartografia dei suoli successiva, tra cui l'integrazione dei nuovi metodi cartografici in una metodologia uniforme, la loro convalida e il loro ulteriore sviluppo. L'obiettivo generale è la graduale strutturazione e attuazione del metodo di cartografia. In concreto i lavori preliminari riguardano:

- la progressiva creazione dell'infrastruttura;
- lo sviluppo e l'ottimizzazione del metodo di cartografia, che implica anche la considerazione dei metodi sia attuali e che precedenti;
- la preparazione del sistema di gestione dei dati, delle interfacce dei dati per la valutazione;
- l'operatività tecnica sul campo (progetti pilota dei Cantoni);
- l'elaborazione di un piano di garanzia della qualità.

Diversi Cantoni cartografano già i loro suoli oppure hanno riconosciuto l'importanza delle informazioni attinte dalle cartografie dei suoli per le loro decisioni e intendono cominciare a cartografarli. La prospettiva che un disciplinamento nella legge e l'avvio della cartografia dei suoli su scala nazionale non avverranno presumibilmente prima del 2029 implica che le attività cartografiche saranno sospese o, almeno, rallenteranno. Durante la fase preparatoria, è necessario che i lavori di cartografia in corso da parte dei Cantoni proseguano. Per concretizzare e accelerare l'attuazione operativa della cartografia in questa fase, come richiesto dai Cantoni durante la consultazione, occorre testare la metodologia all'interno dei Cantoni. La Confederazione assegnerà pertanto degli incarichi ai Cantoni, affinché testino e convalidino le nuove tecnologie nella pratica nell'ambito dei rispettivi progetti cartografici. Tali incarichi

- servono a preservare l'impegno sinora profuso dai Cantoni e a impedire interruzioni nei lavori di cartografia;
- consentono di esaminare il metodo di cartografia su scala nazionale in fase di sviluppo e di creare le basi tecnico-operative in modo che possano essere messe a disposizione al momento dell'avvio definitivo del lavoro di cartografia;
- permettono una stima più precisa dei costi della cartografia dei suoli su scala nazionale;
- preservano le competenze in materia di cartografia dei suoli.

Al termine della fase preparatoria iniziano i lavori veri e propri di cartografia dei suoli sull'arco di circa due decenni.

## 5 Conclusione e valutazione delle varianti

Le stime complessive dei costi e la durata della cartografia dei suoli sono criteri centrali e importanti per il confronto delle varianti. Oltre ad essi, esistono altri criteri rilevanti ai fini della valutazione delle varianti, della fattibilità e dei rischi. Da menzionare, per esempio, sono le spese di attuazione per gli uffici specializzati cantonali e nazionali. Mentre nelle varianti 1 e 2 molti lavori amministrativi o tecnici vengono svolti centralmente dal mandatario, nelle varianti 3 e 4 tali lavori devono essere evasi, con maggior dispendio, a livello decentralizzato da tutti e 26 i Cantoni (ad es. nel caso dell'appalto OMC dei team che si occuperanno della cartografia su campo o della direzione operativa del progetto). Quanto più decentralizzata è l'esecuzione del

progetto, tanto maggiori saranno gli oneri di coordinamento tra Confederazione, Cantoni, mandatari, CCSuolo e team sul campo.

Grazie all'uniformità della procedura, a tempi di esecuzione concordati e a un'organizzazione rigorosa, la Variante 1 è quella che presenta meno rischi. Al contempo, la Variante 1 è ideale anche in un'ottica pedologica perché assicura la più alta qualità e fruibilità, nonché la maggior utilità complessiva in termini di sostenibilità economica. Tra i vantaggi della Variante 1 si annovera il fatto che la Confederazione può assumere la gestione in modo ottimale, affrontando ed eseguendo rapidamente i compiti, con spese amministrative aggiuntive o fabbisogno di personale relativamente contenuti. Gli svantaggi della Variante 1 consistono nel fatto che si tratta di una soluzione fortemente centralizzata, che comporta costi molto elevati per la Confederazione, benché, nel complesso, l'onere finanziario per il settore pubblico sia il più basso delle quattro varianti. La Variante 4 corrisponde invece alla forma attuale di organizzazione su piccola scala, con una cartografia dei suoli tradizionalmente eterogenea, di maggior durata e dai costi complessivi più elevati.

La rafforzata partecipazione cantonale prevista dalle Varianti 2 e 3 comporta procedimenti organizzativi più complessi e, di conseguenza, un accresciuto fabbisogno di risorse finanziarie e umane e una durata maggiore. La procedura odierna, che prevede una cartografia dettata dai confini cantonali anziché da zone pedogenetiche connesse, limita la realizzazione di economie di scala. Questo vale in particolare per i diversi Cantoni che presentano confini geografici strettamente intrecciati. Oltre a generare incertezze nella pianificazione delle infrastrutture, tale approccio limita o impedisce i ritorni ottenibili dalle sinergie.

I vantaggi della Variante 2 rispetto alla Variante 3 sono l'assunzione del controllo di gestione da parte della Confederazione (esecuzione centrale tramite un mandatario), la quale può stabilire la metodologia per la cartografia dei suoli, la chiara definizione nell'ambito di un accordo delle modalità di finanziamento per Confederazione e Cantoni e, utilizzando un mandatario e il CCSuolo in modo ottimale, la rapidità con cui i compiti possono essere affrontati ed eseguiti congiuntamente ai Cantoni. Rispetto alla variante di riferimento 1, presenta costi più bassi per la Confederazione, e rispetto alla variante di riferimento 4 presenta costi più bassi per i Cantoni. Lo svantaggio della Variante 2 consiste nell'aver costi complessivi più alti rispetto alla Variante 1 e un procedimento organizzativo più complesso, che richiede più personale ed è quindi più soggetto a rischi.

Tra i vantaggi della Variante 3 vi sono il fatto che l'UFAM ha maturato esperienze pluriennali nell'ambito degli accordi programmatici (il sistema è consolidato) e che la Confederazione prescrive solo gli obiettivi e i metodi della cartografia, mentre sono i Cantoni stessi che conferiscono gli incarichi e pagano gli uffici di cartografia. Gli svantaggi della Variante 3 sono costituiti dal fatto che l'accordo programmatico conterrà essenzialmente solo il periodo e l'entità della cartografia, nonché il contributo della Confederazione (le prescrizioni metodologiche della Confederazione vengono fornite in dettaglio), che i Cantoni devono ricorrere a un maggiore impiego di risorse umane e che l'attuazione avviene specificamente per Cantone, un aspetto che può vanificare le sinergie al rilevamento. Questa complessità organizzativa potrebbe logorare il personale e le capacità amministrative soprattutto dei Cantoni più piccoli. Sussiste inoltre il rischio che i Cantoni entrino in concorrenza tra di loro per assicurarsi i servizi degli specialisti di cartografia dei suoli. Verrebbe inoltre limitata anche la pianificabilità delle risorse nei laboratori, con conseguenti costi supplementari anche in questo caso.



Criteri di valutazione		Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
++ = molto soddisfatto, vantaggio sostanziale + = soddisfatto a sufficienza, vantaggio 0 = neutrale - = soddisfatto solo in parte, svantaggio -- = non soddisfatto, svantaggio sostanziale		Progetto della Confederazione	Compito in comune con ripartizione dei costi Confederazione/Cantoni	Compito in comune con accordi programmatici	Compito del Cantone - la Confederazione si limita a raccomandazioni («compito del
Prodotto finale carta del suolo	1 Cartografia su scala nazionale	++	+	+	--
	2 Cartografia avviata in modo armonizzato	++	+	+	--
	3 Possibile prioritizzazione di singole superfici e zone geografiche	++	+	+	--
	4 Esigenze metodiche-qualitative / Soddisfatti i requisiti degli utenti più importanti	++	+	+	--
Processo di cartografia	5 Attuazione a costi convenienti				
	5a Operativo: rilevamento/cartografia	++	+	0	--
	5b Amministrativo: procedura/accompagnamento	++	+	-	--
	5c Costi complessivi	++	+	-	--
	5d Fabbisogno finanziario Confederazione	-	0	0	++
	5e Fabbisogno finanziario Cantoni	++	0	0	--
	6 Attuazione rapida, ossia rapida disponibilità della carta del suolo	+	0	-	--
	7 Attuazione semplice del progetto (tecnica, amministrativa)	++	0	-	-
8 Finanziamento stabile e sufficiente	+	0	0	--	
Prospettiva di politica statale	9 Basi giuridiche disponibili o semplici e rapide da creare/adequare	0	-	-	+
	10 Sono soddisfatti aspetti di governance quali il principio di sussidiarietà, equivalenza fiscale, accountability, federalismo esecutivo	--	+	+	0

Figura 5: Valutazione delle varianti

Per ragioni tecniche, per riflessioni legate alla gestione della qualità e dei rischi come pure ai costi e al fabbisogno di personale e tenuto conto degli oneri legati all'attuazione e al coordinamento, si rende necessario un rilevamento su scala nazionale di dati sui suoli effettuato applicando la Variante 2 («joint venture»).

## Bibliografia

- Behrens, T., Schmidt, K., MacMillan, R.A., Viscarra Rossel, R. 2018. Multi-scale Digital Soil Mapping with deep learning. Scientific Reports 8:15244
- Behrens T., Steinbrücken U., Schmidt K., Stumpf F., Keller A. 2021. Konzept für eine moderne landesweite Bodenkartierung Modul 1: Fachliche und operative Fragen. Centro di competenza Suolo (CCSuolo), Scuola universitaria professionale di Berna BFH-SSAFA; azienda Soilution GbR, Heusweiler, Germania.
- Borer F. und Knecht M., 2014. Bodenkartierung Schweiz. Entwicklung und Ausblick. Società Svizzera di Pedologia (SSP), Accesso da [https://soil.ch/cms/fileadmin/Medien/Arbeitsgruppen/Bodenkartierung/Bericht\\_Bodenkartierung\\_2014\\_de.pdf](https://soil.ch/cms/fileadmin/Medien/Arbeitsgruppen/Bodenkartierung/Bericht_Bodenkartierung_2014_de.pdf) (Stato: 9.4.2021)
- Carrizoni M., Cavelti G., Hurst T., Zürrer M. 2017. Konzept für ein flächendeckendes Bodeninformationssystem. BABU GmbH, BHP Brugger und Partner AG, myx. Accesso da <https://www.bafu.admin.ch/bafu/it/home/temi/suolo/pubblicazioni-studi/studi.html> (Stato 9.4.2021)
- Ecoplan. 2020. Konzept schweizweite Bodenkartierung - Modul 2: Organisatorische und finanzielle Fragen. Ufficio federale dell'ambiente Berna. 21.12.2020.
- EU Soil Atlas of Europe, European Soil Bureau Network/European Commission, 2005. Accesso da <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/soil-atlas-europe> (Stato 9.4.2021)
- Gmünder M., 2016, Arbeitspapier 2. Task Force Sitzung KOBO, Institut für Wirtschaftsstudien Basilea.
- Interface. 2021. Kantonale Erfahrungen mit Bodenkartierungen. Eine Erhebung im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU). Schlussbericht 9.9.21.
- Keller A., Franzen J., Knüsel P., Papritz A., Zürrer M. 2018. Bodeninformations-Plattform Schweiz (BIP-CH), Thematische Synthese 4 des Nationalen Forschungsprogramms Boden (NFP 68). Accesso da [http://www.nfp68.ch/SiteCollectionDocuments/NFP68\\_TS4\\_Bodeninformationsplattform\\_DE.pdf](http://www.nfp68.ch/SiteCollectionDocuments/NFP68_TS4_Bodeninformationsplattform_DE.pdf) (Stato 9.4.2021)
- Ma Y., Minasny B., Malone B.P., McBratney A.B. 2019. Pedology and digital soil mapping (DSM) – Russell Review. European Journal of Soil Science, March 2019 (70) 216-235
- McBratney, A.B., Mendonca Santos, M.L., Minasny, B. 2003. On digital soil mapping. Geoderma 117, 3–52. Accesso da [https://www.researchgate.net/publication/224840001\\_On\\_Digital\\_Soil\\_Mapping](https://www.researchgate.net/publication/224840001_On_Digital_Soil_Mapping)
- Nussbaum M., Burgos S., Keller A., Carrizoni M., Papritz A. 2018. Bodeninformationssysteme und (digitale) Bodenkartierung in Europa – Was kann die Schweiz davon lernen? Bericht Fokusstudie Nationales Forschungsprogramm Boden (NFP68). Accesso da [http://www.nfp68.ch/SiteCollectionDocuments/Fachbericht\\_Bodeninformationssysteme.pdf](http://www.nfp68.ch/SiteCollectionDocuments/Fachbericht_Bodeninformationssysteme.pdf) (Stato 9.4.2021)
- Rehbein K., Sprecher Ch., Keller A. 2019. Übersicht Stand Bodenkartierung in der Schweiz - Ergänzung des Bodenkartierungskataloges Schweiz um Bodeninformationen aus Meliorationsprojekten. Rapporto del centro servizi NABODAT. Accesso da <https://www.are.admin.ch/are/it/home/sviluppo-e-pianificazione-del-territorio/strategia-e-pianificazione/concezioni-e-piani-settoriali/piani-settoriali-della-confederazione/sac.html> (Stato 9.4.2021)

## Allegato

### Allegato 1: Panoramica sulle cartografie dei suoli in Svizzera

Nel 2019 il centro servizi NABODAT ha stilato, su incarico dell'ARE e dell'UFAG, una panoramica della situazione attuale delle cartografie dei suoli in Svizzera (Rehbein et al. 2019). I dati contenuti nella Tabella 3 della pubblicazione originale sono stati aggiornati (stato: fine 2021). Nell'arco di tempo che va dagli inizi, nel 1953, a oggi, le carte dei suoli in Svizzera mostrano differenze qualitative considerevoli in merito alle informazioni pedologiche raccolte. È discutibile, per esempio, in che misura i dati dei suoli delle cartografie anteriori al 1980 e quindi prima dell'introduzione della chiave di dati 1 (DS1, introdotta nel 1982) soddisfino i requisiti attuali.

Con la soppressione del servizio di cartografia dei suoli presso l'ex FAP/FAL, nel 1996 la cartografia dei suoli è stata trasferita ai Cantoni. Come si evince dalla seguente tabella, negli ultimi vent'anni questo compito è stato perseguito solo in modesta misura, soprattutto a motivo delle scarse risorse finanziarie dei Cantoni e dell'assenza di un esplicito mandato legale (Interface 2021). Durante questo periodo, solo otto Cantoni hanno portato a termine più di un progetto cartografico. Complessivamente, dal 1996 a fine 2017 sono stati cartografati appena 50 000 ha in scala 1:5000, corrispondenti a circa 2400 ha all'anno. Questa limitata capacità cartografica annua corrisponde a solo lo 0,25 per cento della superficie agricola. Il dato non sorprende in considerazione della mancanza di un mandato legale esplicito e delle limitate risorse finanziarie.

Il catalogo delle cartografie dei suoli reperibile all'URL

<https://www.nabodat.ch/index.php/de/service/bodenkartierungskatalog> rappresenta visivamente i poligoni di contorno delle carte dei suoli esistenti, riporta importanti metainformazioni sulla carta del suolo corrispondente e fornisce i rimandi ai portali GIS cantonali.

È possibile che le informazioni messe a disposizione dalla Confederazione siano incomplete. Il centro servizi NABODAT e la sezione Suolo dell'UFAM accolgono volentieri le eventuali segnalazioni in merito.

Nella seguente tabella sono riportate le cartografie dei suoli attualmente note al centro servizi NABODAT in scala da 1:5000 a 1:10 000 nella chiave di dati 5 o più recente (ossia dal 1990 circa). Crediamo che le carte qui raggruppate siano utili per la proposta cartografia dei suoli su scala nazionale (prestazione preliminare). Alcuni Cantoni hanno carte dei suoli che non sono elencate nella tabella perché la scala di rilevamento è troppo piccola o la cartografia dei suoli risale a troppo tempo addietro.

La quota percentuale della superficie cantonale non consente confronti tra i Cantoni dal momento che, ad esempio, i Cantoni GR, VS o TI hanno una superficie complessiva molto vasta, ma una superficie relativamente ridotta sulla quale possono crescere le piante. Altri Cantoni hanno vaste superfici acquatiche e d'insediamento. È necessario accertare e considerare separatamente la situazione di ogni Cantone. Complessivamente, un po' meno dell'8,5 per cento della superficie della Svizzera è cartografato in una scala di rilevamento sufficiente e con chiavi di dati più aggiornate.

Tabella 3: Panoramica della cartografia dei suoli in Svizzera

Cantone	Carte del suolo (dal 1990 circa)		Totale ha	Percentuale di superficie %	Superficie cantonale ha
	in ha; 1:5000	in ha; 1:10 000			
AG	3836		3836	2,73 %	140 380
AI	424		424	2,46 %	17 248
AR			0	0,00 %	24 288
BE	3918	881	4799	0,81 %	595 951
BL	21 412		21 412	41,36 %	51 767
BS	380		380	10,28 %	3695
FR	4775		4775	2,86 %	167 142
GL	1076		1076	1,57 %	68 531
GR	2295	3532	5827	0,82 %	710 530
JU	9095		9095	10,85 %	83 851
LU	19 076	6954	26 030	17,43 %	149 352
NE			0	0,00 %	80 216
NW	160		160	0,58 %	27 585
OW			0	0,00 %	49 058
SG	50 688		50 688	24,99 %	202 820
SH	770		770	2,58 %	29 842
SO	22 457		22 457	28,41 %	79 046
SZ	1099		1099	1,21 %	90 788
TG	380		380	0,38 %	99 433
TI			0	0,00 %	281 215
UR			0	0,00 %	107 653
VD	43 975	53 531	97 506	30,36 %	321 202
VS	221	6769	6990	1,34 %	522 463
LD	10 974		10 974	45,97 %	23 873
ZH	76 122		76 122	44,03 %	172 894
<b>Totale</b>	<b>273 133</b>	<b>71 667</b>	<b>344 800</b>	<b>8,41 %</b>	<b>4 100 823</b>

## Allegato 2: Interessi di utilizzazione delle informazioni pedologiche

Intérêts d'utilisation	Besoin d'informations, questions sélectionnées en rapport avec les informations du sol
Société	Sécurité d'approvisionnement
Agriculture	Mise en œuvre des Objectifs environnementaux pour l'agriculture (OEA), exploitation durable des sols, fertilisation, travail du sol, choix des cultures, apport d'intrants adaptés au site, système de paiement direct et Prestations écologiques requises (PER), mise en œuvre des Données de base pour la fumure (DBF), programmes pour l'utilisation efficiente des ressources naturelles, optimisation des moyens de production
Aménagement du territoire	Préservation des terres arables fertiles, bases de planification uniformes pour le PS SDA, prise en considération de la qualité du sol dans le développement territorial, conceptions d'évolution du paysage (CEP)
Exécution de la protection du sol	Protection du sol au sens de l'OSol <sup>19</sup> : prévention des atteintes portées aux sols, surveillance des sols, réseau de mesure de l'humidité du sol, compensation de SDA, protection du sol lors de la construction, dépôts et remblais, réhabilitations, améliorations foncières, sols anthropiques
Protection de la nature et biodiversité	Délimitation de surfaces dédiées à la protection de la nature et de zones tampons, préservation d'une flore et d'une faune diversifiées
Protection des eaux/ Approvisionnement en eau potable	Protection des eaux souterraines : délimitation de surfaces et de bassins versants dotés de sols qui filtrent et dégradent suffisamment les fertilisants et les polluants
Protection du climat/ Inventaire des gaz à effet de serre	Le sol en tant que puits et source de carbone et de gaz à effet climatique, devoir d'information conformément au Protocole de Kyoto, mesures dans le domaine de la foresterie et de l'utilisation des terres (LULUCF: Land Use, Land-Use Change and Forestry)
Risques naturels/ Protections contre les crues	Délimitation de zones à risques vis-à-vis des crues, glissements de terrain, laves torrentielles, etc., infiltration d'eau dans les sols, préservation des couloirs naturels, prévention des glissements de terrain
Foresterie	Choix des essences, planification des stocks, mesures sylvicoles, protection contre les atteintes des sols dues au compactage ou à l'acidification
Améliorations foncières et drainages	Optimisation des fonctions de production du sol, amélioration du régime hydrique et de la structure des sols, restauration et entretien des systèmes de drainage, techniques de culture, remaniements parcellaires et estimation des terres
Hydrologie	Régime hydrique: le sol dans le contexte des précipitations, neige et glaciers, évaporation, cours d'eau et lacs, régime hydrique des nappes phréatiques et modélisation des processus d'écoulement, réseaux de mesures hydrologiques
Génie hydraulique	Réhabilitation des cours d'eau, protection contre les inondations, bassins de rétention pour les fortes précipitations, barrages et changements climatiques, irrigation des cultures
Science et recherche/ Pédologie	Sol en tant qu'interface de l'écosystème, par exemple cycle de la matière dans l'environnement, modèles du système environnemental, de pronostics, d'utilisation des sols, connaissances pédologiques
Archéologie	Archives de l'histoire culturelle: préservation des sites, découvertes sur les événements historiques et les pièces archéologiques
Observation environnementale	Monitoring, élaboration de rapports environnementaux, collaboration internationale, données pédologiques, système d'information sur les sols, portail d'information, indicateurs de durabilité, information du public

Figura 6: Interessi di utilizzazione e questioni selezionate sulle informazioni pedologiche (da Keller et al., 2018)

## Allegato 3: Tabella dei costi

Unità	Costi in mio. CHF		Variante 1		Variante 2		Variante 3	
			Durata (anni)		Durata (anni)		Durata (anni)	
	Personale	Attribuzione	Fase 1	Fase 2	Fase 1	Fase 2	Fase 1	Fase 2
			14	4	15	5	16	6
Cartografia	Personale specializzato	Privato						
	Superficie		35	4	37	6	40	7
	Personale specializzato	Privato						
	Profilo		22	3	23	4	25	5
	Tecnica Superficie	Privato	74	3	80	4	85	5
	Tecnica Profilo	Privato	16	2	17	3	18	3
	Tecnica Assicurazione qualità	CCSuolo	5	0	5	1	5	1
Laboratorio	Tecnica	Laboratorio	38	5	40	7	43	8
	Direzione	Laboratorio	4	1	4	1	4	2
Modellazione	Spettroscopia	CCSuolo	3	1	4	1	4	1
	Regionalizzazione	CCSuolo	7	1	9	2	10	2
	Telerilevamento	CCSuolo	3	0	4	1	4	1
	Funzioni di trasferimento	CCSuolo	3	1	4	1	4	2
	Campionamento / Validazione	CCSuolo	3	0	7	1	8	2
	Gestione dati	CCSuolo	3	1	4	1	4	2
	Supplemento analisi dei dati	CCSuolo/ Centrale Cantone	0	0	7	1	12	3
Coordinamento	Progetto	CCSuolo	12	2	13	3	13	3
Amministrazione	Gestione	CCSuolo	10	2	10	2	11	3
	Gestione	Centrale Cantone			non incluso <sup>1</sup>			
	Gestione	Confederazione			non incluso <sup>1</sup>			
	Segreteria	CCSuolo	5	1	8	1	8	2
Tecnica, Logistica, IT	Progetto	CCSuolo	8	2	10	3	11	3
	<b>Materiale</b>		Fase 1	Fase 2	Fase 1	Fase 2	Fase 1	Fase 2
	Cartografia		53	7	57	9	60	13
	Laboratorio		11	3	11	4	11	4
	Vettura		7	1	9	1	9	2
	IT		1	0,2	1	0,3	2	0,6
	Trasporto dei campioni		2	1	2	1	2	1
	Altre edizioni		4	1	4	1	4	2
	<b>Complessivo</b>		Fase 1	Fase 2	Fase 1	Fase 2	Fase 1	Fase 2
	Personale		251	29	286	43	309	56
	Materiale		78	13	85	16	88	23
	Totale		329	42	371	59	397	79
	<b>Totale complessivo (arrotondato)</b>		<b>371</b>		<b>430</b>		<b>476</b>	

<sup>1</sup> Nei costi del progetto non sono stati inclusi i servizi amministrativi per la Confederazione e i Cantoni.