

Luis Cortés Boya

Anàlisi de la capacitat energètica de la biomassa dels boscós de la Vall d'Aran

TREBALL DE FI DE GRAU

Tutora: Maria Trinitat Rovira Soto

Grau en Geografia i Ordenació del Territori.



**UNIVERSITAT
ROVIRA i VIRGILI**

Facultat de Geografia i Turisme

Campus Vila-seca

Juny 2021

Nota d'agraïments.

Abans de introduir el treball d'investigació, voldria escriure una nota d'agraïments per a totes aquelles persones que han aportat la seva ajuda per a la consecució d'aquest treball i han facilitat tot el procés d'elaboració.

En primer lloc a la tutora d'aquest treball Maria Trinitat Rovira, per haver realitzat una tasca de seguiment i avaluació impecable en tot moment, per continuar un any més com a tutora, per adaptar gran part del seu temps als meus horaris i d'aquesta manera fer molt més fàcil la realització d'aquest treball.

A la meua companya Helena per motivar-me a seguir i facilitar-me els dies per dedicar-hi més temps al treball. També per la gran paciència en els moments més delicats.

A la meua família pel seu suport i motivació, així com per la seva predisposició a ajudar-me sobretot en la recerca de informació i dades.

Al Institut Català d'Energia (ICAEN), per haver-me facilitat dades i respondre a les meves sol·licituds i demandes. A l'empresa Aranoil, per haver-me proporcionat dades i confiar en la meua predisposició a la confidencialitat.

A Gemma Arjó per haver-me ajudat a comprendre la realitat dels boscos de la Vall d'Aran, i haver-me proporcionat una visió més clara del que és la biomassa.

Al professor Sergi Saladie per proporcionar-me dades relatives al treball així com una base sòlida de precedents i encaminar el treball a una millor consecució.

A Guillem Piris per ajudar-me a obtenir bases cartogràfiques necessària per a la realització del treball d'investigació.

Resum

El present treball d'investigació pretén determinar la capacitat productiva d'energia tèrmica de la biomassa forestal procedent dels boscos de la comarca de la Vall d'Aran. A partir de diferents fonts d'informació consultades, s'ha dissenyat una metodologia adaptada a les particularitats de l'àrea d'estudi. Aquest estudi proporciona una base sòlida per a la elaboració d'un model de transició energètica a partir biomassa forestal, així com a una font d'informació orientativa per establir activitats d'aprofitament forestal als boscos de la Vall d'Aran. Per a obtenir els resultats s'utilitzen tècniques d'Avaluació Multicriteri basades en Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG) i Processos de Jerarquia Analítica (AHP) per a l'àrea d'estudi. A través d'aquestes tècniques analítiques, s'avaluen múltiples capes de cartografia temàtica que representen els diferents factors i condicionants que limiten l'aprofitament forestal al territori. Aquests factors i condicionants són de tipus geofísic i ambiental. Fruit d'aquest procediment, s'obté l'àrea òptima, i accessible, d'extracció de biomassa forestal i la biomassa aèria total que s'hi troba en aquesta àrea segregada per les espècies vegetals arbòries que la componen, entre les que destaquen bedollars, avetoses, avellanedes, rouredes, fagedes, freixenedes, pinedes de pi roig, pinedes de pi negre, boscos mixtes de coníferes, boscos mixtes de frondoses, boscos mixtes de coníferes i frondoses i vegetació de ribera. Posteriorment, s'avalua la biomassa potencial disponible anual que presenta cada espècie vegetal de l'àrea d'extracció de biomassa forestal. La possibilitat de biomassa definida per a cada espècie ve definida en funció de la qualitat de la estació de cada zona. A l'hora, la qualitat de la estació ve definida per la productivitat potencial forestal, la qual està condicionada per una sèrie de factors i condicionants. Una vegada obtinguda la biomassa potencial anual disponible, expressada en tones per any, és realitzen una sèrie de càlculs per a obtenir la capacitat de producció d'energia tèrmica. Els resultats obtinguts es comparen amb la demanda d'energia tèrmica de l'àrea d'estudi generada a través de fonts d'energia no renovables, la finalitat d'aquesta comparativa és comprovar quin percentatge de la demanda d'energia tèrmica de la Vall d'Aran es pot generar a partir de biomassa forestal.

Resumen

El presente trabajo de investigación pretende determinar la capacidad productiva de energía térmica de la biomasa forestal procedente de los bosques de la comarca del Valle de Aran. A partir de diferentes fuentes de información consultadas, se ha diseñado una metodología adaptada a las particularidades del área de estudio. Este estudio proporciona una base sólida para la elaboración de un modelo de transición energética a partir de biomasa forestal, así como una fuente de información orientativa para establecer actividades de aprovechamiento forestal en los bosques del Valle de Aran. Para obtener los resultados se usan técnicas de Evaluación Multicriterio basadas en Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Procesos de Jerarquía Analítica (AHP) para el área de estudio. A través de estas técnicas analíticas se evalúan múltiples capas de cartografía temática que representan los diferentes factores y limitantes que limitan el aprovechamiento forestal en el territorio. Estos factores y condicionantes son de tipo geofísico y ambiental. Fruto de este proceso se obtiene el área óptima i accesible de extracción de biomasa forestal y la biomasa aérea total que se encuentra en esta área segregada por especies vegetales arbóreas que la componen, entre las que destacan abedules, abetos, avellanos, robledas, hayedos, fresnedos, pinedas de pino albar, pinedas de pino negro, bosques mixtos de coníferas, bosques mixtos de frondosas, bosques mixtos de coníferas y frondosas y vegetación de ribera. Posteriormente, se evalúa la biomasa potencial disponible anual que presenta cada especie vegetal del área de extracción de biomasa forestal. La posibilidad de biomasa definida para cada especie viene definida en función de la calidad de la estación de cada zona. Al mismo tiempo, la calidad de la estación viene definida por la productividad potencial forestal, la cual está condicionada por una serie de factores y limitantes. Una vez obtenida la biomasa potencial anual disponible, expresada en toneladas por año, se realizan una serie de cálculos para obtener

la capacidad de producción de energía térmica. Los resultados obtenidos se comparan con la demanda de energía térmica del área de estudio generada a través de fuentes de energía no renovables, la finalidad de esta comparativa es comprobar que porcentaje de la demanda de energía térmica del Valle de Aran se puede generar a partir de biomasa forestal.

Abstract

The present research work aims to determine the thermal energy production capacity of forest biomass from the forests of the Aran Valley region. From different sources of information consulted, a methodology adapted to the particularities of the study area has been designed. This study provides a solid base for the elaboration of a model of energy transition from forest biomass, as well as a source of orientative information to establish forestry activities in the forests of the Aran Valley. To obtain the results, Multicriteria Evaluation techniques based on Geographic Information Systems (GIS) and Analytical Hierarchy Processes (AHP) are used for the study area. These analytical techniques are used to evaluate multiple layers of thematic cartography that represent the different factors and constraints that limit forest harvesting in the territory. These factors and conditioning factors are geophysical and environmental. The result of this process is the optimal and accessible area for forest biomass extraction and the total aerial biomass found in this area segregated by tree plant species that compose it, including birch, fir, hazel, oak, beech, ash, pine forests, pine forests, black pine forests, mixed coniferous forests, mixed hardwood forests, mixed coniferous and hardwood forests, and riparian vegetation. Subsequently, the annual available biomass potential of each plant species in the forest biomass extraction area is evaluated. The biomass potential defined for each species is defined according to the seasonal quality of each area. At the same time, the quality of the season is defined by the potential forest productivity, which is conditioned by a series of factors and limiting factors. Once the available annual potential biomass is obtained, expressed in tons per year, a series of calculations are made to obtain the thermal energy production capacity. The results obtained are compared with the thermal energy demand of the study area generated through non-renewable energy sources, the purpose of this comparison is to check what percentage of the thermal energy demand of the Aran Valley can be generated from forest biomass.

INDEX

1.	Introducció	9
2.	Hipòtesi i objectius	11
2.1.	Hipòtesi de partida	11
2.2.	Objectius.....	11
3.	Àrea d'estudi	13
3.1.	Àmbit físic	14
3.2.	Assentaments i sistemes urbans	21
3.3.	Àmbit socioeconòmic	23
4.	Marc teòric.	30
4.1.	Llei 16/2017 de l'1 d'Agost del Canvi Climàtic.	31
4.2.	La situació de les energies renovables a Catalunya.	33
4.3.	Models de transició energètica a Catalunya.	36
4.4.	La biomassa com a font d'energia renovable.....	38
5.	Fonts d'informació i metodologia.	47
5.1.	Fonts de informació.....	47
5.2.	Metodologia	48
6.	Resultats	72
6.1.	Descripció i anàlisi de les àrees òptimes d'extracció de biomassa forestal.	72
6.2.	Anàlisi de la biomassa aèria total i potencial	78
6.3.	Anàlisi de la capacitat energètica de la biomassa potencial anual	82
7.	Discussió de resultats	85
8.	Implantació de la biomassa forestal com a font principal de producció d'energia tèrmica.....	88
9.	Conclusions.....	89
	Bibliografia.	91

Índex de figures

Figura 1. Taula de tipus de formacions geomorfològiques i superfície	14
Figura 2. Climograma de Vielha e Mijaran, Vall d'Aran.....	17
Figura 3. Taula de ocupació (ha) dels grups de vegetació.....	20
Figura 4. Evolució de la població de la Vall d'Aran, període de 1981 a 2020.....	23
Figura 5. Piràmide de població de la Vall d'Aran, any 2020.....	24
Figura 6. Arribada de població estacional per trimestres a la Vall d'Aran, any 2019.....	25
Figura 7. Gràfic sobre el valor afegit brut (VAB) per sector d'activitat, anys 2011 a 2018.....	26
Figura 8. Gràfic sobre el percentatge (%) d'aportació del VAB de cada sector d'activitat.....	27
Figura 9. Gràfic de l'aportació al VAB sector serveis per branques d'activitat (%) any 2018.....	28
Figura 10. Il·lustració de diferents mètodes de transformació física de biomassa.....	39
Figura 11. Màquina carregadora i "Skidder" realitzant tasques d'aprovisionament forestal.....	41
Figura 12. Gràfic de producció de biomassa a Catalunya. Període 2007 a 2017.....	42
Figura 13. Consum de biomassa a Catalunya. Període de 2007 a 2017.....	43
Figura 14. Bases de dades cartogràfiques utilitzades al treball d'investigació.....	47
Figura 15. Taula de factors que influeixen en l'aprovisionament de biomassa.....	48
Figura 16. Taula d'ocupació de les zones aptes (<= 100%) i no aptes (>100%).....	50
Figura 17. Pista forestal asfaltada al municipi de Les, Vall d'Aran.....	52
Figura 18. Pista de sorra i pedres sense asfaltar al municipi de Les, Vall d'Aran.....	52
Figura 19. Tiradera condicionada per a treballs d'extracció forestal al municipi de Les, Vall D'Aran.....	53
Figura 20. Síntesi del procediment de l'elaboració Cartogràfica dels accessos forestals.....	53
Figura 21. Síntesi del Procediment d'elaboració de les àrees òptimes d'extracció de biomassa a la Vall d'Aran.....	56
Figura 22. Superfícies aptes i no aptes de les àrees d'extracció de biomassa forestal	56
Figura 23. Síntesi del procediment d'elaboració de la cartografia de la vegetació arbrada a la Vall d'Aran.....	58
Figura 24. Ocupació de les espècies vegetals arbòries a la Vall d'Aran	59
Figura 25. Síntesi del procediment per a la elaboració del mapa de vegetació arbrada amb 70% de coberta vegetal.....	61
Figura 26. Síntesi del procediment per obtenir la Biomassa Aèria Total accessible a la Vall d'Aran.....	64
Figura 27. Síntesi del procediment per a l'obtenció del total d'hectàrees de cada espècie vegetal arbrada amb 70% de coberta vegetal accessible.....	65
Figura 28. Síntesi del procediment per a l'obtenció del Valor Mitjà de la biomassa Aèria Total de cadascuna de les espècies vegetals arbrades amb 70% de coberta vegetal.....	65
Figura 29. Taula de coeficients equivalents a les Àrees de Productivitat Potencial Forestal.....	68
Figura 30. Superfície ocupada per les espècies vegetals arbòries dominants a la Vall d'Aran	75
Figura 31. Biomassa Aèria Total per espècies vegetals arbòries.....	78
Figura 32. Taula de biomassa potencial disponible per espècie vegetal arbòria.....	80
Figura 33. Poder calorífic d'un kilogram d'estella de biomassa forestal per espècies vegetals arbòries.....	81
Figura 34. Taula del poder calorífic en Mega Watts hora de les diferents espècies vegetals arbòries.....	82
Figura 35. Consum d'energia elèctrica anual en Mega Watts hora, per sectors d'activitat. Període 2014 – 2010.....	84
Figura 36. Taula de consum anual de gas natural en Mega Watts hora per sectors d'activitat. Període 2014 – 2018.....	85
Figura 37. Taula de consum de gasoil anual en Mega Watts hora. Període 2014 a 2018.....	86

Figura 38. Taula de consum de fonts no renovables anuals en Mega Watts hora. Període 2014 a 2018.....	87
Figura 39. Taula de consum total anual de energia tèrmica i producció a partir de biomassa.....	87

Índex de mapes

Mapa 1. Localització de la Vall d'Aran i límits administratius.	13
Mapa 2. Mapa geomorfològic i litològic de la Vall d'Aran.....	15
Mapa 3. Estatges altitudinals de característiques vegetals a la Vall d'Aran.....	19
Mapa 4. Distribució dels principals grups de vegetació de la Vall d'Aran, any 2006.....	20
Mapa 5. Qualificacions del sòl, equipaments i eixos de comunicació de la Vall d'Aran.....	22
Mapa 6. Categories del sòl, equipaments, sistemes i hidrografia del municipi de Vielha i Naut Aran..	23
Mapa 7. Distribució dels aerogeneradors a Catalunya.....	34
Mapa 8. Distribució de les instal·lacions solars fotovoltaïques a Catalunya.....	35
Mapa 9. Mapa de pendent (%) de la Vall d'Aran.....	51
Mapa 10. Pistes forestals òptimes per a l'extracció de biomassa Forestal a la Vall d'Aran.....	55
Mapa 11. Zones d'extracció de Biomassa Forestal a la Vall d'Aran.....	58
Mapa 12. Mapa de vegetació arbrada a la Vall d'Aran.....	59
Mapa 13. Mapa de vegetació arbrada amb coberta vegetal superior o equivalent al 70% a la Vall d'Aran.....	60
Mapa 14. Mapa dels Espais Naturals de Protecció Especial al territori de la Vall d'Aran.....	63
Mapa 15. Mapa de les àrees de Productivitat Potencial Forestal a la Vall d'Aran.....	64
Mapa 16. Àrea accessible d'extracció de biomassa forestal a la Vall d'Aran.....	73
Mapa 17. Distribució de les espècies vegetals arbòries dominants a l'àrea accessible.....	77

1. Introducció

La comarca de la Vall d'Aran ha estat històricament un territori amb diferents singularitats que l'han diferenciant de la resta de territoris adjacents.

A partir de l'any 1313, amb la formulació de "Era Querimònia", els habitants del territori de la Vall d'Aran han tingut una llibertat d'autogestió del seu propi territori i han pogut aprofitar els recursos naturals.

Un altra particularitat d'aquest territori és el seu aïllament territorial respecte la resta de poblacions, degut principalment a l'orografia i al clima, que comportava que els aranesos haguessin de ser autosuficients per sobreviure. Aquest factor ha induït a que tradicionalment els habitants de la Vall d'Aran han subsistit a partir de la explotació forestal, agrícola i ramadera.

Aquesta situació va canviar als inicis del segle XX. L'aïllament territorial d'aquesta comarca es va veure mitigat amb la construcció del túnel de Vielha, finalitzat l'any 1948. Posteriorment, a la dècada dels anys seixanta, amb l'arribada de turistes francesos i amb la construcció de l'estació d'esquí de Baqueira Beret al municipi del Naut Aran, va canviar totalment el model econòmic de la Vall d'Aran i l'estil de vida dels seus habitants. Es va abandonar l'estil de vida tradicional, dedicat principalment a les activitats forestals, agricultura i ramaderia, per un nou estil de vida basat econòmicament en el sector turístic. Actualment, al territori de la Vall d'Aran hi ha una forta dependència del sector turístic i una manca d'aprofitament dels recursos naturals. Les activitats forestals han estat pràcticament abandonades.

La crisi climàtica, però, pot derivar en una oportunitat, no sols per adonar-nos de del valor que tenen els espais naturals, sinó també per repensar el model de vida que desenvolupem en aquests territoris més fràgils. Nous models de vida que tenen en la sostenibilitat, l'autosuficiència i el fet local com a base per repensar nous models territorials

En aquest treball d'investigació es pretén establir les bases per recuperar el model d'autogestió i d'auto abastiment històric de la Vall d'Arna amb el desenvolupament d'un nou tipus de activitat econòmica basada en l'aprofitament forestal i la generació d'energia a partir d'aquest recurs. Aquest lligam es pretén obtenir a partir de la introducció d' un model de transició energètica a partir de la biomassa forestal que els boscos de la Vall d'Aran proporcionen.

La motivació per a la realització d'aquest treball d'investigació ve propiciada principalment per el sentiment de pertinença del territori, com a aranès que sòc, i de la voluntat de voler realitzar un projecte que personalment hem proporcioni un major coneixement d'aquest territori, així com una manera de descobrir si els recursos mal aprofitats, o ignorats, poden ser útils per als habitants i poden ajudar a que en un futur siguem una comarca més sostenible i menys dependent d'altres regions.

Per a desenvolupar aquest treball d'investigació el primer procés que es realitzarà és l'obtenció d'informació a partir de documents, projectes i manuals sobre la matèria. Posteriorment es recopilaran les dades necessàries, així com les fonts de informació cartogràfiques. Posteriorment, a través de tècniques d'avaluació multi criteri basades en Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG) conjuntament amb un Procés de Jerarquia Analítica (AHP), a partir de l'eina QGIS, versió QGIS.3.18.1 Zurich 2020, s'obtindran una sèrie de resultats que mostraran la viabilitat del model de transició energètica que es vol implantar a la comarca de la Vall d'Aran.

2. Hipòtesi i objectius

En aquest apartat es desenvoluparà tant la hipòtesi de partida com els objectius del treball d'investigació. Pel que fa a la hipòtesi general, s'ha de remarcar que no hi ha cap antecedent o fonament científic que corrobore que sigui certa o falsa, i que aquesta comprovació es realitzarà una vegada s'hagin obtingut els resultats i s'hagi implantat la proposta sobre l'àrea d'estudi. Posteriorment es denominarà l'objectiu principal i els objectius específics que encaminaran l'elaboració d'aquest treball d'investigació.

2.1. Hipòtesi de partida

La hipòtesi general d'aquest treball considera que **la Vall d'Aran es pot abastir d'energia tèrmica a partir de recursos forestals propis.**

La Vall d'Aran té una forta dependència de fonts d'energia no renovables i de combustibles fòssils per abastir les seves edificacions d'energia tèrmica. Per altra banda, presenta una manca d'aprofitament dels seus recursos forestals que es localitzen en el territori.

Per tant, es parteix de la idea de que si s'aprofitessin els recursos forestals que hi ha al territori es podria establir un model energètic diferent i més sostenible per cobrir les necessitats de la població pel que fa a l'energia tèrmica.

2.2. Objectius

Aquest treball d'investigació té com a objectiu principal **establir les bases d'un model de transició energètica a la comarca de la Vall d'Aran a partir de biomassa forestal.** Per a introduir aquest nou model energètic s'ha d'analitzar i conèixer la quantitat d'energia tèrmica que es pot generar amb els recursos forestals que hi ha a l'àrea d'estudi, així com quanta demanda de consum d'energia tèrmica es pot cobrir amb aquesta font d'energia.

Per a poder arribar a l'obtenció d'aquest objectiu principal s'han d'anar assolint objectius més específics corresponents a diferents fases del treball d'investigació.

- **Objectiu específic 1:** Analitzar i conèixer el concepte i el procés de transició energètica i quins són els elements que s'han de tenir en compte per establir un model d'aquestes característiques.
- **Objectiu específic 2:** Desenvolupar una metodologia pròpia per l'àrea d'estudi.
- **Objectiu específic 3:** Conèixer les àrees accessibles dels boscos de la Vall d'Aran per l'extracció de biomassa forestal.

- **Objectiu específic 4:** Conèixer la quantitat de biomassa forestal que es pot generar a partir de l'aprofitament forestal a l'àrea accessible.
- **Objectiu específic 5:** Obtenir la quantitat d'energia tèrmica que es pot generar amb la biomassa forestal extreta dels boscos de la Vall d'Aran.
- **Objectiu específic 6:** Conèixer el consum d'energia tèrmica de la Vall d'Aran.
- **Objectiu específic 7:** Conèixer el percentatge de la demanda d'energia tèrmica de la Vall d'Aran per esbrinar si es pot substituir per energia generada a partir de biomassa sòlida extreta a l'àrea d'estudi.

Una vegada s'hagin assolit aquests objectius es podrà establir quina és la capacitat de produir energia tèrmica a partir de biomassa forestal extreta únicament dels boscos de la Vall d'Aran.

3. Àrea d'estudi

El territori analitzat en aquest treball d'investigació és el corresponent a la comarca de la Vall d'Aran.

En aquest apartat s'introdueixen els trets més característics del territori, posant especial atenció en aquells que tenen relació amb el treball, tant de l'àmbit físic com socioeconòmic.

La Vall d'Aran és una comarca que pertany a la vegueria de l'Alt Pirineu i Aran, a la província de Lleida i a la comunitat autònoma de Catalunya. Aquesta comarca compta amb una extensió de 633,6 km² i pertany a la vessant nord – oest del Pirineu català. Aquest territori, tal i com es pot veure en el **mapa 1**, llinda al nord amb França, concretament amb els departaments de Haute Garonne i Arriege, dins la regió administrativa francesa de Midi Pyrénées. A l'est llinda amb la comarca catalana del Pallars Sobirà, amb la qual es comunica a través del Port de la Bonaigua, . Al sud limita amb la comarca de l'Alta Ribagorça, i es comunica amb aquesta comarca a través del Túnel de Vielha. Finalment, la part oest i sud-oest del territori, limita amb la comunitat autònoma d'Aragó, concretament amb la comarca de la Ribagorça; històricament aquests territoris es comunicaven a través del port de la Picada situat entre la Vall de Benasque i l'Artiga de Lin.



Mapa 1. Localització de la Vall d'Aran i límits administratius.

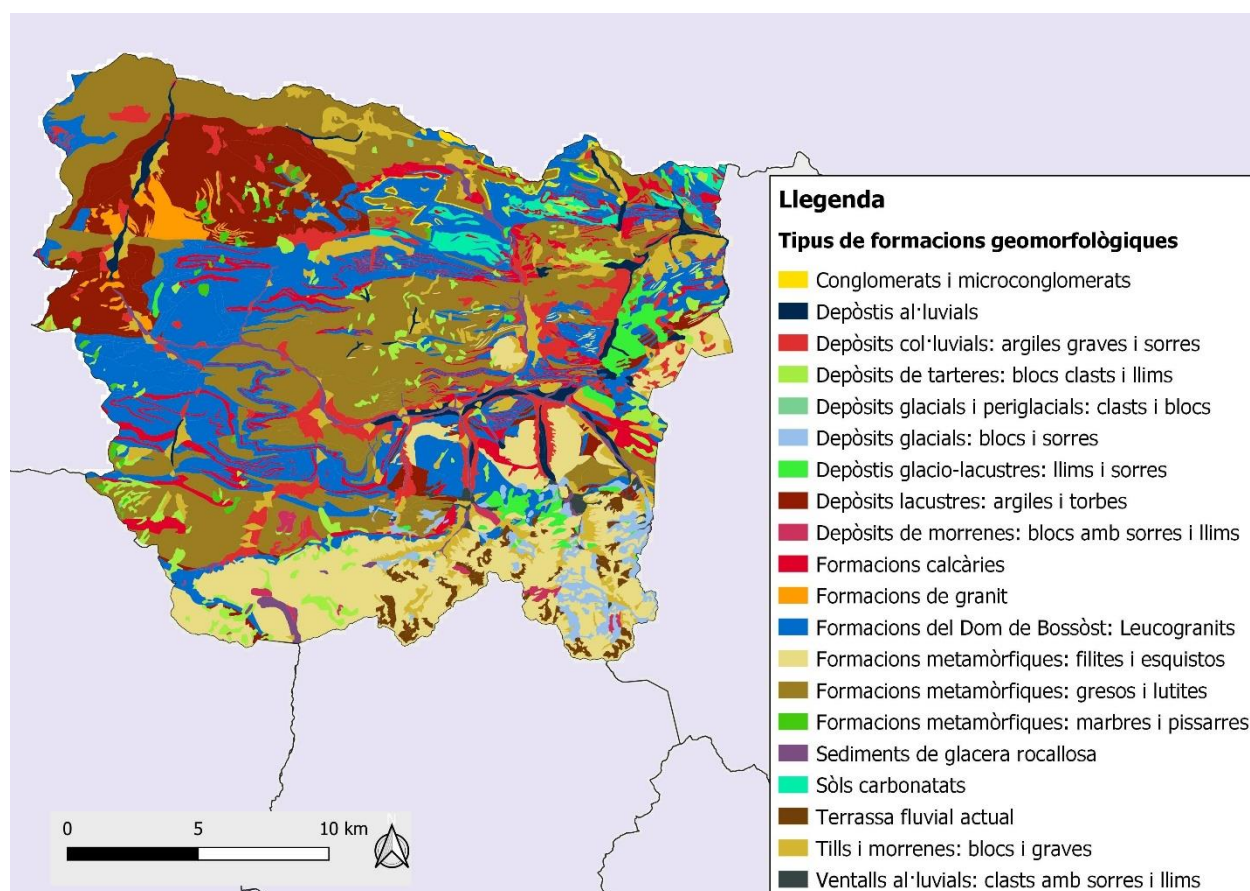
Font: Elaboració pròpia a partir de dades de l'ICGC, 2018.

3.1. Àmbit físic

Pel que fa a la **geologia**, La Vall d'Aran és situa al centre de la zona axial dels Pirineus. El relleu d'aquest territori és de tipus muntanyós, abrupte i amb desnivells importants. Gran part dels cims de la Vall d'Aran presenten altituds superiors als 2.500 metres, el seu cim més alt és el tuc de Bessiberri Nord amb una altitud de 3.012 metres, seguit del tuc de Molieres amb 3010 metres d'altitud. Aquest territori està format per una vall principal, situada per sota dels 1.500 metres d'alçada arribant a cotes per sota dels 600 metres d'altitud.

El **relleu** de la Vall d'Aran és el resultat de diferents processos morfològics que s'han donat al llarg del temps. Tal i com descriuen Herrero et al. (2014), en funció dels processos que els han generat es poden distingir tres tipus de relleu. El primer tipus de relleu és el denominat relleu periglacial, aquest es caracteritza per presentar extenses superfícies d'aplanament situades per sobre dels 2000 metres. El segon tipus es el denominat relleu glacial, aquest es producte de diversos episodis de glaciació on les glaceres van aprofitar les xarxes fluvials preexistents per eixamplar les fons de les valls, aquest fenomen va provocar valls en forma de "U", els circs glaciaris presents a totes les capçaleres dels rius aranesos i les cubetes de sobre excavació, també es van desenvolupar formes d'acumulació com les morenes, situades a les parts laterals de les valls per sobre dels 1.200 metres d'altitud. El tercer tipus de relleu es el relleu postglacial, la dinàmica de vessants està representada per grans esllavissades, que es troben als vessants de gran desnivell i pels depòsits periglacials, dispersos per la majoria de vessants de la comarca, també es van produir cons al·luvials, desenvolupats principalment a la part frontal dels barrancs i rius, i terrasses fluvials que ocupen part del fons de les valls.

A partir dels episodis geològics i geomorfològics produïts al territori, al **mapa 2**, es poden veure els diferents grups geomorfològics i litològics que s'han format a partir dels episodis denominats anteriorment.

**Mapa 2. Mapa geomorfològic i litològic de la Vall d'Aran.**

Font: Elaboració pròpia a partir del mapa geològic comarcal de l'ICGC, 2016

Grup geomorfològic	Superfície (ha)	Superfície (%)
Conglomerats i microconglomerats	269	0,4%
Depòsits col·luvials : argiles, graves i sorres	3.053	4,8%
Depòsits de tarteres; blocs clasts i llims	1.898	3,0%
Depòsits glacials i periglacials : clasts i blocs	19	0,0%
Depòsits glacials: blocs i sorres	1.146	1,8%
Depòsits glacio-lacustres: llims i sorres	982	1,6%
Depòsits lacustres: argiles i torbes	6.210	9,8%
Depòsits al·luvials	1.145	1,8%
Depòsits de morrenes: blocs amb sorres i llims	306	0,5%
Formacions calcàries	3.604	5,7%
Formacions de granit	754	1,2%
Formacions del dom de Bossòst: Leucogranits	13.140	20,8%
Formacions metamòrfiques : Filites i esquistos	7.585	12,0%
Formacions metamòrfiques : gresos i lutites	15.797	25,0%
Formacions metamòrfiques: marbres i pissarres	331	0,5%
Sediments de glacera rocallosa	1.066	1,7%
Sòls carbonatats	798	1,3%
Terrassa fluvial actual	747	1,2%
Tills i morrenes: blocs i graves	4.170	6,6%
Ventalls al·luvials: clasts amb sorres i llims	218	0,3%
Total	63.238	

Figura 1. Taula de tipus de formacions geomorfològiques i superfície (ha)

Font: Elaboració pròpia a partir del mapa geològic de Catalunya (ICGC)

Es pot observar, com s'han format diversos tipus de litologia repartits per tota l'àrea que ocupa la comarca de la Vall d'Aran. A la zona nord hi ha petites formacions de sòls carbonatats ocupant un total de 798 ha, tal i com es pot veure en la **figura 1**. A la zona nord-oest, hi ha un depòsit important de gresos i lutites així com a la part central i a la depressió central del Garona, aquest tipus de litologia ocupa un 25% del total de la regió amb 15.797 ha. Les cotes més altes estan formades per agulles de granit, situades principalment a la zona sud de l'àrea d'estudi, aquestes representen un 1,2% del total del territori. A les parts altes hi ha principalment depòsits glacio-lacustres formats per llims i sorres, amb una superfície de 982 ha. També hi trobem un 1,8% del territori ocupat depòsits glaciars de blocs i sorres, i un total de 1.898 ha ocupades per depòsits de tarteres, en aquesta part del territori també hi ha depòsits glacials i periglaciars formats per graves, clasts i llims. A les àrees amb cotes d'altitud mitjanes, per sota dels 2.000 metres, hi ha formacions de blocs, graves, sorres i llims derivats de depòsits de morrenes, ocupant un total de 306 ha. També hi trobem un total de 4.170 ha de tills i morrenes, un total de 6.210 ha de depòsits lacustres, un total de 331 ha de formacions metamòrfiques de marbres i pissarres, un total de 7.585 ha de fil·lites i esquistos i un total de 1.066 ha de sediments de glacera rocallosa. Finalment a les cotes més baixes i fons de les valls secundàries i la vall principal, hi predominen terrasses fluvials amb una superfície de 747 ha, seguit de 269 ha conglomerats i microconglomerats, 3.604 ha de formacions calcàries, un total de 4.198 ha de depòsits col·luvials i al·luvials i finalment les denominades formacions del dom de Bossòst, format per materials de pegmatites i leucogranits, aquesta formació geomorfològica ocupa un total de 13.143 ha.

Així, la part sud del territori les formacions metamòrfiques, que acaben a les cotes més altes amb formacions de granit, tenen una gran rellevància. A la part central hi predominen les formacions de gresos i lutites, a la part oest i nord el dom de Bossòst com a figura geomorfològica principal. Al nord també destaquen els depòsits lacustres i les formacions de doms de granit. A la part nord-est hi ha una gran diversitat litològica i els sòls tenen una mineralització diversa i singular.

La **hidrografia** de la Vall d'Aran té certes peculiaritats. El riu principal de la comarca és el riu Garona, aquest riu neix al Nin de Beret, ubicat al pla de Beret al municipi del Naut Aran. Aquest riu té una singularitat i es que és un riu que desemboca al oceà Atlàntic, concretament a la localitat de Bouredaux. Aquest riu travessa de est a nord-est la totalitat de la comarca i és el riu principal on desemboquen la resta de rius de la comarca. Al transcurs del riu Garona hi desemboquen una sèrie d'afluents des de les dos vessants, on hi destaquen, el riu Salient a la part central, l'Aiguamòg provinent de la part sud-est, concretament del circ de Colomers, el riu Valarties que prové de era Restanca i conforma la vall de Valarties, el riu Jueu que prové de l'Artiga de Lin, el riu Varradós que conforma la vall de Varradós i el riu

Toran, que conforma la Vall de Toran. Aquests són rius que provenen de circs periglacials amb diferents llacs i al llarg dels anys han anat conformant conques en forma de vall.

Pel que fa al **clima**, es pot dir que el clima de la Vall d'Aran correspon, segons la classificació de Köppen, al tipus **Cfb**. Un clima cfb correspon a un clima oceànic, en aquest cas atlàntic. Aquest tipus climàtic destaca per un clima temperat, amb estius frescos i precipitacions abundants repartides durant tot l'any.

La temperatura a la comarca de la Vall d'Aran, tal i com mostra la **figura 2**, presenta un gradient tèrmic associat a la altitud. El mes més fred correspon al mes de febrer en alçades associades als 900 metres, en canvi a les cotes per sota dels 600 metres, el mes amb temperatures mitjanes més fredes és gener. La temperatura mitjana anual es de 5.0°C, mentre que la oscil·lació tèrmica és més significativa els mesos d'estiu amb diferències de més de 20°C entre màximes i mínimes, precisament a l'estació estival és on hi ha el més amb la temperatura mitjana més càlida, juliol. Al territori també s'ha de destacar que pràcticament des del mes d'octubre al mes de maig hi ha episodis de gelada.

La pluviometria mitjana de la Vall d'Aran oscil·la sobre els 1000 mm, a Vielha e Mijaran concretament correspon a 1.375 mm. Aquesta quantitat de precipitació es deu principalment a les masses d'aire humit procedents del Atlàntic. Amb l'influència de baixes temperatures a partir dels mesos de octubre i novembre fins als mesos de maig, en aquest període es pot produir precipitació en forma de neu. Finalment es pot dir que el mes de l'any més plujós correspon al mes de maig, i el període amb major incidència de precipitació és el període de l'any que compren als mesos de abril a setembre.

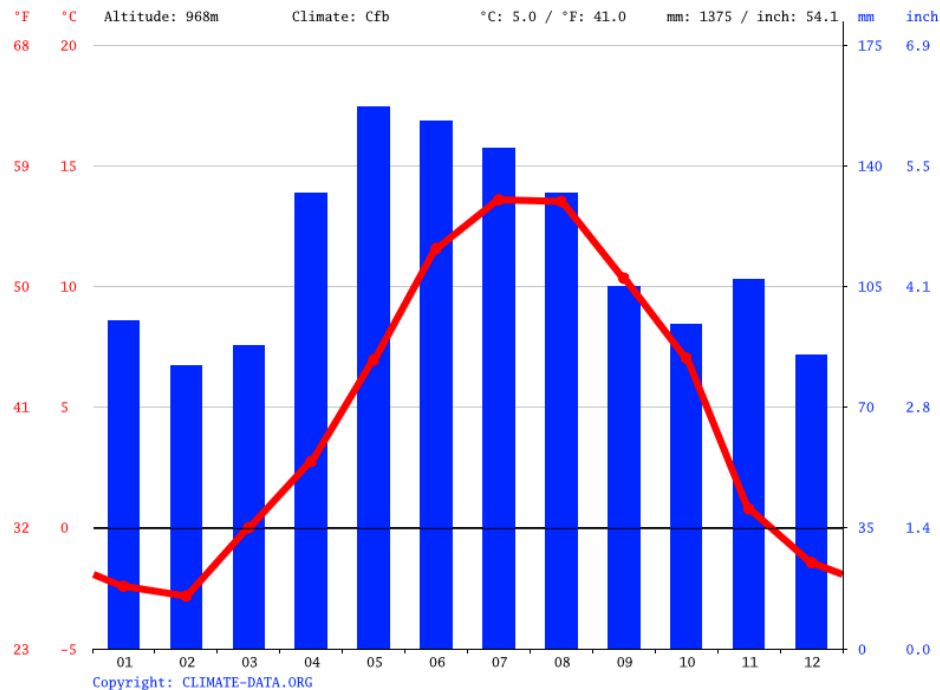
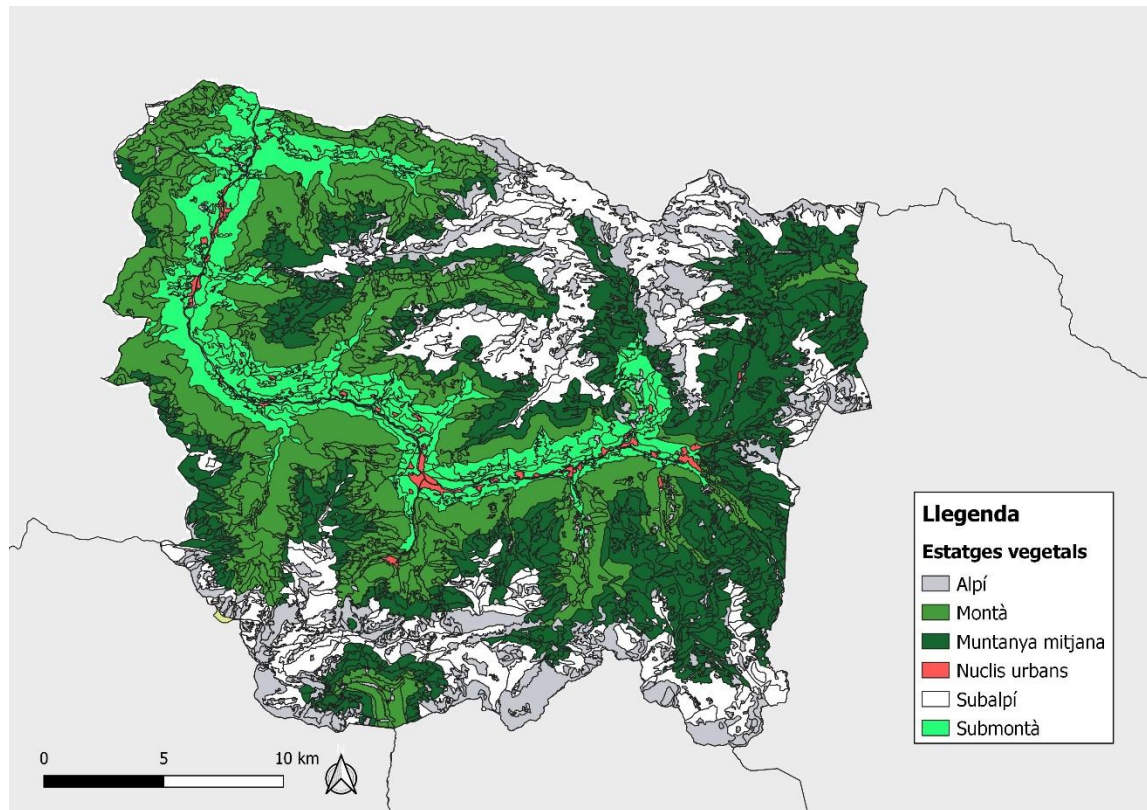


Figura 2. Climograma de Vielha e Mijaran, Vall d'Aran

Font: Extret de la pàgina web Climate - data.org.

A partir de les característiques definides anteriorment, es pot dir que es tracta d'un clima temperat, amb estius frescos, amb precipitacions abundants i ben repartides al llarg de l'any, amb influència de l'altitud es produeixen gelades i nevades als períodes de tardor i hivern (Herrero et al. , 2014).

Pel que fa a la **vegetació** de la Vall d'Aran (Herrero et al., 2014), aquesta és molt diversa. Aquest fet es deu principalment a factors climàtics i litològics anomenats anteriorment, així com factors antròpics. Hi ha un factor que afecta al clima, la litologia i la vegetació per igual, aquest és el desnivell altitudinal. El gradient altitudinal provoca un canvi gradual en els principals paràmetres que condicionen la vegetació, especialment en la temperatura. Per tant al territori s'han establert franges de tipus de vegetació definides a diferents cotes d'altitud denominades com a estatges altitudinals. També s'ha de considerar que la Vall d'Aran forma part de la vessant atlàntica del Pirineu, fet que fa que la flora i la vegetació siguin de caràcter atlàntic, sobretot als estatges inferiors i la part baixa de la vall. Els estatges pels quals és divideix el territori i on s'estableixen les diferents espècies vegetals amb característiques similars són essencialment l'estatge sub-montà, l'estatge montà, la muntanya mitjana, l'estatge sub-alpí i l'estatge alpí. Al **Mapa 3** es poden visualitzar els diferents estatges repartits pel territori.



Mapa 3. Estatges altitudinals de característiques vegetals a la Vall d'Aran

Font: Elaboració pròpia a partir del Mapa Forestal d'Espanya (MFE50), 2006

Les àrees situades per sota dels 1.600 metres, definides com a estatges montà i submontà, hi predominen espècies vegetals de tipus caducifoli i frondoses, les espècies predominants d'aquest àmbit són, el faig, roure, el freixe,... en aquests estatges també hi predominen espècies de matollars i prats. Aquestes espècies tenen un règim hídric elevat, excepte els mesos d'hivern que entren en estat letàrgic, també creen un sota bosc amb alt predomini de compost i matèria orgànica i on es limita el creixement de matollar degut a la frondositat de les copes dels arbres.

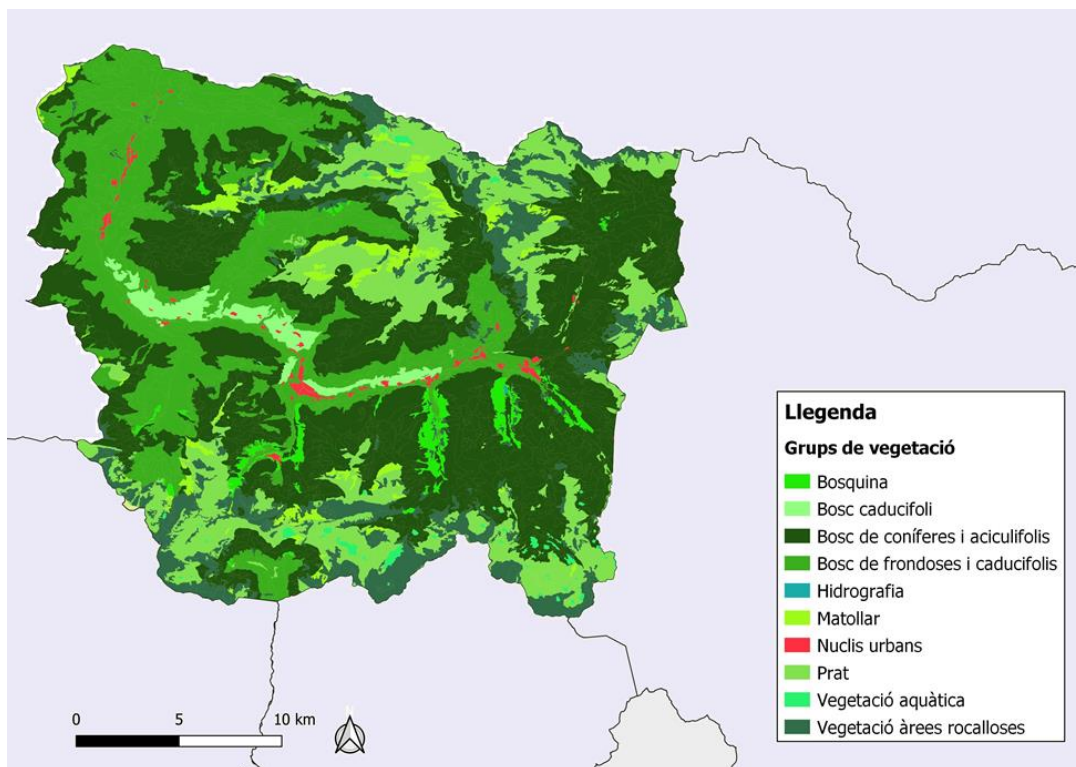
El següent estatge que s'ha de descriure, és el estatge denominat com a muntanya mitjana, corresponent a cotes d'altitud d'entre els 1.600 als 2.000 metres. En aquest estatge s'inclouen espècies principalment de coníferes i de tipus perennifoli, les espècies principals d'aquest tipus són, el pi roig, l'abetosa i el pi negre. En aquest estrat, sobretot a cotes entre 1600 a 1800 metres, destaquen boscos mixtes de coníferes i frondoses, principalment de faigs i avetoses. Segons la orientació de les vessants de les muntanyes hi ha espècies que destaquen més que d'altres. A les vessants més solanes hi destaca el pi roig mentre que a les més humides hi destaca el pi negre.

El següent estatge és denomina com l'estatge subalpí, en aquest estatge hi predominen les àrees ja desforestades, sobretot les zones amb un relleu suau, aquest factor es deu a que tradicionalment s'han destinat a la pastura d'estiu. El paisatge predominant és el pradenc amb predomini de espècies arbustives.

En aquest estatge també predominen les comunitats de mollera o aiguamolls, dominades per ciperàcies i esfagnes.

Finalment l'últim estatge, és el denominat com a estatge alpí, aquest es defineix com l'àrea on el bosc no es pot arribar a desenvolupar degut, sobretot a la brevetat del període vegetatiu. Aquí hi dominen les pastures rases, relacionades amb la tundra àrtica, tant per la seva fisiognomia com per la seva composició florística. Hi predominen els prats calcífugs, format per festuques de fulla dura. El relleu alpí comporta un gran protagonisme de les superfícies rocalloses principalment a les parts culminants com ara als cims i altres zones elevades. Finalment és pot dir que aquest estatge és el que aporta transició cap al estatge nival representat per la presència de neu durant la totalitat de l'any i on es troben els glaciers.

Si ens fixem en la distribució de la vegetació a la comarca, el **mapa 4**, ens mostra la distribució dels diferents grans grups de vegetació realitzat a partir del Mapa Forestal d'Espanya (MFE) de l'any 2006.



Mapa 4. Distribució dels principals grups de vegetació de la Vall d'Aran, any 2006.

Font: Elaboració pròpia a partir del Mapa Forestal d'Espanya (MFE50), 2006.

A partir d'aquest mapa s'ha establert la superfície que ocupen els diferents grups de vegetació a l'àrea d'estudi. Aquestes dades es poden veure a la **figura 3** que es presenta a continuació.

Grup de vegetació	Superfície (ha)	Superfície (%)
Bosc caducifoli	1.202	1,9%
Bosc de coníferes i aciculifoli	27.063	42,8%
Bosc de frondoses i caducifoli	14.571	23%
Bosquina	1.090	1,7%
Hidrografia	8	0,01%
Matollar	1.482	2,3%
Nuclis urbans	384	0,6%
Prat	10.437	16,5%
Vegetació d'aqüífers	343	0,5%
Vegetació d'àrees rocalloses	6.649	10,5%
Total	63.229	100%

Figura 3. Taula de ocupació (ha) dels grups de vegetació.

Font: Elaboració pròpia a partir del mapa forestal d'Espanya (MFE50), 2006

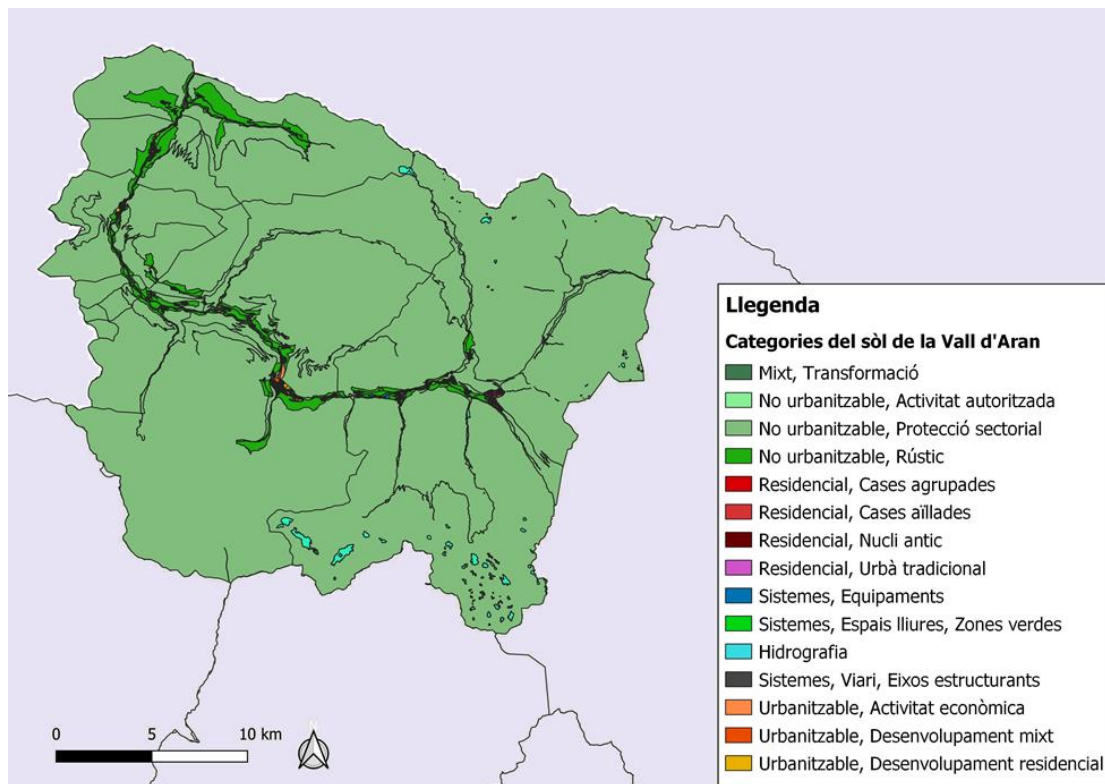
El grup de vegetació predominant és el corresponent als boscos de coníferes i aciculifolis, aquest grup ocupa més de 27.000 hectàrees i representa un 42,8% del total de la superfície de l'àrea d'estudi. El següent gran grup és el que representa les espècies caducifòlies i frondoses amb un 23% de la ocupació total. Els prats, principalment dels estatges alpins, són el tercer grup predominant, seguit de la vegetació d'àrees rocalloses, aquest tipus de vegetació es situa a les cotes més altes. Finalment amb un percentatge d'ocupació molt baix hi trobem les bosquines, els matollars i el bosc caducifoli. La vegetació aquàtica o d'aqüífers representa un percentatge molt menor que els anteriors degut a que únicament es troba a indrets molt concrets.

3.2. Assentaments i sistemes urbans

La Vall d'Aran està comunicada amb l'Alta Ribagorça a través del túnel de Vielha, pel qual, passa la carretera Nacional 230, aquesta carretera és l'eix de circulació principal de la comarca que travessa el territori des del municipi de Vielha fins a la frontera amb França. Aquest territori compta amb un eix de comunicació comarcal, la carretera comarcal C-28, que comunica el municipi de Vielha amb el municipi de Naut Aran, i comunica la Vall d'Aran amb el Pallars Sobirà a través del Port de la Bonaigua. També hi ha una carretera nacional, la N-141, que comunica la N-230 amb la frontera francesa ubicada al Cap del Portilhon. Finalment compta amb eixos de comunicació locals que comunica les carreteres principals amb la resta de municipis. El transport públic en aquesta comarca és limitat, únicament hi ha una xarxa d'autobusos que comuniquen internament els municipis de la Vall d'Aran i diàriament hi ha desplaçaments cap a la ciutat de Lleida i Barcelona.

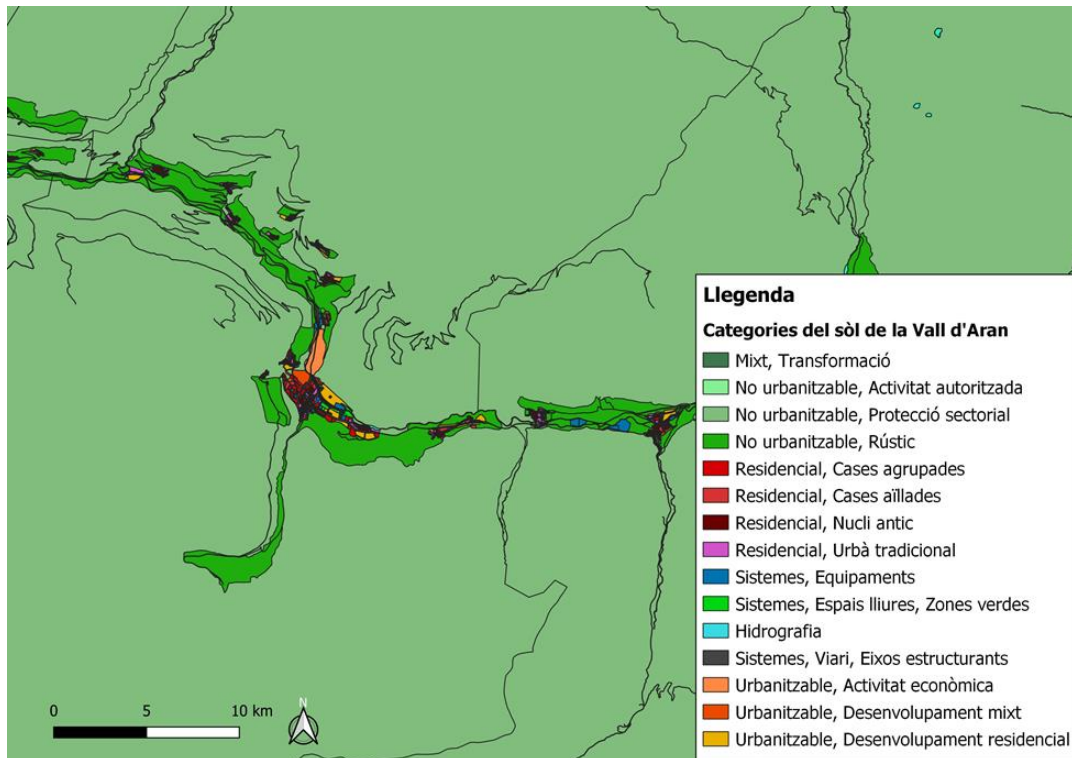
La majoria de municipis de la comarca es situen al fons de la vall principal, al voltant dels eixos de comunicació principals i el riu Garona. Aquest fet fa que la majoria de sòl residencial i de caràcter urbà es

concentri a la part baixa del territori, mentre que el sòl no urbanitzable, rústic i de protecció especial es troba a les vessants de les muntanyes i a les cotes més altes del territori. En quant als equipaments, la comarca compta amb un hospital propi, ubicat al municipi de Vielha, compta amb centres esportius, un institut de secundària i escoles de educació primària repartides pels municipis principals del territori. Tot aquesta informació s'ha plasmat al **mapa 5**, i s'ha inclòs una ampliació del municipi de Vielha i Mijaran i Naut Aran per apreciar més els elements urbans, establert al **mapa 6**.



Mapa 5. Categories del sòl, equipaments i eixos de comunicació de la Vall d'Aran

Font: Elaboració pròpia a partir del Mapa Urbanístic de Catalunya (MUC), 2020



Mapa.6. Categories del sòl, equipaments i sistemes del municipi de Vielha i Naut Aran.

Font: Elaboració pròpia a partir del Mapa Urbanístic de Catalunya (MUC), 2020.

A partir del mapa anterior s'ha pogut analitzar la superfície que ocupa cadascuna d'aquestes figures anteriors disgregades per grups més reduïts. Pel que fa al sòl no urbanitzable, la majoria de la superfície es defineix com a sòl no urbanitzable de protecció sectorial, el qual ocupa una superfície equivalent a 60.293 hectàrees, l'altra figura de sòl no urbanitzable que predomina al territori és el sòl no urbanitzable rústic amb una superfície de 2.139 hectàrees. La següent figura amb major rellevància en quant a la classificació del sòl, és el sòl urbanitzable, destaca el destinat a activitats econòmiques amb un total de 21 hectàrees, seguit del sòl destinat a desenvolupament residencial amb una ocupació de 39 hectàrees i finalment el sòl amb un desenvolupament mixt amb 6 hectàrees disponibles. En quant a equipaments, els espais lliures i zones verdes ocupen un total de 18 hectàrees, seguit dels equipaments diversos que ocupen un total de 14 hectàrees. En quant a les àrees residencials hi ha un total de 27 hectàrees de cases aïllades, 6 hectàrees de nuclis antics i 4 de cases agrupades. La resta del territori l'ocupen els rius i les figures corresponents a la hidrografia amb un total de 389 hectàrees i finalment els eixos de comunicació i carreteres amb 88 hectàrees.

3.3. Àmbit socioeconòmic

La Vall d'Aran és una comarca que s'ha caracteritzat per nuclis de **població** de petites dimensions i amb una població menor als 11.000 habitants. Segons l'Institut d'estadística de Catalunya (IDESCAT), la

densitat de població de la Vall d'Aran l'any 2020 és de 16,10 habitants per kilòmetre quadrat (hab /km²), es a dir, hi ha un total de 10.175 habitants repartits en un territori de 633 km². La població de la Vall d'Aran està repartida en un total de 9 municipis, la capital de la comarca es Vielha e Mijaran amb un total de 5.611 habitants, el segon municipi amb major nombre d'habitants és el municipi de Naut Aran amb 1.836 habitants, el següent municipi amb major nombre d'habitants és Bossòst amb un total de 1.115 habitants, el segueixen el municipi de Les amb 971 habitants, es Bordes amb 255 habitants, Vilamòs amb 178, Canejan amb 89 habitants i Arres i Bausen amb 60 habitants cadascun. Aquestes dades són de l'any 2020 publicades per IDESCAT, extretes del padró municipal d'habitants. La **figura 4**, mostra l'evolució de la població de la Vall d'Aran des de l'any 1981 fins a l'actualitat.

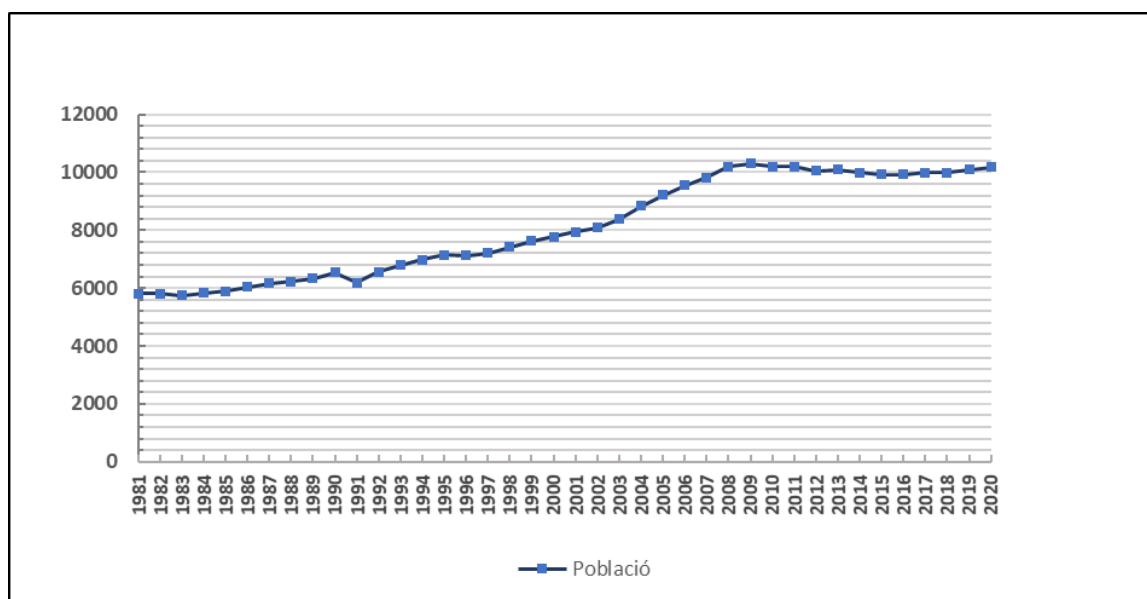


Figura 4. Evolució de la població de la Vall d'Aran, període de 1981 a 2020

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de l'IDECAT falten títols eixos al gràfic

La tendència de creixement poblacional es clarament positiva, l'any 1981 la població de la Vall d'Aran era de 5.996 habitant, l'any 1993 era de 6.090 habitants, la dècada dels anys 2000 al 2010 la comarca va créixer significativament a nivell poblacional, l'any 2000 era de 7.700 habitants i l'any era de 10.206 habitants. La última dècada el creixement poblacional s'ha estancat i pràcticament no ha patit canvis significatius. A partir d'aquestes dades es pot dir que la comarca de la Vall d'Aran va duplicar pràcticament la seva població a la dècada del 2000 a 2010 i que a l'actualitat continua mantenint el mateix nombre de habitants.

La piràmide de població de la Vall d'Aran, **figura 5**, mostra una estructura estancada amb tendència regressiva, es a dir, la majoria de la població és de mitjana edat, les dones i els homes de 40 a 44 anys presenten mes del 8% de la població, moltes de les persones de mitjana edat, dins del rang de 40 a 65

anys, és població immigrant que arriben al territori degut a la demanda de treball al sector turístic i construcció. La població més jove de 0 a 4 representa el 4% de la població, per tant la base de la piràmide poblacional es estreta i en un futur tindrà un clar aspecte regressiu. La població de més de 85 anys representa el 4% de la població, en aquest rang d'edat hi ha lleugerament més dones que homes, per tant, es pot dir que pràcticament l'índex de creixement de la població és lleugerament negatiu. La població jove de la Vall d'Aran és equitativa en quant a sexes, no hi ha una variació notable, mentre que la població de més edat, 65 anys o més, també es equitativa a nivell de gènere i representa un menor percentatge que la població jove. Finalment es pot dir que el major pes de l'estructura de la població de la Vall d'Aran recau sobre la població de mitjana edat, mentre que la població jove es lleugerament superior de la població envellida i que el creixement natural de la població es negatiu i inexistent.

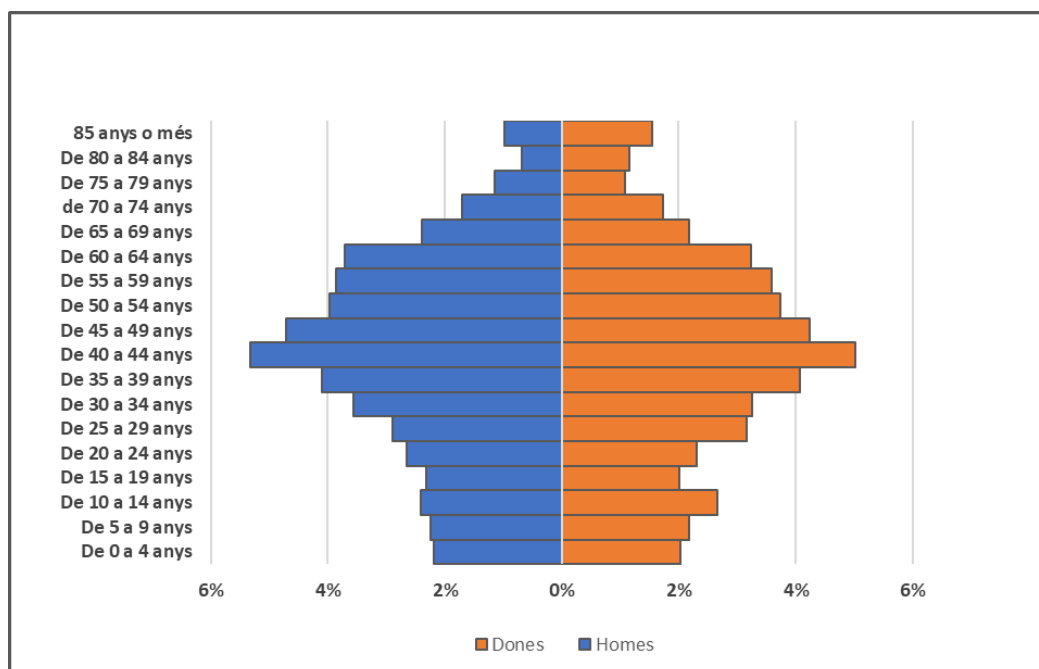


Figura 5. Piràmide de població de la Vall d'Aran, any 2020

Font: Elaboració pròpia a partir de IDESCAT, 2021

Tot aquesta població repartida entre els 9 municipis de la Vall d'Aran que viu al territori habitat en edificacions per a ús domèstic. A la Vall d'Aran hi ha un total de 3924 edificacions destinades a ús domèstic segons dades de IDESCAT, 2011. El municipi amb major nombre d'habitatges és Naut Aran amb un total de 1390 edificis destinats al habitatge, seguit de Vielha e Mijaran que compta amb un total de 1.253 habitatges, la següent població amb major nombre d'habitatges és el municipi de Bossòst amb un total de 413 habitatges, seguit del municipi de Les amb 324, Es Bòrdes amb 214 habitatges, Vilamòs amb 134, Canejan amb 79, Bausen amb 62 i Arres amb 55 habitatges. La informació més significativa d'aquestes dades és que tot i que Vielha e Mijaran és la capital de la comarca el nombre de edificacions és menor

que la del municipi de Naut Aran, aquest factor es deu a que Naut Aran es el municipi amb major nombre de segones residències on hi habita un gran nombre de població estacional. Tenint en compte el total d'habitatges i comparant-lo amb el total de la població, es pot dir que a la Vall d'Aran hi conviuen un total de 2,5 persones per habitatge, per tant es pot dir que la majoria de habitatges de la Vall d'Aran són nuclis unifamiliars.

Un altre aspecte demogràfic que s'ha de tenir en compte per al treball d'investigació és la població estacional. Segons IDESCAT, es defineix la població estacional o ETCA, població equivalent a temps complert, com el saldo resultant de les entrades de població no resident al territori i les sortides de població resident, aquesta es mesura segons una mitjana anual de persones per dia. Si es té en compte la població estacional a la comarca de la Vall d'Aran, aquesta passa de ser de 10.175 habitants a 12.391 habitants, segons el valor mitjà anual, es pot veure que la població augmenta notablement durant certs períodes de l'any. A partir de la **Figura 6**, és pot veure l'afluència de població estacional per trimestres, al llarg de l'any 2019.

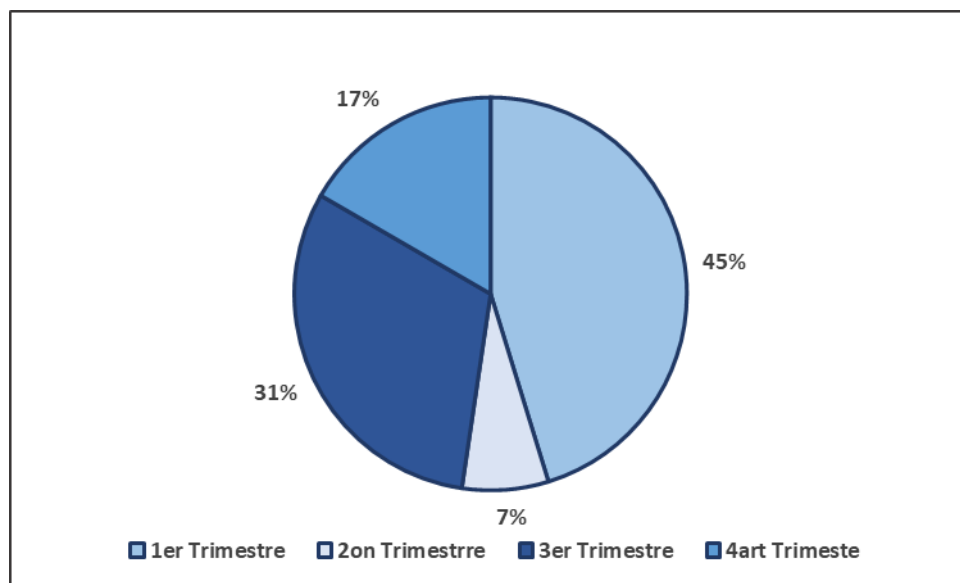


Figura 6. Arribada de població estacional per trimestres a la Vall d'Aran, any 2019.

Font : Elaboració pròpia a partir de dades de ETCA de IDESCAT, 2019.

L'any 2019 el primer trimestre, que compren els mesos de gener, febrer i març, la població de la Vall d'Aran va augmentar en 4.209 persones, el segon trimestre, compres entre els mesos de abril, maig i juny, hi va haver un increment de 661 habitants, el tercer trimestre, període de juliol, agost i setembre, va arribar una població estacional de 2884 habitants i finalment el quart trimestre, octubre, novembre i desembre, va incrementar la població amb arribada de població estacional de 1.549 habitants. La població estacional que arriba durant els mesos de hivern representa el 45% del total, el segon trimestre hi ha una arribada de població estacional que representa el 7% del total, la població arribada als mesos d'estiu representa el 31% i finalment els mesos de tardor i nadals el 17%. Tenint en compte aquestes dades es

pot dir que la població de la Vall d'Aran augmenta degut a la població estacional majoritàriament als mesos d'hivern i d'estiu, mentre que a primavera i tardor aquesta és més escassa. Posteriorment a l'apartat denominat com a economia es poden veure les causes d'aquesta aflluència de població estacional durant aquests períodes.

Històricament la comarca de la Vall d'Aran s'ha caracteritzat per un territori amb una **economia** de subsistència, basada principalment en l'aprofitament forestal, activitats extractives, agricultura i ramaderia. Amb la millora dels accessos al territori, l'obertura de la frontera amb França i finalment la implantació de la estació d'esquí de Baqueira Beret, va provocar un canvi total de la base econòmica de la comarca de la Vall d'Aran i de pràcticament de la totalitat de la seva població. A partir de la consecució de Baqueira Beret, l'any 1964 el sector terciari a la Vall d'Aran va guanyar una gran rellevància, fins a convertir-se en l'actualitat en pràcticament la base econòmica de la comarca. Actualment l'economia de la regió es basa en agricultura, indústria, construcció i serveis. Segons la base de dades IDESCAT, a partir d'una revisió estadística l'any 2019, es presenten les dades del valor afegit brut, expressat en milions d'euros, de l'any 2011 al any 2018, a partir d'aquests valors es pot dir que el VAB des de l'any 2011 ha augmentat en 50 milions d'euros i ha passat de ser de 308 milions als 352 milions d'euros l'any 2018, aquesta tendència ha sigut positiva durant aquests últims anys. A la **figura 7**, es pot veure el VAB per sectors, expressat en milions d'euros, de l'any 2011 al 2018. Aquest gràfic de barres també deixa veure com el sector serveis és, amb gran diferència, el sector més important de la regió, amb una aportació mitjana de 250,8 milions d'euros. El segon sector més rellevant és l'industrial aportant una mitjana de 32,75 milions d'euros els 8 darrers anys, no molt llunyà està el sector de la construcció aportant una mitjana de 30,06 milions. Finalment el sector d'activitat menys rellevant és el sector agrícola i ramader que aporta de mitjana 0,8 milions d'euros els darrers 8 anys.

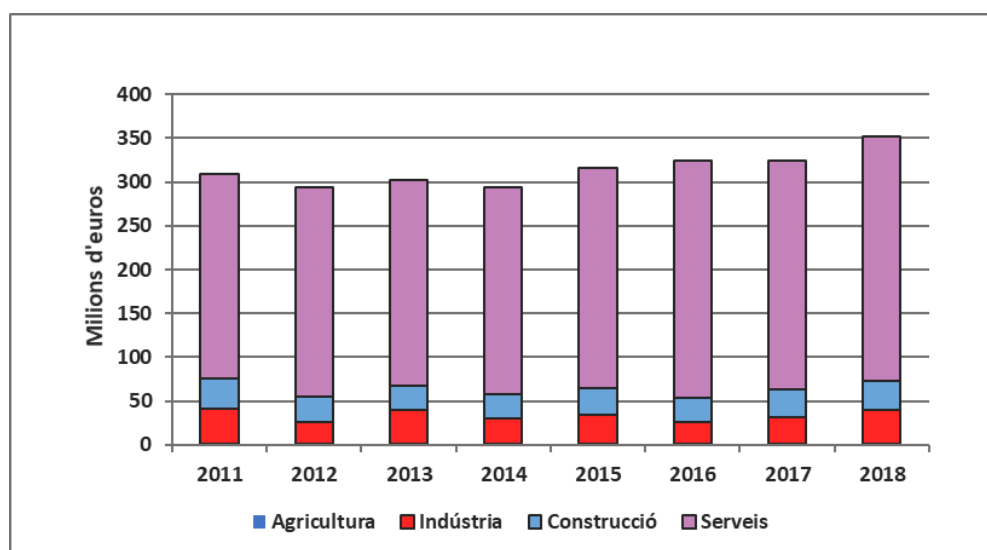


Figura 7. Gràfic sobre el valor afegit brut (VAB) per sector d'activitat, anys 2011 a 2018

Font: Elaboració pròpia a partir del VAB, IDESCAT període 2011 a 2018

El sector serveis és el més rellevant de la regió, segons dades de l'IDESCAT, l'any 2018 aquest sector representava el 79 % sobre l'economia total, seguit de l'indústria (11%), construcció (10%) i agricultura (0,2%), aquests valors es poden veure representats a la **figura 8**. Per tant, considerant les dades anteriors, si es vol analitzar l'aspecte econòmic de la regió s'ha de indagar més sobre el sector serveis.

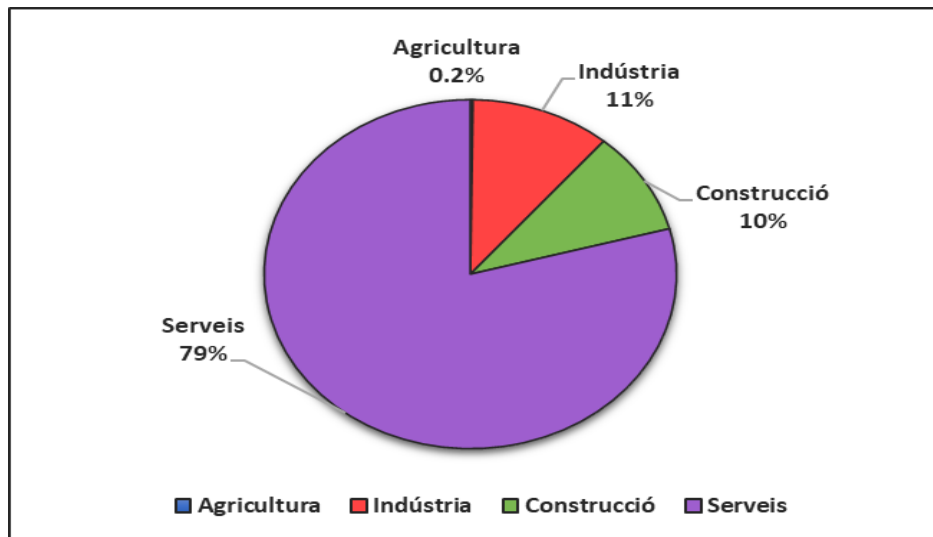


Figura 8. Gràfic sobre el percentatge (%) d'aportació del VAB de cada sector d'activitat

Font: Elaboració pròpia a partir de dades del VAB, IDESCAT any 2018

Si s'analitza el sector serveis a partir de les dades proporcionades per IDESCAT, l'any 2018 el total del VAB aportat pel sector serveis ve aportat per diferents branques del sector. Aquestes branques o tipus de serveis són bàsicament, el transport, l'hostaleria, l'activitat financera, immobiliària i l'administració pública i d'altres serveis. El sector del transport va aportar 2,8%, l'hostaleria va aportar el 34,3 %, les activitats financeres van suposar el 3% de l'aportació total, l'activitat immobiliària el 20,4 % i finalment l'administració pública i d'altres serveis va aportar el 29,7%. A la **figura 9** s'introdueix un gràfic on es poden visualitzar millor aquestes dades. La branca del sector serveis que més aporta al PIB de l'economia de la Vall d'Aran és l'hostaleria. Al territori hi ha diferents establiments dedicats a l'hostaleria. Segons IDESCAT, l'any 2019 hi havia un total de 72 hotels repartits pel territori, 40 hostals i pensions, un total de 18 cases rurals i 9 càmpings.

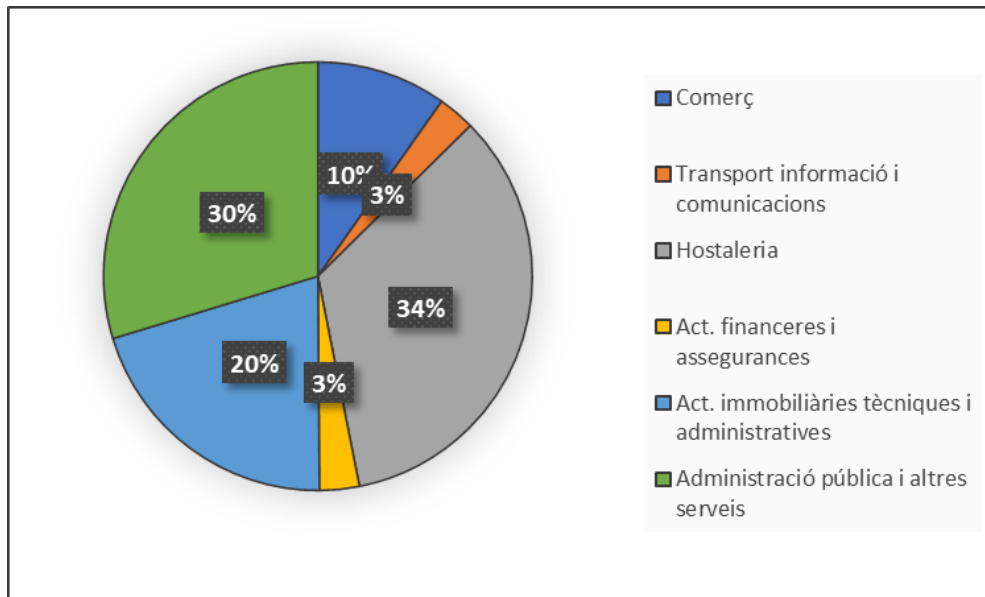


Figura 9. Gràfic de l'aportació al VAB sector serveis per branques d'activitat (%) any 2018

Font: Elaboració pròpia a partir de serveis per branca d'activitat (%), IDESCAT, 2018

Un altre sector interessant a analitzar en aquest treball d'investigació és el sector industrial, ja que una branca d'aquest sector és el dedicat a activitats extractives, producció d'energia, gestió d'aigües i residus, aquesta branca de l'indústria, Segons dades d'IDECAT, l'any 2018 va suposar el 87% dels ingressos aportats pel sector, seguit de la branca dedicada a la producció tèxtil, alimentaria, de fusta, química i cautxú amb un percentatge del 6,5% i finalment el sector metal·lúrgic, material elèctric i del transport amb un 5,7%.

Finalment en aquest apartat cal anomenar que la construcció representa un 10% dels ingressos aportats pels diferents sectors econòmics del territori, aquesta dada fa veure que encara hi ha una presència de la construcció a la comarca i que per tant encara hi ha un creixement relatiu dels municipis. També s'ha de considerar que l'agricultura i la ramaderia són un sector molt fluix a la comarca de la Vall d'Aran.

4. Marc teòric.

Cada dia es parla més de les energies renovables i com l'ús d'aquestes energies obtenen un paper clau del futur del planeta per a combatre el canvi climàtic.

Podem situar com antecedent d'aquest treball el Pla de l'Energia i Canvi Climàtic de Catalunya 2012-2020 (PECAC, 2012) i la Llei 16/2017 de l'1 d'Agost del Canvi Climàtic que ha donat peu a les bases per al Pacte Nacional de la Transició Energètica de Catalunya (Institut Català de l'Energia (ICAEN), 2017).

En la actualitat hi ha una proposta per aprovar una nova Llei denominada com Llei de Transició Energètica de Catalunya i Transformació, elaborada per l'Institut Català d'Energia (ICAEN). Aquesta nova llei ve promoguda per l'article 19 de la Llei del Canvi Climàtic 16/2017 de l'1 d'Agost que estableix la base a partir de: "Les mesures que s'adoptin en matèria d'energia han d'anar encaminades a la transició energètica cap a un model cent per cent renovable, desnuclearitzat i descarbonitzat, neutre en emissions de gasos amb efecte hivernacle, que redueixi la vulnerabilitat del sistema energètic català i garanteixi el dret a l'accés a l'energia com a bé comú".

El dia 19 de Novembre de 2019 es va aprovat l'acord de govern pel qual es va aprovar la memòria preliminar de l'Avantprojecte de Llei de Transició Energètica de Catalunya i de Transformació. Actualment encara no se ha definit cap altre acord ni cap aprovació final de la llei.

Un altre aspecte a destacar en el marc normatiu respecte a la transició energètica i canvi climàtic per part de la Generalitat de Catalunya, és la declaració de situació d'emergència climàtica per tal d'assolir els objectius en matèria de mitigació del canvi climàtic establert a la Llei 16/2017.

L'energia i el canvi climàtic han anat de la mà des del ja finalitzat Pla de de l'Energia i Canvi Climàtic de Catalunya 2012-2020 (PECAC). Aquest pla tenia com objectius "garantir la seguretat i la qualitat del subministrament energètic; establir un model energètic competitiu econòmicament i amb menys dependència exterior; respectar el medi ambient, amb un pes més gran de les energies renovables; reduir el consum dels combustibles fòssils, i millorar l'eficiència en la utilització de l'energia, per arribar a un model català de generació i consum d'energia que sigui sostenible i que contribueixi a l'objectiu europeu de descarbonització de l'economia" (Pla de de l'Energia i Canvi Climàtic de Catalunya 2012-2020 (PECAC)). Així, la sostenibilitat energètica ha de procurar la planificació política en matèria climàtica.

Dins el PECAC, es plantejaven diferents escenaris prospectius, un a llarg termini sota el marc de la Prospectiva energètica de Catalunya 2030 (PROENCAT-2030) que desembocava en la transició cap a un nou model energètic. Tal i com es plantejava la Generalitat de Catalunya en el PECAC, "es tracta d'assolir una economia/societat de baixa intensitat energètica i baixa emissió de carboni, amb una aposta molt

ferma i intensa per les tecnologies d'estalvi i eficiència energètica, amb un baix consum d'hidrocarburs fòssils i on, dins del mix de l'energia, es maximitza la utilització de les energies renovables" (PROENCAT-2030).

Les energies renovables, "[...] són aquelles fonts d'energia basades en la utilització de recursos naturals i es caracteritzen per no utilitzar combustibles fòssils, sinó recursos naturals capaços de renovar-se il·limitadament. Les energies renovables ajuden a potenciar l'autoconsum, ja sigui en àmbit local, regional o global. Aquestes energies són beneficioses pel medi ambient i són de caràcter gratuït i inesgotable" (Pla de de l'Energia i Canvi Climàtic de Catalunya 2012-2020 (PECAC)). Aquest tipus d'energia també és ideal per a llocs aïllats i pot permetre a regions amb dificultats geogràfiques a ser més autosuficients energèticament. Per tant les energies renovables són un recurs que s'ha de potenciar i s'ha de fomentar el seu ús degut a que és actualment és necessari aportar un canvi sobre el model energètic actual.

En el PECAC, i segons l'estratègia de la PROENCAT-2030, es posa el marc cap a una nova política energètica que garanteixi el desenvolupament sostenible del territori, tant econòmic com social, i combatre el canvi climàtic. És per aquest motiu que la comunitat autònoma de Catalunya s'ha elaborat la Llei 16/2017 Llei del canvi climàtic.

4.1. Llei 16/2017 de l'1 d'Agost del Canvi Climàtic.

L'objecte d'aquesta llei és la regulació de les mesures encaminades a la mitigació i a l'adaptació al canvi climàtic, la definició del model de governança de l'Administració pública amb relació al canvi climàtic i l'establiment d'impostos com a instrument per a actuar contra el canvi climàtic. Així com les finalitats de reduir els gasos d'efecte hivernacle, la vulnerabilitat als impactes del canvi climàtic, afavorir la transició cap a una economia neutra en emissions de gasos amb efecte hivernacle, competitiva, innovadora i eficient en l'ús de recursos.

Per assolir aquestes finalitats es proposen uns principis d'actuació. Són principis d'actuació de l'Administració pública i es basen en els principis de deguda avaluació, càlcul objectiu i eficàcia. Aquests principis d'actuació s'han de tenir en compte amb caràcter general i en els àmbits de l'agricultura i ramaderia, l'aigua, a biodiversitat, els boscos i la gestió forestal, l'energia, la indústria, els serveis i el comerç, la pesca, les infraestructures, els residus, la salut, els transports i la mobilitat, el turisme, les universitats i la recerca i l'urbanisme i l'habitatge. Per aquest motiu en aquesta llei es proposen una sèrie de polítiques sectorials per a cada camp.

En el context d'aquest treball d'investigació, les polítiques sectorials més vinculants són les que afecten a la biodiversitat, (Article 17. Llei 16/2017 del canvi climàtic), als boscos i la gestió forestal, (Article 18. Llei

16/2017 del canvi climàtic), així com les que afecten a la gestió de la energia(Article 19. Llei 16/2017 del canvi climàtic).

Polítiques sectorials relacionades amb la diversitat (Article 17. Llei 16/2017 del canvi climàtic). La finalitat d'aquestes polítiques sectorials van encaminades en preservar la biodiversitat i reduir-ne la vulnerabilitat.

Les polítiques es basen en diferents aspectes com pot ser l'avaluació dels impactes del canvi climàtic en les mesures de planificació i de gestió dels espais naturals per a garantir-hi la conservació de la biodiversitat. També inclouen la preservació de la permeabilitat ecològica i la no fragmentació dels habitats i dels sistemes naturals. També garanteix la planificació territorial de la connectivitat entre aquests habitats i sistemes naturals, així com la preservació del medi natural i la biodiversitat com un element estructural de la política ambiental o la necessitat d'evitar la proliferació en el medi natural d'espècies al·lòctones invasores que puguin representar un risc per a la diversitat i el funcionament dels ecosistemes autòctons.

Al govern se li ofereix la potestat de fer un inventari dels hàbitats prioritaris i impulsar polítiques de conservació de les praderies i fanerògames marines i dels altres habitats amb capacitat d'embornal, així com la de revisar els plans de gestió dels espais naturals protegits tenint en compte el canvi climàtic. Finalment s'esmena la necessitat d'establir una xarxa de reserves forestals destinades a la lliure dinàmica natural que sigui representativa del conjunt i la diversitat dels ecosistemes forestals de Catalunya, centrada prioritàriament en boscos madurs i d'alt valor natural.

Les polítiques sectorials relacionades amb els boscos i la gestió forestal (Article 18. Llei 16/2017 del canvi climàtic) han de anar encaminades a reduir la vulnerabilitat del sistema forestal i a optimitar-ne la capacitat d'actuar com a embornal i com a font d'energies renovables i materials de construcció sostenibles.

Per aconseguir aquesta finalitat s'estableixen polítiques sectorials com poden ser la de definir i promoure una gestió forestal que augmenti la resistència i la resiliència de les masses forestals als impactes del canvi climàtic, així com avaluar els riscos que aquest comporta i gestionar-los. També s'anomena la realització d'una gestió forestal que permeti reduir el risc d'incendis forestals, aprofitar la biomassa forestal i recuperar els mosaics agrícoles, forestals i de pastures a partir d'espècies locals més adaptables fisiològicament a les condicions climàtiques i promoure els recursos forestals, tant els fusters com els no fusters.

En aquest article, i de gran rellevància per aquest treball, és la introducció de polítiques relacionades amb l'execució de mesures de gestió forestal activa adreçades al subministrament sostenible de biomassa forestal per a substituir combustibles fòssils en la producció tèrmica.

Les polítiques sectorials relacionades amb l'energia (Article 19. Llei 16/2017 del canvi climàtic), han d'anar en caminades a la transició energètica cap a un model cent per cent renovable, desnuclearitzat i descarbonitzat, neutre d'emissions de gasos amb efecte hivernacle, que redueixi la vulnerabilitat del sistema energètic català i garanteixi el dret a l'accés a l'energia com a bé comú.

Algunes d'aquestes polítiques sectorials es basen en la promoció d'energies renovables, que s'han de desenvolupar aprofitant els espais ja alterats per l'activitat humana i minimitzar l'ocupació innecessària del territori. Impulsar un model energètic en que el consum de combustibles fòssils tendeix a ésser nul, per tal que el 2030 es puguin assolir el 50% de participació de les energies renovables en el sistema elèctric català per a poder arribar a un 100% l'any 2050. També s'inclouen polítiques que permetin l'adopció d'un sistema basat en l'autoconsum energètic a partir d'energies renovables i la participació d'actors locals en la producció i la distribució d'energia renovable. En aquest àmbit també es pretén la promoció d'un clúster de recerca i producció en energies renovables a partir dels centres de recerca en energies renovables presents a Catalunya.

Finalment a l'haver realitzat un anàlisi exhaustiu d'aquesta llei per adaptar al territori català contra els inconvenients propiciats pel canvi climàtic, es pot dir que es una llei que busca alternatives tant a nivell energètic com estructural, sempre conservant i preservant el patrimoni natural i la biodiversitat. S'ha de dir que aquesta llei afavoreix l'autoconsum energètic i valora la recerca de diferents fonts d'energia renovables que es puguin obtenir al propi territori i que siguin compatibles amb les necessitats tant energètiques com ambientals, socials i econòmiques que aquest territori genera.

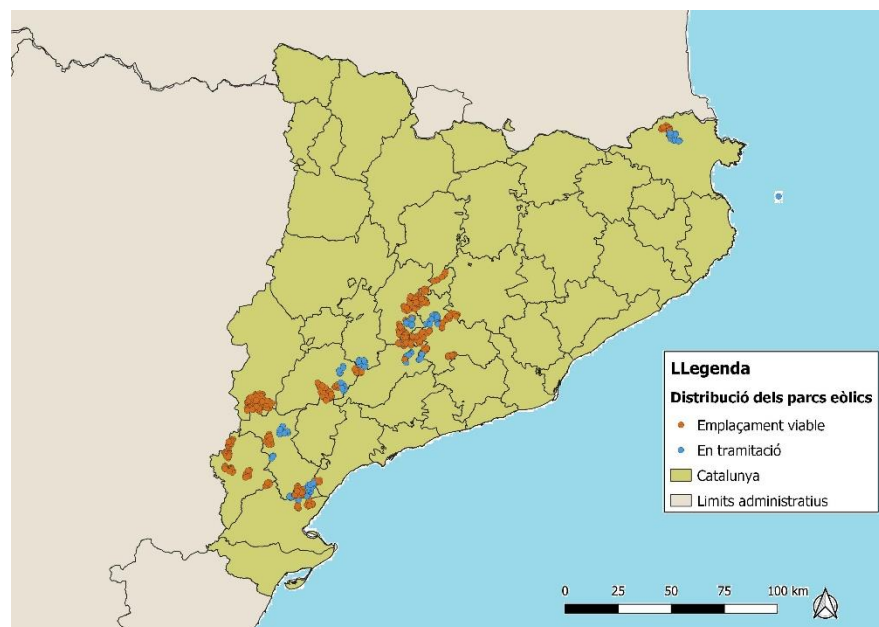
4.2. La situació de les energies renovables a Catalunya.

Actualment degut a les diferents polítiques establertes tant per la llei del Canvi Climàtic 16/2017 de l'1 d'agost i pel Pla de l'Energia i Canvi Climàtic de Catalunya 2012-2020 (PECAC), la situació de les energies renovables a Catalunya ha patit un canvi i una millora a nivell de producció i a nivell d'estructures.

Segons un informe realitzat a nivell nacional i desglossat per autonomies denominat "Informe del Sistema Eléctrico Español" (Red Eléctrica de España, 2019), el percentatge de producció elèctrica a partir de energia renovable era del 16,1%. Segons l'Informe de Sostenibilitat Ambiental del Pla de l'Energia i Canvi Climàtic de Catalunya 2012 – 2020 (PECAC) (Universitat Politècnica de Barcelona (UPC), 2012) la dècada anterior al any 2012 la contribució de les energies renovables va ser únicament del 2,7%. Les principals fonts d'energia renovable de producció elèctrica a Catalunya són la energia hidràulica, la energia eòlica, solar fotovoltaica, solar tèrmica, la biomassa i d'altres energies renovables com són l'energia geotèrmica i la hidràulica marina.

En quant a la energia hidroelèctrica, Catalunya disposava d'una potència elèctrica bruta instal·lada a Catalunya segons l'Informe de Sostenibilitat Ambiental del Pla de l'Energia i Canvi Climàtic de Catalunya 2012 – 2020 (PECAC) de prop de 1.913 MW fins al any 2012, i segons el Balanç Energètic de Catalunya 2010 – 2020 (Institut Català d'Energia (ICAEN), 2020) a l'any 2020 es de 2.359 MW. El Balanç Energètic de Catalunya 2010 – 2020 (ICAEN, 2020), indica que la producció bruta d'energia elèctrica generada per energia hidràulica l'any 2011 era de 3.992,5 GWh, mentre que l'any 2020 era de 5.447,6 GWh. Per aquest motiu es pot dir que es la font renovable més important del país i en els darrers anys s'ha notat un moderat creixement en la construcció de noves centrals d'aprofitament hidroelèctric. Les instal·lacions de grans dimensions, amb embassaments de milions de metres cúbics d'aigua, malgrat que la font d'energia sigui renovable, tenen un efecte molt negatiu sobre el medi ambient i no son considerades com una font d'energia neta. Tot i això a Catalunya hi ha un gran nombre d'instal·lacions d'energia hidràulica, fet que fa que sigui una de les comunitats més importants d'Espanya per potència instal·lada.

A partir de les dades extretes del Visor Ambiental i Dades d'Energies Renovables (Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural, 2019) l'energia eòlica a Catalunya compta amb un total de 811 aerogeneradors de en funcionament, amb una potència bruta instal·lada de 4.833 MW. Així mateix hi ha un total de 1.220 d'aerogeneradors sol·licitats, és pot veure la seva distribució al territori al **mapa 7**.



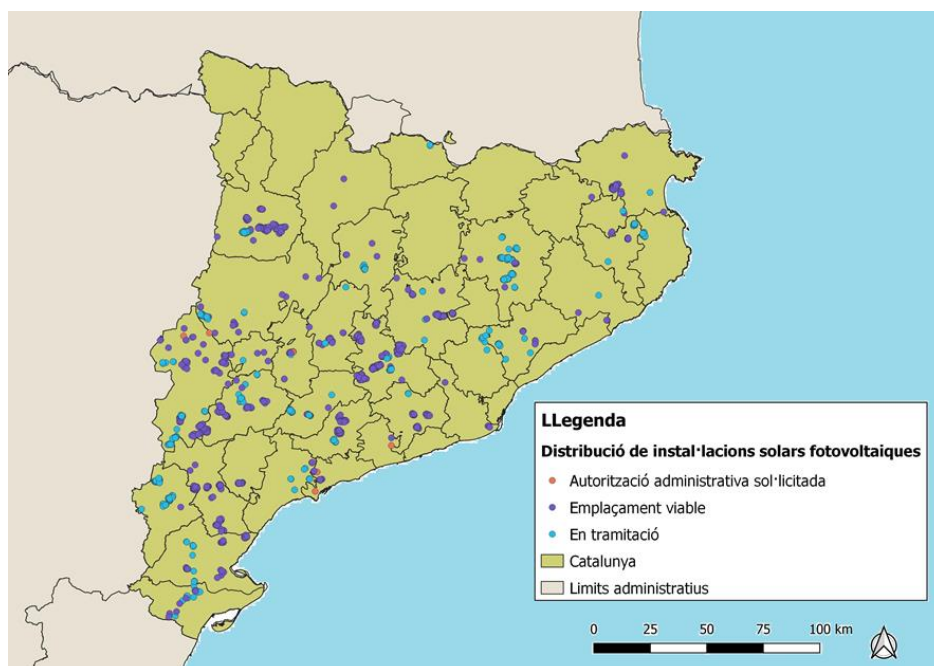
Mapa 7. Distribució dels aerogeneradors eòlics a Catalunya

Font: Elaboració pròpia a partir de dades d'Energies Renovables, d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural, 2019.

La producció bruta d'energia elèctrica, segons El Balanç Energètic de Catalunya 2010 – 2020 (ICAEN, 2020), l'any 2010 era de 1.584,8 GWh mentre que l'any 2020 era de 2.637,2 GWh. La potència bruta elèctrica

instal·lada a Catalunya era de 831.3 MW l'any 2010 i de 1.271,1MW l'any 2020. La complexitat i la tardança dels processos administratius per a la concessió de llicències juntament amb la coincidència d'espais protegits amb zones aptes per a un elevat aprofitament eòlic, han estat algunes de les variables que han reduït el ritme d'execució de projectes eòlics a Catalunya.

L'energia solar a Catalunya es distribueix com a energia tèrmica solar i energia solar fotovoltaica. A partir de les dades extretes del Visor Ambiental i Dades d'Energies Renovables (Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural, 2019) l'energia solar l'energia solar fotovoltaica compta amb un total de 7212 hectàrees d'instal·lacions l'any 2019. Es pot veure la distribució al territori d'aquestes instal·lacions al **mapa 8**.



Mapa 8. Distribució de les instal·lacions solars fotovoltaïques a Catalunya

Font: Elaboració pròpia a partir de dades d'Energies Renovables, Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural, 2019

La producció bruta d'energia elèctrica a partir d'energia solar fotovoltaica, segons El Balanç Energètic de Catalunya 2010 – 2020 (ICAEN, 2020), l'any 2010 era de 297,4 GWh i l'any 2020 era equivalent a 484,1 GWh. En quant a la potència bruta instal·lada l'energia solar fotovoltaica comptava l'any 2010 amb un total de 196,3 MW mentre que l'any 2020 era de 344,5 MW. En quant a la energia solar tèrmica o termoelèctrica les dades són més escasses però es pot dir que la potència bruta instal·lada era de 24,3 MW l'any 2012 i l'any 2020 continuava sent de 24,3 MW. En quant a la producció bruta d'energia elèctrica l'any 2012 l'energia termoelèctrica generava un total de 0,6 GWh i l'any 2020 va augmentar a 68,8 GWh. L'energia provinent de la biomassa a Catalunya es pot distribuir de diferents tipus. El seu aprofitament es realitza principalment mitjançant la biomassa forestal agrícola i el biogàs.

La biomassa agrícola forestal s'orienta majoritàriament cap a la producció de calor i es concentra en els sectors domèstics i industrials, segons dades aportades per l'Institut Català d'Energia (ICAEN) l'any 2020 hi havia a Catalunya un total de 3911 calderes i cremadors de biomassa al territori català. El Balanç Energètic de Catalunya 2010 – 2020 (ICAEN, 2020), indica que l'any 2010 la biomassa forestal i agrícola tenia una potència elèctrica bruta instal·lada 0,5 MW i l'any 2020 ja comptava amb una potència elèctrica bruta instal·lada de 4 MW, en quant a la producció d'energia elèctrica la biomassa agrícola i forestal l'any 2010 generava un total de 0,4 GWh, en canvi, l'any 2020 generava ja un total de 14,6 GWh. En quant al biogàs la potència elèctrica bruta instal·lada a Catalunya era de 44,1 MW l'any 2010 i de 61,8 MW durant l'any 2020, la producció elèctrica amb biogàs l'any 2010 era de 206 GWh i l'any 2020 era de 186 GWh, s'ha de destacar que el biogàs és l'única energia renovable que ha reduït la seva capacitat productiva d'energia elèctrica.

Finalment hi ha d'altres fonts d'energia renovable com poden ser la hidràulica marina també denominada mareomotriu o la geotèrmica. Aquestes fonts d'energia generen un total de 155 GWh al llarg de l'any 2019 en termes de producció i una potència elèctrica bruta instal·lada de 73 MW el mateix any. Aquestes dades se han extret del "Informe de Producción de Energia Electrica" (Red Electrica de Espanya, 2019).

Es pot dir que les energies renovables estan guanyant pes al marc de producció d'energia elèctrica al territori català, les expectatives de futur són cada vegada més optimistes, ja que, cada vegada hi ha un major recolzament per part de l'administració i les pròpies empreses productores d'electricitat del territori ho veuen com una opció viable en un futur proper.

4.3. Models de transició energètica a Catalunya.

Com ja hem assenyalat anteriorment, tant el PECAC com la Llei del Canvi Climàtic 16/2017 tenen com objectiu procurar la transició energètica de Catalunya. A l'espera de l'aprovació de la llei per a la transició energètica. El que hi ha són les bases per al Pacte Nacional per a la transició energètica de Catalunya (2017).

Per aconseguir un sistema d'autosuficiència, i des de l'abastiment energètic, és necessari realitzar un procés de transició energètica substituint les fonts d'abastiment d'energies fòssils per fons d'energia renovables i menys perjudicials a nivell ambiental, econòmic i social.

Les bases per a construir el Pacte Nacional per a la Transició Energètica de Catalunya, aprovades pel Govern de la Generalitat el Febrer de 2017 són un precedent per establir un model de transició energètica a Catalunya, i són útils per veure cap a on i com s'establirà aquest model de transició energètica en un futur. En aquestes bases s'estableixen dos fases per aconseguir un desenvolupament del procés de

transició energètica a Catalunya, la primera fase es basa en una “gestió de la transició cap a la sobirania energètica en el mar d’un nou Estat de la Unió Europea” per tal d’abastir energèticament i establir una governança del model energètic actual. La segona fase es basa en el “desplegament del nou model energètic sostenible català”, d’aquesta manera s’aconsegueix exercir les competències plenes en matèria d’energia per part de les institucions catalanes, establir les bases per a desplegar un nou model d’energia i desenvolupar línies estratègiques així com un nou model de governança. L’objectiu principal de aquest pacte es “transformar el model energètic català actual en un model basat cent per cent en les energies renovables desitjablement a l’horitzó 2050”. Aquest Pacte Nacional per a la Transició Energètica s’estableixen dos horitzons, l’horitzó 2030 en el qual es pretenen assolir “els objectius del nou paquet d’Energia i clima 2030 establerts per la UE”, i l’Horitzó 2050 on es pretén “assolir un nou model basat cent per cent en energies renovables desitjablement i si es possible, tècnicament, mediambientalment i econòmicament”. Finalment per assolir els objectius fixats en els horitzons establerts el Pacte 7 Nacional proposa eixos estratègics en política energètica catalana. El primer eix es basa en “garantir el dret fonamental d’accés a la energia i la defensa dels drets dels consumidors”, el segon eix estableix que se ha de “garantir l’abastament energètic de Catalunya i la qualitat i fiabilitat dels subministraments energètics”. El tercer eix indica que “s’ha d’assolir el màxim nivell d’estalvi i eficiència energètica en l’economia i societat catalana”. L’eix numero 4 pretén “maximitzar la utilització de les fonts d’energia renovable, fonamentalment les autòctones”. La premissa de l’eix numero 5 es la de “fomentar la recerca i la innovació energètiques com a vectors d’eficiència i de creació d’activitats empresarials”. El sisè eix estratègic pretén la “democratització de l’energia i la participació de la societat en la definició del nou model energètic”. Finalment l’últim eix estratègic pretén “exercir les competències plenes en matèria d’energia per part de les institucions catalanes en el marc de la Unió Europea”.

A partir del Informe de Transició Energètica (ITE) (Agència de l’Energia del Ripollès, 2018) defineix la transició energètica:

“Com a un canvi estructural fonamental en el sector energètic. La transició energètica representa un canvi en la producció de l’energia, substituint els combustibles fòssils per fonts renovables i locals. També representa un procés de canvi en l’ús i la gestió de aquesta energia, fent-ho de forma més eficient”.

A Catalunya s’està impulsant la transició energètica mitjançant el Pacte Nacional per a la Transició Energètica de Catalunya (Institut Català de l’Energia, 2017). La finalitat d’aquest pacte és la de assolir un model energètic català renovable, net, descentralitzat, democràtic i sostenible. També s’ha de tenir

present que aquesta transició és diferent en funció del país o del territori on es vulgui aplicar, per aquest motiu s'opta per establir models de transició energètica a nivell comarcal i municipal principalment.

Per realitzar un model de transició energètica eficient i eficaç, s'han de considerar diverses fases d'aplicació. Inicialment, es realitza un anàlisi territorial per poder obtenir les característiques de la localització, i d'aquesta manera conèixer les diferents necessitats i capacitats que un territori pot presentar. Posteriorment, es defineix l'objectiu de la transició, és a dir, a quin nivell es pot arribar i quin és l'objectiu fixat pel propi territori tant en termes de consum com de producció. Posteriorment s'analitzen quins són els recursos i fonts d'energia renovable que poden ser més beneficioses per al territori i que comporten un menor impacte ambiental, econòmic i social. A partir de la realització de les pautes anteriors, s'analitza la capacitat de generar energia que comporta cadascuna de les fonts d'energia renovable que s'han escollit i finalment s'analitza quin percentatge de la demanda energètica de tipus tèrmic, elèctric i de mobilitat pot abastir.

A la comarca de la Vall d'Aran se ha realitzat un Informe de Transició Energètica (ITE) per part de l'Agència de l'Energia del Ripollès (Creixans i Sans, 2018). Aquest informe aplica un model de transició energètica a través d'energia solar mòbil i fixa, energia eòlica i energia hidràulica. En aquest informe s'estableixen una sèrie de instal·lacions corresponent a 41,23 hectàrees destinades a plaques solars fotovoltaïques en teulades, 41,23 destinades a plaques fotovoltaïques fixes, 82,47 hectàrees e instal·lacions mòbils i finalment instal·lacions hidroelèctriques all llarg del curs del riu Garona i d'altres afluents. Aquesta energia generada a partir de les fonts anomenades anteriorment es destinen a usos tèrmics per a calefacció i usos industrials, a mobilitat i a consum elèctric general.

4.4. La biomassa com a font d'energia renovable.

Per a l'acompliment dels objectius d'aquest treball, cal posar èmfasi en la biomassa com a font l'energia renovable.

Segons L'informe de L'Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya (IFEC) (CREAF, 2004), es pot considerar biomassa d'un arbre, les fraccions corresponents a la fusta, l'escorça, les branques, les fulles, les flors, els fruits i les arrels. Segons l'IFEC (CREAF, 2004), la determinació de la biomassa d'un arbre es basa en l'anàlisi dimensional com una aplicació concreta del concepte d'al·lometria. Aquest concepte es basa en la recopilació al camp, a partir d'arbres tipus de cada parcel·la i s'utilitzen per estimar els paràmetres necessaris de la resta dels arbres de la parcel·la. Per al càlcul de la quantitat de fusta i escorça, s'utilitzen les relacions al·lomètriques entre el diàmetre i l'alçada i entre el diàmetre i el gruix d'escorça. Les relacions

poden estar modificades principalment per condicions ambientals com poden ser la disponibilitat d'aigua, pendent, nevades, entre altres, o bé per condicions del bosc com poden ser la densitat dels arbres.

A partir d'aquest anàlisi, l'Observatori de la Biomassa (Consorci Forestal de Catalunya, 2018) determina que al territori català la quantitat de biomassa forestal es concentra sobretot a les comarques gironines amb un total de 525.000 tones a l'any (31,7% del total), 418.000 tones a l'any a l'Alt Pirineu i Aran (23,9% del total), 397.000 tones a l'any a les comarques centrals (22,6%) i 221.000 tones a l'any a l'àmbit metropolità (12,6% del total).

La biomassa destaca sobre la resta d'energies renovables degut al seu origen fotosintètic es considera una energia de disponibilitat il·limitada i pot ser transformada en qualsevol moment sense dependre del estat meteorològic de forma directa.

La biomassa comporta una sèrie de beneficis de tipus ambientals, socials i econòmics sobre la regió on s'explota (Institut Català de l'Energia, 2019).

En termes de beneficis ambientals, afavoreix a una gestió forestal i agrícola sostenible, també presenta un balanç neutre d'emissions de diòxid de carboni (CO₂), un baix contingut en sofre, presenta un balanç energètic positiu, ajuda a la prevenció d'incendis forestals i els residus derivats de la combustió en forma de cendres es pot usar com a adob, (Observatori de la biomassa, Consorci Forestal de Catalunya, 2018).

Pel que fa als beneficis socials que aporta la biomassa, es percep el bosc com a una font de treball i riquesa, creador de nous llocs de treball al medi rural que pot afavorir a un increment poblacional de forma fixa.

En quant als beneficis econòmics, presenta un balanç econòmic positiu, el seu cost en KWh és inferior al dels combustibles fòssils, presenta una estabilitat al seu preu de mercat, proporciona un valor afegit al territori on s'explota així com una menor dependència de fonts d'energia externa, i finalment, dona sortida a un producte poc valoritzat i complementa els actuals aprofitaments de la fusta.

La biomassa produeix un nombre de productes depenent del seu procés de transformació. Aquests processos es poden diferenciar entre processos físics, termoquímics i biològics (Observatori de la biomassa, Consorci Forestal de Catalunya, 2018). En aquest cas, es descriu el procés físic ja que és el més rellevant en el context del treball d'investigació.

Els processos físics consisteixen en l'alteració de les característiques físiques del material, sobretot de la seva granulometria i densitat. El primer procés es basa en l'estellat, que consisteix en el trencament de biomassa en fraccions petites de 5 centímetres de diàmetre. Un altre procés de transformació físic de la biomassa és el denominat com a molta, que es basa en la conversió de la biomassa en serradures o pols, amb aquest procés la superfície de la biomassa augmenta i potencia la seva combustió. L'últim procés és

el que es denomina com a densificació, es un procés per el qual s'augmenta la densitat mitjançant la compactació, el producte derivat és el pèl·let.

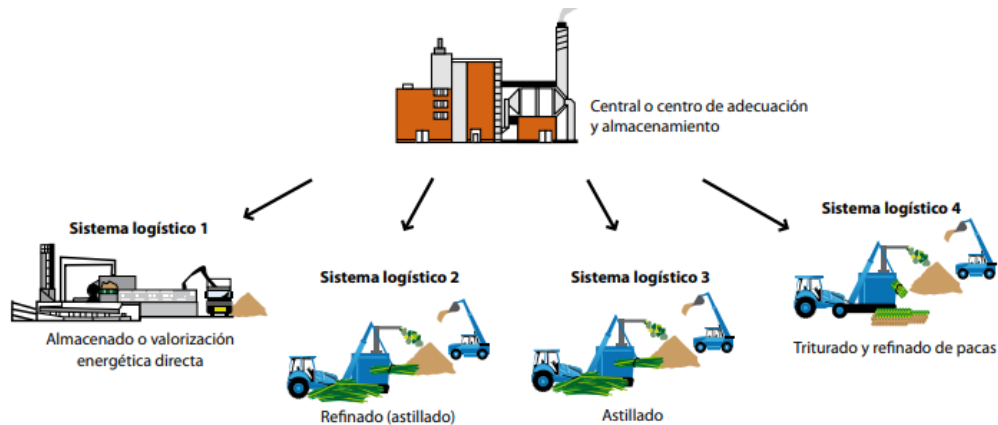


Figura 10. Il·lustració de diferents mètodes de transformació física de Biomassa

Font: "Evaluación Potencial de la Energía de la Biomasa" (IDAE, 2020)

També se ha de exposar que hi ha diferents sistemes d'aprofitament forestal, que bàsicament es diferencien segons la localització on es realitza l'estellat. Segons l'Observatori de la Biomassa (CREAF, 2018) els sistemes d'aprofitament forestal de biomassa són:

Sistema 1: Estellat a peu de pista.

Primer de tot s'efectua la tallada dels arbres, sense desbrancar ni despuntar, reduint així les tasques a realitzar a peu d'arbre. Per a la tallada es fa servir bàsicament la serra mecànica o processadora i l'arrossegament es fa mitjançant "skidder" o tractor amb cabrestant. L'estellat s'efectua a les pistes forestals on s'aplega la biomassa, l'estelladora ha de permetre una alta mobilitat per poder accedir a diferents pistes forestals, ha de disposar d'una grua pròpia i d'un sistema logístic de desembosc consistent en un tractor amb remolc o un contenidor. Finalment el transport de l'estella es realitza fins al destí final. Aquest sistema pot ser interessant quan la planta o magatzem estiguin a poca distància de la zona d'extracció.

Sistema 2: Estellat al carregador

En aquest sistema la tallada i l'arrossegament, com en el sistema anterior, s'efectua amb una serra mecànica o processadora, sense desbrancar ni despuntar. L'arrossegament es fa amb "skidder" o tractor amb cabrestant. El desembosc de l'arbre sencer es fa amb auto carregador o tractor amb remolc fins al carregador. Posteriorment l'estellat es realitza al carregador, utilitzant una estelladora de menys mobilitat

que del sistema anterior però amb major capacitat productiva. Finalment el transport de l'estella es realitza amb un camió amb banyera de carrega.

Sistema 3: Estellat de troncs a planta o magatzem.

En aquest sistema després de la tallada de l'arbre, aquest es despunta i es desbranca i finalment es trosseja el tronc només si és necessari per optimitzar el transport. Per a l'arrossegament fins a pista també es pot utilitzar el mateix tipus de maquinaria que als sistemes anteriors. Si el terreny ho permet un cop la fusta es arrossegada i apilada a la vora del camí, es pot utilitzar un camió de grans dimensions per a que els transporti directament a la planta. Un cop realitzat el transport de la fusta fins a la planta o magatzem, aquesta s'estella directament o primer s'emmagatzema i posteriorment s'estella. L'estellat en aquest cas, es realitza amb estelladores fixes o semi mòbils de gran potencia. Aquest sistema és el que permet un major control de la qualitat de l'estella.

A través de una jornada de treball de camp realitzada al Pirineu francès, concretament al municipi de Marignac al districte de l'Haute Garonne, es va anar a visitar a una empresa que realitzava activitats d'aprofitament forestal per a la producció de biomassa en forma de pèllets denominada Pyrennes Wood Energy. En aquesta visita es va obtenir principalment informació sobre el sistema d'aprofitament forestal que s'utilitza en aquesta zona i coincideix amb el sistema 3 exposat anteriorment. Els motius que van al·legar per utilitzar aquest mètode es precisament que l'emmagatzematge és més fàcil i menys costos i que la qualitat de l'estella es major. En aquesta sortida es va poder veure una maquina carregadora i "skidder" realitzant activitats de tallada, processament i arrossegament, fet que es pot visualitzar a la **figura 11**.



Figura 11. Màquina Carregadora i "Skidder" realitzant Tasques d'Aprovisionament Forestal

Font: Elaboració pròpia a partir de sortida de treball de camp.

4.4.1. L'estat de la biomassa a Catalunya.

Segons la font d'informació Biomassa Cat (Institut Català d'Energia (ICAEN), es pot obtenir informació rellevant sobre l'estat de la biomassa a Catalunya a l'actualitat.

La biomassa sòlida més important a Catalunya és la constituïda per matèries llenyoses procedents del sector agrícola o forestals i de les indústries de transformació.

En termes de producció de biomassa forestal a Catalunya , la seva producció ha anat incrementant anualment des de l'any 2007, tal i com es mostra a la **figura 12**. fet que mostra que és una bona aposta de futur en termes de font d'energia. Als anys 2012 i 2013, és on es pot veure el major increment de la producció de biomassa forestal, aquest increment correspon al 30%. L'any 2019, l'any més actual analitzat, la producció de biomassa forestal es de 600 milers de tones al territori català. La producció de biomassa en forma d'estella és la més abundant respecte del pellet amb un total de 327.000 tones respecte de les 600.000 tones totals de producte derivat de biomassa.

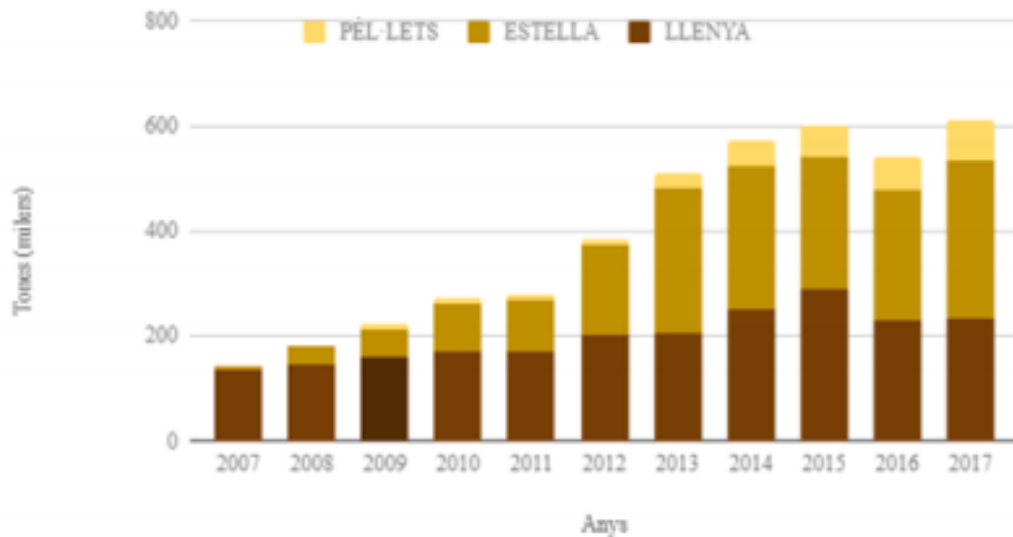


Figura 12. Gràfic de producció de biomassa a Catalunya Període 2007 a 2017

Font: Estratègia per promoure l'aprofitament energètic de la biomassa forestal i agrícola, 2017

El consum de biomassa forestal ha mantingut un ritme de creixement similar al de la producció, demostrant que l'augment d'oferta l'ha acompanyat l'augment de la demanda, tal i com es pot observar en la figura xx. El consum de llenya és el més rellevant encara que durant l'any 2019 aquest consum de llenya s'està equiparant al consum d'estella. El consum de biomassa total ha sofert un increment del 12,5% en el període 2013 al 2019, tot i que es considera un creixement inferior al esperat. El consum d'estella s'ha incrementat un 22%, un fet positiu ja que són productes elaborats que són utilitzats en tecnologies eficients i pels que existeixen certificacions voluntàries de qualitat. En quant al consum d'estella, les seves aplicacions principals són el consum elèctric, és a dir, per a generar electricitat, el consum tèrmic i la exportació, pràcticament de forma equivalent. En canvi el pèl·let destina la majoria del seu consum es destinat al consum tèrmic, seguit de la exportació.

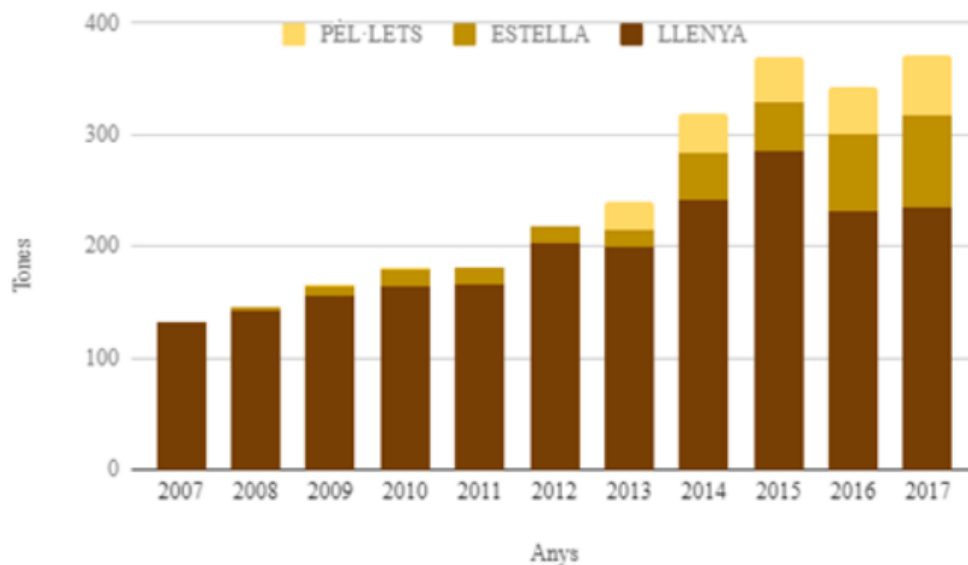


Figura 13. Consum de biomassa a Catalunya Període de 2007 a 2017

Font: Estratègia per promoure l'aprofitament energètic de la biomassa forestal i agrícola, 2017

En quant a plantes de producció energètica a partir de biomassa a Catalunya hi ha un total de 16 plantes de producció d'energia elèctrica amb biomassa, basades en la seva majoria en producció tèrmica.

A Catalunya, hi havia l'any 2018 un total de 2.780 instal·lacions de biomassa que en total, ofereixen una potencia de 238,8 MW. El nombre de calderes ha crescut considerablement des de l'any 2012, que hi havia registrades 463 instal·lacions fins a l'any 2017 que es comptabilitzen un total de 2780 calderes. La província que comptabilitza un major nombre d'instal·lacions és Barcelona, amb un total de 923, seguit de Lleida, amb 519, Girona, amb un total de 342, i finalment Tarragona amb un total de 156 instal·lacions. El sector domèstic és el sector que lidera aquest mercat on el nombre d'instal·lacions representa el 71,49% del total, el sector terciari representa el 12,99% de instal·lacions de biomassa, l'indústria representa el 2,4% d'instal·lacions mentre que el sector primari representa el 13,12% (Biomassa Cat, Institut Català d'Energia (ICAEN), 2018).

4.4.2. Mètodes per a l'extracció d'energia a partir de biomassa a Catalunya

En l'actualitat a Catalunya hi ha diferents informes i estudis encarats a l'anàlisi de la biomassa com a recurs o font d'energia principal per auto abastir o reduir part de la dependència dels combustibles fòssils tant a nivell local com comarcal o inclús a nivell provincial. S'ha de puntualitzar, que en l'actualitat, no hi ha una metodologia específica fixada per cap òrgan normatiu o institució, per tant hi ha diferents projectes que utilitzen els paràmetres i analitzen els factors més adients i per al territori.

Un estudi denominat *“Biomassa Autosuficiència Energètica i Gestió Forestal”* (Àrea de Territori i Sostenibilitat, Diputació de Barcelona, 2015), analitza la capacitat de producció elèctrica a partir de biomassa al territori del Lluçanès, a la província de Barcelona. Aquest projecte basa la seva transició energètica en la substitució de calderes convencionals per calderes de biomassa, inicialment als edificis públics de la regió. Per abastir aquesta demanda de biomassa, amb pèl·let com a producte principal, s’inicia un pla estratègic que pretén analitzar les existències forestals potencials que hi ha al territori, aprofitant els troncs amb diàmetres de 10 a 15 centímetres, les puntes d’arbres de classe mètrica superior, prioritzant al roure com a espècie predominant a la regió i finalment l’aprofitament de arbres mal formats, malalts i morts de totes les classes diamètriques.

En termes d’accessibilitat es considera que les àrees amb pendents superiors al 60% de pendent són inviables per l’aprofitament de biomassa forestal i les àrees més òptimes es consideren aquelles amb un 0 a 25% de pendent al voltant de les pistes forestals. Posteriorment una vegada es troben la superfície total accessible, expressada en hectàrees (ha), amb ajuda del Mapa de cobertes de sòl de Catalunya (any) es determinen les espècies arbòries predominants i s’obtenen la superfície que ocupa cadascuna a dins de l’àrea accessible. Una vegada obtenen cadascuna de la superfície que ocupen les principal especies predominants a l’àrea accessible, finalment aquestes es multipliquen per les dades mitjanes de increment anual de biomassa amb un 40% d’humitat, es a dir amb un 60% de base seca (t60/any) proporcionades per l’Observatori de la Biomassa Forestal de Catalunya (any).

Una vegada s’obté la biomassa potencial total del territori del Lluçanès segons la espècie, en aquest projecte és realitza una conversió a Kwh/kg per determinar el poder calorífic, aquestes dades estan proporcionades per Biomass Trade Centre2 (any), resultant la alzina com a espècie arbòria amb major poder calorífic. Els resultats obtinguts es basen en 15.562 hectàrees (ha) de superfície accessible amb un total de 18.748 tones anuals amb un 60% de base seca i 40% d’humitat. Tota aquesta quantitat de biomassa pot generar al any un total de 28.738 KW de potència acumulada.

Un segon estudi denominat Pla d’acció per a l’aprofitament de biomassa per a usos tèrmics al Priorat i a Ribera d’Ebre (Innobiomassa i Consorci Forestal de Catalunya), preveu l’aprofitament de la biomassa agrícola i forestal de la regió com a una solució per als problemes derivats de la utilització de combustibles fòssils per a usos tèrmics, com poden ser l’impacte contaminant de l’ús de l’energia, l’esgotament i la deslocalització de recursos bàsics. Per a aconseguir aquesta premissa s’analitza la disponibilitat de biomassa a la regió establint paràmetres de accessibilitat corresponents a pendents màximes inferiors al 100%, distàncies d’accessibilitat al bosc fins a 400 metres amb una pendent inferior al 30%, distàncies de 75 metres amb pendents de entre 30 a 60% i finalment accés a 35 metres de pendents de entre 60 a

100%. També es considera que els boscos de la regió accessible tinguin una fracció de cabuda arbòria superior al 70%. Finalment a partir de valors mitjans de volum fuster amb escorça, volum de llenyes grosses i increment net anual per hectàrea de les parcel·les del tercer Inventari Forestal Nacional i de l'Inventari Ecològic Forestal de Catalunya (any). Aquests valors mitjans proporcionats per l'Inventari forestal es defineixen com a producció llenyosa aèria total (PLAT) i s'expressen en tones per hectàrea i any (t/ha/any), també s'estableixen uns valors màxims i uns valors mínims, els valors màxims comptabilitzen tots els arbres i els mínims comptabilitzen arbres petits, diàmetre < a 20 cm, i capçades de arbres grans. Els resultats obtinguts al estudi corresponen a 12.918 hectàrees (ha), on hi ha una biomassa màxima total de 10.509 t/any, i una biomassa mínima de 4.104 t/any. Els residus de cultius llenyosos proporcionen un total de 14.373 t/any de biomassa i els cultius energètics generen un total de 2.888 t/any. Si se sumen tots els resultats obtinguts es pot dir que la regió té una capacitat anual de producció de biomassa de 33.931 tones (t/any). Aquesta biomassa genera un total de 28.536 MWh/any.

L'anàlisi de tota aquesta informació i de d'altres projectes relacionats amb la temàtica del treball d'investigació han aportat dades i mètodes de tractament de informació molt valuosos per la posterior elaboració i anàlisi de la capacitat potencial de biomassa de la comarca de la Vall d'Aran.

5. Fonts d'informació i metodologia.

Aquest apartat té com a objectiu explicar quines han estat les principals fonts d'informació consultades per a poder aplicar la metodologia dissenyada, i en què consisteix la metodologia dissenyada.

La metodologia se ha repartit en tres apartats per tar d'aclarir les diferents fases del treball d'investigació.

En aquest treball d'investigació la utilització dels Sistemes d'Informació geogràfica és fonamental. És la base sobre la que es desenvolupa la metodologia per a l'obtenció dels resultats que permetin complir amb els objectius són fonamentals tècniques d'avaluació multi criteri basades en sistemes de informació geogràfica (SIG) conjuntament amb un procés de jerarquia analítica (AHP). Aquests tipus d'anàlisi es concreta a través del tractament d'informació cartogràfica, extracció, anàlisi de les dades i el seu posterior tractament ha estat possible a través del software QGIS 3.18.1 Zurich 2020.

A més a més se ha procurat reafirmar tot aquest procés metodològic amb diferents sortides de treball de camp per a procurar que les dades obtingudes estiguin relacionades amb la realitat de l'àrea d'estudi.

5.1. Fonts de informació

Les fonts d'informació consultada per a l'elaboració d'aquest treball són de diferent naturalesa.

En una primera fase del treball, ha tingut un major pes les fonts d'informació bibliogràfica, per tal de contextualitzar el treball i recolzar la metodologia dissenyada. Els documents més significatius dels quals s'ha extret part de les bases d'aquesta metodologia són principalment, la Guia de Interpretació dels Serveis Ecosistèmics de Catalunya, (Secretaria de Medi Ambient i Sostenibilitat, 2020), l'estudi tècnic "Evaluación del Potencial de Energía de la Biomasa" (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE), 2020), la memòria del "Quinto Congreso Forestal Español" (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Àvila, 2009), la memòria de l'Observatori de la Biomassa (Consorti Forestal de Catalunya, 2009), la memòria de la Llei 12/2006 Llei d'Espais Naturals de Catalunya (2006), el 3er Inventari Forestal Nacional (IFN3) (Ministerio para la Transición Ecológica i Reto Demográfico, 2007), l'Inventari Forestal de Catalunya (IFEC) (Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals, CREAF, 2004) i finalment el manual "Biomasa e Industria", (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, Ministerio de Industria Turismo y Comercio, 2008).

Una vegada consultades les fonts de informació anomenades anteriorment, se ha optat per obtenir una sèrie de dades, proporcionades a través de diferents bases cartogràfiques, adients per a realitzar els

diferents passos establerts a la metodologia. Totes les capes temàtiques s'han recopilat des de diferents bases de dades oficials a nivell estatal i autonòmic. A continuació s'adjunta la **figura 14.** on es sintetitza aquesta informació.

Nom del recurs	Format	Escala/resolució	Font
Mapa forestal d'Espanya MFE50 (2006)	Vectorial	1:50.000	Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) Ministerio para la Transición Ecológica.
Mapa urbanístic de Catalunya (MUC). (2020)	Vectorial	1:25.000	Departament de Territori i Sostenibilitat
Espais naturals de protecció especial (ENPE) (2019)	Vectorial	1:50.000	Departament de Territori i Sostenibilitat
Mapa de productivitat potencial forestal (2000)	Vectorial	1:200.000	Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico
Mapa de variables biofísiques de l'arbrat de Catalunya (2005)	Ràster	100m	Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya
Model digital de elevacions MDT25 (2011)	Ràster	30m	Instituto Geográfico Nacional

Figura 14. Bases de Dades Cartogràfiques Utilitzades al Treball d'Investigació

Font: Elaboració pròpia.

5.2. Metodologia

La metodologia dissenyada es concreta en tres etapes que es desenvolupen de forma seqüencial per a l'acompliment dels objectius plantejats.

Una primera etapa de la metodologia persegueix l'obtenció de l'àrea òptima per a l'extracció de biomassa, on són determinants factors classificats com a factors ambientals i factors geofísics. Els factors ambientals són els corresponents a fracció de coberta vegetal, tipus de vegetació, espais naturals de protecció especial (ENPE) i la disponibilitat de biomassa. mentre que els geofísics corresponen a la pendent i l'accessibilitat a les àrees boscoses.

En una segona etapa se exposa la metodologia necessària per a obtenir la biomassa potencial accessible que es pot extreure a la comarca de la Vall d'Aran en el període de un any. Per aconseguir aquestes dades se han realitzat diferents formules matemàtiques a partir dels resultats aconseguits en l'etapa anterior.

I en una darrera etapa se introdueix la metodologia per al anàlisi de la capacitat energètica de la biomassa potencial disponible. En aquesta etapa se introdueixen els mètodes necessaris per a obtenir la capacitat energètica del total d'unitats de biomassa potencial accessible, per així, poder comparar-les amb la resta de fonts d'energia utilitzades per a generar energia tèrmica a l'àrea d'estudi.

En cadascuna de les etapes s'inclou un esquema, a mode de síntesi, sobre els procediments duts a terme.

S'ha de anomenar que no hi ha una metodologia específica ni un mètode concret per desenvolupar aquest tipus de treball d'investigació i hi ha alguns antecedents que utilitzen mètodes similars però amb diferències. En aquest treball se ha optat per dissenyar la següent metodologia per tal de aconseguir els resultats de forma més realista i amb una visió més conservadora del territori, principalment de l'àrea forestal, i respectant els límits normatius, geofísics i ambientals que aquest territori presenta.

5.2.1. Procediment per a la determinació de les àrees òptimes d'extracció de biomassa forestal.

En aquesta primera fase es pretén assolir l'àrea de biomassa disponible al territori comarcal, concretament les àrees amb massa forestal diversa útil per a la elaboració de bio-combustible fòssil en forma d'estella. Aquest fet comporta que hi hagi una sèrie de factors i limitacions que establiran els paràmetres a tenir en compte per a la obtenció de les àrees òptimes, i per extensió, àrees excloents d'on no és possible l'obtenció de biomassa.

Segons diferents fonts de informació consultades anteriorment es defineixen els factors limitants que Aquests factors limitants són de dos tipus: geofísics i ambientals. En primer lloc s'han de valorar els factors Geofísics i en segon lloc s'han de tenir en compte els factors ambientals.

Tipus de factor	Factor
Geofísics	Pendent Accessibilitat
Ambientals	Tipus de coberta vegetal Fracció de coberta vegetal Espais protegits d'interès natural Disponibilitat de biomassa

Figura 15. Taula de Factors Que influeixen en l'Aprovisionament de Biomassa Forestal

Font: Elaboració Pròpia a partir de dades del Consorci Forestal de Catalunya, 2018

Factors Geofísics.

Segons el Consorci Forestal de Catalunya (2018), s'entén per factor geofísic “tots aquells factors de caràcter endogen, definits com tots els processos provinents del interior de la Terra que creen, modifiquen i transformen la part superficial de aquesta”. A continuació es descriuen aquests factors geofísics, la pendent i l'accessibilitat, i es mostra la representació cartogràfica fruit de l'aplicació d'aquests factors.

a. La pendent

La pendent és el primer factor limitant que s'ha de tenir en compte en aquest territori. La nostra àrea d'estudi com ja s'ha concreat anteriorment, té unes característiques pròpies del Pirineu Axial degut a la seva localització geogràfica, i aquest fet comporta que hi hagi una alta varietat en alçades que oscil·len des dels 475 metres als 3.012 metres, on els seus boscos experimenten una important pendent.

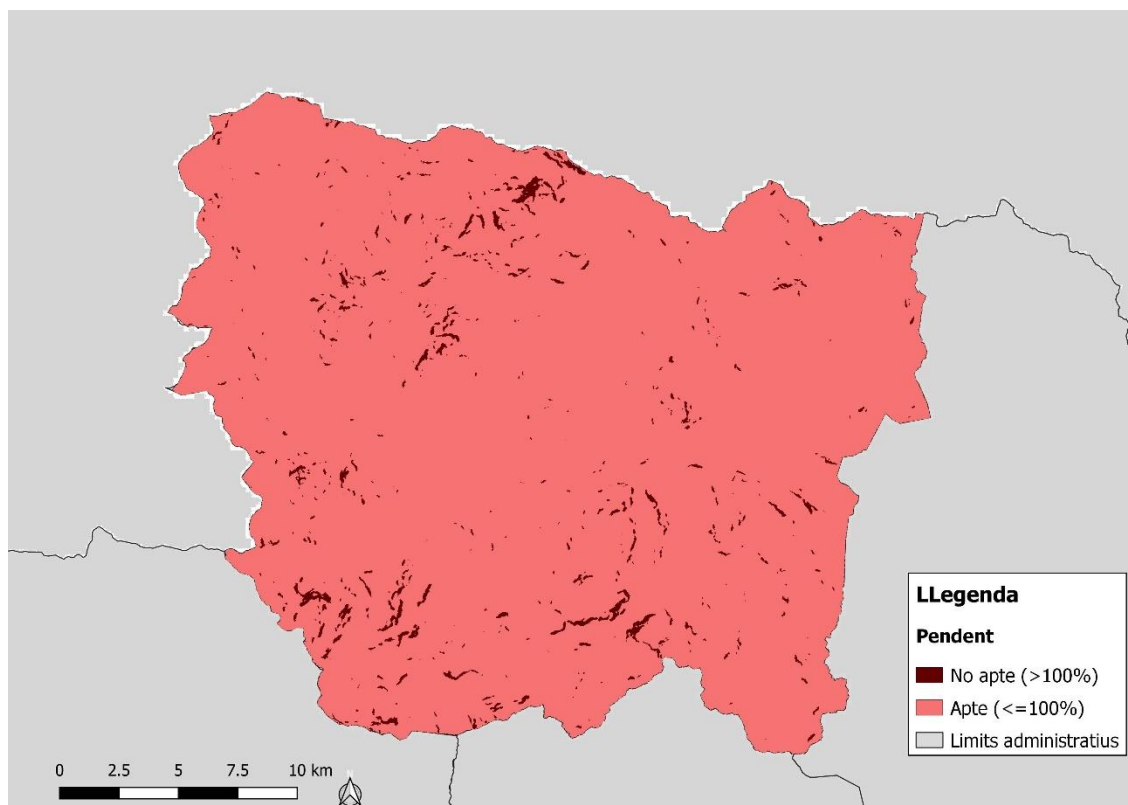
En zones amb un alt percentatge de pendent no es pot actuar en termes de extracció forestal degut a que no hi ha els mitjans adients per a aconseguir-ho.

Segons els paràmetres establerts per part del Consorci Forestal de Catalunya (2009), la pendent està vinculada amb l'accessibilitat a la matèria prima forestal necessària per a la producció de biomassa solida.

Per poder accedir a aquesta matèria es necessari una Pendent inferior o igual al 100%.

(Pendent <= 100%).

Es considera la pendent com a un paràmetre complementari per a la definició dels criteris d'accessibilitat a partir d'una sèrie d'interval·ls. Per tant, el factor de la pendent està estretament relacionat amb el factor d'accessibilitat.



Mapa 9. Mapa de Pendent en percentatge (%) de la Vall d'Aran

Font: Elaboració pròpia a partir del Model Digital d'Elevacions (MDT25), 2011

A partir de l'elaboració del **mapa 9**, es pot visualitzar com les àrees amb una pendent superior al 100% s'han classificat com a no aptes, mentre que les inferiors o equivalents al 100% s'han denominat com a zones aptes, a la **figura 16** és pot veure la quantitat d'hectàrees de cadascuna d'aquestes superfícies repartides en l'àrea d'estudi.

Classificació de la pendent	Àrea	Àrea (%)
No apte	1.317	2%
Apte	61.981	98%
Total	63.298	100%

Figura 16. Taula d'ocupació de les zones aptes (<= 100%) i no aptes (>100%)

Font : Elaboració pròpia

Al establir aquest factor únicament es redueix l'àrea d'estudi en un 2%, i queda com a zona apta un total de 61.981 hectàrees.

b. L'accessibilitat

L'accessibilitat al medi forestal és un factor amb una rellevància important per a dur a terme les activitats extractives de massa forestal als boscos de la Vall d'Aran. S'han de tenir en compte dos fases. La primera

fase d'accessibilitat fa referència a com es pot accedir a les zones on hi ha disponibilitat de massa forestal. La segona fase d'accessibilitat fa referència a com accedir a aquesta massa forestal però per realitzar activitats extractives de biomassa.

b1.Accés la massa forestal

L'accés a les zones de massa forestal dels boscos de la Vall d'Aran es realitza a través de vies de comunicació de tipus no urbà o denominades col·loquialment com a pistes forestals. En aquest territori hi ha un desplegament de pistes forestals les quals compleixen la normativa extreta de la memòria del "Quinto Congreso Forestal Espanyol" (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Àvila, 2009). Aquesta normativa concreta diferents aspectes a tenir en compte per procurar aquest accés als boscos des de les pistes forestals.

L'amplada d'una pista forestal ha de ser superior a 3,5 metres de amplada (**Amplada > 3,5 metres**), a les corbes l'amplada ha de ser igual o superior a 4 metres (**Amplada > 4 metres**).

En quant a la pendent, aquesta no ha de ser superior al 8% (**Pendent < 8%**), excepte en casos excepcionals on l'orografia del terreny obligui a superar aquests límits. Per tant, s'especifica una pendent no superior al 13% (**Pendent <= 13%**), i la longitud del tram amb aquesta pendent serà menor a 75 metres (**Longitud <= 75 metres**).

Per tant en aquest treball d'investigació s'introdueixen aquells accessos catalogats com pistes forestals que reuneixin els requisits anomenats anteriorment. Pistes forestals amb una amplada superior a 4 metres.

(>= 4 metres) i una pendent inferior o igual al 13% (Pendent <= 13%).

Un altre tipus de accés que s'utilitza regularment al medi forestal del territori són les denominades tiraderes. Aquests són accessos creats en les zones boscoses principalment que s'utilitzaven per a realitzar activitats extractives. Moltes pistes forestals havien format anteriorment tiraderes i aquestes es van adaptar amb el temps ja sigui amb trams asfaltats o trams de sorra i pedra. A la **figura 17** es pot veure una pista forestal asfaltada, a la **figura 18** una pista forestal sense asfaltar i a la **figura 19** una tiradera sense a condicionar.

Les pistes asfaltades es solen trobar als indrets on la cota d'altitud es baixa o on hi ha algun lloc o emplaçament d'interès turístic.

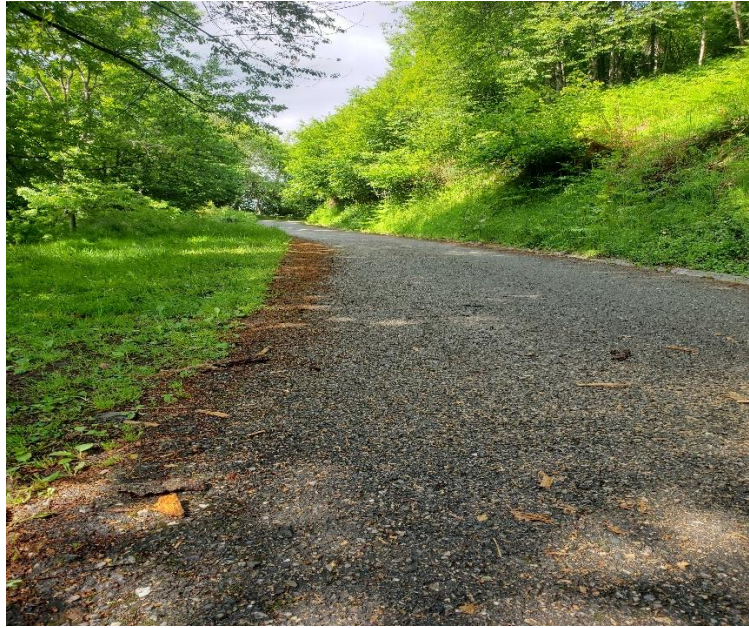


Figura 17. Pista forestal asfaltada al municipi de Les, Vall d'Aran.

Font: Elaboració pròpia.

En canvi les pistes de sorra i pedra, sense asfaltar, es solen situar a cotes d'altitud mes elevades o a zones on l'accés a nivell turístic no es tant rellevant. Aquest tipus de pista forestal també limita l'afluència massiva de persones a algun indret natural, ja que únicament, es pot circular amb vehicles condicionats com son els 4x4.



Figura 18. Pista de Sorra i Pedres sense Asfaltar al Municipi de Les, Vall d'Aran

Font: Elaboració pròpia.

Finalment hi ha una sèrie d'accessos que s'utilitzaven per l'extracció de llenya i producció de fusta, denominats com a tiraderes, moltes d'aquestes amb el pas del temps es van condicionar com a pistes forestals i d'altres es van abandonar.



Figura 19. Tiradera condicionada per a Treballs d'Extracció Forestal al Muncipi de Les, Vall D'Aran.

Font: Elaboració pròpia.

Per aquest estudi s'ha optat per la utilització d'accessos ja creats al medi natural i no s'ha projectat la creació de nous accessos per arribar a àrees amb disponibilitat de biomassa, buscant sempre un posicionament conservador i sostenible per a la realització de l'activitat.

Una vegada s'han establert els criteris d'accessibilitat a través de vies de comunicació no urbà com les pistes forestals i tiraderes, s'ha procedit a la seva plasmació cartogràfica. A la **figura 20** es pot observar el procediment per a l'obtenció de l'accessibilitat als boscos.

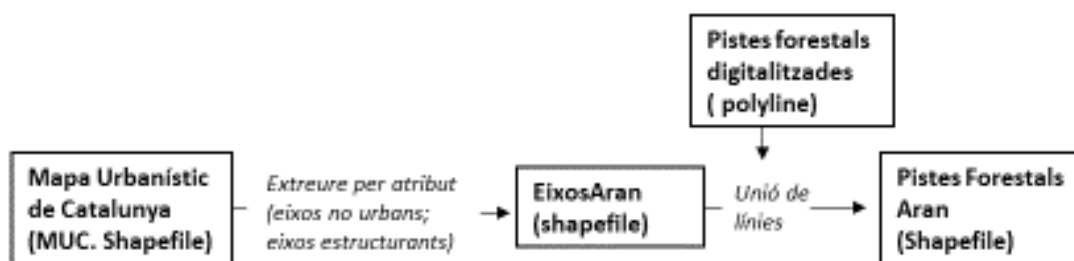
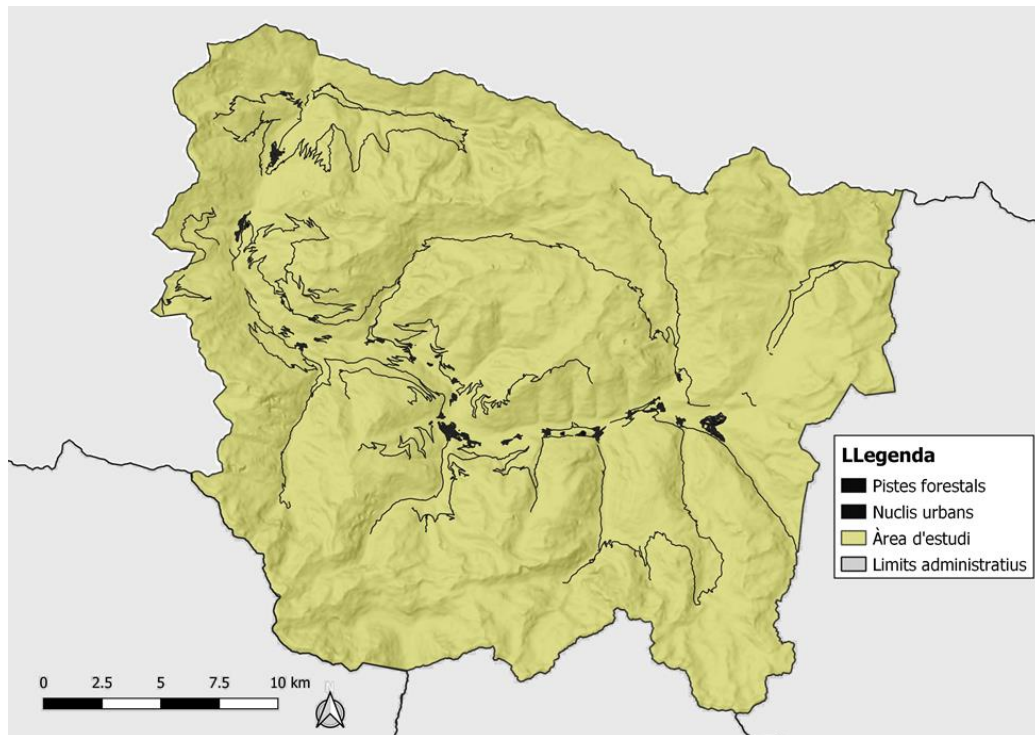


Figura 20. Síntesi del Procediment de la Elaboració Cartogràfica dels Accessos Forestals

Font: Elaboració pròpia.

La informació s'ha extret del Mapa Urbanístic de Catalunya (MUC), concretament s'ha pres la categoria d'eixos de comunicació no urbans i també s'han digitalitzat trams de pistes forestals que no apareixien cartografiades al MUC, però que si que reuneixen les condicions anomenades anteriorment. A l'haver establert els paràmetres anteriors han sorgit un total de 488 kilòmetres de pistes forestals que es poden observar distribuïdes en l'espai al **mapa 10**.

Aquests eixos de comunicació han sigut els que s'han utilitzat per establir els paràmetres d'accessibilitat continuació als boscos per l'extracció de biomassa.



Mapa 10. Pistes forestals òptimes per a l'extracció de Biomassa Forestal a la Vall d'Aran.

Font: Elaboració pròpia a partir del Mapa Urbanístic de Catalunya (MUC), 2020 i digitalització a través del visor Hipermapa.

B2. Accés a la massa forestal per l'extracció de biomassa

Un criteri relacionat amb els dos factors anteriors es l'accessibilitat disponible a les àrees d'extracció adients al medi forestal.

Aquesta accessibilitat segons l'Observatori de la Biomassa (Consorci Forestal de Catalunya, 2009), es regeix per una sèrie de criteris que relacionen entre si la pendent i la distància respecte als accessos al medi forestal.

Per a pendents amb un percentatge menor o igual a 30% ($\leq 30\%$) es pot accedir a una distància màxima de 400 metres (≤ 400 m).

Per a pendents amb un percentatge de entre el 30 al 60% (**>30% a <=60%**) es pot accedir a una distància màxima de 75 metres (**<=75m**).

Per a pendents de entre 60 i 100% de pendent (**>60% a <= 100%**) es poden accedir fins 35 metres de distància (**<= 35 m**).

Seguint els requisits anomenats anteriorment, l'objectiu es aconseguir una cartografia que delimiti les zones accessibles per extreure biomassa als boscos de la Vall d'Aran.

Primer es realitza el càlcul de pendents de la Vall d'Aran a partir del model digital d'elevacions de Catalunya (MDE), del qual s'ha extret únicament el Model Digital d'Elevacions corresponent a la zona de la comarca de la Vall d'Aran.

Una vegada s'ha adquirit aquest MDE s'ha realitzat una operació per tal de adquirir un mapa de pendents expressada en percentatges (%). Aquesta pendent s'ha distribuït en tres intervals segons els paràmetres anomenats anteriorment, el primer interval s'estableix de 0 a 30 % de pendent, el segon compren l'àrea d'entre el 30 a 60% i com a tercer interval es comprèn l'àrea del 60 a 100%.

Tenint en compte les pendents de l'àrea de la Vall d'Aran, s'ha d'obtenir una cartografia que estableixi les diferents distàncies que hi ha al voltant de les pistes forestals de l'Aran, per aquest motiu s'ha generat un mapa de distàncies des d'aquestes vies de comunicació. On s'han destacat tres trams diferents, el primer tram on la distància es de 35 metres, el segon tram on la distància es 75 metres, el tercer tram on la distància es de 400 metres.

Un cop obtingudes aquestes capes de informació cartogràfica s'ha realitzat una operació de superposició ponderada a partir dels condicionants anomenats anteriorment. El resultat d'aquesta superposició ponderada ha aportat aquelles zones on la maquinaria forestal utilitzada en l'extracció de biomassa pot intervenir des de les pistes forestals. Aquestes zones s'han denominat zones d'extracció. Tot aquest procés es pot veure sintetitzat a la **figura 21** introduïda posteriorment, i també es pot visualitzar el resultat al **mapa 13** que s'introdueix al final de l'apartat.

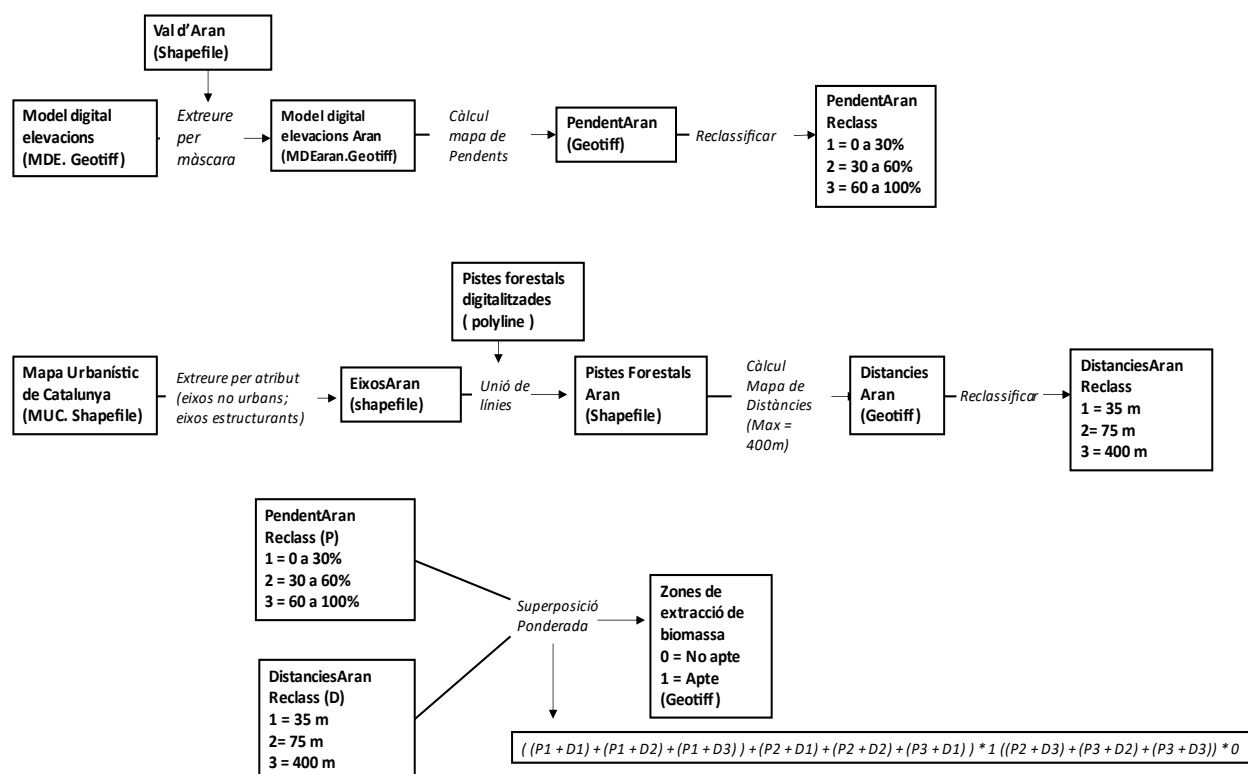


Figura 21. Síntesi del procediment d'elaboració de les Àrees Òptimes d'Extracció de Biomassa a la Vall d'Aran

Font: Elaboració pròpia

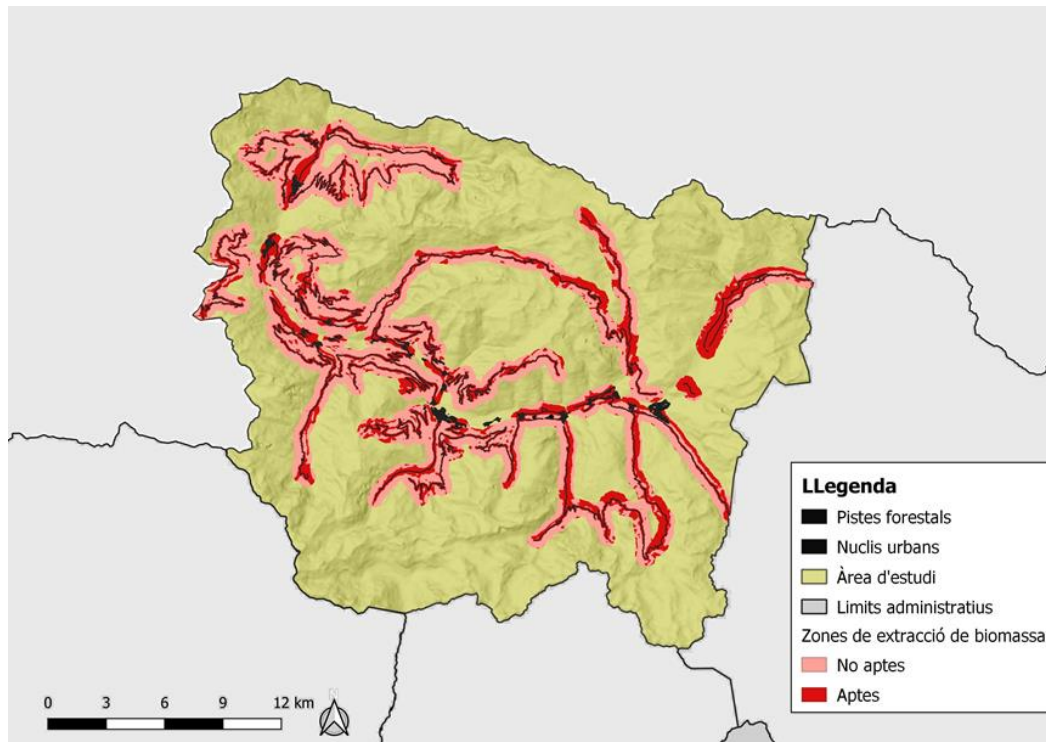
El resultat del tractament de dades exposat anteriorment es pot veure quantificat a la **figura 22**, on es mostra la superfície equivalent a l'àrea d'extracció de biomassa forestal accessible a l'àrea d'estudi.

Àrea d'extracció de biomassa forestal	Superfície (ha)	Superfície (%)
No apte	10.871	17,19%
Apte	7.448	11,78%

Figura 22. Superfícies aptes i no aptes de les àrees d'extracció de biomassa forestal.

Font: Elaboració pròpia

A partir de la figura anterior es pot veure com l'àrea d'extracció accessible equival únicament a un 11,78% del total de l'àrea d'estudi i finalment queda com a àrea no accessible el 17,19% del total de l'àrea d'estudi. Posteriorment es poden veure distribuïdes pel territori al **mapa 11**.



Mapa 11. Zones d'extracció de biomassa forestal a la Vall d'Aran

Font: Elaboració pròpia a partir del Mapa de Pendents (%) i Pistes Forestals Òptimes per a l'Extracció de Biomassa a la Vall d'Aran.

Factors Ambientals.

Segons el Consorci Forestal de Catalunya (2008), es defineix com factor ambiental:

“Aquells elements ambientals que construeixen la interrelació, la qual condiciona la dinàmica de la vida a la Terra. Es consideren com agents o accions naturals que tenen el potencial per a transformar components ambientals de manera individual o hàbitat en conjunt. Aquest elements es divideixen entre abiòtics i biòtics. Cadascun de aquests elements influeixen de forma diferent dirigint-se sempre cap a produir les condicions que fixaran que un organisme habiti en certa zona i que aquest tingui unes característiques diferents depenent de la zona on s'estableixi. En termes de ecosistema i biodiversitat els factors ambientals determinen les característiques de cadascun dels termes anomenats anteriorment”.

A continuació es descriuen aquests factors ambientals i es mostra la representació cartogràfica fruit de l'aplicació d'aquests factors així com els diferents esquemes dels procediments realitzats a cada base cartogràfica.

a. Tipus de vegetació.

Aquest factor ambiental determina quin tipus de espècie vegetal es la predominant a cada part de l'àrea d'estudi. Segons l'estudi "Evaluación del Potencial de Energia de la Biomasa", (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energia(IDAE), 2020), per a poder generar biomassa la matèria prima ha de ser llenyosa i amb un diàmetre mínim de 7,5 centímetres, per tant se ha de distingir les espècies arbòries de les espècies vegetals herbàcies i matollars amb un diàmetre de tija llenyosa menor al diàmetre denominat anteriorment.

A partir del Mapa Forestal d'Espanya (MFE50), s'han obtingut les diferents espècies vegetals predominants a la comarca de la Vall d'Aran així com la identificació de les àrees boscoses. A la **figura 23** es pot veure el procés del tractament de la informació cartogràfica del Mapa Forestal d'Espanya (MFE50), per tal d'aconseguir la informació necessària establerta anteriorment.

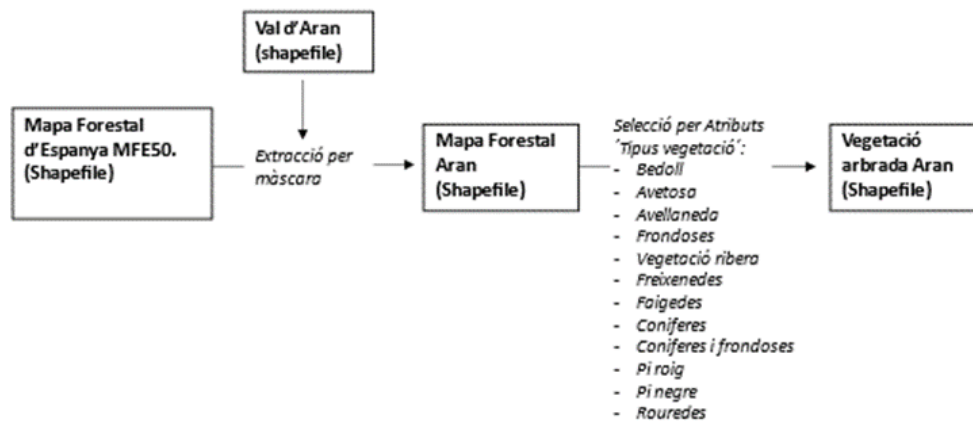
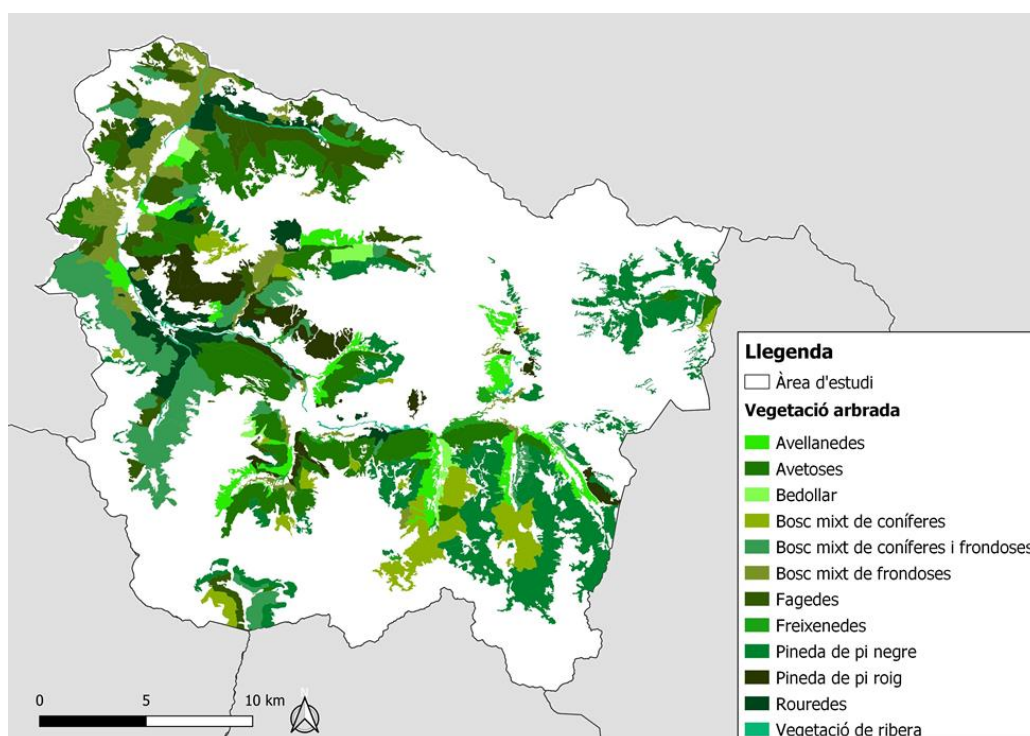


Figura 23. Síntesi del procediment d'elaboració de la cartografia de la vegetació arbrada a la Vall d'Aran.

Font: Elaboració pròpia.

Posteriorment a **mapa 12** es poden veure el total d'espècies dominants resultants de l'operació realitzada i la seva distribució per l'àrea d'estudi.



Mapa 12. Mapa de vegetació arbrada a la Vall d'Aran.

Font : Elaboració pròpia a partir del Mapa Forestal d'Espanya (MFE50), 2006.

Posteriorment a la cartografia es pot analitzar quina superfície, expressada en hectàrees, ocupa cadascuna de les espècies vegetals arbòries dominants. Aquestes dades s'expressen a la **figura 24**, que apareix a continuació.

Espècie vegetal arbòria	Àrea (ha)	Àrea (%)
Avellanedes	1.554	6,10%
Avetoses	5.118	20,10%
Bedollars	358	1,41%
Bosc mixt de coníferes	1.772	6,96%
Bosc mixt de coníferes i frondoses	3.047	11,97%
Bosc mixt de frondoses	2.085	8,19%
Fagedes	2.391	9,39%
Freixenedes	273	1,07%
Pinedes de pi negre	5.434	21,34%
Pinedes de pi roig	1.611	6,33%
Rouredes	1.568	6,16%
Vegetació de ribera	251	0,99%
TOTAL	25.462	100,00%

Figura 24. Ocupació de les espècies vegetals arbòries a la Vall d'Aran

Font : Elaboració pròpia a partir del Mapa Forestal d'Espanya (MFE50), 2006.

La vegetació arbrada ocupa un total de 25.462 hectàrees en total. L'espècie arbòria predominant a la regió es el pi negre, seguit de les avetoses amb més d'un 20% d'ocupació cadascuna. La següent espècie predominant és el bosc mixt de coníferes i frondoses, seguit de les fagedes i el bosc mixt de frondoses indefinides. Les coníferes, les rouredes, les pinedes de pi roig i les avellanedes ocupen una superfície similar. Finalment el bedollar ocupa una superfície escassa i tal com es pot veure al **mapa 12** es concentra a una part concreta de l'àrea d'estudi.

b. Fracció de coberta vegetal.

Segons la Guia de Interpretació dels Serveis Ecosistèmics de Catalunya, (Secretaria de Medi Ambient i Sostenibilitat, 2020):

“S'entén com a fracció de coberta vegetal o recobriment arbori, la suma de la superfície de les capçades de tots els arbres vius amb un diàmetre normal superior als 7,5 centímetres que hi ha per hectàrea. S'obté aplicant a cada arbre mesurat a la parcel·la de mostreig l'equació al·lomètrica que relaciona el diàmetre de les capçades segons l'espècie amb el seu diàmetre normal. El recobriment així calculat és un valor que pot superar el 100% a causa del solapament de capçades. Aquest factor es té en compte per a diferenciar les masses boscoses segons els atributs estructurals i qualitatius necessaris per a l'aprofitament de biomassa”.

Per a conservar la integritat boscosa únicament es tindran en compte aquelles àrees de bosc que tenen una fracció de coberta superior al 70%.

(Fracció > 70%)

Per aconseguir aquest paràmetre se realitza el procés exposat posteriorment a la **figura 25**.

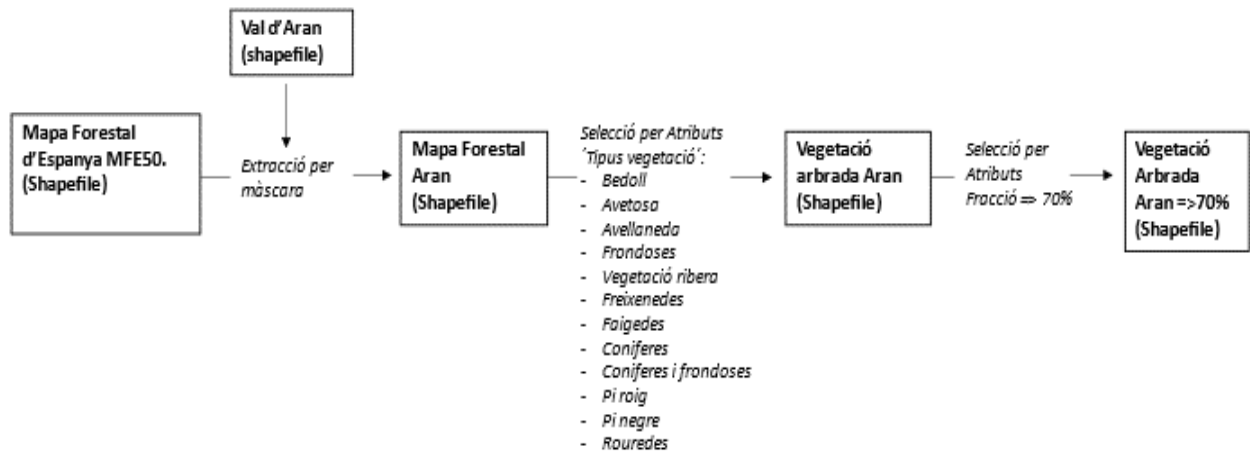
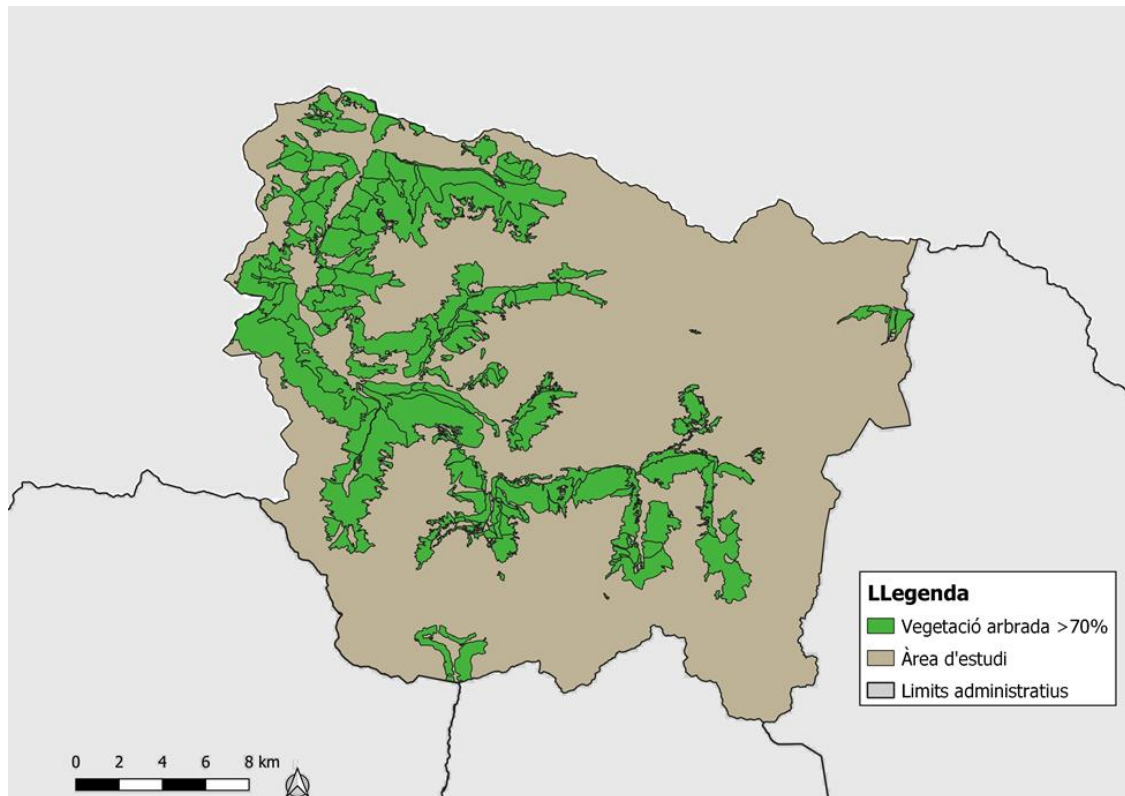


Figura 25. Síntesi del procediment per a la elaboració del Mapa de Vegetació Arbrada Aran amb 70% de Coberta Vegetal.

Font: Elaboració pròpia.

Aquest factor s'ha de tenir en compte ja que d'aquesta manera no s'interfereix sobre el creixement estructural de la massa boscosa, ni s'afavoreix a la inestabilitat dels processos erosius dels sòls. La fracció de coberta vegetal és útil per a obtenir la frondositat dels diferents estrats forestals. Aquesta informació està disponible al Mapa Forestal d'Espanya (MFE50). Posteriorment al **mapa 13** es pot observar el total de vegetació arbrada amb un 70% de coberta i coberta superior al marc de l'àrea d'estudi. La superfície amb vegetació arbrada amb un 70% de coberta vegetal equival a 15.896 hectàrees, redueix en 9.566 hectàrees la superfície ocupada per el total de vegetació arbrada i representa el 25% del total de la superfície de l'àrea d'estudi.



Mapa 13. Mapa de Vegetació Arbrada amb Coberta Vegetal superior o equivalent al 70% a la Vall d'Aran.

Font: Elaboració pròpia a partir del Mapa Forestal d'Espanya (MFE50), 2006 i el Mapa Vegetació Arbrada Aran.

c. Espais naturals de protecció especial.

Segons el Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya (2020), un Espai Natural de Protecció Especial (ENPE) es defineix com:

“Un tipus especial de espais naturals protegits designats específicament pel seu interès científic, ecològic, cultural, educatiu, paisatgístic i recreatiu, amb l'objectiu de dotar-los d'uns règims de protecció i de gestió adequats a aquestes característiques. Formen part del sistema d'espais protegits de Catalunya i juntament amb la resta els ENP i el territori Natura 2000, configuren tot el sistema d'espais naturals protegits de Catalunya”

Els ENPE particularment estan dotats de una protecció superior que la resta dels espais naturals protegits i compten amb una regulació jurídica pròpia i una gestió individualitzada.

La Llei 12/2006 Llei d'Espais Naturals de Catalunya estableix quatre categories d'espais naturals de protecció especial distribuïts en Parc Nacional, Parcs Natural, Reserves Naturals i Paratges naturals d'interès nacional. En aquesta llei hi ha una sèrie d'articles que limiten l'extracció de biomassa així com d'altres activitats d'aprofitament forestal. Com per exemple:

➤ Article 28. Llei 12/1985

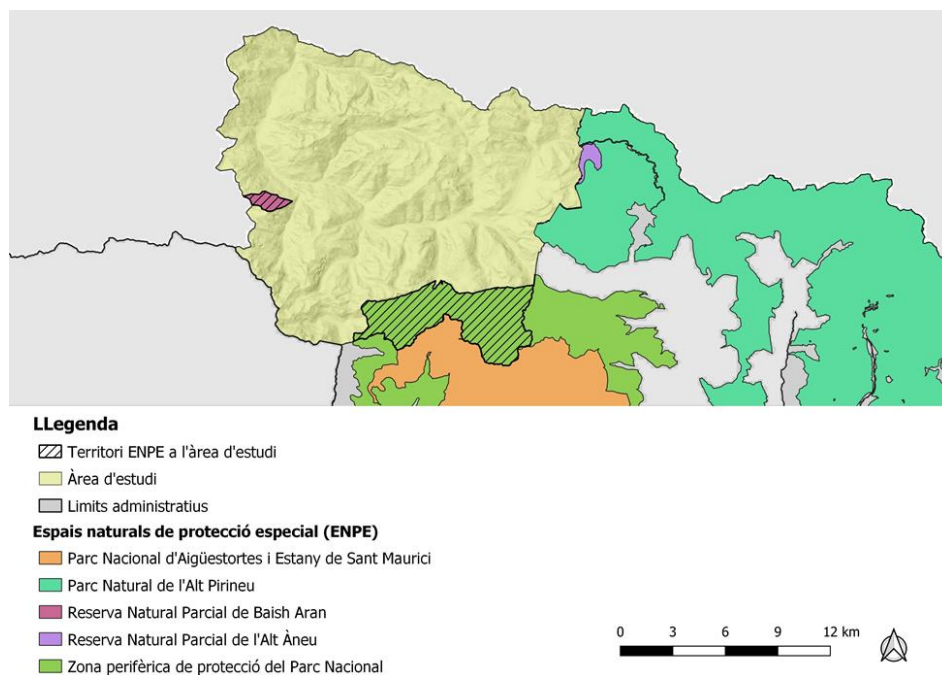
“Amb l'objectiu d'assegurar la salvaguarda dels valors naturals, se suspenen les concessions de autoritzacions lligades amb l'aprofitament forestal i cinegètic”

➤ Article 18. Llei 12/ 1985

“ No està permesa la circulació de mitjans motoritzats en els espais naturals sotmesos a algunes de les modalitats de protecció especial establertes al capítol IV sense autorització del seu òrgan gestor”.

A través del **mapa 14** es pot veure que la Vall d'Aran introdueix a dins del seu territori els Espais Naturals de Protecció Especial corresponents a la Reserva Natural Parcial del Baish Aran amb un total de 385 hectàrees i la Zona Perifèrica de Protecció del Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici amb un total de 6.295 hectàrees.

Així, s'exclouen tots els territoris que, tot i tenir unes condicions òptimes per a l'extracció de biomassa, formen part d'alguna de les figures de protecció anterior.



Mapa 14. Mapa dels Espais Naturals de Protecció Especial al territori de la Vall d'Aran

Font: Elaboració pròpia a partir del mapa d'Espais Naturals de Protecció Especial (ENPE), 2019

d. Disponibilitat de biomassa.

En aquest apartat s'exposa la metodologia utilitzada per establir la quantitat de biomassa aèria total expressada en tones per hectàrea (t/ha) que hi ha acumulada a la zona de la Vall d'Aran. Per aconseguir aquestes dades se estableixen una sèrie de operacions a partir de l'eina QGIS 3.18.1. Zurich 2020, amb la informació cartogràfica tractada i exposada anteriorment.

El càlcul de biomassa s'ha realitzat a partir de valors mitjans del volum fuster de llenyes grosses i l'increment anual per hectàrea de les parcel·les.

La font d'informació ve proporcionada per la cartografia digital de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC) amb la capa de definició denominada com a variables biofísiques de l'arbrat. Aquesta informació ve proporcionada a partir de dades derivades de parcel·les del 3er Inventari Forestal Nacional (IFN3) i l'Inventari Forestal de Catalunya (IFEC).

A partir de la cartografia anomenada anteriorment es pot analitzar la Biomassa Aèria Total expressada en tones per hectàrea (T/ha), procediment establert a la **figura 26**. Segons la Guia de Interpretació dels Serveis Ecosistèmics de Catalunya, (Secretaria de Medi Ambient i Sostenibilitat, 2020), aquesta capa té en compte tota la biomassa aportada per la part aèria de tots els arbres vius de diàmetre normal superiors al 7,5 cm que hi ha per hectàrea. Aquesta biomassa inclou el tronc, les branques i les fulles. S'obté aplicant cada arbre mesurat l'equació al·lomètrica que relaciona la Biomassa Aèria Total de l'arbre segons espècie, amb diàmetre normal i alçada. La Biomassa Aèria Total s'obté com la suma per tots els arbres segons la espècie predominant de la parcel·la re escalant a valors per hectàrea.

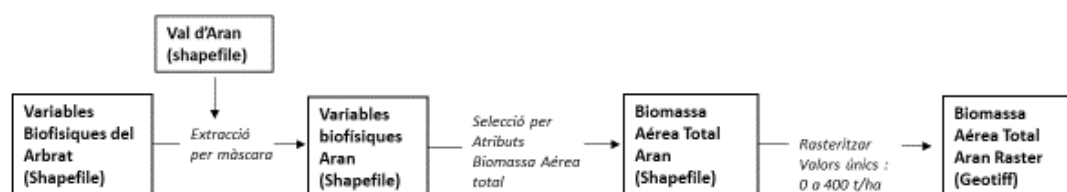


Figura 26. Síntesi del procediment per obtenir la Biomassa Aèria Total accessible a la Vall d'Aran.

Font: Elaboració pròpia.

Amb la capa temàtica denominada Biomassa Aèria Total s'estableixen els valors de biomassa aèria total (t/ha) per a cada hectàrea de l'àrea d'estudi. Per tant, s'han d'establir valors mitjans per hectàrea segons l'àrea total de cada espècie predominant amb una fracció de cabuda superior o equivalent al 70%.

Per poder aconseguir la biomassa aèria total mitjana sobre cadascuna de les espècies vegetals dominants, s'ha retornat a la capa de Vegetació arbrada Aran i s'extreu una capa per a cada tipus de vegetació i es

realitza un càlcul d'àrees dels polígons equivalents a l'extensió de cada tipus de vegetació, aquesta àrea se expressa en hectàrees (ha). Veure la **figura 27**.

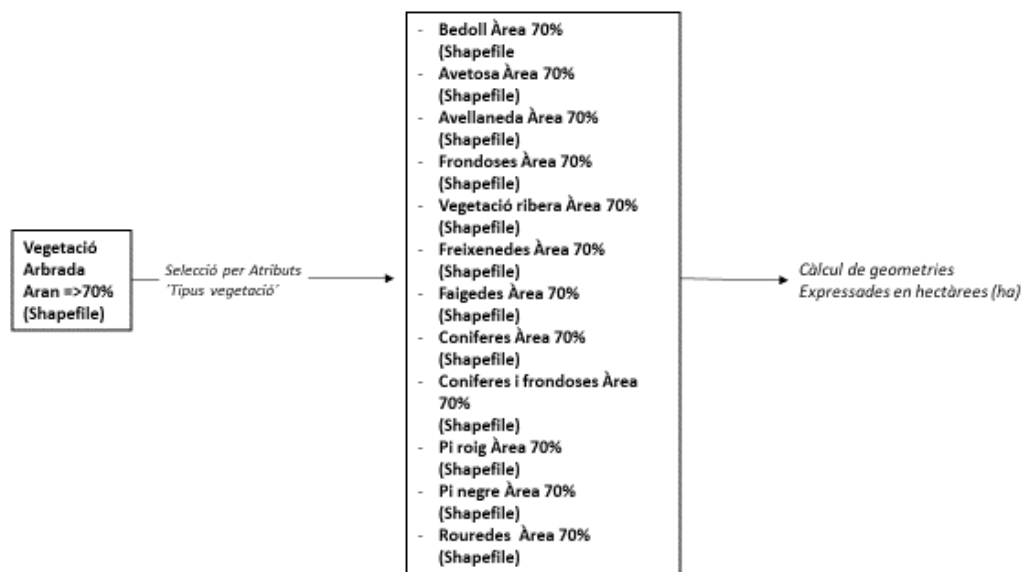


Figura 27. Síntesi del procediment per a la obtenció del total d'hectàrees de cada Espècie Vegetal Arbrada amb 70% de Coberta Vegetal i Accessible

Font : Elaboració pròpia

Posteriorment, com es pot apreciar a la **figura 28**, es classifica a nivell espacial la capa denominada "Biomassa Aèria Total Aran Raster" segons el tipus de vegetació i s'extreu el valor mitjà de biomassa aèria total expressat en tones per hectàrea (t/ha).

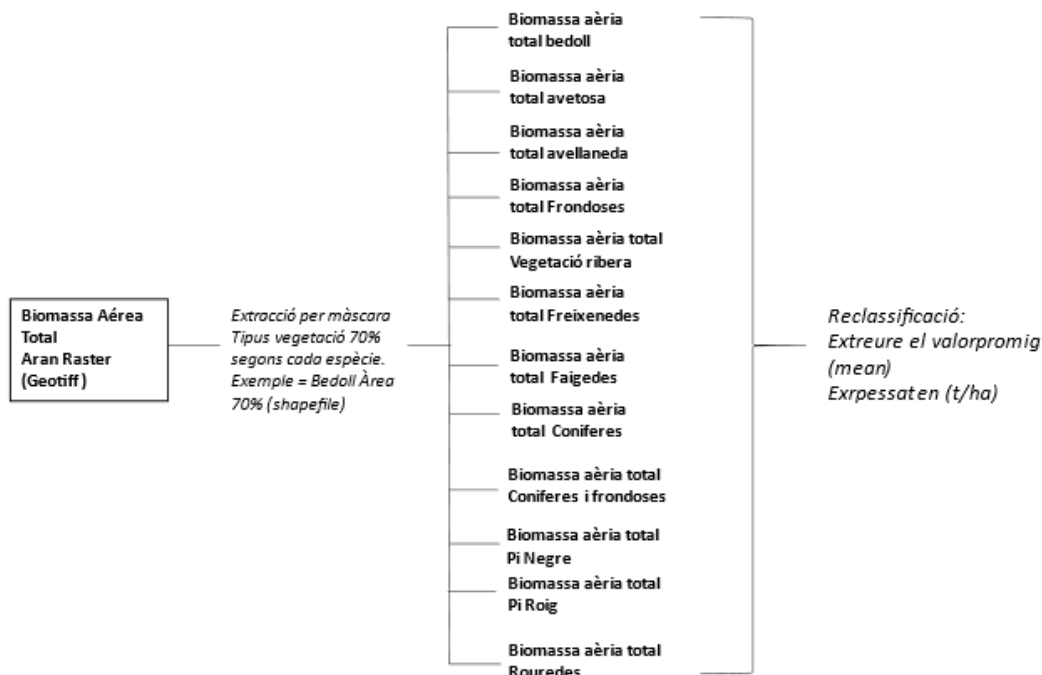


Figura 28. Síntesi del procediment per a l'obtenció del valor mitjà de la Biomassa Aèria Total de cadascuna de les espècies vegetals arbrades amb 70% de coberta vegetal

Font: Elaboració pròpia.

A partir del procés expressat fins al moment se obté la biomassa aèria total expressada en tones per hectàrea (t/ha). És a dir se obté la biomassa que hi ha acumulada als boscos de la Vall d'Aran fins l'actualitat des de l'inici del mostreig.

5.2.2. Metodologia per la obtenció de la biomassa potencial anual disponible.

Un cop establertes les àrees i les espècies vegetals d'on extreure la biomassa, cal realitzar els càlculs per a la transformació d'aquesta biomassa en energia. Un primer pas, és obtenir la biomassa potencial disponible, per posteriorment poder fer els càlculs energètics.

Segons l'estudi tècnic "Evaluación del Potencial de Energia de la Biomasa", (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energia(IDAE), 2020):

"La biomassa potencial disponible és la quantitat de biomassa que es pot extreure considerant l'aprofitament de tota la superfície forestal arbrada accessible en la que es troben les espècies considerades d'interès forestal. Es consideren restriccions de caràcter ecològic o de mecanització, així com el coeficient de recollida i productivitat forestal ".

Els factors a tenir en compte a l'hora de calcular la biomassa potencial accessible són:

- La possibilitat mitjana de cada espècie al llarg de l'any expressat en tones anuals.
- La qualitat de estació, aquesta condicionarà la seva possibilitat mitjana.
- L'ocupació de cada espècie sobre la superfície total neta (%).
- La fracció de cabuda de la coberta arbrada (70%).
- El coeficient de productivitat potencial forestal.

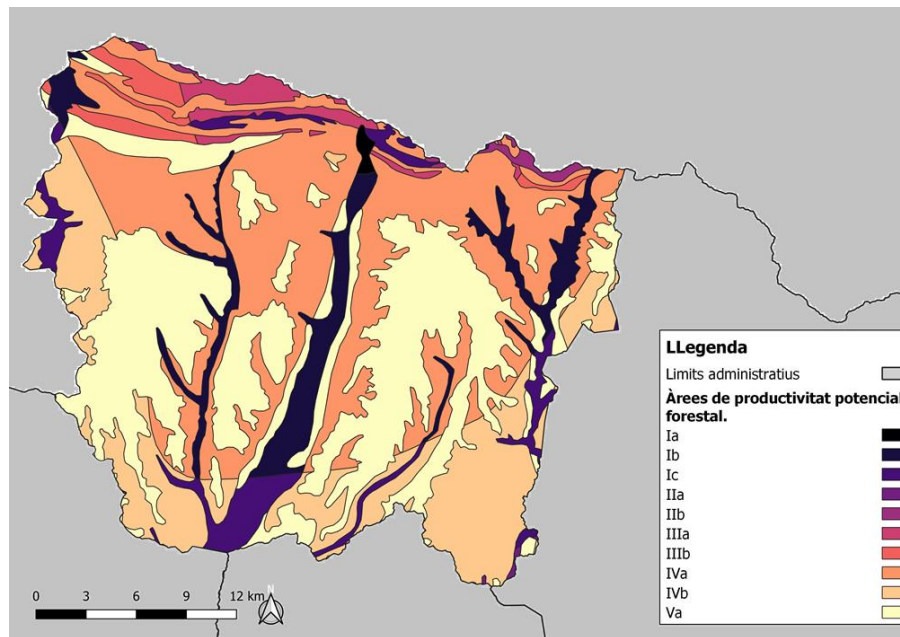
La possibilitat de biomassa definida per a cada espècie ve definida en funció de la qualitat de la estació de cada zona. La qualitat de la estació ve definida per la productivitat potencial forestal, la qual esta condicionada per una sèrie de factors i restriccions que imposen la litologia i la climatologia de cada zona.

Segons els paràmetres climatològics i litològics s'estableixen diferents àrees:

- **Ia, Ib i Ic.** Terrenys que no tenen limitacions per al creixement productiu dels boscos.
- **IIa i IIb.** Terrenys amb limitacions febles per al creixement de boscos productius.
- **IIIa i IIIb.** Terrenys amb limitacions moderades per al creixement de boscos productius.
- **IVa i IVb.** Terrenys amb limitacions moderadament greus per al creixement de boscos productius.
- **Va i Vb.** Terrenys amb limitacions greus per al creixement de boscos productius.

- **Vla i Vlb.** Territoris amb limitacions molt greus.
- **VII.** Territoris amb limitacions suficientment greus com per a impedir el creixement de boscos productius.

Aquests territoris representats cartogràficament a la capa de cartografia temàtica proporcionada “Mapa de Productividad Potencial Forestal” (Ministerio de Transición Ecológica, 2020). Al **mapa 15** es pot veure les diferents àrees de productivitat potencial forestal repartides a l'àrea d'estudi.



Mapa 15. Mapa de les àrees de Productivitat Potencial Forestal a la Vall d'Aran.

Font: Elaboració pròpia a partir del Mapa Potencial Forestal, 2020.

Cadascuna d'aquestes classes se li associa un rang de productivitat forestal amb el seu valor mitjà de la classe així com el coeficient de correcció de les possibilitats exposades, tal i com es pot observar a la **Figura 29**. Aquests valors han estat establerts a partir del Índex climàtic de Paterson, modificat segons la existència dels diferents substrats litològics

Productivitat Potencial forestal (kg/ha/any)		
Classe	Valor de la classe	Coefficient de productivitat forestal
Ia	9,375	2,05
Ib	8,625	1,88
Ic	7,875	1,72
IIa	7,125	1,56
IIb	6,375	1,39
IIIa	5,625	1,23
IIIb	4,875	1,06
IVa	4,125	0,90
IVb	3,375	0,74
Va	2,625	0,57
Vb	1,875	0,41
VIa	1,250	0,27
VIb	0,750	0,16
VII	0,250	0,05

Figura 29. Taula de Coeficients equivalents a les Àrees de Productivitat Potencial Forestal

Font: Elaboració pròpia, a partir de dades del manual de "Evaluación del Potencial de la Energía de la Biomassa", 2020.

Segons el manual de "Evaluación del Potencial de Energía de la Biomassa", (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE), Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, 2020) per tal de aconseguir la biomassa potencial accessible expressada en tones per any (t/any) s'aplica la formula següent :

$$BD \text{ (t/any)} = [\sum (P_{pot} * (O))] * F_{cc} * S * MPPF$$

BD. Biomassa potencial disponible per al aprofitament de restes i arbres complets provinents de masses forestals existents.

P_{pot}. Productivitat de la biomassa de l'espècie (i) segons la tessel·la (t) on es situa.

O. Percentatge de ocupació de la espècie a la tessel·la (t) respecte del total (ha).

F_{cc}. Fracció de cabuda de la coberta arbrada a la tessel·la (t), equivalent al 70%.

S. Superfície total de la espècie vegetal.

MPPF. Coeficient de productivitat potencial forestal a la tessel·la (t).

A partir de la fórmula denominada anteriorment s'obté el total de biomassa potencial que genera una massa forestal amb una fracció de cabuda superior al 70% en unes condicions geofísiques, climàtiques i ambientals concretes i en un espai determinat en el període d'un any. Aquest resultat s'expressa en un tones per any (t/any) i si es divideix pel nombre total d'hectàrees es pot expressar en tones per hectàrea i any (t/ha/any).

5.2.3. Metodologia per al anàlisi de la capacitat energètica de la biomassa potencial disponible.

A partir de l'estudi Biomassa Industria, (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE), Ministerio de Industria Turismo y Comercio, 2008) s'ha extret el procediment per a la transformació de la biomassa potencial disponible expressada en tones per any (t/any) en energia tèrmica, inicialment expressada en kilocalories per kilogram (kcal/kg) i posteriorment en kilo watts hora (Kwh).

Dins de l'apartat Unitats de Conversió i Espècies del manual Unitats de Conversió i Caracterització Qualitativa d'Espècies Vegetals (Observatori de biomassa forestal de Catalunya, 2020), s'inclouen dades sobre la equivalència del poder calorífic en quilo calories (kcal) de un kilogram (kg) de biomassa aportat per cadascuna de les espècies dominants en l'àrea d'estudi.

Segons l'Observatori de biomassa forestal de Catalunya (Consorci Forestal de Catalunya, 2020):

“Es pot definir poder calorífic com una substància o combustible com la quantitat de calor que es genera, per kilogram o metre cúbic de aquesta substància al oxidar-se (cremar-se) de forma completa”

Segons la presència d'aigua als gasos resultants de la combustió va a condicionar que es puguin definir de dos tipus; Poder Calorífic Superior i Poder Calorífic Inferior.

Segons l'Observatori de biomassa forestal de Catalunya (Consorci Forestal de Catalunya, 2009):

“Poder Calorífic Superior (PCS): Es defineix quan tots els elements que intervenen en la reacció de combustió (combustible i aire), són quantificats a 0°C i els productes resultants (gasos de piròlisi o de combustió) són quantificats també a 0°C. Per tant el vapor d'aigua que es genera en la combustió es troba totalment condensat. Per tant en aquest cas també es comptabilitza el calor després en el canvi de fase de vapor d'aigua a aigua líquida”.

Aquesta unitat de mesura també es denomina poder calorífic net. Mesura equivalent al càlcul del poder calorífic de una unitat de biomassa en base humida.

Se ha de tenir en compte que el vapor d'aigua condensat genera un poder calorífic teòric equivalent a 597 kcal/kg, però pot variar segons el percentatge d'humitat de cada combustible analitzat.

Segons l'Observatori de biomassa forestal de Catalunya (Consorti Forestal de Catalunya, 2009):

“Poder Calorífic Inferior (PCI): Es defineix suposant que el vapor d'aigua contingut als gasos resultants de la combustió no condensa, es a dir, l'aigua resultant no canvia de fase y es desprèn en forma de vapor. Per tant en aquest cas hi ha una part de calor generat que es gasta en aquesta transformació de l'aigua en vapor d'aigua. Per tant aquesta unitat de mesura només té en compte la reacció de combustió del combustible sense comptabilitzar la part corresponent al calor latent de vapor d'aigua, ja que no es produeix canvi de fase, sinó que s'expulsa en forma de vapor. Equivalent al poder de calorífic de una unitat de biomassa en base seca.”

L' Observatori de biomassa forestal de Catalunya (Consorti Forestal de Catalunya, 2009) aporta una unitat de mesura per al poder calorífic més adient per al càlcul del poder calorífic de una unitat de biomassa forestal. Aquesta unitat es denomina Poder Calorífic Inferior amb base humida del 20% (PCI20).

Segons l'Observatori de biomassa forestal de Catalunya (Consorti Forestal de Catalunya, 2009):

“Poder Calorífic Inferior amb base humida del 20% (PCI20): Es defineix com l'equivalent al Poder Calorífic Inferior (PCI) tenint en compte que alhora de tractar la biomassa mai es pot adquirir un combustible amb un 0% d'humitat, ja que, aquest tipus de combustible sempre reté un mínim de un 20% d'humitat en condicions òptimes de assecat”.

Per aquest motiu és la unitat de mesura més adient.

En quant s'obté el valor corresponent expressat en kilocalories per kilogram (kcal/kg), el següent pas es transformar aquests valors en Kilo Watts hora (Kwh).

Segons el document “Biomassa Industria”, (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, Ministerio de Industria Turismo y Comercio, 2008), es defineix kilo Watts hora (Kwh) com la unitat de mesura que expressa la relació entre energia i temps i es la més adient per a analitzar el consum de energia en un període de temps determinat, en aquest cas un any.

Segons el document “Biomassa Industria”, (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, Ministerio de Industria Turismo y Comercio, 2008), el factor de conversió de kilocalories (Kcal) a Kilowatts per hora(Kwh) es equivalent a la unitat següent:

$$1 \text{ Kcal} = 1.16222\text{E-}06 \text{ Kwh}$$

Una unitat de mesura aplicable als resultats dels valors absoluts obtinguts a l'hora d'obtenir els resultats a partir del poder calorífic inferior, poder calorífic superior i el poder calorífic inferior amb un 20% d'humitat.

A mode de conclusió, amb la metodologia exposada anteriorment se han obtingut una sèrie de resultats que es desglossen en els apartats següents. Els mètodes utilitzats han sigut extrets de diverses fonts de informació, se ha de dir que no hi ha una metodologia específica ni un mètode predeterminat per a realitzar un treball d'investigació d'aquestes característiques, per aquest motiu se ha procurat recolzar la metodologia amb documents oficials i amb parts de metodologies establertes per manuals, sempre introduint la, que segons criteri propi, és la més adient per a preservar i conservar les qualitats i virtuts del territori així com la que més s'aproxima a la realitat que es troba a l'àrea d'estudi.

6. Resultats

En aquest apartat s'introdueixen els resultats fruit de l'execució de tots els passos exposats anteriorment a l'apartat de metodologia, l'anàlisi del territori i la recerca de informació relacionada amb la temàtica del treball d'investigació.

Els resultats s'estructuren en tres blocs. En un primer bloc, s'exposen els resultats relacionats amb l'extracció de la biomassa, que fa referència a l'àrea òptima d'extracció juntament amb les espècies vegetals dominants en aquesta àrea.

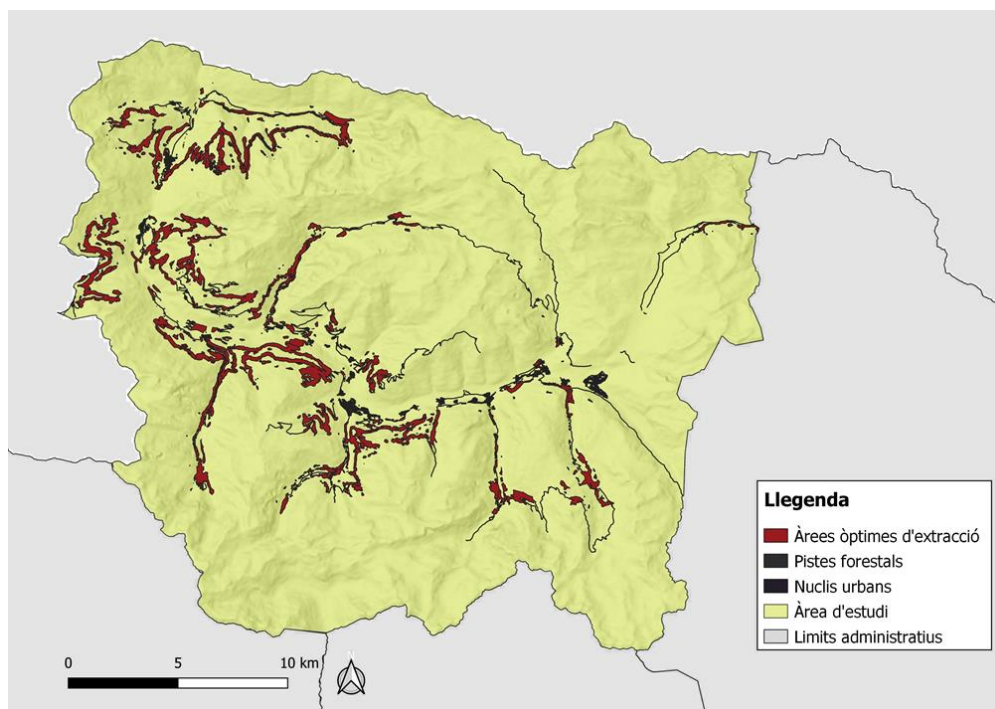
En un segon bloc, i a arrel dels resultats anteriors, s'introdueix la biomassa àrea total que hi ha al territori expressada en tones per hectàrea (t/ha) i classificada per espècies vegetals, posteriorment es mostra el resultat del càlcul de la biomassa potencial accessible, és a dir, aquella biomassa que es genera anualment al territori.

Finalment, en el tercer bloc, es mostra la capacitat de producció d'energia tèrmica de la biomassa i es realitza un estudi comparatiu dels resultats anteriors amb les diferents fonts d'energia fòssil destinades a la producció d'energia tèrmica.

6.1. Descripció i anàlisi de les àrees òptimes d'extracció de biomassa forestal.

En aquest apartat s'analitza l'àrea accessible d'extracció de biomassa forestal. Com s'ha introduït al apartat de metodologia, el procés per a arribar a aquest resultat es basa en el tractament i execució dels paràmetres corresponents als factors geofísics i ambientals. Primer de tot s'ha obviat les àrees amb pendent superior al 100%, posteriorment s'han exposat els accessos al bosc obviat les pistes forestals que no reunien els requisits anomenats anteriorment al apartat corresponent de la metodologia. Una

vegada obtingudes les pistes forestals aptes, un total de 488 kilòmetres de pistes, s'ha aplicat un algoritme que pondera la distància d'accés al bosc des de la pista forestal i la pendent expressada en percentatge que hi ha al voltant d'aquestes pistes. Aquest procés està exposat amb major claredat a l'apartat dedicat a factors geofísics a l'apartat de la metodologia. Posteriorment una vegada obtinguda l'àrea accessible s'han obviat totes les àrees sense vegetació, amb vegetació arbrada amb un diàmetre inferior als 7,5 centímetres. El següent pas ha sigut la de obviar totes aquelles àrees amb vegetació arbòria que no supera el 70% de coberta vegetal, es a dir amb una frondositat menor al 70%. Finalment s'han extret les àrees integrades a dins d'un espai de protecció especial, aquestes zones són bàsicament, l'espai corresponent a la zona perifèrica de protecció del Parc Nacional d'Aigüestortes i la reserva natural parcial del Baish Aran. Per veure amb major claredat, aquest procés es pot visualitzar a l'apartat denominat factors ambientals. El resultat obtingut s'ha denominat com a àrea accessible d'extracció de biomassa forestal que s'ha representat al **mapa 16** del treball d'investigació.



Mapa 16. Àrea accessible d'extracció de biomassa forestal a la Vall d'Aran

Font :Elaboració pròpia

Com es pot apreciar al **mapa 16**, l'àrea accessible d'extracció de biomassa forestal correspon a 5.970 hectàrees repartides al voltant dels 488 kilòmetres de pistes forestals de la Vall d'Aran. Per tant, es pot analitzar el mapa anterior segons el predomini de zones òptimes que hi ha a cada pista forestal.

A la part nord-est del territori s'hi troba la pista que comunica el Pla de Beret amb el santuari de Montgarri, en aquesta zona no hi ha una gran extensió de àrees òptimes d'extracció degut a que és una zona amb una altitud mitjana de 1.600m, per tant hi ha un predomini del estatge vegetal alpi i subalpi, així com un

desnivell pronunciat. El mateix cas passa a la pista forestal que comunica la pedania de Bagergue amb els estanys de Liat. Aquí no hi ha pràcticament vegetació arbòria i arbustiva, és un territori on hi predominen les pastures d'alta muntanya i per tant no hi ha zones d'extracció de biomassa, això també passa a la pista que uneix Bagergue amb la Vall de Varradòs i eth Sauth deth Pish.

A la part sud-est del territori hi ha dos àrees que comparteixen similituds, primer l'àrea per on passa la pista forestal que uneix la pedania de Tredòs amb el circ de Colomers denominada com a pista d'Aiguamòg, i l'àrea per on passa la pista que uneix la pedania d'Arties amb era Restanca i la Vall de Montcasau, denominada com a pista de Valarties. En aquestes dos àrees hi ha diverses Valls que comparteixen una altitud similar, una pendent entre les dos vessants més suau i on hi predomina l'estatge vegetal corresponent a la muntanya mitjana. Tant a la vall de Valarties com a la vall d'Aiguamòg les àrees amb major extensió es situen més al sud i a les vessants més occidentals.

Posteriorment al territori corresponent a la vessant sud, hi ha una pista forestal que comunica les pedanies d'Escunhau i Casarilh amb el llac d'Escunhau, l'àrea per on passa aquesta pista correspon a un estatge montà i de muntanya mitjana on hi ha un gran predomini d'espècies arbòries i per tant hi ha àrees d'extracció més o menys extenses segons la pendent del relleu. En aquesta part del territori hi ha la muntanya de la Tuca, corresponent al municipi de Vielha e Mijaran. En aquesta muntanya hi ha una pista forestal que comunica el municipi de Vielha amb l'antiga estació d'esquí de era Tuca. Aquesta pista forestal travessa un àrea amb major percentatge de pendent que l'anterior però amb unes característiques ambientals similars a l'anterior, per tant també hi ha àrees amb condicions òptimes per extreure biomassa. També s'ha de dir que la pista forestal denominada anteriorment té una variant que continua cap a la Vall de Sarrahèra i que acaba a la boca nord del túnel de Vielha i on també hi ha petites zones òptimes d'extracció. Finalment en aquesta zona hi ha la pista forestal que comunica el municipi de Vielha e Mijaran amb la boca nord del túnel de Vielha i va paral·lela a la carretera nacional N-230, en aquesta pista pràcticament al total del seu voltant es pot extreure biomassa del bosc.

Si es continua analitzant el territori per la vessant sud i en direcció oest es veu la pista forestal que comunica la pedania de Casau amb les seves muntanyes, una pista forestal que travessa un àrea important de bosc on hi ha una bona accessibilitat i condicions ambientals pròpies de l'estatge montà i de muntanya mitjana. L'àrea forestal amb majors condicions en aquesta part sud-oest del territori és la que correspon al bosc de Varicauba, la Bassa d'Oles i la Vall de l'Artiga de Lin. Per aquestes àrees hi ha un predomini de diferents pistes forestals que comuniquen Vielha e Mijaran amb el municipi de es Bòrdes. Aquestes pistes forestals, igual que la pista forestal de Casau, passa per un territori amb una massa boscosa significativament frondosa i una accessibilitat òptima per a realitzar activitats d'aprofitament de biomassa. Per aquest motiu en tot aquesta àrea, pràcticament la totalitat del voltant de les pistes forestals estan marcades com a zones òptimes d'extracció de biomassa forestal.

Posteriorment a la part oest del territori hi ha l'àrea pertanyent al municipi de Bossòst. En aquest àrea hi ha la zona de bosc de Sauvaga i Còth de Baretja. En aquestes àrees hi ha el predomini del estatge vegetal pertanyent a la muntanya mitjana i hi ha dos pistes forestals que inicien el seu recorregut al cap del port del Portilhon. Pràcticament tot el voltant d'aquestes pistes està marcada com a àrea òptima d'extracció.

A la part central del territori hi ha una sèrie de pistes forestals que comuniquen diferents petites pedanies pertanyents al municipi de Vielha e Mijaran, aquestes pedanies estan comunicades a partir de carreteres locals que s'han considerat com a pista forestal ja que van per part del estatge vegetal montà i de muntanya mitjana i tenen unes condicions òptimes per poder extreure biomassa als seus voltants. De la pedania de Vilac hi surt la denominada pista de Salient, que transcorre a la vessant dreta de la Vall de Salient. La part baixa d'aquesta pista té unes condicions ideals per a realitzar tasques d'aprofitament de biomassa. També destaca la pista de Varradòs, que inicia el seu recorregut a Pònt d'Arròs i finalitza al Sauth deth Pish. En aquesta pista no hi ha una pendent significativa a les seves vessants i travessa completament la vall de Varradòs amb una altitud mitjana de 1000 metres. Aquesta part central del territori es conjuntament amb l'àrea del Pla Bataller i Artiga de Lin com a una de les àrees amb millors condicions per extreure biomassa del bosc.

Seguint per la vessant nord de la vall principal de la Vall d'Aran, al oest de la vall de Varradòs, hi ha els municipis de Arres i Vilamòs. En aquests municipis hi ha diferents pistes forestals que comuniquen els municipis entre si i les seves parts muntanyoses més altes que reuneixen unes condicions bones d'extracció encara que la pendent la limita severament. En aquest territori hi ha una vegetació típica de l'estatge de muntanya mitjana, encara que el bosc és més dispers i dificulta trobar àrees tant òptimes com a les zones anomenades anteriorment.

La última zona amb molt bones condicions es troba a la part nord del territori, on hi ha les pistes forestals del municipi de Les, la pista de la vall de Toran, la pista de Serralonga al municipi de Bausen i la pista de Canejan. Els voltants de la pista de la vall de Toran pràcticament té un àrea amb una gran aptitud per extreure biomassa, aquí hi ha un estatge montà i sub-montà vegetal, on hi ha boscos amb una gran frondositat. A la pista de Canejan la pendent és major i limita l'accessibilitat, encara que els factors ambientals són relativament bons. Finalment a la zona de Bausen les condicions són similars a les de la Vall de Toran.

Finalment com a mode de resum és pot dir que les àrees amb menor capacitat d'extracció són a la part nord-est i sud-est del territori, l'àrea amb majors condicions és la corresponent a la part sud-oest i la part central. Mentre que l'àrea amb condicions més mitjanes es situa a la part nord i nord-oest del territori. Les valls amb majors condicions són l'Artiga de Lin, la muntanya de la Tuca, el Pla Bataller, la vall de Toran i la vall de Varradòs.

A partir de l'execució de l'apartat de la metodologia corresponent al anàlisi dels factors ambientals i concretament el factor ambiental denominat com a tipus de vegetació. S'han obtingut un total de 12 espècies arbòries dominants repartides per tota l'àrea òptima d'extracció de biomassa forestal.

Les espècies arbòries que predominen a l'àrea d'extracció es poden classificar essencialment en dos grups. Les espècies aciculifòlies de coníferes i les caducifòlies de frondoses.

Les espècies de coníferes que tenen un predomini clar a diferents parts del territori sobre la resta són l'abetosa, el pi roig i el pi negre, a més hi ha localitzades altres coníferes sense especificació.

En quant a les espècies de frondoses les espècies que predominen per sobre d'altres espècies al territori són, el bedoll, l'avellaneda, el freixe, el faig, i el roure. Hi ha d'altres frondoses que ocupen una part de l'àrea òptima però que no tenen una espècie predominant.

També destaca la vegetació típica de ribera com a espècie dominant en algunes parts i finalment a les àrees de transició entre estatges vegetals hi ha una figura denominada com a bosc mixt de coníferes i frondoses, degut a que en aquestes àrees es combines dos o més espècies d'aquest tipus.

A la **figura 30** s'exposa una taula de dades on es pot visualitzar el total d'hectàrees que ocupa cadascuna d'aquestes espècies a dins l'àrea d'extracció òptima.

Numèric	Nom espècie vegetal	Superfície (Hectàrees)	Percentatge (%)
1	Bedoll	32,95	0,55%
2	Avetosa	1.899,94	31,82%
3	Avellaneda	266,13	4,46%
4	Altres frondoses	790,36	13,24%
5	Vegetació ribera	48,30	0,81%
6	Freixenedes	177,49	2,97%
7	Fagedes	319,55	5,35%
8	Altres coníferes	1.231,62	20,63%
9	Coníferes i frondoses	543,47	9,10%
10	Pi roig	262,63	4,40%
11	Pi negre	29,28	0,49%
12	Rouredes	368,35	6,17%
TOTAL		5.970,06	100%

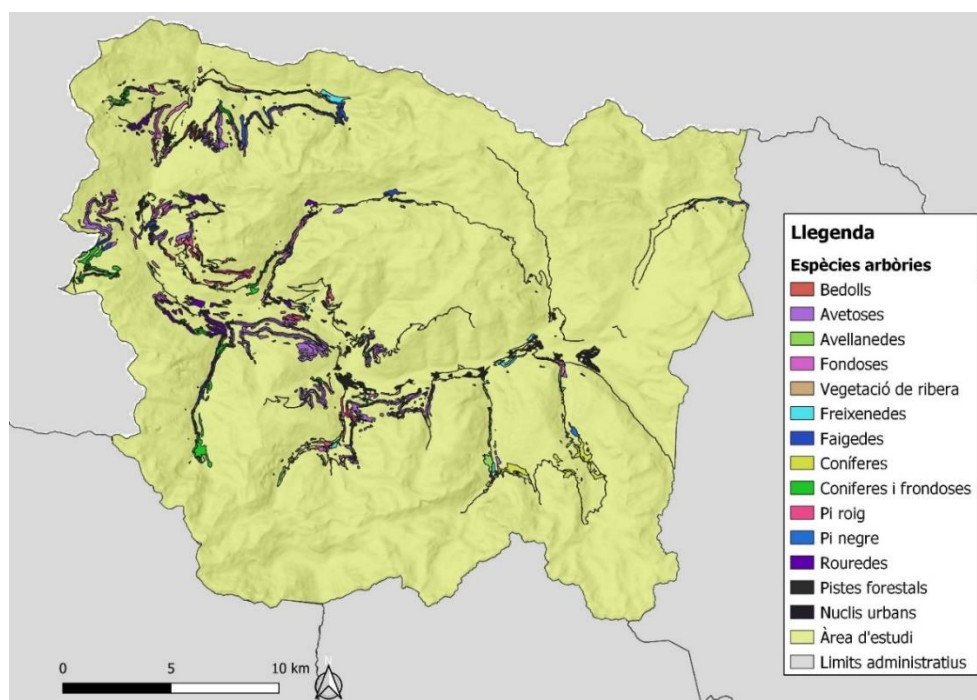
Figura 30. Superfície ocupada per les espècies vegetals arbòries dominants a la Vall d'Aran

Font: Elaboració pròpia a partir del Mapa Forestal d'Espanya (MFE50), 2006

Partint de les dades exposades a la **figura 30**, es pot dir que l'espècie vegetal arbòria amb la major part de l'àrea òptima d'extracció de biomassa és l'abet amb un 31,82% i amb un total 1.899,94 hectàrees, la següent espècie és el conjunt d'altres coníferes amb un 20,63% d'ocupació i un total de 1.231 hectàrees, la tercera espècie amb major predomini sobre l'àrea òptima d'extracció es la de frondoses diverses amb un 13,24% i un total de 790 hectàrees i els boscos mixtes de frondoses i coníferes ocupen un percentatge del 9,1% i una superfície total de 543,47 hectàrees. Posteriorment els boscos de rouredes ocupen un 6,17% del total corresponent a 368,35 hectàrees, les fagedes ocupen un 5,35% corresponent a 319,55 hectàrees, el segueixen els boscos d'avellanades amb un 4,46% i un nombre total de 266,13 hectàrees, les freixenedes ocupen un 2,97% i una superfície total de 177,49 hectàrees i el pi roig ocupa un percentatge de 4,40% i un total de 262,63 hectàrees. Finalment el bosc de bedolls ocupa un percentatge del 0,55% un total de 32,95 hectàrees i el pi negre ocupa un total de 29,28 hectàrees que representa un 0,49% del total de la superfície.

Per tant, es pot afirmar que les coníferes són el grup més predominant al territori, amb l'abet com a espècie més significativa. Les frondoses tenen un percentatge menor però també tenen la seva rellevància, no hi ha una espècie d'aquest grup que sobresurti de la resta. Finalment els boscos mixtes d'aquests dos grups i la vegetació de ribera, tenen una menor rellevància.

Posteriorment al **mapa 17** es pot veure i analitzar com es reparteixen les diferents espècies arbòries dominants a la superfície òptima d'extracció de biomassa forestal.



Mapa 17. Distribució de les espècies vegetals arbòries dominants a l'àrea accessible.

Font: Elaboració pròpia.

La espècie més predominant, l'avetosa, és distribueix principalment al bosc de Varicauba, al voltant de la pista forestal del Pla Bataller, a la muntanya de la Tuca, a la muntanya que travessa la pista forestal d'Escunhau i a cotes de muntanya mitjana i transició subalpina de la resta de muntanyes tant a la vessant sud com a la vessant nord, aquesta distribució es pot veure a la zona central i nord del territori.

La resta de coníferes tenen una distribució similar encara que es troben repartides a zones més perifèriques de la vessant sud del territori, fet que també es pot apreciar amb les espècies de pi roig i pi negre. Aquesta distribució és deu a que a les zones perifèriques de la vessant sud hi ha una altitud mitjana superior als 1200 metres i hi ha una gran predomini d'espècies aciculifòlies.

Els boscos de frondoses es situen a altituds més baixes, i a zones més properes al fons de les diferents valls. Degut a la diferència d'alçada a la vessant sud-est pràcticament són inexistents, a l'àrea central hi ha un predomini a les cotes baixes, pertanyents al estatge montà. A la zona nord i oest del territori el predomini d'aquest grup d'espècies és major. A la part oest tant a la vessant sud com a la vessant nord hi ha un predomini de fagedes, i rouredes. A la part nord hi predominen el faig i el freixe i hi ha una petita zona on hi predomina el bedoll, aquesta pertany al municipi de Les i es situa a la part baixa de la pista forestal de Portet i la vall de Toran.

Els boscos mixtos de frondoses i coníferes es situen en cotes mitjanes, on hi ha la separació entre els estatges montà i muntanya mitjana, principalment situats a la part central, sud-oest, oest i nord del territori.

Finalment la vegetació de ribera es predominant a aquelles àrees pròximes als rius de les valls adjacents a la vall principal, les més rellevants són la vall de Varradòs, la vall de Toran i l'Artiga de Lin i la vall del Jueu.

Per tant es pot dir que les coníferes, representades en la seva majoria per l'avet, es situen a cotes d'altitud superiors on es situa l'estatge vegetal de la muntanya mitjana. Les espècies de frondoses no tenen una espècie predominant i es situen a àrees amb cotes d'altitud més baixes que les anteriors pertanyents a l'estatge montà i sub-montà. Els boscos mixtes a zones de transició entre els estatges montà i sub-montà i finalment la vegetació de ribera, situada a les conques dels afluents principals del riu Garona.

6.2. Anàlisi de la biomassa aèria total i potencial

Tenint en compte que ja s'ha obtingut l'àrea accessible d'extracció de biomassa forestal i la divisió d'aquesta àrea per espècies vegetals arbòries s'ha procedit a realitzar el càlcul de la **Biomassa Aèria Total** que hi ha acumulada a l'àrea accessible. Com s'ha anomenat anteriorment al apartat de disponibilitat de

biomassa inclòs a la metodologia, la biomassa aèria total té en compte el volum llenyós de la part aèria de tots els arbres vius de diàmetre normal superiors al 7,5 cm que hi ha per hectàrea. Aquesta biomassa inclou el tronc, les branques i les fulles. Per a realitzar aquest càlcul s'ha obtingut la biomassa àrea total mitjana expressada en tones per hectàrea (t/ha) de cadascuna de la superfície que ocupa cada espècie al territori. Aquesta biomassa total acumulada correspon al període de 1996 a l'any 2020.

El resultat obtingut per a cada espècie vegetal arbòria dominant s'han exposat a la **figura 31** d'aquest treball d'investigació.

Nom espècie vegetal	Superfície òptima extracció (Hectàrees)	Biomassa aèria total mitjana (t/ha)	Biomassa aèria total (t)	Biomassa total (milers de tones)
Bedoll	32,95	125,96	4.150	4,15
Avetosa	1.899,94	216,05	410.482,04	410,48
Avellaneda	266,13	87,06	23.169,28	23,17
Bosc de frondoses	790,36	115,13	90.993,92	90,99
Vegetació ribera	48,30	122,21	5903,15	5,90
Freixenedes	177,49	96,9	17198,72	17,20
Fagedes	319,55	142,37	45.493,69	45,49
Coníferes	1.231,62	171,55	211.284,39	211,28
Coníferes i frondoses	543,47	189,09	102.764,36	102,76
Pi roig	262,63	114,04	29.950,36	29,95
Pi negre	29,28	170,98	5.006,00	5,01
Rouredes	368,35	87,78	32.333,82	32,33
TOTAL	5.970,06	162,5	970.134,81	970,13

Figura 31. Biomassa aèria total per espècies vegetals arbòries.

Font: Elaboració pròpia

A partir dels càlculs realitzats es pot dir que, a l'àrea accessible òptima de biomassa forestal, hi ha un total de 970,13 milers de tones acumulades repartides entre les 5.970 hectàrees. La espècie vegetal arbòria que aporta més biomassa acumulada és l'avetosa, amb un total de 410,48 milers de tones acumulades. La següent espècie que major biomassa acumulada aporta és la de altres coníferes. L'àrea on hi ha una combinació de espècies coníferes i frondoses indefinides hi ha una biomassa acumulada de 102,76 milers de tones, i el bosc de frondoses sense espècie arbòria dominant aporta un total de 90,99 milers de tones. La espècie frondosa que més biomassa acumulada genera es el faig, amb un total de 45,49 milers de tones, la següent espècie és el roure amb un total de 32,33 milers de tones. Seguint la seqüència el pi roig és la següent espècie que major biomassa acumulada aporta amb un total de 29,95 milers de tones, després del faig es torna a la família de les espècies caducifòlies, concretament a l'avellaner que aporta un total

de 23,17 milers de tones de biomassa acumulada, seguit del freixe amb un total de 17,20 milers de tones. Finalment la vegetació de ribera aporta un total de 5,90 milers de tones, el pi negre un total de 5,01 i per últim el bedoll aporta un total 4,15 milers de tones.

La Biomassa Àerea Total mitjana, expressada en tones per hectàrea (t/ha), és una de les quina és l'espècie arbora dominant que ha generat més biomassa àeria total fins a l'actualitat independentment de l'àrea que ocupa al total de l'àrea accessible. De la família de les coníferes i aciculifòlies, l'abet és l'espècie que més biomassa aporta per hectàrea, seguit dels boscos de coníferes diverses, el pi negre i el pi roig. La vegetació de ribera supera a pràcticament totes les frondoses excepte el bedoll i el faig en tones per hectàrea. Finalment d'aquestes frondoses i caducifòlies, l'espècie que més biomassa acumula és el faig, seguit del bedoll, posteriorment el mixt de frondoses, el freixe, el roure i finalment l'avellaner. El bosc mixt de coníferes i frondoses aporta un valor mitja per hectàrea de 189,09 t/ha, un valor alt si es compara amb la resta d'espècies.

En termes generals es pot dir que a l'àrea accessible dels boscos de la Vall d'Aran hi ha una gran quantitat de biomassa acumulada. Aquests valors s'han introduït al treball d'investigació per emfatitzar en que la biomassa és un recurs natural important al territori i que el seu aprofitament podria reduir la massa forestal dels boscos així com ajudar a la seva conservació i creixement estructural.

La **biomassa potencial disponible** mostra la quantitat de biomassa que es genera en un espai determinat en un període determinat. En aquest treball s'ha considerat aquest valor, com la quantitat de biomassa que es pot extreure de l'àrea accessible en un any. D'aquesta manera es pot mantenir un equilibri entre la regeneració de biomassa forestal i la seva extracció, per a que aquest recurs es continuï considerant un recurs renovable. D'aquesta manera la producció d'energia tèrmica és constant anualment i és pot cobrir el mateix percentatge de demanda energètica cada any. Finalment s'ha de dir que el tipus de biomassa que es calcula es la estella, ja que és la més fàcil d'analitzar i no rep pràcticament cap procés de transformació, per tant també és la que més s'aproxima a la realitat.

Seguint la fórmula i els passos expressats anteriorment a la metodologia s'han obtingut uns resultats per a cada espècie vegetal que s'exposen a la **figura 32**.

Nom espècie vegetal	Superfície (ha)	Biomassa potencial total (t/ any)	Biomassa potencial (t/ha/any)
Bedoll	32.95	164.34	4.99
Avetosa	1899.94	9373.38	4.93
Avellaneda	266.13	545.28	2.05
Bosc de frondoses	790.36	5621.79	7.11
Vegetació ribera	48.30	47.94	0.99
Freixenedes	177.49	1294.96	7.30
Fagedes	319.55	2418.34	7.57
Coníferes	1231.62	4168.28	3.38
Coníferes i frondoses	543.47	3971.15	7.31
Pi roig	262.63	5069.33	19.30
Pi negre	29.28	203.44	6.95
Rouredes	368.35	3235.61	8.78
TOTAL	5970.06	36113.83	6.03

Figura 32. Taula de biomassa potencial disponible per espècie vegetal arbòria.

Font: Elaboració pròpia.

Els resultats exposats a la figura anterior provenen del apartat 5.2.2 denominat com a metodologia per a la obtenció de biomassa potencial anual disponible, on s'exposa la formula necessària per obtenir la biomassa potencial que genera cada espècie vegetal en el període d'un any.

En general, el conjunt de totes les espècies vegetals produeixen un total de 36.113,83 tones anuals de biomassa, aproximadament 6 tones per hectàrea

En xifres absolutes es pot veure com el grup d'espècies arbòries que més biomassa aporta al territori són les coníferes, destacant l'avetosa com a espècie predominant i seguit del pi roig, aquesta espècie no ocupa una superfície rellevant com s'ha anomenat als apartats anteriors, sinó que està situada en un àrea on hi ha unes condicions litològiques i climàtiques òptimes per al seu desenvolupament. La resta de coníferes aporten una quantitat rellevant en concordança amb la superfície que ocupen. Els boscos que s'han definit com a mixtes entre coníferes i frondoses aporten quasi 4000 tones anuals de biomassa a l'àrea accessible. Les frondoses també tenen una rellevància important en termes de producció de biomassa, l'espècie de frondoses de la que s'extraurà una major quantitat de biomassa és el roure, seguit del faig i el freixe, posteriorment el avellaner i el bedoll. Finalment la vegetació de ribera té poca rellevància en termes de producció de biomassa anual i no produeixen una gran quantitat de volum fuster aprofitable.

Al establir el valor de tona per hectàrea i any, es pot veure quina és l'espècie que produeix major quantitat de biomassa a nivell anual, ja que es descarta el factor de la quantitat de superfície que ocupa. Tenint en compte el anomenat anteriorment és pot dir que l'espècie arbòria que produeix més biomassa al any es el pi roig, seguit del roure, el faig i el pi negre. L'avetosa en canvi genera un valor mitjanament baix respecte d'altres espècies. La vegetació de ribera es el conjunt d'espècies vegetals que menys biomassa

aporta per hectàrea. D'aquestes dades es pot extreure que en el cas de realitzar tasques de repoblació forestal destinades a la producció de biomassa, la espècie que s'hauria de introduir seria el pi roig o sinó el roure o el faig.

A continuació s'exposarà la quantitat d'energia que es pot generar amb tota aquesta quantitat de biomassa forestal.

6.3. Anàlisi de la capacitat energètica de la biomassa potencial anual

En aquest apartat s'exposa el resultat aportat després de haver realitzat el procés exposat al apartat 5.2.3 denominat com a Metodologia per al anàlisi de la capacitat energètica de la biomassa potencial anual. En aquest apartat s'expliquen totes les especificacions tècniques de tot el procés de càlcul realitzat per a obtenir els resultats exposats a continuació.

Primer de tot s'exposen els valor energètic calorífic, expressat en kilocalories (kcal), que proporciona un kilogram de estella de biomassa segons la espècie vegetal arbòria a la que pertany. S'ha dividit per espècies vegetals arbòries, degut a que cada espècie genera una quantitat d'energia diferent i per tant s'ha de avaluar de forma singular i posteriorment al realitzar la suma s'obté el valor total.

S'anomena tant el poder calorífic superior, el poder calorífic inferior amb un 0% d'humitat i el poder calorífic inferior amb un 20% d'humitat. Aquests valors s'introdueixen a la **figura 33** del treball d'investigació.

Nom espècie vegetal	PCS (kcal/kg)	PCI (Kcal/kg)	PCI20 (kcal/kg)
Bedoll (Betula Pendula)	4.449	4.206	3.885
Avetosa (Abies alba)	4.816	4.500	3.653
Avellaneda (Corylus avellana)	4.503	4.010	3.598
Bosc de frondoses	4.300	3.831	3.331
Vegetació ribera (Salix alba)	4.220	3.904	3.156
Freixenedes (Fraxinus excelsior)	4.050	3.839	3.550
Fagedes (Fagus sylvatica)	4.609	4.325	3.521
Coníferes (Juniperus communis)	4.816	4.450	3.653
Coníferes i frondoses	4.800	4.500	3.531
Pi roig (Pinus sylvestris)	4.689	4.689	3.957
Pi negre (Pinus nigra)	4.819	4.518	3.852
Rouredes (Quercus robur)	4.622	4.306	3.707

Figura 33. Poder calorífic d'un kilogram d'estella de biomassa forestal per espècies vegetals arbòries.

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de l'informe Biomassa i Indústria (IDAE), 2008

Si es comptabilitza el calor total, tenint en compte el calor latent del vapor d'aigua i el calor que produeix el combustible, expressat en poder calorífic superior (PCS), es pot veure que les coníferes són el grup d'espècies vegetals que tenen un major poder calorífic, seguit de espècies de frondoses com són el roure, el faig i el bedoll. En canvi el freixe o la vegetació de ribera tenen un poder calorífic superior per sota de la resta. Si s'extreu el valor mitjà del valor calorífic superior del total de les espècies vegetals analitzades, aquest correspon a 4.557 kcal/kg. Tenint en compte el valor mitjà es pot dir que no hi ha cap espècie vegetal que sobresurti de la resta. En quant al poder calorífic inferior (PCI) es pot dir que la tendència és similar, encara que amb valors més baixos. El valor mitjà de totes les espècies és de 4256,5 kcal/kg, per tant hi ha una diferència de 301 kcal/kg entre els dos tipus de poder calorífic, fet que també es veu pràcticament representat en la diferència de valors entre cada espècie.

El poder calorífic inferior amb un 20% d'humitat (PCI20), és el valor que més s'aproxima a la realitat, ja que un material com la fusta, per molt que es realitzi un procés de assecat mai es podrà obtenir un material sec al 100% sinó que sempre mantindrà un 20% d'humitat. Per tant el resultat que més interessa és el corresponent a aquesta unitat de mesura de poder energètic calorífic. En aquest cas el pi roig continua sent la espècie vegetal que major calor proporciona, en canvi tenint en compte aquesta unitat de mesura el bedoll és la segona espècie vegetal amb una major productivitat de calor. El pi negre és la següent espècie vegetal que major capacitat productiva té, al pi negre el segueixen el roure, l'abet, l'avellaner i finalment el freixe, el faig i la vegetació de ribera. Les coníferes en general superen a les frondoses com a grup d'espècies arbòries que tenen una major productivitat calorífica.

A continuació els valors exposats a la **figura 33** s'han multiplicat pel total de tones que proporciona cadascuna de les espècies en un any, una vegada s'ha obtingut el valor total d'aquestes tones en kilocalories (kcal) s'ha procedit a realitzar la conversió d'aquestes unitats a Mega Wats hora (MWh). El factor de conversió en unitats de mesura és el següent: **1 Kcal = 1.16222E-06 Kwh**.

Una vegada realitzades les operacions corresponents s'han obtingut els resultats exposats a continuació a la **figura 34**.

Nom espècie vegetal	PCS (Mwh)	PCI (Mwh)	PCI20 (Mwh)
Bedoll (Betula Pendula)	849,75	803,33	742,02
Avetosa (Abies alba)	52.465,16	49.022,68	39.795,52
Avellaneda (Corylus avellana)	2.853,72	2.541,29	2280,19
Bosc de frondoses	28.095,13	25.030,80	21763,93
Vegetació ribera (Salix alba)	235,13	217,52	175,84
Freixenedes (Fraxinus excelsior)	6.095,36	5.777,80	5342,84
Fagedes (Fagus sylvatica)	12.954,27	12.156,05	9896,29

Coníferes (Juniperus communis)	23.330,90	21.557,83	17.696,79
Coníferes i frondoses	22.153,70	20.769,09	16.296,82
Pi roig (Pinus sylvestris)	27.626,05	27.626,05	23.313,35
Pi negre (Pinus nigra)	1.139,41	1.068,24	910,77
Rouredes (Quercus robur)	17.380,98	16.192,67	13.940,13
TOTAL	195.179,56	182.763,35	152.154,50

Figura 34. Taula del poder calorífic en MWh de les diferents espècies vegetals arbòries.

Font: Elaboració pròpia

A partir de la taula anterior es pot dir que la capacitat de producció potencial d'energia calorífica de la biomassa a la Vall d'Aran és de **152.154,50 MWh**. L'espècie vegetal que més energia proporciona és l'avet, mentre que el que menys energia proporciona en termes absoluts és la vegetació de ribera. Del grup de les frondoses l'espècie que més energia proporciona es el avellaner, seguit del roure.

Una vegada s'ha obtingut el poder energètic de la biomassa potencial accessible en el termini d'un any es pot realitzar un anàlisi comparatiu amb el consum energètic que proporcionen algunes de les fonts d'energia que s'utilitzen a la Vall d'Aran per a abastir d'energia tèrmica als seus habitants.

7. Discussió de resultats

A la comarca de la Vall d'Aran hi ha una sèrie de fonts d'energia no renovable utilitzades per a la producció d'energia tèrmica per abastir els equipaments destinats a l'ús domèstic, indústria i sector terciari, el primari i construcció. Les fonts d'energia utilitzades per a realitzar la comparativa, són l'electricitat destinada a energia tèrmica, el gas natural i el gasoil. Les dades relatives al consum de gas natural i electricitat han sigut proporcionades per l'Institut Català d'Energia (ICAEN) i les dades de consum de gasoil s'han proporcionat per part de l'empresa Aranoil. Per a poder establir un consum total provinent de totes les fonts d'energia no renovable, i poder establir un valor mitjà anual, s'han escollit les dades de consum referents al període comprés entre el 2014 al 2018, ja que les dades proporcionades d'electricitat i gas natural només comprenen aquests anys.

Consum energètic d'electricitat.

L'electricitat prové essencialment de fonts d'energia no renovables subministrada des de l'exterior i una part es genera amb energia hidroelèctrica a la pròpia comarca. També hi ha una central tèrmica al municipi de Les que utilitza el gas natural per a produir electricitat, encara que la producció d'aquesta es relativament baixa. Les dades proporcionades per l'Institut Català d'Energia (ICAEN), relatives al consum d'electricitat utilitzat per a producció de energia tèrmica s'exposen a la **figura 35** a continuació. Aquestes dades venen proporcionades en Kilo Wats per hora (KWh) i s'han convertit a Mega Wats hora (MWh), per tal de poder-les comparar amb les dades resultants del càlcul de la producció potencial de biomassa forestal denominades anteriorment.

Consum elèctric (MWh)	2014	2015	2016	2017	2018	Mitjana anual
PRIMARI	11.21,238	1.040,214	3.180,025	2.923,095	2932,382	2.239,39
INDUSTRIAL	1.042,67	1007,594	986,737	908,551	1.038,615	996,83
CONSTRUCCIO	829,328	721,226	545,962	684,625	757,093	707,65
TERCIARI	48.089,743	49.146,285	51.979,817	52.346,002	49.979,127	50.308,19
USOS DOMESTICS	31.060,878	32.023,843	3.2273.294	32351,993	32.724,824	32.086,97
TOTAL COMARCAL	82.143,85	83.939,16	88.965,83	89.214,26	87.432,04	86.339,03

Figura 35. Consum d'energia elèctrica anual en MWh, per sectors d'activitat, període 2014 - 2018

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de ICAEN, període 2014 – 2018

Tenint en compte el consum d'energia elèctrica destinat per a la producció de energia tèrmica, és a dir per a calefacció, els equipaments destinats al sector turístic, la mitjana anual de consum per als

equipaments d'aquest sector d'activitat es de 50.308,19 MWh. Els equipaments destinats a usos domèstics, els habitatges, són el segon tipus d'equipaments que més consumeixen, la mitjana anual es equivalent a 32.086,97 MWh. Els equipaments industrials, els destinats a la construcció i finalment els destinats al sector primari tenen uns valors molt més baixos que els dos sectors denominats anteriorment. El sector primari consumeix anualment un total de 2.239,39 MWh de mitjana anual, mentre que la construcció consumeix una mitjana de 707,65 MWh i finalment els equipaments destinats al sector industrial consumeixen una mitjana anual de 996,83.

Tots aquests valors anomenats anteriorment i exposats a la taula corresponent a la **figura 35**, comprenen un total de **86.339,03 MWh** de mitjana anual del període 2014-2018.

Consum energètic de gas natural.

El gas natural és un tipus de combustible amb un gran poder calorífic, principalment està destinat a usos industrials i domèstics. A la comarca de la Vall d'Aran hi ha una empresa anomenada Neoelectra que consumeix gas natural per a produir electricitat. En aquest cas el consum anual de gas natural d'aquesta empresa s'ha obviat ja que en aquest treball d'investigació és vol induir sobre el consum d'energia per a producció de energia tèrmica i calefacció. Gràcies al ICAEN s'han obtingut les dades de consum de gas natural destinades a producció tèrmica tant per als equipaments destinats al sector terciari com per a ús domèstic. La resta de sectors d'activitat no tenen suficient rellevància. Les dades de consum d'aquesta font d'energia són relativament baixos, degut a que a la comarca de la Vall d'Aran, només tenen subministrament de gas natural els municipis de Naut Aran i Bossòst. També s'ha de dir que les dades proporcionades fan referencia a dades equivalents al Poder calorífic superior, ja que aquest tipus d'energia es comptabilitza a partir d'aquesta unitat de mesura. Posteriorment a la **figura 36** s'exposen les dades disgregades per sectors i anys, compreses entre el període de 2014 a 2018, i també la mitjana anual de consum d'aquests 5 anys.

Consum Gas Natural (MWh)	2014	2015	2016	2017	2018	Mitjana anual
TERCIARI	3.692,39	3.792,75	3.649,98	3.819,22	4.561,06	3.903,08
USOS DOMESTICS	2.860,53	3.276,82	3.112,68	3.606,17	5.567,06	3.684,65
TOTAL COMARCAL	6.552,92	7.069,57	6.762,66	7.425,39	10.128,12	7.587,73

Figura 36. Taula de consum anual de gas natural en MWh per sectors d'activitat, període 2014 - 2018

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de ICAEN, període 2014 - 2018

Com es pot veure a la **figura 36** el consum de gas natural és major als equipaments turístics, encara que no hi ha una gra diferencia amb el sector domèstic. La mitjana anual del sector terciari es de 3.903,8 MWh, mentre que consum destinat a usos domèstics és de 3.684,65 MWh. El consum d'aquesta font d'energia

en el període de 2014 a 2018 ha patit un increment relatiu passant de 6.552,92 MWh a 10.128,12 MWh. La mitjana anual d'aquest període es equivalent a 7.587,73 MWh. Com a reflexió final del anàlisi del consum de gas natural, es pot dir que les dades són molt reduïdes respecte a les altres fonts d'energia analitzades. Actualment hi ha un creixement d'aquesta, degut a que s'està expandint el seu subministrament per la resta de municipis que hi ha al territori.

Consum de gasoil destinat a calefacció.

Gràcies a l'empresa Aranoil, dedicada al subministrament de gasoil per a calefacció i essencialment per a equipaments destinats al ús domèstic i sector terciari, establiments hotelers essencialment, s'han obtingut unes dades representatives del consum de aquesta font d'energia no renovable destinada a la producció d'energia tèrmica. Aquestes dades s'han proporcionat desgregades per anys, i ha sigut impossible obtenir-les per sectors d'activitat, tot i així són dades rellevants per al treball d'investigació. El càlcul del consum s'ha realitzat tant per poder calorífic inferior (PCI), com per al poder calorífic superior (PCS). Finalment per a homogeneïtzar les dades amb la resta de dades proporcionades de les diferents fonts d'energia no renovable s'han exposat les dades relatives al període del any 2014 al 2018. Aquestes dades s'han exposat a continuació a la taula corresponent a la **Figura 37**.

Consum gasoil	2014	2015	2016	2017	2018	Mitjana anual
Litres	3.690.551	4.992.360	7.220.100	4.666.123	9.255.220	5.964.870,80
PCS (MWh)	37.569,81	50.822,22	73.500,62	47.501,13	94.218,14	60.722,38
PCI (MWh)	36.831,70	49.823,75	72.056,60	46.567,91	92.367,10	59.529,41

Figura 37. Taula de consum de gasoil anual en MWh del període 2014 a 2018.

Font : Elaboració pròpia a partir de dades de Aranoil, període 2014 - 2018

A partir de les dades exposades anteriorment, es pot analitzar que no hi ha una tendència ascendent ni descendent del consum d'aquesta font d'energia, sinó que cada any el consum en litres de gasoil varia considerablement. La mitjana anual al període analitzat es de pràcticament 6 milions de litres de gasoil, aquests 6 milions de litres equivalen a **60.722,38 MWh**, s'ha escollit el consum calculat a partir del poder calorífic superior (PCS), degut a que aquesta és la unitat de mesura que s'utilitza amb més freqüència en anàlisis similars.

Una vegada s'han obtingut les dades de consum de combustibles destinats a la producció d'energia tèrmica, és possible realitzar un anàlisi comparatiu amb les dades obtingudes de capacitat de producció d'energia tèrmica a partir de biomassa forestal, per així comprovar i poder veure si es possible substituir aquest combustibles per la estella de biomassa forestal.

8. Implantació de la biomassa forestal com a font principal de producció d'energia tèrmica.

Una vegada s'ha obtingut l'àrea accessible d'extracció de biomassa forestal, les espècies predominants en aquesta àrea, la biomassa aèria total de la regió, la biomassa potencial disponible al any, la capacitat de producció energètica d'aquesta biomassa forestal potencial i el consum mitjà anual de energia tèrmica a la comarca de la Vall d'Aran, es pot comprovar i analitzar si es viable substituir les fonts d'energia anomenades anteriorment per estella produïda a partir de biomassa forestal.

El consum mitjà anual de energia destinada a producció d'energia tèrmica a la comarca de la Vall d'Aran és equivalent a **154.649,15 MWh**. D'electricitat es consumeixen **86.339,03 MWh**, de gas natural **7.587,73 MWh** i finalment de gasoil **60.722,38 MWh**. Per poder substituir aquestes fonts d'energia, la capacitat productiva de la estella de biomassa forestal hauria de ser equivalent o superior al total del consum de la regió.

Tipus de font d'energia	Total de consum anual (MWh)
Gas Natural	7.587,73
Electricitat	86.339,03
Gasoil	60.722,38
TOTAL	154.649,14

Figura 38. Taula de consum de fonts no renovables anuals en MWh del període 2014 a 2018.

Font : Elaboració pròpia

Aquest fet no es produeix, ja que la biomassa forestal podria cobrir una demanda equivalent a **152.154,50 MWh**. Aquesta font d'energia pot cobrir gran part de la demanda d'energia tèrmica de la regió, concretament el **98%**. Tot i així hi ha un total de **2.494,65 MWh** de la demanda d'energia mitjana anual, que no es podria cobrir únicament amb la biomassa forestal com a font de producció.

Demanda d'energia tèrmica Anual	Producció d'energia anual a partir de biomassa
154.649,15	152.154,50

Figura 39. Taula de consum total anual de energia tèrmica i producció a partir de biomassa

Font : Elaboració pròpia

La proposta teòrica més sostenible i que compleix amb una transició energètica cap a una alternativa més renovable, seria la que essencialment elimina tota font d'energia fòssil i no renovable, com són el gasoil i el gas natural. La idea essencial seria explotar al màxim la producció d'energia tèrmica a través de la biomassa forestal i la resta de demanda, **2.494,65 MWh**, es cobriria a través de la producció a partir de energia elèctrica, i essencialment la electricitat és podria obtenir de fonts d'energia renovables provinents de l'exterior de la comarca de la Vall d'Aran

9. Conclusions.

La conclusió final que es pot ressaltar és que la biomassa forestal extreta dels boscos de la Vall d'Aran és una alternativa de producció d'energia tèrmica important i que podria tenir un valor representatiu al territori. Encara que és una proposta teòrica, degut a que sempre hi ha variables que poden patir canvis alhora de posar-la en pràctica, la biomassa es pot presentar com una font energètica fiable alhora d'establir una proposta o model de transició energètica a la comarca de la Vall d'Aran.

La hipòtesi de partida d'aquest treball d'investigació, exposada al apartat 2.1., es centra en la premissa de que **la Vall d'Aran es pot abastir d'energia tèrmica a partir de recursos forestals propis**. Una vegada que s'ha realitzat tot el procés metodològic i s'han obtingut els resultats, és pot dir que els recursos forestals extrets exclusivament de la Vall d'Aran no són suficients per abastir la demanda d'energia tèrmica de la regió. Per tant es pot dir, que aquesta hipòtesi no s'ha complert.

Si es tenen en compte els objectius proposats al apartat 2.2. d'aquest treball d'investigació, es pot considerar que aquests objectius s'han assolit satisfactòriament.

Pel que fa a l'objectiu principal d'aquest treball d'investigació, es pot concloure que s'ha establert una base bastant sostenible i coherent per establir un model de transició energètica a la comarca de la Vall d'Aran a través de la biomassa.

En aquest treball d'investigació s'han assolit una sèrie de coneixements que s'havien proposat al apartat d'objectius. Primer s'ha après més sobre el concepte de transició energètica, així com els elements que s'han de tenir en compte. També s'ha aconseguit obtenir i desenvolupar una metodologia pròpia, amb certa coherència i ben vinculada a les propietats, factors i condicionants del territori. A partir de la metodologia establerta, s'ha conegut quina és l'àrea accessible per extreure biomassa als boscos de la Vall d'Aran i la quantitat de biomassa que es pot extreure d'aquest territori. Finalment una vegada s'ha pogut establir la quantitat de biomassa accessible, s'ha pogut saber quina quantitat d'energia tèrmica es pot generar amb aquesta font d'energia i finalment al comparar-la amb la demanda de consum energètic destinat a producció tèrmica, s'ha pogut establir quin percentatge d'energia podria cobrir aquest recurs.

Com a punt negatiu, s'ha de dir que es un plantejament teòric on hi ha una sèrie de variables que podrien condicionar i canviar part dels resultats establerts. Primer de tot, s'ha de tenir en compte que la demanda energètica varia anualment i no es constant, en aquest cas únicament s'ha establert la mitjana anual de un període de 5 anys. També s'ha de tenir en compte que el subministrament de gas natural està patint un augment a la regió i per tant hi haurà un creixement significatiu del consum d'aquesta font d'energia

al territori, i tot indica que la font d'energia a la que substituirà es el gasoil, degut a que aquesta font d'energia és la més primària i la econòmicament menys rentable.

Degut a certes circumstàncies no s'ha pogut analitzar la totalitat de la demanda energètica, ja que a que hi ha certes empreses, principalment dedicades al subministrament de gasoil, que no els hi ha sigut possible subministrar dades, per tant la demanda no deixa de ser una estimació, encara que aquesta és molt fiable.

Finalment, a nivell pràctic, l'extracció de biomassa també està sotmesa a una sèrie de variables que poden patir canvis al llarg del temps i que aquestes podrien afectar directament a la quantitat de biomassa que es pot extreure i indirectament a la capacitat productiva anual d'energia tèrmica. S'ha decidit no tenir present la variable econòmica en aquest treball d'investigació, important alhora de realitzar una proposta d'implementació d'una alternativa energètica a la regió.

Des d'un punt de vista personal, es pot dir que aquest treball d'investigació m'ha servit primer de tot per a aprofundir sobre els coneixements que ja tenia del territori, també m'ha servit per conèixer més sobre l'estat de la energia renovable tant a la Vall d'Aran com a Catalunya, i principalment m'ha proporcionat una gran informació sobre la biomassa i els recursos forestals de la Vall d'Aran.

He de dir que un dels punts del treball que més problemàtiques m'ha generat, és la part de la proposició d'una metodologia adient i realista per al territori. Això es deu a que, primer de tot no hi ha una metodologia predeterminada per a la obtenció de l'àrea òptima d'extracció de biomassa, i en diferents informes i estudis similars adapten els factors i condicionats respecte a la visió amb la que es vol realitzar l'extracció, es a dir, si prima la conservació forestal i la sostenibilitat o si prima la productivitat. Finalment també ha sigut complicat trobar un mètode específic per a calcular el volum de biomassa forestal que hi ha als boscos .

Tot hi això personalment puc dir, que ha sorgit un treball amb dades fiables, original i ben pròxim a la realitat del territori analitzat.

Aquest treball d'investigació pot ser una estimació representativa de la capacitat productiva dels productes derivats de la biomassa forestal i pot servir per obrir les portes a futurs projectes d'aprofitament forestal a la regió. La realitat energètica futura es basarà en l'optimització de l'aprofitament dels recursos i fonts d'energia locals i regionals. Per aquest motiu aquest treball d'investigació pot incentivar l'aprofitament forestal com a alternativa energètica i pot diversificar la dependència econòmica de la pròpia regió i de regions similars a la Vall d'Aran. Establir un model d'autosuficiència econòmica a la comarca de la Vall d'Aran és possible i encara hi ha d'altres fonts d'energia renovable que encara estan per explotar.

Bibliografia.

Acciona, Sostenibilidad para Todos. (2019). ¿QUÉ ES Y CÓMO FUNCIONA LA BIOMASA? Recuperat de: <https://www.sostenibilidad.com/energias-renovables/que-es-y-como-functiona-la-biomasa/>

Asociación de Empresas de Energías Renovables (APPA) (2019). *Qué es la Biomasa?*. Recuperat de: <https://www.appa.es/appa-biomasa/que-es-la-biomasa/>

Arroyo S. (2016). Aprovechamiento del Recurso de la Biomasa a partir de los Desechos de MADERA para una Caldera de Vapor. *Universidad Politécnica Salesiana*. Recuperat de: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/11994/3/UPS-KT01220.pdf>.

Barredo, J., Bosque, J. (1998). Multi-criteria evaluation methods for ordinal data in a GIS environment. *Geographical Systems*, N° 5, 313–327.

Recuperat de: https://www.researchgate.net/publication/253993117_Multicriteria_evaluation_methods_for_ordinal_data_in_a_GIS_environment.

CE. Comisión Europea. (2019). *National renewable energy action plans and progress*. Recuperat de: <https://ec.europa.eu/jrc/en/scientific-tool/nreap-data-portal>

Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) (2020). *Centro de descargas*. Recueperat de: <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>

Comisión Europea. (2019). *La energía renovable*. Recuperat de: <http://www.europarl.europa.eu/factsheets/es/sheet/70/la-energia-renovable>

Consorci Forestal de Catalunya (2019). *L'Observatori de la biomassa*. Recuperat de: <http://observatoribiomassa.forestal.cat>

CREAF. 2021. IEFc: Mètodes - Introducció - Determinació de les característiques del bosc – *Biomassa*. Recuperat de: http://www.creaf.uab.es/iefc/pub/Metodes/docs/I_iefc_biomassa.htm

Dael, M. Van, Passel, S. Van, Pelkmans, L., Guisson, R., i Swinnen, G. (2012). Determining potential locations for biomass valorization using a macro screening approach. *Biomass and Bioenergy*, 45(0), 175–186.

Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural (2019). *Observatori Forestal Català*. Recuperat de: <http://www.observatoriforestal.cat/>

Departament de Territori i Sostenibilitat (2019). Visors amb informació específica del Departament de Territori i Sostenibilitat. Recuperat de: <http://sig.gencat.cat/visors/hipermapa.html>

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) (2008). Biomasa: Industria. . Recuperat de: https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10980_Biomasa_industria_A2008_A_402485e2.pdf

Fernández, J. (2018). Energía de la Biomasa. Energías Renovables, *Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE)*. Recuperat de: <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/cuadernos-energias-renovables-para-todos-biomasa.pdf>.

Gracia, C.; Burriel, J. A.; Ibàñez, J.; Mata, T. i Vayreda, J. (2004). Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya. Mètodes. *Bellaterra: CREAF*. Recuperat de: http://www.creaf.uab.es/iefc/pub/Metodes/docs/I_iefc_volum.htm

Generalitat de Catalunya. Llei del Canvi Climàtic. Llei 16/ 2017, 3 de agosto de 2017, text refós pel qual s'aprova la Llei de Canvi Climàtic.

Generalitat de Catalunya. DECRET LEGISLATIU 2/2009, de 25 d'agost, pel qual s'aprova el Text refós de la Llei de carreteres.

Innobiomassa,(2010). Pla d'acció per a l'aprofitament de biomassa per a usos tèrmics al Priorat i Ribera d'Ebre. *Acció subvencionada pel SOC i el Fons Social Europeu, d'acord amb el Programa d'ajuts a Projectes Innovadors, regulat per l'Ordre TRE/293/2010*. Recuperat de: http://www.forestal.cat/bdds/imatges_db/biblioteca/BIBLIOTECA_DOCUMENT1_2399300013312275.pdf

Institut d'Estadística de Catalunya (2020). <http://www.idescat.cat>.

Ministerio para la Transición Ecológica. (2020). Banco de datos para la Naturaleza. Recuperat de: https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/mfe50_descargas_ccaa.aspx

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2010). Estrategia Española para el Desarrollo del Uso Energético de la Biomasa Forestal Residual. Recuperat de : https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/publicaciones/Estrategia%20Biomasa%20Forestal%20Residual%20Marzo%202010_tcm30-155830.pdf.

Mourmouris, J. C., i Potolias, C. (2013). A multi-criteria methodology for energy planning and developing renewable energy sources at a regional level: A case study Thassos , Greece. *Energy Policy*, 52, 522–530. Recuperat de: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.09.074>

Rico, J. (2019). Biomasa - La investigación europea en bioenergía diseña una senda para contribuir a descarbonizar con sostenibilidad. *Energías Renovables, el periodismo de las energías limpias*. Recuperat de: <https://www.energias-renovables.com/biomasa/la-investigacion-europea-en-bioenergia-disena-una-20190325>

SiBosC - Inventaris forestals—IEFC - variables ecològiques—Biomassa de les fraccions. http://www.creaf.uab.cat/sibosc/inv_iefc_biom.htm

S. Martínez. (2009). EVALUACIÓN DE LA BIOMASA COMO RECURSO ENERGÉTICO RENOVABLE EN CATALUÑA, *Universitat de Girona*, pp 1- 285. Recuperat de: <https://core.ac.uk/download/pdf/132551887.pdf>

Vera A. i Cabrera M. (2021). Evaluación del Potencial de Energia de la Biomasa, *Instituto para el Desarrollo y Ahorro de Energia (IDAE)*. Recuperat de: https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11227_e14_biomasa_A_8d51bf1c.pdf

Voivontas, D., Assimacopoulos, D., & Koukios, E. G. (2001). Assessment of biomass potential for power production, *GIS based method*, 20, 101–112. Recuperat de: [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(00\)00070-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0961-9534(00)00070-2)

Voogd, J. H. (1982). Multicriteria evaluation for urban and regional planning Delft: *Delftsche Uitgevers Maatschappij*. Recuperat de: <https://doi.org/10.6100/IR102252>