

## از چه مواد و تجهیزاتی برای باروری ابرها استفاده می‌شود؟

تمام برنامه‌های باروری ابرها در ایران از نوع باروری ابرهای سرد و به روش هوایی بوده و هواپیماها نیز به‌گونه‌ای تجهیز شده‌اند که تنها امکان باروری قله و درون ابر میسر می‌باشد. مواد مورد استفاده در باروری ابرهای ایران، دیدنقره جهت باروری ابرهای همرفتی و نیتروژن مایع جهت باروری ابرهای لایه‌ای می‌باشد. دیدنقره به‌عنوان هسته‌های یخی عمل نموده و با آغاز فرایند برژرون باعث تولید و افزایش بلورهای یخی و پس از آن تسریع فرایند بارش می‌گردد. نیتروژن مایع نیز به‌عنوان سردکننده عمل نموده و با کاهش دمای محیط باعث یخ‌زدن قطره‌های مایع موجود در ابر و تشکیل بلورهای یخ می‌گردد.

در ایران جهت باروری از دو فروند هواپیمای آنتونوف ۲۶ ساخت کشور اوکراین استفاده می‌شود که شکل ۱ نمای بیرونی آن‌ها و شکل‌های ۲ و ۳ نمای درونی آن‌ها را نشان می‌دهد. تجهیزات نصب شده بر روی این دو فروند هواپیما شامل دو دسته سنجنده‌های کمیت‌های هواشناسی و دیگری تجهیزات تزریق مواد باروری به درون ابر می‌باشند که شکل‌های ۴ تا ۸ انواع سنجنده‌های نصب شده بر روی این هواپیماها و شکل‌های ۹ تا ۱۲ تجهیزات تزریق دیدنقره را نشان می‌دهد. در هر طرف هواپیما امکان جایگذاری ۱۹۲ عدد گلوله دیدنقره وجود دارد که در مجموع ۳۸۴ گلوله در هر پرواز قابل استفاده می‌باشد. شکل‌های ۱۳ تا ۱۵ تجهیزات تزریق نیتروژن مایع را نشان می‌دهد.



شکل ۱: دو فروند هواپیمای آنتونوف ویژه باروری ابرها مستقر در فرودگاه بین‌المللی یزد



شکل ۲: نمای درونی هواپیمای باروری در ایران: درب گسترده عقب هواپیما باز شده و تجهیزات به درون آن انتقال می‌یابد



شکل ۳: نمای دیگر درونی هواپیمای باروری در ایران. تصویری از تجهیزات ثبت داده‌های حاصل از سنجنده‌ها و نیز دستگاه دستور پرتاب پیروپاترون‌های یدیدنقره از درون هواپیما



شکل ۴: مجموعه سنجنده‌های دما، رطوبت‌سنج و اندازه‌گیر محتوی آب مایع ابر

شکل ۵: آنتن سامانه ارتباط رادیویی



شکل ۶: ارتفاع‌سنج رادیویی

شکل ۷: فشارسنج





شکل ۸: شیشه بلیستر جهت مشاهده چشمی میزان یخ و آب در ابر و پدیده‌های نوری توسط هواشناس درون هواپیما

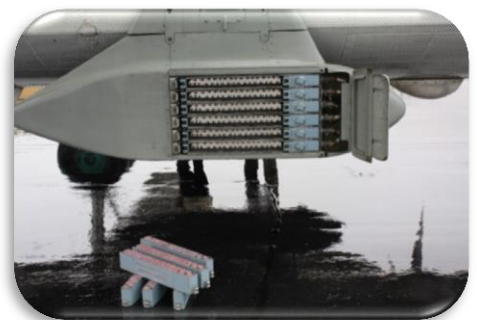


شکل ۹: گلوله‌های حاوی یدیدنقره. ماده یدیدنقره در ترکیب با مواد قابل احتراق که در محفظه‌های آلومینیومی جای گرفته و به صورت گلوله‌های پرتابی آماده می‌شود.



شکل ۱۰: محل جایگذاری گلوله‌های پرتابی در خشاب‌های ویژه قابل نصب بر بدنه هواپیما

شکل ۱۱: محل تعبیه شده در بدنه هواپیما جهت جایگذاری خشاب‌های حاوی گلوله‌های پرتابی



شکل ۱۲: دستگاه دستور پرتاب گلوله‌های دیدنقره از درون هواپیما



شکل ۱۳: کپسول‌های حاوی نیتروژن مایع مستقر در هواپیمای باروری



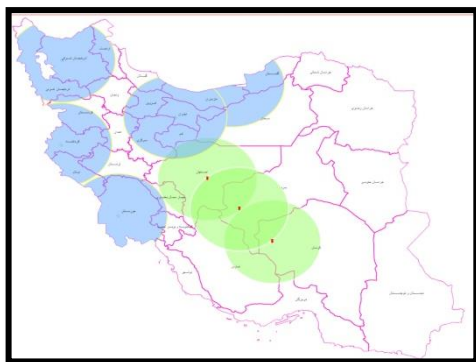
شکل ۱۴: خروجی نیتروژن مایع از بدنه هواپیما



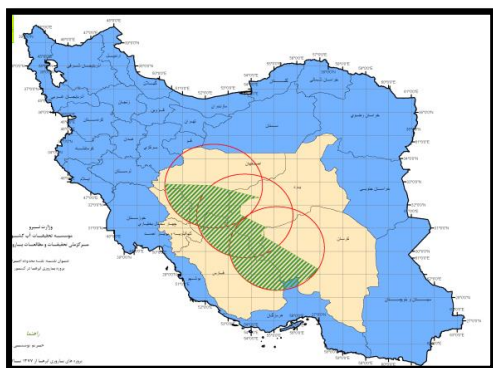
شکل ۱۵: لوله‌های اتصال کپسول‌های حاوی نیتروژن مایع به خروجی

برخی تجهیزات نیز گرچه نقش مستقیم در تزریق مواد باروری ندارند اما در فراهم نمودن اطلاعات حیاتی جهت اجرای باروری ابرها بسیار مفید و ضروری می‌باشند که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به رادارهای هواشناسی اشاره کرد. در ایران دو دسته رادار هواشناسی موجود می‌باشد. یک دسته رادارهای روسی آکسوپری که متعلق به وزارت نیرو بوده و تنها جهت اهداف عملیات باروری ابرها کاربرد دارند و دیگری رادارهای داپلر که متعلق به سازمان هواشناسی کشور بوده و به دلیل امکانات پیشرفته آن‌ها (به‌ویژه رادار دوپلاریزه استان تهران) قابلیت کاربردهای تحقیقاتی بویژه تحقیقات فیزیک ابرها و بارش را فراهم می‌کنند.

در کشور سه دستگاه رادار هواشناسی آکسوپری و پنج دستگاه رادار هواشناسی داپلر وجود دارد. رادارهای آکسوپری در مناطق مرکزی ایران به ترتیب در ارتفاعات شیرکوه یزد، شهر بابک کرمان و کوهپایه اصفهان نصب گردیده و رادارهای داپلر نیز در شهرهای تبریز، کرمانشاه، اهواز، تهران و امیرآباد مازندران مستقر شده است. نحوه استفاده از محصولات هر دو دسته این رادارها در فصل سوم، بخش اجرای پروژه‌های باروری ابرها تشریح شده است. شکل ۱۶: تصویر موقعیت کلیه رادارهای هواشناسی در کشور و محدوده تحت پوشش آن‌ها صرف‌نظر از مناطق کور را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است تنوع شدید کوهساری و وجود رشته‌کوه‌های منفرد متعدد در ایران، موجب ایجاد مناطق کور در محدوده تحت پوشش رادار می‌گردد که گریزی از آن نیست (شکل ۱۷). لذا به‌منظور تحت پوشش قراردادن کل کشور در دید رادارهای هواشناسی لازم است شبکه گسترده و متراکم رادارهای هواشناسی در سرتاسر ایران نصب شود. شکل‌های ۱۸ تا ۲۲ تصاویری از رادارهای هواشناسی آکسوپری متعلق به وزارت نیرو و سازمان هواشناسی و شکل‌های ۲۳ تا ۲۶ تصاویر پردازش‌شده از امواج دریافتی از رادارهای هواشناسی آکسوپری و داپلر را نشان می‌دهند.



شکل ۱۶: محدوده تحت پوشش رادارهای هواشناسی کل کشور. دایره آبی رنگ رادارهای داپلر سازمان هواشناسی و دایره سبز رنگ رادارهای آکسوپری وزارت نیرو می‌باشد.



شکل ۱۷: مناطق کور و محدوده دید رادارهای آکسوپری. دایره قرمز رنگ به ترتیب رادار آکسوپری شهر بابک کرمان، دهشیر یزد و کوهپایه اصفهان می‌باشد. مناطق سبز رنگ محدوده دید رادار و مابقی محدوده تحت پوشش رادار، مناطق کور آن محسوب می‌شوند.



شکل ۱۸: تصویری از آنتن فرستنده و گیرنده امواج رادار و اتاقک محتوی تجهیزات مربوطه



شکل ۱۹: سایت رادار هواشناسی آکسوپری



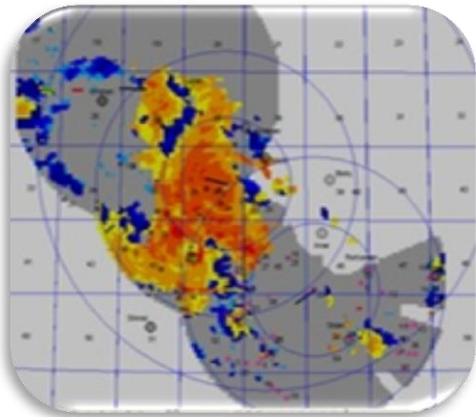
شکل ۲۰: نمایی از کامپیوتر و تجهیزات پردازشگر رادار  
واقع در اتاقک رادار



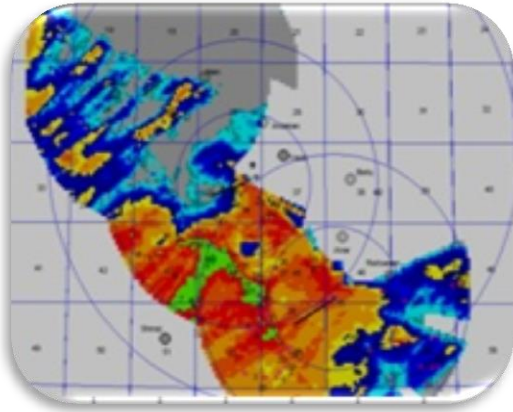
شکل ۲۱: تجهیزات گیرنده و فرستنده



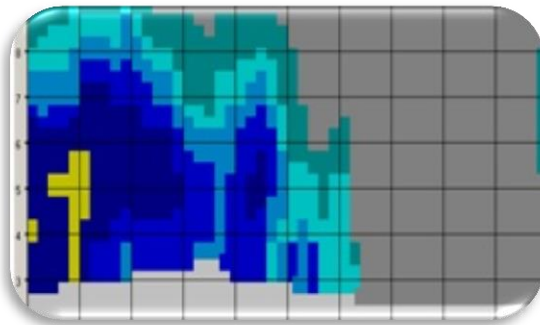
شکل ۲۲: تصویری از سایت رادار هواشناسی امیرآباد  
مازندران



شکل ۲۳: تصویر پردازش شده رادار آکسوپری از "قابلیت بازتابش" ابر



شکل ۲۴: تصویر پردازش شده رادار آکسوپری از بارش تجمعی ۱۲ ساعته



شکل ۲۵: تصویر نمایه قائم ابر از رادار آکسوپری

شکل ۲۶: تصویر پردازش شده رادار داپلر تهران از قابلیت بازتابش ابرها

