



# PRESENTAZIONE PROGETTO

Sensori, Rivelatori e Dispositivi Elettronici

Docente:  
Prof. Antonio Iula

Studente:  
Michael Pio Stolfi 68787

# Sommario

Introduzione

Il metodo CCM

Dati di partenza

Ridimensionamento

Estrapolazione

Binarizzazione

Isolamento del pattern venoso

Ispezzimento del pattern venoso

Filtraggio delle componenti connesse

Affinamento delle vene

Analisi critica del metodo CCM


Conclusioni





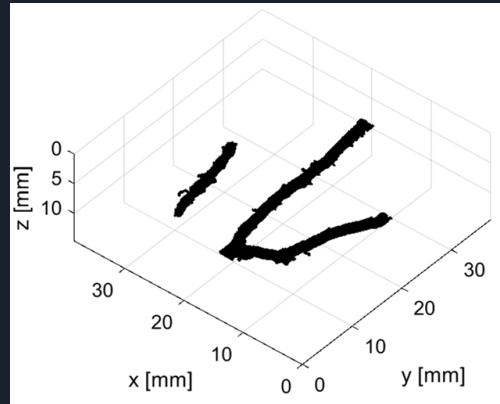
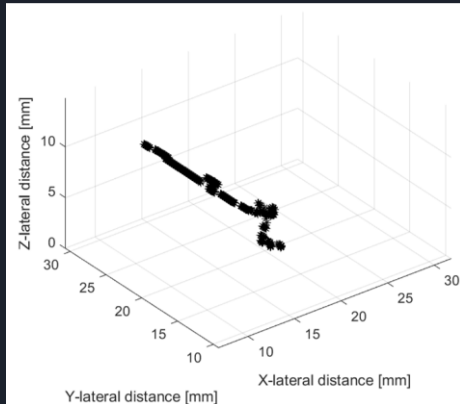
# Introduzione

Scopi del presente lavoro:

- Approfondire e presentare in maniera chiara e ordinata il metodo CCM
  - Analizzare criticamente le tecniche implementative del metodo CCM e proporre soluzioni migliorative
- 

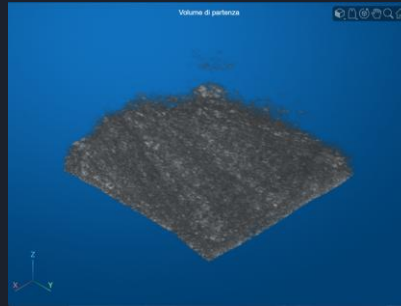
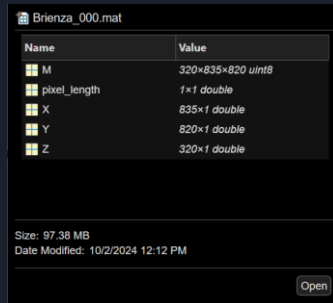
# Il metodo CCM

- Metodo di estrazione del pattern venoso 3D
- Supera le limitazioni dei metodi precedenti
  - Segmenti venosi multipli
  - Cattura orientamento e posizione delle vene
  - Conserva forma delle vene
- Metodo basato su tecniche di analisi dei dati



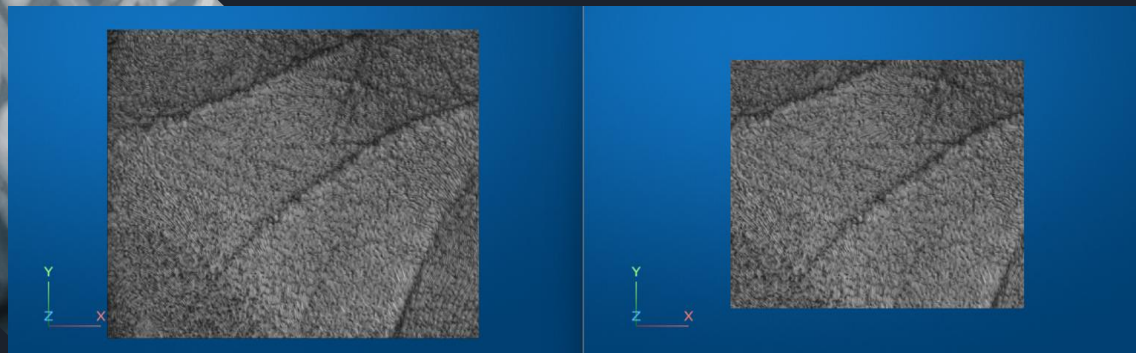
# Il metodo CCM: Dati di partenza

- Prende come input iniziale i file mat contenenti i dati relativi alle varie acquisizioni dei vari utenti.
- Delle matrici contenute nei file quella di interesse è la matrice M, che è una matrice 3D 835×820×320 voxel.
- La matrice di partenza è nella forma  $zxy$ , però molte funzioni di elaborazione e stampa delle immagini 3D in MATLAB usano la forma  $yxz$



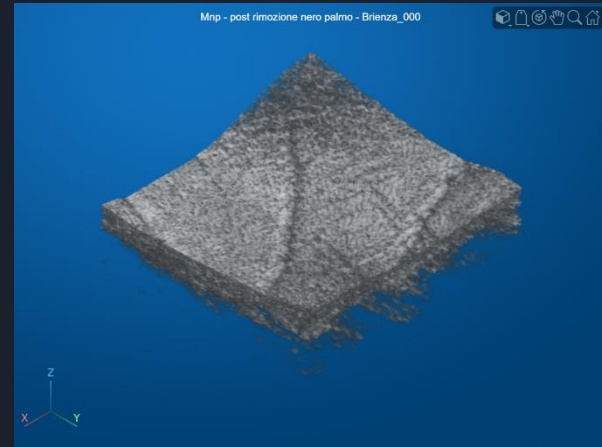
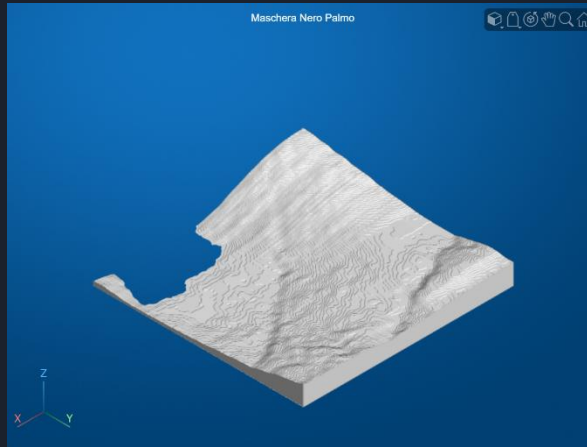
# Il metodo CCM: Ridimensionamento

- Dimensioni originali
  - $X = 820$
  - $Y = 835$
  - $Z = 320$
- Dimensioni finali
  - $X = 650$
  - $Y = 650$
  - $Z = 320$
- Motivi
  - Esclusione rumore dei bordi
  - Risparmio tempo di calcolo



# Il metodo CCM: Estrapolazione

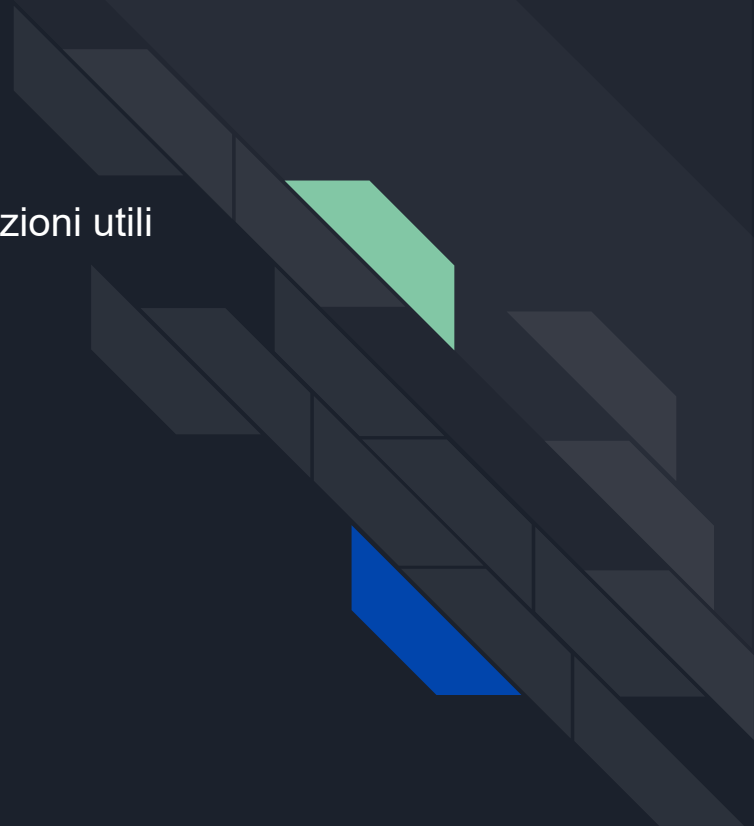
- Creazione del volume utile all'estrazione delle strutture venose
- Creazione di *mascheraAcqua*, *mascheraNero* e *volumePalmo*



# Il metodo CCM: Binarizzazione

uint8 [0,255] -> logical [0,1]

- Utile a mantenere la maggior quantità di informazioni utili
- Una soglia fissa non è sufficiente
- Binarizzazione adattiva, basata su:
  - Coordinata Z di inizio binarizzazione
  - Coordinata Z di fine binarizzazione
  - Soglia iniziale di binarizzazione
  - Soglia finale di binarizzazione









## Il metodo CCM: Binarizzazione: Calcolo del vettore fine binarizzazione

Assunzione 1: La vena che si trova più in basso è anche quella più consistente e quindi sarà caratterizzata da molti voxel con valore pari a 0.





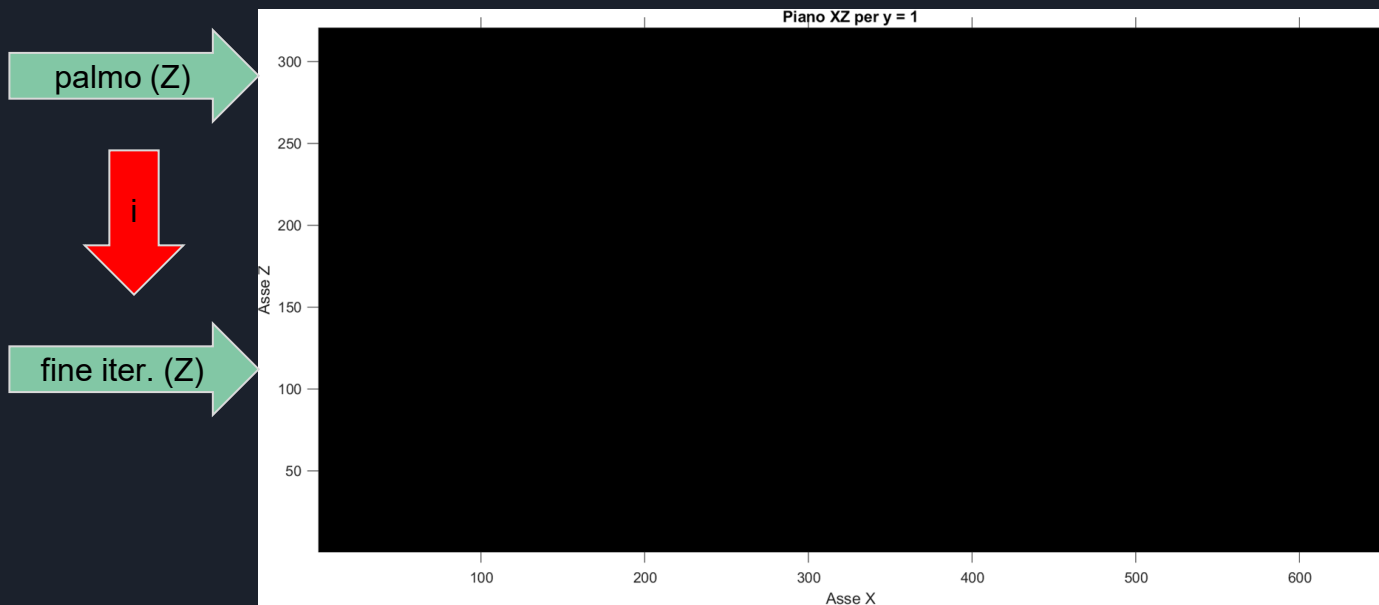
## Il metodo CCM: Binarizzazione: Calcolo del vettore fine binarizzazione

- Binarizzazione del volume invertito con una soglia elevata
  - Valore di fine necessario per ogni BSCAN
  - Procedimento iterativo
- 

## Il metodo CCM: Binarizzazione: Calcolo del vettore fine binarizzazione

- Si calcola la coordinata (Z) di fine binarizzazione per ogni BSCAN
- Procedimento iterativo
  - Viene calcolato il numero dei centroidi \* per ogni iterazione

### Iterazione 1

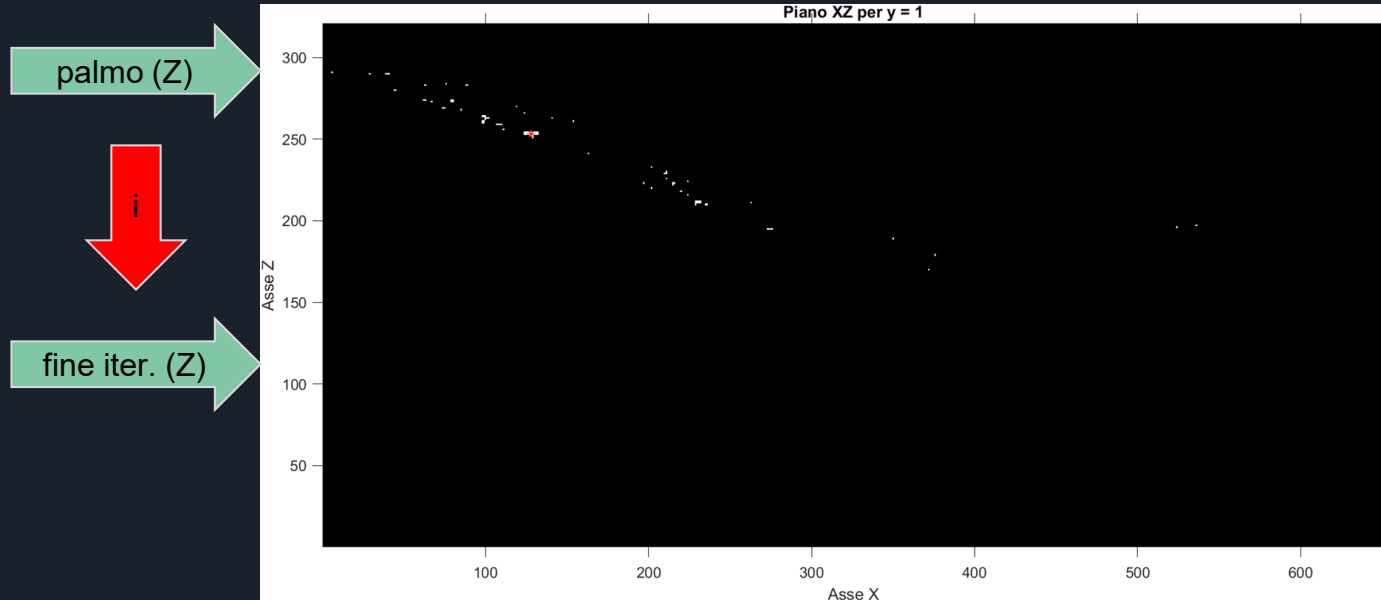


Nessun centroide  
valido (area > 20)

## Il metodo CCM: Binarizzazione: Calcolo del vettore fine binarizzazione

- Si calcola la coordinata (Z) di fine binarizzazione per ogni BSCAN
- Procedimento iterativo
  - Viene calcolato il numero dei centroidi \* per ogni iterazione

### Iterazione 23



## Il metodo CCM: Binarizzazione: Calcolo del vettore fine binarizzazione

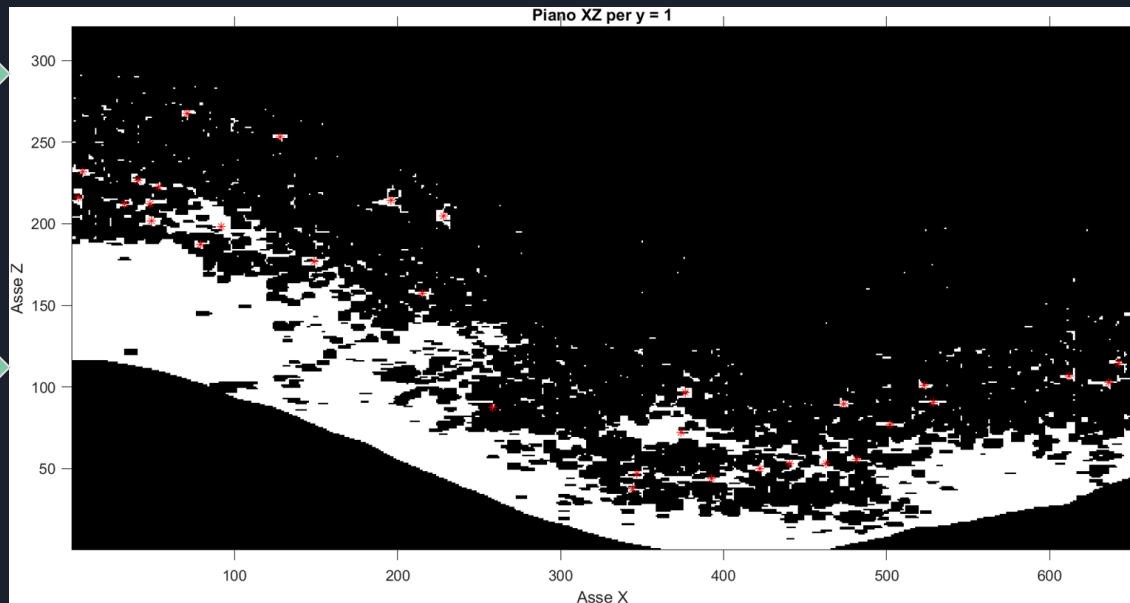
- Si calcola la coordinata (Z) di fine binarizzazione per ogni BSCAN
- Procedimento iterativo
  - Viene calcolato il numero dei centroidi \* per ogni iterazione

### Iterazione finale

palmo (Z)

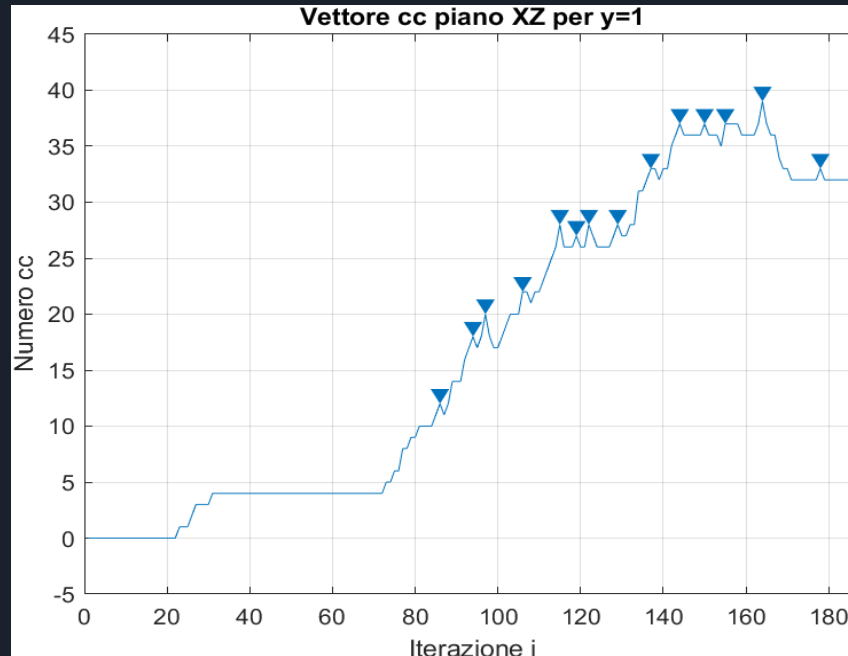


fine iter. (Z)



## Il metodo CCM: Binarizzazione: Calcolo del vettore fine binarizzazione

- Procedendo per tutte le iterazioni, e salvando i risultati ottenuti in termini di numero delle CC in un vettore, risulta poi possibile stampare il seguente grafico.

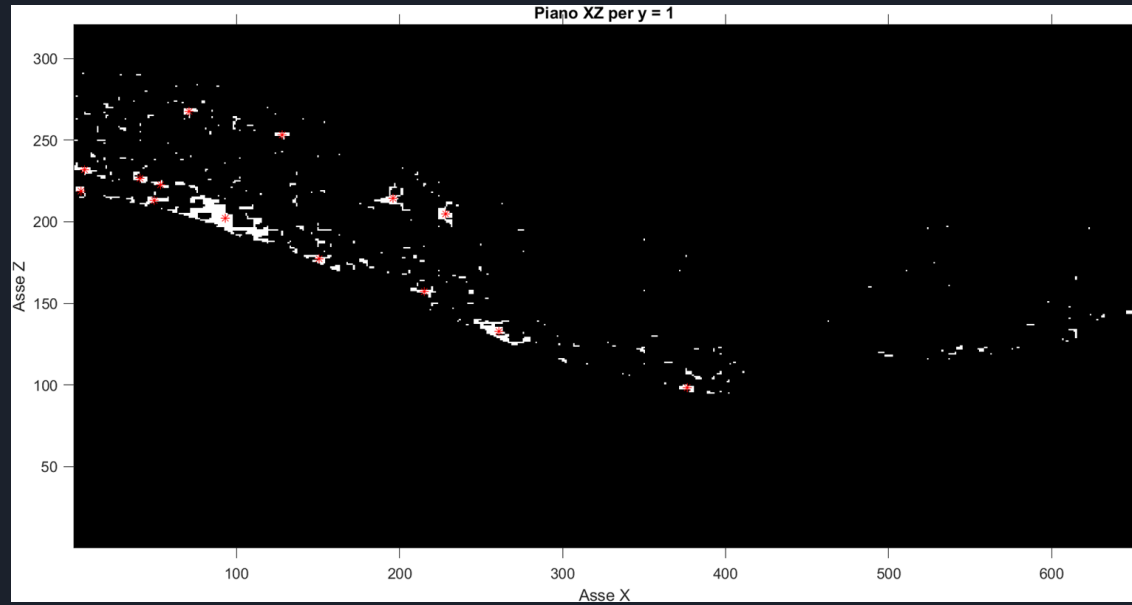


## Il metodo CCM: Binarizzazione: Calcolo del vettore fine binarizzazione

- Si sceglie il valore di fine come la media delle iterazioni in corrispondenza dei primi due picchi.

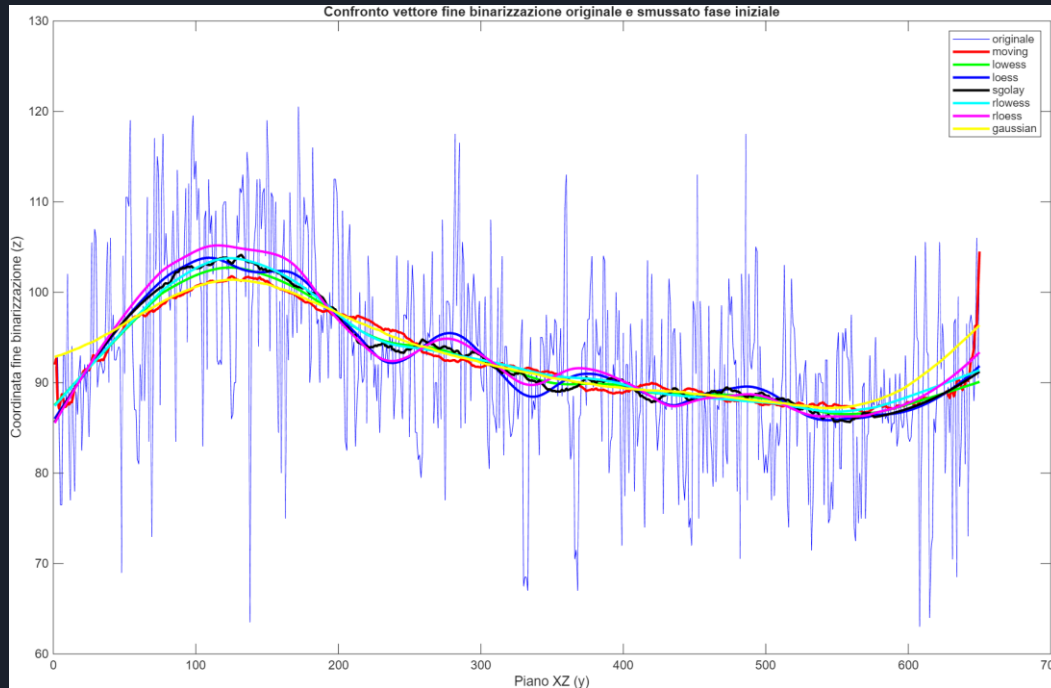
### Valore di fine scelto per questo piano

palmo (Z)



## Il metodo CCM: Binarizzazione: Calcolo del vettore fine binarizzazione

- Si procede con le precedenti operazioni per tutti i 650 BSCAN
- Si stampa infine il grafico rappresentante i valori di fine calcolati per ogni BSCAN
- Si sceglie un operatore di smoothing da applicare





## Il metodo CCM: Binarizzazione: Binarizzazione iniziale e pulizia morfologica


- Effettuo la prima binarizzazione del volume con
  - Coordinata Z di inizio binarizzazione pari a quella del palmo
  - Coordinata Z di fine binarizzazione calcolata prima
  - Soglia di binarizzazione pari a 250





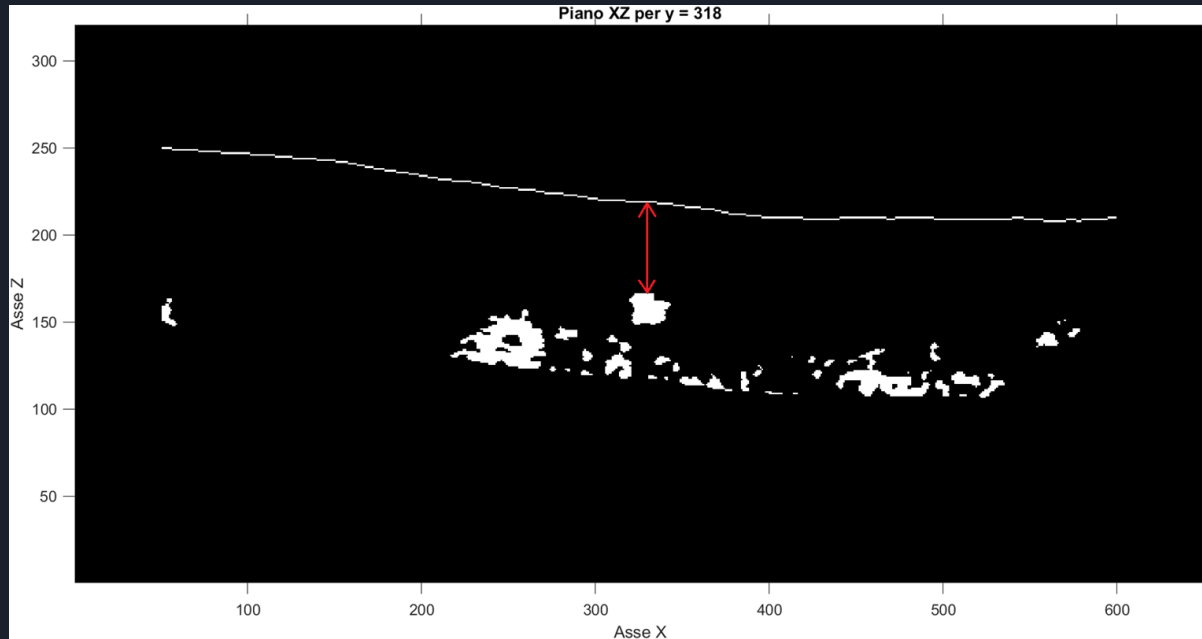
Il metodo CCM: Binarizzazione: Stima distanze vene–palmo e stima dei diametri

Assunzione 2: Partendo dal palmo della mano e dirigendosi verso il basso i primi voxel che si incontrano con intensità molto basse rappresentano delle vene.



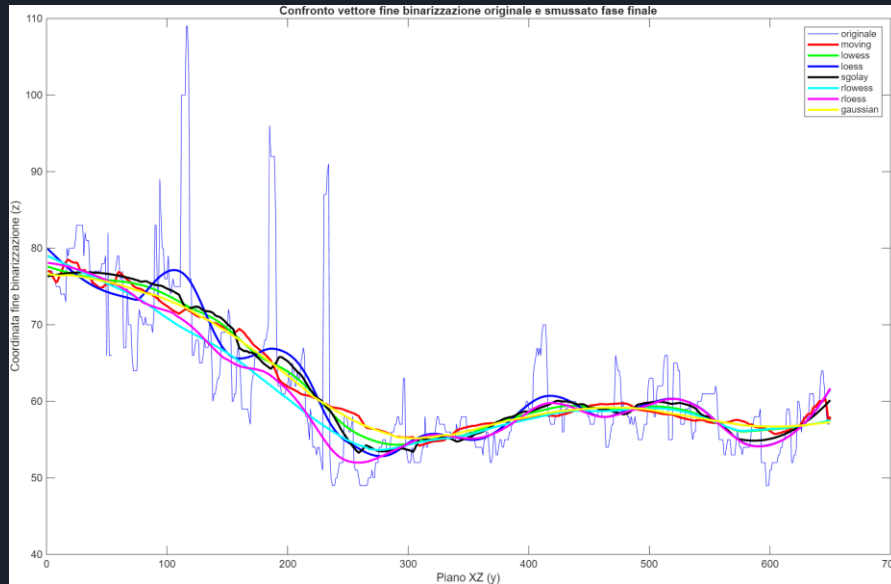
## Il metodo CCM: Binarizzazione: Stima distanze vene-palmo e stima dei diametri

- Se si calcola la distanza minima vene-palmo, allora è possibile calcolare con precisione dove inizia il pattern venoso



## Il metodo CCM: Binarizzazione: Stima distanze vene-palmo e stima dei diametri


- Viene smussato anche il vettore distanze per ottenere un andamento più regolare e senza *NaN*






## Il metodo CCM: Binarizzazione: Stima automatica della soglia iniziale

Assunzione 3: Le vene sottili sono costituite da valori di intensità maggiori rispetto a quelle massicce profonde e si trovano più in superficie.





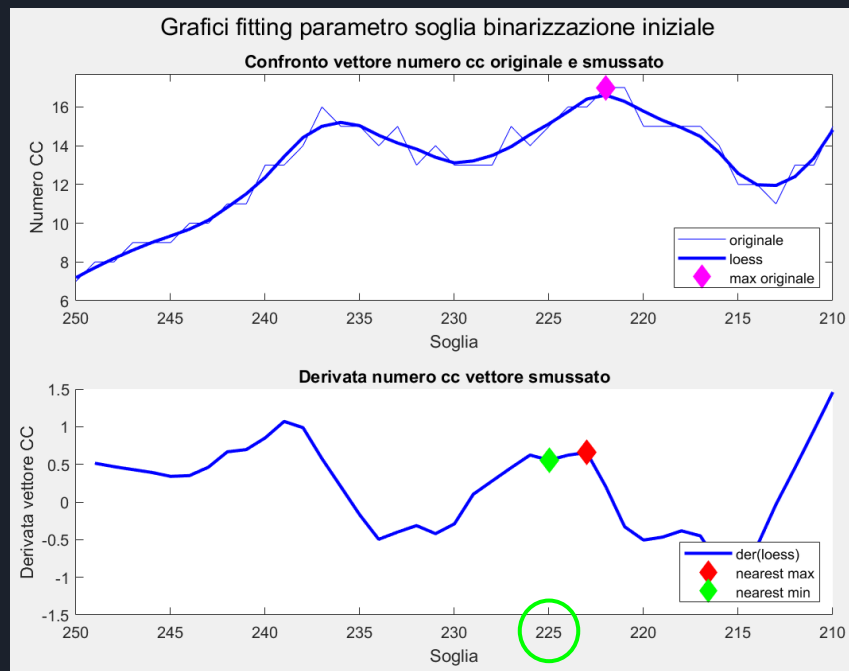
## Il metodo CCM: Binarizzazione: Stima automatica della soglia iniziale

- Vengono provati diversi valori di soglia per vedere quale permette di raccogliere il maggior numero di vene
  - Binarizzazione iterativa con soglia compresa tra 210 e 250
- 

## Il metodo CCM: Binarizzazione: Stima automatica della soglia iniziale

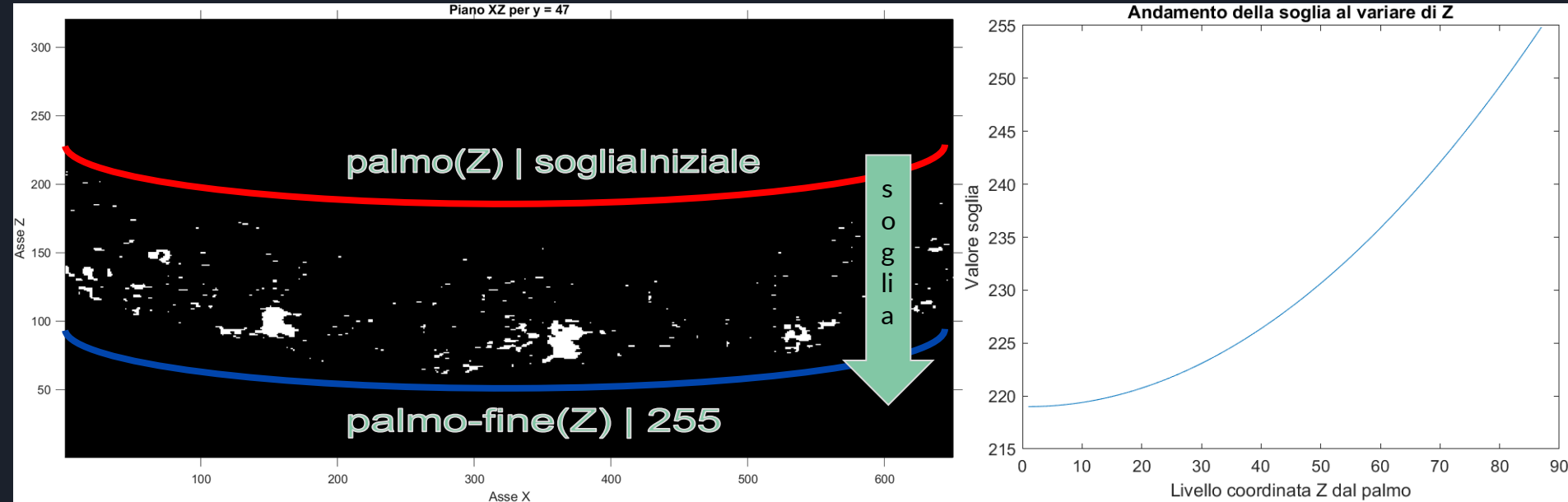
- Viene stampato il grafico delle cc valide per ogni iterazione
- Si sceglie la soglia ottima come il minimo locale della derivata più vicino al massimo locale della derivata più vicino al massimo assoluto del vettore

1. Trovo il valore della **soglia** in cui si è raggiunto il **massimo assoluto** del numero delle componenti connesse
2. Si applica un operatore di smoothing al vettore contenente il numero delle cc per iterazione
3. Si calcola la derivata del vettore smussato contenente il numero delle cc
4. Si trovano gli indici dei massimi locali della derivata
5. Si trovano gli indici dei minimi locali della derivata
6. Viene individuata la **soglia** in corrispondenza del **massimo** locale della derivata più vicina alla soglia trovata al punto 1
7. Viene individuata la **soglia** in corrispondenza del **minimo** locale della derivata più vicina alla soglia trovata al punto 6



# Il metodo CCM: Binarizzazione: Binarizzazione finale

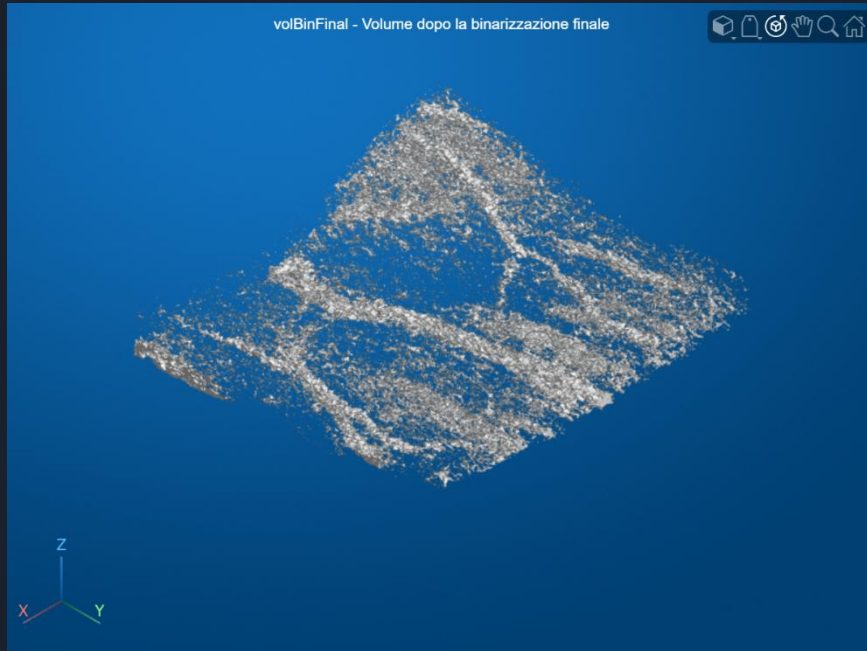
- Livello start : coordinata Z del palmo
- Livello end : coordinata Z della fine
- Soglia start: soglia iniziale
- Soglia end: 255





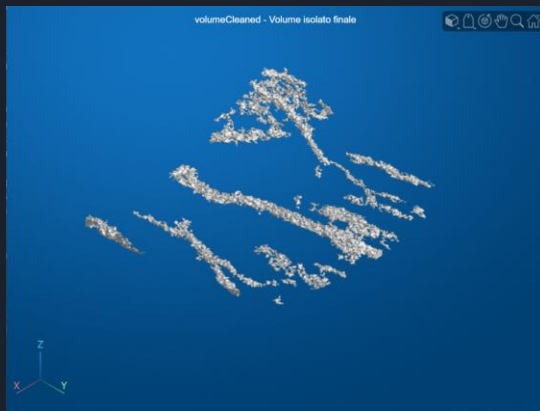
# Il metodo CCM: Binarizzazione: Binarizzazione finale

- Risultato finale del processo di binarizzazione



# Il metodo CCM: Isolamento del pattern venoso

- L'isolamento avviene tramite una sequenza di operazioni morfologiche e di analisi delle componenti connesse, strutturata in tre passaggi principali:
  1. Nel primo passaggio viene applicata una rimozione delle cc piccole;
  2. Nel secondo passaggio viene applicata un'operazione di apertura morfologica;
  3. Infine viene eseguito un secondo filtraggio delle cc, più severo in termini di soglia dimensionale.



# Il metodo CCM: Ispessimento del pattern venoso


- L'ispessimento realizza una post-elaborazione volumetrica, composta da più fasi:
  1. Erosione iniziale che riduce contributi instabili e rumore sottile;
  2. Filtraggio gaussiano che ricompone e regolarizza le strutture;
  3. Filtraggio finale con una soglia che estrae un pattern venoso più compatto e utilizzabile.





## Il metodo CCM: Filtraggio delle componenti connesse: Addestramento di un classificatore binario

Viene addestrato un modello di classificazione binaria. Per fare ciò è necessario un processo composto dai passi seguenti:

1. Creazione del dataset di addestramento;
  2. Features engineering;
  3. Etichettatura;
  4. Addestramento;
  5. Calcolo e valutazione dell'accuracy.
- 

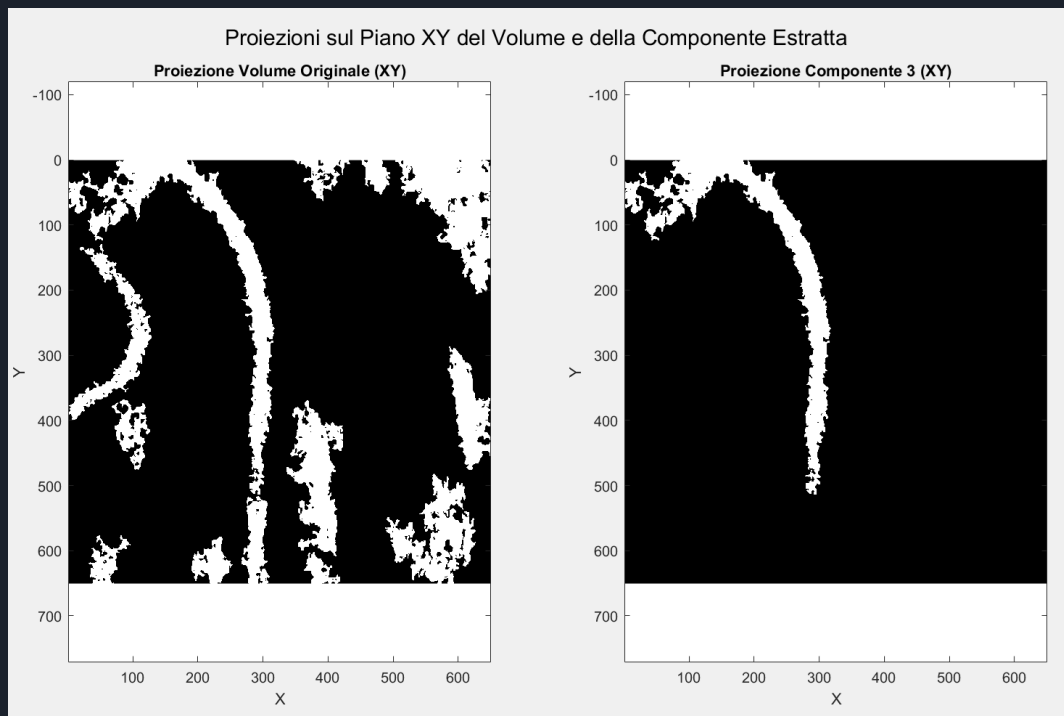
## Il metodo CCM: Filtraggio delle componenti connesse: Addestramento di un classificatore binario

- Creazione del dataset
- Features ingegnerizzate tramite la funzione regionprops3. Divisibili in due categorie:
  - Ottenute
  - Ricavate

Ottenute	Ricavata
Volume	rapportoAssiYZ
PrincipalAxisLength	rapportoAssiXZ
EquivDiameter	rapportoAssiXY
Extent	rapportoVolumeY
Solidity	rapportoVolumeX
SurfaceArea	rapportoVolumeZ
Centroid	rapportoSurfaceYDim
	rapportoSurfaceXDim
	rapportoSurfaceZDim
	rapportoSurfaceVolume
	rappDimXCentX
	rappDimYCentY
	rappDimZCentZ
	DistCentroidPelle
	RappFineBinDistCP

## Il metodo CCM: Filtraggio delle componenti connesse: Addestramento di un classificatore binario

- Etichettatura delle componenti
- Tre acquisizioni per utente come dati di training



# Il metodo CCM: Filtraggio delle componenti connesse: Addestramento di un classificatore binario

- Addestramento di un modello di bagging basato su alberi decisionali
- Tuning automatico degli hyperparametri
- 80% dei dati usati come training set contro il 20% dei dati usati come test set
- Calcolo della Confusion Matrix per valutare le performance

## Dataset

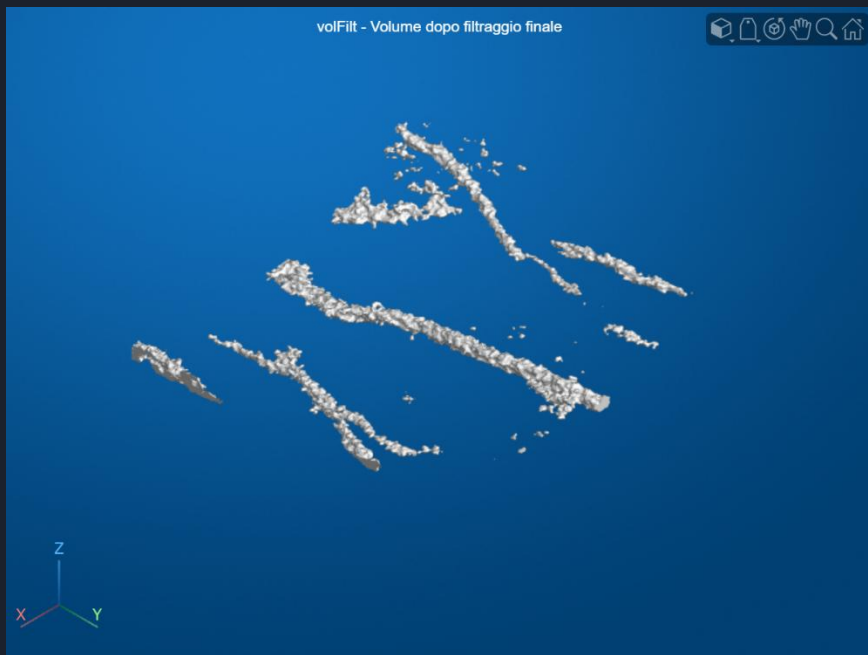
## Performance

Extent	Solidity	rapportoSurfaceVolume	rapportoAsioYZ	rapportoAsioXZ	rapportoAsioXY	rapportoVolumeY	rapportoVolumeX	rapportoVolumeZ	rapportoSurfaceYDim	rapportoSurfaceXDim	rapportoSurfaceZDim	rapppineBinDistCP	rapppDimXCentX	rapppDimYCentY	rapppDimZCentZ	isVeno	
Nu..	Num..	Number	Number	Number	Number	Number	Number	Number	Number	Number	Number	Number	Number	Number	Number	Number	
1	Extent	Solidity	rapportoSurfaceVolume	rapportoAsioYZ	rapportoAsioXZ	rapportoAsioXY	rapportoVolumeY	rapportoVolumeX	rapportoVolumeZ	rapportoSurfaceYDim	rapportoSurfaceXDim	rapportoSurfaceZDim	rapppineBinDistCP	rapppDimXCentX	rapppDimYCentY	rapppDimZCentZ	isVeno
0.042	0.2197	0.481548085434359	13.6717468397275	0.6923063965.	0.650632788884.	122.04717421306	2410.16598822304	1668.5715145702	58.75897445248	1160.3939024888	803.3504421981	1.5341399748656	0.072580220484.	1.3778027677856	0.20443410781.	1	
0.051	0.1572	0.6657594304759	2.7348097714386	0.2997272814.	0.1845480645173	10.891227854	413.32520866196	104.8762889581496	142.8475401121	34978.02619418	104.15540924402	0.51288795947	0.015540924402.	0.51288795947	0.015540924402.	1	
0.021	0.2265	0.33756356213457	13.1178717587108	0.0695754832.	0.0496259204.	275.3699074518	43.93822372678	285.1830666619	102.843680324	121.2386235145	1055.3854508658	1.7084487493988	0.254307144606.	0.2966382939027	0.26059597418.	1	
0.057	0.2563	0.48294688697826	2.80623007327084	0.21698473832.	0.07722250480.	616.50746318075	7973.19570634879	1730.0617839591	271.227595104431	3507.7491565505	761.128032848326	1.22279786332979	0.041459544524.	0.6744451732694	0.69604525800.	0	
0.045	0.2018	0.50878204866007	2.46244803856564	0.18933757488.	0.0768897774.	417.857267303146	5434.4828748662	1028.9518027251	212.5986508898	2764.9722008659	523.51313131978	1.210803624408	0.048962735201.	0.5154963116005.	0.6744175753.	0	
0.044	0.1159	0.761891961963621	19.1691996124817	0.2697728353.	165.960741195229	635.50256914942	318.140096010324	126.41062569931	484.37348141952	242.32475390939	1.55554648141853	1.493419405730.	0.2903866029758	0.39917689752.	0		
0.044	0.1484	0.776055800792084	13.3962638477764	0.44054444153.	0.29977242875.	70.3914381807432	234.848167125228	108.165341170974	54.62414126319	182.239975995954	81.936895104919	2.4404481674085	0.121278127935	0.0906083101191	0.262702728.	0	
0.056	0.2812	0.464291790707968	5.71246370481756	0.40009818569	0.6699339487.	152.1273847137024	217.51787349396	870.4027149715392	710.82424780279	710.0101541967085	404.132851302488	1.15133045732784	0.050874679294.	0.429272944865.	0.2238866703.	1	
0.068	0.2358	0.52728974803945	1.63667505895741	0.1810095570.	0.1063258060.	416.24910325319	3762.44572125491	861.26452560096	219.48338047689	1983.89653937	359.223800050109	1.1564627628457	0.123447850923.	0.325452396318.	0.5901340344.	0	
0.063	0.2061	0.63551507992159	1.78426671524251	0.34215097524.	0.19175999435.	139.88505348663	729.4785993457	249.5024548663	463.59610824813	158.61986478908	2.99307009048056	0.107462276300.	0.27525972644.	0.2751406481.	0		
0.084	0.2420	0.6689595864294	1.88291320172199	0.4187302753.	0.2811721063.	91.320040350643	324.78413674159	135.990951133612	61.08952021489219	217.26735337329	90.9764196095855	2.7994309947276	0.214473266369.	0.14968592724712	0.1797622319.	0	
0.138	0.2614	0.6631568062968	3.32496515485094	0.5665203259.	0.1703838813.	91.682037000052	420.74726711707	234.36186698997	57.566521535002	279.172911444241	158.157128548287	5.3335356731518	1.141375904381.	0.30205313018543	0.11905122696.	0	
0.079	0.1225	0.588262145275302	3.3204874890023	0.15911248609.	0.0452505498.	483.77030998131	1059.8278191808	1632.67962430572	272.8185174483	6035.4678919584	960.4436181591	0.04008186251.	1.5739638213221	0.3232484143.	0		
0.028	0.1985	0.6349431088547	12.799248258773	0.76683057208.	0.0528049424.	69.311488357439	1310.1793749189	887.13494710713	493.977464410294	831.644013403022	562.88209513428	1.7492360194317	0.05801272220.	1.2645247186332	0.1936085113.	1	
0.011	0.2919	0.4618286597969	16.8165883013032	0.78638285573.	0.0676233024.	138.97538121241	297.95157909623	2337.0917686578	64.18281365856	1372.53240638268	1079.339533154	1.771906040195	0.12428742548.	2.84429768411951	0.21481561062.	1	
0.077	0.2149	0.6886765819986	1.6397277358141	0.5178194210.	0.3179597632.	181.38866738769	54.38561915085	29.738828199484	126.37209395171	401.33099527602	207.806318626816	1.26525367756097	0.0684002527.	0.2548266084710.	0.43198030584.	0	
0.061	0.2581	0.5512788495124	2.2200275740763	0.305220845.	0.1488945851.	181.07004142789	1216.128156034	401.99371623491	62.737488338292	279.712911444241	158.157128548287	1.1209618579128	0.591970254873.	0.5519122957343.	0.463702408651.	0	
0.125	0.2960	0.7460799936814	4.02016574523206	0.6208121474.	0.15442451449.	59.236882781973	283.59169195409	238.142288665336	44.373146061627	287.34533672204	178.38747269774	3.1366901086371	0.024031451832.	2.69600115975236	0.21207621958.	0	
0.030	0.1230	0.88885216863755	2.67678127561385	0.3225016882.	0.1204811544.	52.275542868338	431.889788321785	139.6391983334	46.4652372373033	385.6639456732	124.37727703769	1.852544853264	0.100171181947.	0.428012478009.	0.36495841863.	0	
0.083	0.0861	0.7973068659964	2.8911052524133	0.73277915074	0.2503477781.	139.57814520.	299.89074652109	171.6279181986	47.895055622822	191.31446560585	138.468402539103	0.5951589538901.	0.7400173379025.	0.21747307999.	0		
0.144	0.4064	0.5257728212872	6.81037190431831	0.12545406114.	0.85439251144.	17.2436357480714	632.680862663281	52.86828590391	126.37209395171	401.33099527602	280.167342302236	1.40876480504948	0.05434905042	0.279320784537.	0.1170925426.	0	
0.083	0.1428	0.6573035284768	2.8047195760807	0.2784729106.	0.09627309598.	1916.28620624906	532.5683991251	225.569720091024	1304.27465465524	363.205158603903	363.205158603903	1.2345458958482	0.409923770579.	0.4074349480502.	0.50811463355.	0	
0.070	0.2026	0.59910273304907	11.9788074451632	0.7439836735.	0.06240327229.	66.952047161848	107.358383820529	798.189427116174	401.111240104677	4442.352168212576	478.19706618159	1.2409643760697	0.05659197468.	0.3960559155505.	0.16023117836.	1	
0.040	0.1940	0.66485758662337	13.3870214551564	0.29506850787.	0.1531832142.	279.10528475308	182.202512258484	368.68429486	121.42561325182	248.423483199598	1.71206294371256	1.016167304719.	0.22146662159.	0.51927744092.	0		
0.094	0.2543	0.58900952503	0.5458687010.	0.29239384270.	0.29239384270.	342.54224925993	147.84016662135	65.1264001429051	101.500741279354	3.14044571446933	1.552279196054935	0.101964180284.	0.1574562165588.	0.19503647254.	0		
0.029	0.3371	0.52777281213521	34.330538476668	0.2585265145.	0.0753039866.	424.8785165565	5662.1890437217	1434.6336277531	242.597911437462	3321.58112211361	832.851693296352	1.52938516212142	0.06016447370.	0.9746628154665.	0.17047686800.	0	
0.034	0.1487	0.50367077460712	1.87456647198446	0.3030381455.	0.0400536151.	159.19414651155	3974.30824386135	101805040472	2091.74212222	701.389104166604	14486.3877212422	0.094753086474.	0.05414828074863	0.51717232835.	1		
0.100	0.2700	0.7127608442256	5.1652387481159	0.4717116996.	0.08891083997.	48.4907768881384	545.264645816191	260.1601919954	14.643275241206	188.44474826385	185.43472875318	1.365305153839	0.038877813995.	0.147751021029.	0.2896164284.	0	
0.081	0.3428	0.57325729128728	4.4029796059103	0.5983375793.	0.1358817292.	75.195535458146	553.340713124367	331.08443127536	43.107817116445	127.216857502807	189.80296457469	1.1546067985394	0.19940339865.	0.284109933308.	0.20057445509.	0	
0.056	0.1918	0.4517180865310	1.82998148973553	0.33866788695.	0.1860562462.	1134.2524229581	682.68382617394	207.0518254386	400.48060824291	1322378522358	0.604296441295.	4.5550718305092	0.8984309354.	0.050718305092.	0.09420842054.	0	
0.049	0.2947	0.56347619773886	11.62773097384572	0.8873392558.	0.07201332543.	86.031740145745	1194.64618884127	1010053846901	48.47178874351	673.094853706015	564.547488393055	1.4494395839055	0.0531743380925	0.439082128927.	0.15873430820.	0	
0.046	0.1382	0.677800973892584	1.627273597915069	0.57146890529.	0.35119048272.	155.3526527239	448.5384690567	256.326207120811	304.019744337584	173.738092728015	1.38002444565711	2.40574896704.	0.373346585861.	0.41506616211.	0		
0.097	0.1951	0.78551542847624	13.39579146897171	0.3402574722.	0.24350236126.	106.08102163802	435.303386242962	141.049580124444	83.205424647856	341.736314581292	1107373192196	1.325429094839	0.03399458502.	0.11675680536.	0.39756078730.	0	
0.057	0.1392	0.820713971481158	12.549301162531	0.71971923903.	0.57351321943.	110.572039028101	102.79771687333	138.0624003803	75.502289947048	1582.35635831932	173.88521408725	14738460936589	0.99204864005.	0.1948616137661	0.34495946414.	0	
0.021	0.1003	0.75202064553106	2.40609954922556	0.3934519576.	0.16327894317.	108.82769427011	62.96740273805	70.528317607417	464.39127177454	182.71622993678	14376876638849	0.367847562062.	0.837457155635.	0.47077710755.	0		
0.059	0.2718	0.6380949637122	5.09724099173952	0.8841695849.	0.19555278896.	69.46438791364	634.07203113455	64.57672595674	403.148479107645	225.12505528836	1.7911793806529	0.16771836992.	0.286379612535.	0.12559522883.	1		
0.032	0.1588	0.3916229437057	14.6681043215845	0.49155712775.	0.0335197380.	223.957139621	6680.30553242363	3283.7518001133	48.672270740569	2616.1610555089	1285.96261417765	1.6799978033311	0.090971545353.	0.7310065383635	0.39504922075.	1	

	P	N	TP	86
P	204	5	TN	204
N	14	86	FP	14
			FN	5
Accuracy				93,85%

## Il metodo CCM: Filtraggio delle componenti connesse: Filtraggio ricorsivo con il classificatore binario


- Viene utilizzato il modello addestrato per fare le previsioni e filtrare quegli elementi non considerati come vene dal classificatore







## Il metodo CCM: Affinamento delle vene

- La fase di affinamento ha l'obiettivo di rifinire il volume binario ottenuto dagli step precedenti, riducendo i disturbi residui e migliorando la continuità delle strutture venose. Il flusso combina tre strategie complementari:
    1. Rimozione locale di artefatti con analisi slice-by-slice;
    2. Filtraggio globale guidato da feature geometriche e di posizione tramite classificatore binario;
    3. Recupero controllato di porzioni scartate e “filling” selettivo delle zone troppo sottili.
- 



# Il metodo CCM: Affinamento delle vene

- La prima fase si divide a sua volta in diverse sotto-fasi come segue:
  - Split iniziale: CC piccole conservate per possibili recuperi; CC grandi affinate;
  - Affinamento locale (CC grandi): per ogni CC, pulizia per piani;
  - Classificazione RF + regolarizzazione: sulle vene robuste si applica il classificatore; le vene accettate vengono regolarizzate con un filtro gaussiano;
  - Pulizia globale: vengono scartate CC incoerenti usando estensione lungo Y, contatto bordo, distanza palmo-vena e pendenza lungo Y;
  - Recupero pezzi: vengono reinseriti solo i frammenti che riducendo il numero di CC migliorano la connettività.


# Il metodo CCM: Affinamento delle vene

- Il risultato ottenuto dopo la prima fase è il seguente:





## Il metodo CCM: Affinamento delle vene

- La seconda fase invece si divide nelle seguenti sotto-fasi:
    - Smoothing e chiusura morfologica;
    - Rimozione di CC “corte”;
    - Ultimo filtraggio tramite il classificatore binario
- 

# Il metodo CCM: Affinamento delle vene

- Il risultato ottenuto dopo la seconda fase è il seguente:





## Il metodo CCM: Affinamento delle vene

- Infine la terza fase si divide nelle seguenti sotto-fasi:
  - Per ogni CC finale, viene eseguito un affinamento locale;
  - Vengono stimati indicatori di spessore, raccolti in un vettore di diametri lungo Y;
  - Da questo vettore si ricava una soglia di “tratto sottile” come media tra mediana e minimo;
  - La componente viene poi scheletrizzata e si calcola la distanza interna dal bordo;
  - I voxel dello skeleton che cadono in zone con distanza inferiore alla soglia vengono identificati come porzioni sottili; solo queste vengono dilatate e riunite alla componente originale


# Il metodo CCM: Affinamento delle vene

- Il risultato finale è il seguente:






# Analisi critica del metodo CCM

- Il metodo CCM si è verificato essere piuttosto efficace nell'estrazione del pattern venoso per quegli individui in cui esso è sufficientemente spesso e la vena principale è anche sufficientemente profonda.
  - Soffre però di alcune limitazioni legate soprattutto alle assunzioni fatte a monte dello sviluppo del codice, unite anche a scelte implementative discutibili o poco generali.
  - Verranno analizzate le principali "categorie" di limitazioni, dato che spesso una limitazione si presenta in diversi punti del metodo.
- 






## Analisi critica del metodo CCM: Soglie prefissate a un valore specifico

- Quello delle soglie prefissate a un valore specifico è sicuramente il problema più presente nel metodo.
  - Il problema insito nel fissare a monte una soglia a un valore specifico risiede nel fatto che andrebbe dimostrata l'efficacia di tale valore in diverse situazioni e casistiche.
  - Di conseguenza queste soglie impediscono al metodo CCM di essere autoesplicativo e generale.
- 





## Analisi critica del metodo CCM: Soglie prefissate a un valore specifico

- Sono stati proposti diversi metodi alternativi per il calcolo/sostituzione di queste soglie. Ognuno di questi metodi è stato scelto valutando il contesto di applicazione della soglia e valutando la letteratura:
  - Sostituzione della soglia: da una soglia locale a una soglia globale tipo Otsu, perché automatica, semplice e robusta.
  - Conversione della soglia: da una soglia riferita a slice del volume a una soglia riferita a mm. In questo modo si possono utilizzare range anatomici tipici come range/soglie plausibili.
  - Conversione della soglia: da una soglia fissata a una adattiva come una *quantile threshold*, in cui il quantile è scelto in maniera *data – driven*;
  - Conversione della soglia: da una soglia statistica ingegnerizzata ad-hoc ad una soglia statistica ampiamente studiata e validata tipo MAD (Median Absolute Deviation).



## Analisi critica del metodo CCM: Calcolo non standard del valore ottimo di una soglia adattiva

- In questo caso si tratta di soglie adattive. Vengono provate tutte le soglie possibili.
  - Per ogni soglia viene calcolata una metrica, in genere il numero di componenti connesse 2D o 3D.
  - Infine viene generata una curva che mette in relazione *soglia* e *#CC*.
  - Il problema risiede nei meccanismi che poi vengono utilizzati per la selezione della soglia ottima. Anzitutto perché passano per forti sessioni di smoothing della spezzata che la rendono meno variabile e si perde di conseguenza molta informazione. E infine perché il valore ottimo viene selezionato con metodi non standard e creati ad-hoc.
  - Anche in questo caso queste soglie, scelte in tal modo, impediscono al metodo CCM di essere autoesplicativo e generale.
- 



## Analisi critica del metodo CCM: Calcolo non standard del valore ottimo di una soglia adattiva

- Sono stati proposti due metodi alternativi. Ognuno di questi metodi è ampiamente utilizzato in diversi contesti di ottimizzazione di curve analitiche:
  - Si individua un intervallo in cui la metrica varia poco. Questa individuazione viene fatta con una misura di sensibilità locale. Si ricerca un intervallo sufficientemente lungo in cui la misura rimanga sotto una soglia piccola (plateau). A questo punto la soglia può essere scelta in due modi: (i) al centro del plateau; (ii) all'inizio del plateau.
  - Si ordina in maniera crescente la funzione. Si normalizzano ambo gli assi in modo che abbiano valori compresi nell'intervallo  $[0, 1]$ . Si cerca il ginocchio con un algoritmo di knee detection come Kneedle; la soglia corrispondente al ginocchio sarà la soglia cercata.

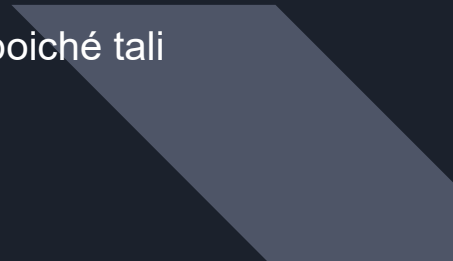


## Analisi critica del metodo CCM: Assunzioni non sufficientemente generali

- Come qualsiasi teoria o metodo anche il metodo CCM pone delle assunzioni a monte delle sue elaborazioni teoriche e implementative.
- Il fatto di porre alcune assunzioni come fondamento di un lavoro non è un problema, fintantoché tali assunzioni siano sufficientemente generali.
- Il problema è che 2 delle 3 assunzioni del metodo CCM sono poco generali.
- La seconda assunzione dice:

«Partendo dal palmo della mano e dirigendosi verso il basso i primi voxel che si incontrano con intensità molto basse rappresentano delle vene»

Però non è detto che i primi voxel scuri incontrati siano vene, poiché tali voxel potrebbero, e spesso è così, essere rumore.






## Analisi critica del metodo CCM: Assunzioni non sufficientemente generali

- Infine la terza assunzione dice:

«Le vene sottili sono costituite da valori di intensità maggiori rispetto a quelle massicce profonde e si trovano più in superficie»

La relazione intensità–diametro–profondità è dipendente dal setup ecografico e dalla variabilità anatomica; in alcune acquisizioni vene di grande calibro possono trovarsi relativamente superficiali, violando l'ipotesi.





## Conclusioni

- Il metodo CCM, è un metodo di feature extraction utile nell'estrazione del pattern venoso del palmo di una mano. Si è rivelato piuttosto efficace sul dataset di test proposto dagli autori.
  - Ha però alcune limitazioni.
  - Quelle teoriche sono di difficile mitigazione poiché rappresentano la base su cui è stato sviluppato il metodo, e quindi cambiarle richiederebbe ristrutturare il metodo stesso.
  - Quelle implementative invece sono di più facile mitigazione, e per queste sono state anche proposte delle soluzioni più standard e robuste, che andrebbero implementate e testate.
- 